LA DIALECTICA Y LOS METODOS CIENTIFICOS GENERALES DE INVESTIGACION

Instituto de Filosofia
Academia de Ciencias de la URSS
Departamento de Filosofia
Academia de Ciencias de Cuba

TOMO 1

FILOSOFIA

EDITORIAL DE CIENCIAS SOCIALES, LA HABANA, 1985.

Versión al español de los textos en ruso: Félix de la Uz.

DISEÑO: Armando Millares Blanco.

© Academia de Ciencias de la URSS,
Academia de Ciencias de Cuba, 1985
© Sobre la presente edición:
Editorial de Ciencias Sociales, 1985

Estimado lector, le estaremos muy agradecidos si nos hace llegar su opinión, por escrito, acerca de este libro y de nuestras ediciones.

Editorial de Ciencias Sociales, calle 14 Nº 4104,
Playa, Ciudad de La Habana, Cuba.

ÍNDICE

Introducción 1

CAPÍTULO I. *El carácter científico general y la especificidad del método filosófico* 19

1. Carácter científico general y desarrollo del método filosófico 22

2. El carácter específico del método filosófico. Diversos aspectos de su investigación 32

3. El problema fundamental de la filosofía. Su papel en la filosofía actual y futura 42

4. Funciones del problema fundamental de la filosofía y la naturaleza del método filosófico 55

Notas y bibliografía 71

CAPÍTULO II. *La filosofía marxista-leninista y los métodos de la investigación científica* 75

1. Filosofía científica y métodos científicos 76

2. El método experimental en la ciencia 90

3. Los métodos de investigación en las ciencias técnicas y no experimentales 113

Notas y bibliografía 130

CAPÍTULO III. *Los nuevos métodos científicos generales de investigación y su papel en el conocimiento* 133

1. Las tendencias científicas generales e integradoras en las condiciones de la revolución científico-técnica 134

2. Establecimiento del *status* científico general de los enfoques y métodos. Fundamentaciones, etapas y niveles 143

3. Principales funciones de los enfoques y métodos científicos generales en el proceso del conocimiento 161

Notas y bibliografía 175

CAPÍTULO IV. *Los métodos de la matemática contemporánea y la matematización del saber* 179

1. Objeto y método de la matemática contemporánea. Los modelos matemáticos 182

2. Aspectos métricos y no métricos de la matematización 199

3. La matemática como lenguaje de la ciencia 221

4. Significación y perspectivas de la matematización del conocimiento científico 233

Notas y bibliografía 242

CAPÍTULO V. *Los métodos axiomáticos y probabilísticos del conocimiento científico* 245

1. La axiomática y el problema de la búsqueda de los conceptos básicos de la ciencia 246

2. El concepto de probabilidad y los métodos probabilísticos en la ciencia contemporánea 264

3. Los métodos probabilísticos en la física 272

4. La información, la probabilidad y las perspectivas de su conocimiento 290

Notas y bibliografía 307

CAPÍTULO VI. *La modelación y el conocimiento científico.* 310

1. La modelación. Historia de su desarrollo y definiciones 313

2. Principales funciones y universalidad del método de modelos 322

3. El modelo, el objeto y la teoría 334

4. La modelación y el problema de la síntesis del conocimiento 342

Notas y bibliografía 352

CAPÍTULO VII. *El pronóstico de la ciencia y sus métodos científicos generales* 355

1. Un dilema metodológico: ¿futurología o pronóstico? 357

2. Fundamentos informativos del pronóstico y de sus métodos científicos generales 367

3. Algunos problemas metodológicos del pronóstico de la ciencia 375

4. Principales métodos científicos generales del pronóstico 381

Notas y bibliografía 394

INTRODUCCIÓN

En la etapa actual del desarrollo de la ciencia, el estudio de la metodología del conocimiento científico se ha convertido en uno de los problemas de mayor interés y relevancia.

La metodología que, hasta hace poco tiempo, se asociaba sólo a la función metodológica ejercida por la filosofía, es entendida en la actualidad como un sistema teórico más extenso, en el cual la metodología filosófica es uno de los niveles que determina la existencia y el desarrollo de los demás. En un sentido amplio, [la metodología] se puede definir como la doctrina sobre los métodos y la teoría de la actividad del hombre. Decimos, precisamente, actividad del hombre, y no actividad cognoscitiva, pues la reducción de la metodología sólo a la teoría del conocimiento y a la doctrina sobre los procedimientos de la investigación científica, resulta unilateral, es decir, se convierte en un enfoque puramente gnoseológico, lo que conduce a la identificación de la metodología con la gnoseología. La metodología, además de ser una doctrina sobre los métodos de la teoría general del conocimiento, es, a su vez, una teoría acerca de la actividad transformadora del hombre, ante todo, de la actividad revolucionaria.

Sólo aquella parte de la metodología que coincide con la teoría general del conocimiento, es la que constituye la metodología del conocimiento. Sin embargo, en este caso, hay que distinguir la metodología del conocimiento de la metodología de la ciencia, ya que, por una parte, existen formas no científicas del conocimiento y, por la otra, los procedimientos correspondientes a la actividad cognoscitiva general.

Cuando se habla de la metodología de la ciencia se entiende, no sólo un sistema de conocimientos, sino también la actividad para la producción y aplicación de estos conocimientos. Por

consiguiente, la metodología de la ciencia no se limita a la doctrina de los métodos del conocimiento científico, en su calidad de medio teorico de investigación, sino a la de los métodos del conocimiento experimental, así como a los procedimientos para la organización de la actividad científica y las instituciones sociales que a ella corresponden.

Lo más frecuente es que en el concepto de metodología de la ciencia se incluyen el contenido de la doctrina sobre los procedimientos para la obtención de un nuevo conocimiento y los métodos para su sistematización. Sin embargo, este acento en la obtención de un nuevo conocimiento expresa veladamente la idea de que la metodología de la ciencia es sólo la metodología de las ciencias fundamentales, cuyas tareas consisten en el descubrimiento de las leyes de la naturaleza y la sociedad. Pero las ciencias aplicadas añaden a esta función otra que denominamos "introductoria", y cuyo contenido consiste en la aplicación de conocimientos obtenidos en el seno de las ciencias fundamentules. Por esta razón, la metodología de la ciencia, no es sólo la doctrina sobre el proceso de obtención de la verdad, sino también sobre su utilización, es decir, acerca de los métodos por medio de los cuales se trasladan los conocimientos científicos a la producción y a otras esferas de la actividad práctica.

Por último, es menester hacer otra observación. Con frecuencia nos encontramos con el punto de vista que reduce la metodología a una doctrina, a una teoría acerca de los métodos. Pero, reducir la metodología sólo a la doctrina sobre los métodos sería incorrecto. En realidad, los métodos del conocimiento científico están indisolublemente relacionados con el aparato conceptual de la ciencia y con los problemas que se resuelven con ayuda de estos métodos. Es por ello que la metodología de la ciencia, en principio, debe poner énfasis en los métodos de la ciencia, pero también debe examinar la composición conceptual de la misma y los problemas que se resuelven con la ayuda de los métodos teóricos. Un enfoque semejante es el que realizaremos en esta monografía colectiva.

En la actualidad, las investigaciones metodológicas se llevan a cabo en tres niveles diferentes: el filosófico, el científico general y el científico particular.[1] *Por supuesto, la metodología filosófica es, simultáneamente, metodología científica general pues se utiliza en todas las ciencias particulares. La metodología científica general filosófica investiga, por un lado, los métodos, las categorías y los problemas más generales, univer-*

sales; por el otro, los métodos, conceptos y problemas gnoseológicos científicos generales, aunque no universales. En los manuales de materialismo dialéctico se examinan los métodos científicos generales de la teoría del conocimiento y otros procedimientos científicos generales del conocimiento, que son característicos de las matemáticas y de las ciencias del ciclo experimental.

A la par que las investigaciones metodológicas filosóficas, la metodología se desarrolla en el seno de las propias ciencias particulares, vinculándose a la discusión de los problemas teóricos generales de la física, química, biología, cibernética, astronomía, economía política y otros campos del conocimiento científico. En este caso, lo mismo que en las investigaciones filosóficas, los científicos recurren a toda una serie de conceptos, métodos y problemas que traspasan los marcos de una determinada ciencia o grupo de ellas y que, en principio, poseen un carácter científico general,[2] pero que tradicionalmente no se incluyen en la metodología filosófica.

Antes, los conceptos, métodos y problemas del conocimiento científico se dividían en dos grandes grupos: los filosóficos y los científico particulares; los primeros se aplicaban en cualquier rama del conocimiento para formar la base metodológica universal de éstas, los segundos servían exclusivamente a una disciplina particular o a un grupo de ellas. De acuerdo con esa dicotomía general de los conceptos y procedimientos del conocimiento, las ciencias especiales resolvían problemas particulares, incluyendo algunos de ellos, complejos y globales, que exigían la interacción de varias ciencias, en tanto que, los problemas científicos generales, eran tratados únicamente en la filosofía, aunque ésta, para su solución, tenía que apelar a las ciencias particulares.

Esa dicotomía constituyó una de las fuentes de los errores teóricos de la filosofía de la naturaleza y del positivismo; la filosofía de la naturaleza absolutizó las categorías, métodos y problemas filosóficos, en tanto que el positivismo hizo lo mismo con los conceptos y procedimientos especiales del conocimiento.

En los últimos decenios, como resultado de los cambios generados por la revolución científico-técnica y las transformaciones sociales radicales de carácter global, la situación metodológica en la ciencia sufrió algunas transformaciones. Con el desarrollo y la difusión de la metodología dialéctico-materialista, que rechazó los extremismos de los enfoques de la filo-

sofía de la naturaleza y del positivismo y realizó la firme unión de la filosofía con las ciencias particulares, aparecieron en la metodología del conocimiento científico fenómenos fundamentalmente nuevos, que vinculamos, ante todo, al surgimiento de los llamados conceptos, métodos y problemas científicos generales.[3]

En la actualidad, entre los conceptos científicos generales se incluyen conceptos tales como los de algoritmo, probabilidad, signo, significado, invariante, isomorfismo, interpretación, información, información científica, modelo, confiabilidad, incertidumbre, certidumbre, optimización, organización, pronóstico, diversidad, simetría, asimetría, sistema, complejidad, estado, estructura, ordenamiento, control, formalización, función, elemento, etcétera.

Se consideran métodos de carácter científico general, aunque no filosóficos, los lógico-matemáticos, probabilístico-estadísticos, sistémico-estructurales, semióticos, cibernéticos, teórico-informativos, la modelación y otros, los cuales se estudian minuciosamente en la presente investigación. Entre los problemas científicos generales se pueden citar el problema de la revolución científico-técnica, así como algunos de sus componentes, por ejemplo, el desarrollo de la cosmonáutica, la automatización y la cibernetización, los problemas del hombre, el surgimiento y el desarrollo de la vida y del medio circundante, la conquista del océano mundial, el aseguramiento de información y el pronóstico de la ciencia, la liquidación de las enfermedades más peligrosas.

El rasgo distintivo de todos los fenómenos científicos generales mencionados es que aparecieron, inicialmente, en los marcos de una u otra ciencia particular, abarcaron después un grupo de ciencias cercanas a aquellas, hasta convertirse actualmente en científicos generales o, por lo menos, manifestar su tendencia a serlo. La mayoría apareció en el seno de las ciencias particulares y en la matemática, y no en la filosofía, y al adquirir un status *científico general se acercaron, por la amplitud de su contenido, a las categorías y métodos tradicionalmente filosóficos. Al mismo tiempo, se diferencian también de éstas.*

El conocimiento filosófico estudia, en lo fundamental, las leyes generales de la relación entre los componentes del sistema "ser-pensamiento", su identidad y diferencia, su interrelación y correlación en el proceso del desarrollo. Lo científico general "al ignorar" la relación entre la materia y la

conciencia, entre el sujeto y el objeto posee un contenido más pobre, ya que el conocimiento fija en sus conceptos sólo lo general para el sistema en cuestión, y se ve privado de la posibilidad de mostrar en forma adecuada la relación entre aquéllos, se abstrae de lo que los diferencia, e investiga exclusivamente uno de los aspectos de su verdadera interrelación real.

Al subrayar la diferencia entre las categorías y métodos filosóficos y los científicos generales, hay que señalar el papel especial de la metodología filosófica en la formación de los conceptos científicos generales. Estos se convierten en tales, sobre todo, gracias a su inclusión en la órbita del conocimiento y de la investigación filosófica, como resultado del fortalecimiento de su interacción con las categorías y métodos filosóficos. Los referidos métodos ponen de manifiesto en los conceptos y métodos científicos particulares el "aspecto científico general" que es inmanente a ellos, y que asegura su movimiento desde una región de la esfera del conocimiento científico a otra. Puede afirmarse que, sin la filosofía, sin su creciente vinculación con las ciencias particulares, muchos de los conceptos mencionados no habrían logrado obtener aún su carácter científico general, a pesar de la existencia de las demás premisas para ello.

La metodología "científica general", que se desarrolla bajo el control de la filosofía y que absorbe o asimila su metodología y su estilo de pensamiento, se transforma, gracias a ésta, en un nuevo tipo y en un medio cardinal del conocimiento, mediante el cual la filosofía ejerce con mayor efectividad su influencia sobre las ciencias particulares. A su vez, la aparición y formación de conceptos y métodos científicos generales, es uno de los síntomas más importantes del proceso que previó Marx al escribir que: "en el futuro de las ciencias naturales incluirán la ciencia sobre el hombre, en la misma medida en que la ciencia sobre el hombre incluirá las ciencias naturales: se tratará de una ciencia única".[4] *Es perfectamente comprensible que, en este caso, se tenía en cuenta que dicha unidad sólo es posible en las condiciones de una auténtica unidad de la humanidad, de la socialización basada en los principios comunistas, así como de su armónica interrelación con la naturaleza, que depende también del logro de la unidad social.*

Los conceptos científicos generales se pueden dividir en dos grupos básicos, de acuerdo con el carácter de sus funciones cognoscitivas. En primer término, se trata de los conceptos

que reflejan tanto las propiedades del ser como las del conocimiento —probabilidad, información, certidumbre e incertidumbre—, en segundo término, tenemos en cuenta los conceptos que caracterizan solamente al conocimiento científico —interpretación, modelo, pronóstico—. Una división análoga es apropiada en el caso de los métodos científicos generales: algunos de ellos poseen exclusivamente un carácter lógico-gnoseológico, mientras que otros son portadores de un sentido más amplio (estas observaciones son válidas también para las categorías y el método filosófico).

Más arriba enumeramos algunos de los rasgos distintivos de las categorías y métodos filosóficos y científicos generales. Sin embargo, no está excluido el tránsito mutuo de las categorías filosóficas a los conceptos científicos generales y a la inversa. Es por ello que surge el problema de la relación entre el conocimiento filosófico y el científico general, lo cual tiene que ver tanto con el esclarecimiento de la naturaleza y el desarrollo de la filosofía, como con los métodos que aquí examinamos.

Los problemas, conceptos y métodos científicos generales constituyen un nuevo fenómeno característico para la ciencia de la segunda mitad del siglo XX. *Se trata, al mismo tiempo, de un descubrimiento en el campo de la filosofía y la metodología del conocimiento científico, basado en una reflexión generalizada sobre la ciencia pero que exige, sin duda, una investigación compleja y más profunda.*

La novedad de estos problemas está estrechamente relacionada con la dificultad de su elaboración. Esto ha sido observado más de una vez en la investigación de cada uno de los enfoques científicos generales —sistémico, teórico-informativo, etc.— Por ejemplo, I. V. Blauberg y E. G. Iudim han subrayado que "el análisis científico general enfrenta ciertas dificultades relacionadas con el hecho de que esta forma de investigación es, en general, relativamente nueva, y ha sido engendrada por la creciente tendencia integrativa del conocimiento científico contemporáneo" [5] *Muchas de estas dificultades se han presentado tanto en el proceso de descubrimiento de la esencia y del carácter científico general de cada uno de estos métodos, como en el análisis de sus interacciones y papel en el proceso del conocimiento científico.*

Las dificultades complementarias en la elaboración de este problema están relacionadas con el hecho de que la tarea consiste no sólo en conocer el contenido y las particularidades fundamentales del conjunto de los nuevos enfoques y méto-

dos de carácter científico general, sino en la necesidad de investigar los vínculos de estos medios del conocimiento científico con la dialéctica.

En términos generales, el concepto "dialéctica" se utiliza en distintos sentidos: como dialéctica objetiva, que estudia el ser, y como dialéctica subjetiva, que estudia el reflejo en la conciencia humana de la dialéctica de la naturaleza y la sociedad. El objeto de este trabajo es, fundamentalmente, el estudio de la dialéctica subjetiva en aquel aspecto que se relaciona con el funcionamiento y utilización de sus métodos en la ciencia contemporánea. Pero en la dialéctica subjetiva de los métodos, como muestran los autores, se refleja la dialéctica objetiva del ser, pues los métodos —y en términos generales, todos los medios del conocimiento, actúan como un importante componente de la actividad humana y en este caso, la actividad cognoscitiva—, están basados en el conocimiento del objeto y orientados a su comprensión.

El carácter dialéctico de los métodos del conocimiento científico, no sólo consiste en que éstos reflejan de forma subjetiva, peculiar, la dialéctica del objeto, sino, y esto no es menos importante, en que el método constituye el eslabón dialéctico que vincula el sujeto con el objeto. Precisamente, por ser una forma de vinculación del sujeto con el objeto encaminada a la asimilación teórica y práctica de este último, el método es dialéctico por su naturaleza. No obstante, el grado de "saturación" dialéctica de los diferentes métodos puede ser diferente, pues la realización del vínculo del sujeto y el objeto, el reflejo del objeto en el método, está muy lejos de adecuarse siempre a los fines del sujeto y la naturaleza del objeto. En este caso, esta naturaleza, o bien no se capta —tal es el caso del método metafísico—, o se capta en forma parcial y unilateral.

Lo fundamental en el contenido de la dialéctica, su esencia, es el vínculo y el desarrollo. Por tal razón, uno u otro método es dialéctico en la medida en que toma en consideración los distintos tipos de vínculos que condicionan al desarrollo —y en caso de que se trate del método científico—, al desarrollo del conocimiento científico. Sería incorrecto pensar que el único método dialéctico es el método científico-filosófico, el de la teoría dialéctico-materialista. En uno u otro grado, en su nivel y en determinado aspecto, son también dialécticos todos los métodos del conocimiento, en la medida en que conducen a la obtención de un nuevo saber científico. En este caso, la

"medida del carácter dialéctico de los métodos", está relacionada directamente con el grado de efectividad y desarrollo del conocimiento científico que se logra con su ayuda.

Al hablar del vínculo de los métodos científicos generales de investigación con la dialéctica, deseamos que el lector preste atención a que este vínculo se manifiesta en dos direcciones fundamentales, que serán analizadas en el presente trabajo.

En primer término, y esto constituye la parte principal del trabajo, se estudia la dialéctica de los métodos de investigación de mayor grado científico general, su desarrollo y establecimiento en la ciencia moderna, su intervinculación y relación con el método universal filosófico y con los métodos de las ciencias particulares. La dialéctica se concibe aquí como el rasgo esencial —de contenido— de los procedimientos científicos generales de investigación más amplios, como el "mecanismo" inmanente que "obliga" a la ciencia a engendrar estos nuevos métodos de investigación, y a ellos mismos a desarrollarse y penetrar en la "trama" del conocimiento científico ya formado, y que funciona con efectividad. Los métodos científicos generales son examinados por los autores en su movimiento y devenir, en sus relaciones y vínculos recíprocos, como un proceso que se desarrolla dialécticamente, a pesar de que ciertos autores no siempre utilizan expresamente la palabra "dialéctica". Por supuesto, lo principal no está en las palabras, sino en la esencia misma, en el espíritu, en el estilo de la investigación, todo lo cual, sin duda, es profundamente dialéctico.

En segundo término, durante todo el trabajo se ha procurado poner al descubierto los aspectos filosóficos de los métodos científicos generales y la relación de éstos con la filosofía, ante todo, con el materialismo dialéctico. Ya subrayamos, que el tema "la dialéctica y los métodos científicos generales de investigación" no se reduce exclusivamente a mostrar las relaciones entre la filosofía y los métodos del conocimiento que examinamos. Sería incorrecto ver la dialéctica sólo en la filosofía y considerar que todas las ciencias restantes no son dialécticas.

No se trata de que las ciencias particulares y los fenómenos científicos generales no tengan un carácter dialéctico y que la dialéctica se manifieste solamente en el nivel del saber filosófico. La dialéctica existe en todo lugar, en el mundo objetivo y en la esfera de lo subjetivo, en las ciencias particulares y en

la filosofía, pero se manifiesta de diferente manera y posee sus formas de existencia tanto generales como particulares.

En la filosofía, la dialéctica se manifiesta en su forma más desarrollada, generalizada y concentrada, la cual incluye de manera reelaborada y abstracta todos los rasgos fundamentales de la dialéctica del ser y del conocimiento. La filosofía es la doctrina sobre la dialéctica, es decir, la doctrina sobre el desarrollo y el vínculo en sus formas más generales y de mayor contenido que se manifiestan en el ser y el conocimiento. La filosofía es la teoría de la dialéctica, su reflexión universal, tanto en el nivel de la metodología, como en el de la concepción del mundo. La dialéctica filosófica, además de ser un reflejo de la dialéctica del ser y la conciencia, posee su especificidad, que engasta orgánicamente con su universalidad. La dialéctica de la filosofía, al generalizar la dialéctica de las ciencias particulares y establecer las formas y medios científicos generales del conocimiento, no se reduce a una generalización simple y formal, sino que lo hace dialécticamente, es decir, combinando en un todo su propia dialéctica y la dialéctica "reflejada", externa, de las disciplinas, tendencias y orientaciones científicas especiales, así como las de carácter científico general.

En la filosofía misma, nos referimos solamente a la filosofía marxista-leninista como la única científica, la dialéctica y lo científico general forman un sistema íntegro, que presenta sus propios niveles y que une lo general y lo específico. La dialéctica de lo científico general en la filosofía se manifiesta, ante todo, en que constituye la unidad del materialismo dialéctico y el histórico, los que, a su vez, presentan diferentes formas, aspectos y manifestaciones de lo científico general. Es así que la "dialéctica del materialismo dialéctico" —utilizando esta frase aparentemente redundante— posee un carácter universal, constituye la unidad de lo científico general en los planos ontológicos, gnoseológicos y lógico.

El materialismo histórico, posee ciertas limitaciones en el plano ontológico, pues sólo refleja los rasgos y aspectos más generales del desarrollo social y, hasta cierto grado, se abstrae de la dialéctica de la naturaleza y de su conocimiento, aunque de hecho está íntimamente relacionado con ese tipo de dialéctica. Pero el carácter regional del materialismo histórico se supera en el plano gnoseológico y particularmente en el sociológico, donde goza de un carácter científico general: en todas sus manifestaciones y formas, la ciencia tiene una naturaleza

social y está subordinada a las leyes del materialismo histórico. Es en este sentido que el materialismo histórico posee un carácter social y científico general y sus principios sirven de orientación a los científicos en todo tipo y género de actividad: científico-organizativa, científico-auxiliar y científico-informativa.

En esta introducción no desarrollaremos minuciosamente la idea de la dialéctica de lo científico general de la filosofía porque a ello están destinados capítulos y secciones especiales del libro. Sólo hemos considerado necesario subrayar el vínculo y desarrollo de la dialéctica y lo científico general, la existencia de la dialéctica de lo científico general y lo científico general de la dialéctica; vínculo que se materializa en los medios de la actividad cognoscitiva, y se revela tanto en los capítulos dedicados a los problemas generales, como en los que se analizan cada uno de los procedimientos científicos generales de investigación.

Al investigar la naturaleza dialéctica de los métodos científicos generales del conocimiento, los autores muestran cómo estos métodos se encuentran actualmente en una etapa de establecimiento y formación, es decir, en los comienzos de su desarrollo, en el despliegue de sus posibilidades y potencias. Por cierto, algunos de los métodos investigados no han mostrado aún su "rostro" específico y sólo parecen aspirar al status *de métodos científicos generales, utilizándose hasta el momento sólo en algunas disciplinas científicas —tal es el caso del enfoque semiótico.*

Otros, como el enfoque sistémico, la modelación o los métodos teórico-informativos y cibernéticos del conocimiento, son ya métodos relativamente desarrollados de la investigación científico general. Como veremos más adelante, lo que nosotros denominamos métodos científicos generales de investigación, son tales, en diferente grado. Algunos de ellos se aplican en la mayoría de las disciplinas científicas y es posible, en un principio, que abarquen todas las ramas de la ciencia. En este caso, los conceptos que forman su sistema conceptual se caracterizan como generales al igual que el conocimiento. Estos métodos científicos generales del conocimiento se acercan, en una serie de aspectos, al método dialéctico-materialista de conocimiento.

Otros métodos del conocimiento sólo caracterizan los aspectos lógico-gnoseológicos del mismo, pues expresan momentos del proceso investigativo comunes a todas las ciencias. Los

conceptos relacionados con estos procedimientos de la investigación tienen un carácter gnoseológico especial —los métodos semióticos, por ejemplo—. En este grupo se deben incluir los métodos cibernéticos del conocimiento que son científicos generales, precisamente, en el sentido lógico-gnoseológico, mientras que en el ontológico su carácter es limitado, regional, al abarcar únicamente sistemas en los que tienen lugar procesos de dirección. Sin embargo, incluso dentro de éstos, en el sentido señalado acerca de lo científico general de los métodos cibernéticos del conocimiento, existen métodos cuyo carácter científico general se revela en distintos planos. Por ejemplo, los métodos de reconocimiento de imágenes resultan científicos generales en un sentido muy singular, el "técnico", pues ofrecen medios cibernéticos especiales que puede utilizar cualquier ciencia para solucionar los problemas del reconocimiento de imágenes. Este método funciona en la etapa de sistematización del viejo conocimiento y, también, como procedimiento sin el cual es imposible el movimiento hacia nuevos conocimientos. En general, hoy día, sin la solución del problema del reconocimiento de imágenes es imposible determinar si el conocimiento obtenido es nuevo o simplemente hemos transformado el viejo o, incluso, estamos realizando un plagio.

Una situación completamente diferente, en cuanto a su carácter científico general, se encuentra en otros métodos del conocimiento cibernético como el método de toma de decisiones o los métodos de la teoría del servicio masivo. Estos métodos no son científicos generales en el plano técnico, sino en el "organizativo", pues nos suministran los medios para la elección o la toma de una decisión, y se refieren al aspecto organizativo de la ciencia contemporánea. Se trata de que la ciencia actual tiene un carácter de actividad masiva: aquí encontramos el fenómeno de las "colas" y otros procesos masivos, y existen problemas de carácter complejo y de difícil solución que son imposibles de resolver con efectividad mediante el viejo método de ensayos y errores o apoyándose exclusivamente en la experiencia personal y la intuición.

Más adelante se harán otras observaciones sobre las características científicas generales en la ciencia actual. En esta introducción nuestro objetivo consiste en indicar que por su forma y contenido lo científico general tiene un carácter multifacético, por lo que sería incorrecto entender por científico general sólo aquello que es simultáneamente inherente, en forma obsoluta, a todas las ciencias, como hasta ahora se con-

sideraba intuitivamente. Por medio de una investigación colectiva del "fenómeno" de lo "científico general" hemos intentado establecer sus diferentes niveles y fronteras, así como las posibilidades de su aplicación en las diferentes ciencias.

Entre los múltiples aspectos de lo científico general está aquel que separa lo general en la filosofía y en las ciencias particulares, sin hacer diferencias entre ellas. Es claro que este sentido de lo científico general se refiere, fundamentalmente, a la forma del conocimiento científico y no a su contenido, pues aquí se produce una abstracción de la naturaleza de las diferentes ciencias y se presta atención a sus características formales generales. En este caso, destacamos algunas características del desarrollo de la ciencia que pertenecen al objeto de la investigación global de la ciencia, y se estudian por la informática, la pronosticación y otras disciplinas científicas nuevas relacionadas con el conocimiento de la ciencia misma. Los correspondientes procedimientos y métodos del conocimiento que se forman en el proceso de reflexión sobre la ciencia los referimos también a lo científico general (este examen se expone en el ejemplo de la pronosticación en la ciencia, donde, a su vez, se distinguen distintos niveles de lo científico general).

Consideramos conveniente decir algunas palabras sobre la estructura y organización del presente trabajo. Después de la introducción aparece, en el capítulo I, un estudio sobre el carácter científico general del método filosófico. Se presta marcada atención, no sólo al estudio de su carácter científico general sino a su carácter específico respecto a los métodos de las ciencias particulares y a aquellos métodos no filosóficos que tienen un carácter científico general. Esto obliga a contemplar, en forma novedosa, la naturaleza del conocimiento filosófico y a mostrar con mayor profundidad lo específico del método dialéctico materialista el cual es no sólo científico general sino universal.

Se continúa en el capítulo II con una presentación del conjunto de los métodos generales en la investigación científica y sus vínculos con la filosofía. Entre los métodos allí estudiados no se examinan en especial los científicos generales, aunque se analizan en otras relaciones. También se hacen consideraciones sobre los métodos experimentales y no experimentales.

Siguen después otros capítulos dedicados a los métodos científicos generales que poseen, por principio, una naturaleza

teórica y no empírica, el primero de los cuales es el método científico filosófico. Hasta no hace mucho no se establecía diferencia alguna entre el método filosófico y los métodos científicos generales. Esto fue correcto en el marco de la filosofía marxista-leninista hasta que aparecieron aquellos métodos científicos generales de investigación que constituyen el objeto de examen de este trabajo.

El capítulo III, ofrece una visión general de todos los métodos científicos generales de carácter no filosófico —que más adelante constituirán el objeto específico de este trabajo colectivo—. En él los autores se proponen ofrecer una comprensión filosófico-metodológica del fenómeno de lo científico general de sus rasgos y particularidades principales, que lo distinguen del conocimiento científico particular tradicional. Es posible que al hacerlo no se haya logrado aún abarcar todos los rasgos distintivos de los métodos científicos generales del conocimiento, pero hay que tener en cuenta que se trata del primer intento de este género, y que a partir de lo expuesto en este capítulo, se puede, más adelante, continuar la elaboración de la fundamentación teórico-metodológica de los fenómenos científicos generales del conocimiento.

A este capítulo le siguen otros que, con un mayor o menor grado de detalle y generalización, ofrecen un análisis metodológico de los métodos y enfoques científicos generales más utilizados y desarrollados en la ciencia actual. Los capítulos están distribuidos en forma tal, que primero aparece el análisis de aquellos métodos que no sólo gozan del mayor desarrollo y difusión, sino que poseen además el mayor "número" de rasgos científicos generales. Se trata, ante todo, de los métodos que se caracterizan por lo científico general universal, que tienen una fundamentación científico-general en las tres esferas de la realidad, es decir, la ontológica, la gnoseológica y la lógica —tenemos en cuenta el enfoque sistémico, el teórico-informativo,[6] los métodos matemáticos, etcétera—. Después siguen varios capítulos que estudian los métodos de la investigación científica que no poseen, en el plano general, unos u otros fundamentos de lo científico general —por ejemplo, el aspecto ontológico—, pero que, de todas formas, en otra relación, muestran sus posibilidades científicas generales. Su carácter científico general se expresa, bien en el aspecto gnoseológico, sociológico, organizativo o en cualquier otro.

Es necesario hacer algunas observaciones previas sobre el capítulo dedicado a los métodos axiomáticos y probabilísticos,

en el que los autores prestan una atención especial al análisis del papel que desempeñan estos métodos en la física.

Como sabemos, los mencionados métodos surgieron en las matemáticas pero, rápidamente, descubrieron su efectividad en las ciencias empíricas y perdieron su exclusividad como métodos matemáticos al encontrar un amplio campo de aplicación en la física. Por otra parte, es importante destacar que el carácter científico general de los métodos de investigación se puede establecer de diferentes modos. El camino más común es aquel que busca las posibilidades heurísticas de uno u otro método en su aplicación a los grupos básicos de ciencias fundamentales, sociales, naturales y técnicas.

En el presente trabajo, con frecuencia se seguirá este camino en la búsqueda de lo científico general de los métodos. Pero como ya hemos señalado, existen ciertas ciencias que permiten descubrir dicha característica por otros caminos y en las que lo científico general está implícito en otro plano y tiene, por así decirlo, "un carácter velado".

Entre estas ciencias un lugar muy singular pertenece a la física. El lector pudiera muy bien objetar que esta ciencia tradicionalmente se considera como un ejemplo clásico de ciencia particular y que, por tanto, sus métodos tienen poco que ver con el tema de nuestro trabajo. No obstante, es necesario tener presente que la física es una ciencia particular muy específica que tiene como objeto la forma de movimiento de la materia "más fundamental" en todo el Universo— la forma física.

Las leyes que rigen esta forma de movimiento —y que se descubren con los métodos analizados en nuestro trabajo— deben ser, en una u otra forma, tomadas en cuenta por todas las demás ciencias. En este sentido, la física constituye algo así como el fundamento científico natural en el que se apoya todo el "edificio" de la ciencia.

Las leyes descubiertas por la física tienen determinada fuerza limitativa para todas las ciencias particulares, y esto, que es evidente para la química, la biología, la geología y otras ciencias naturales, y comprensible para las técnicas, es también aplicable, aunque con menos evidencia, en las ciencias sociales, en las que también cumple esa función limitante que hemos señalado y que se debe tener presente al estudiar los fenómenos sociales. Así, al analizar el progreso social o la interrelación de la naturaleza y la sociedad, el conocimiento físico desempeña un papel de gran importancia. Lo social se

debe insertar en los marcos de lo físico: no se puede violar, por ejemplo, la segunda ley de la termodinámica, ni es posible ignorar las características espacio-temporales, ni pasar por alto el carácter científico general de las leyes de correspondencia. En una palabra, toda ciencia particular debe formular sus leyes de tal modo que éstas no estén en contradicción con las formuladas por la física; y cualquier planteamiento teórico tanto en las ciencias naturales como en las sociales debe estar en concordancia con los principios fundamentales del Universo, conocidos y formulados por la física, teniendo en cuenta que la vida y la sociedad son parte de la naturaleza, del cosmos, los cuales se rigen por las leyes físicas.

Aún no está bien definido cómo se debe valorar y tratar el carácter científico general de esta particularidad de la física que hemos señalado, ni existe un acuerdo común sobre su denominación: función limitadora, fundamental u otra; pero sí es evidente que no se puede ignorar.

En el saber científico contemporáneo la física cumple otra función que es necesario mencionar. En el proceso de matematización de la ciencia la física ha resultado el primer campo de aplicación de los métodos matemáticos, de donde éstos pasan más tarde a las demás ciencias. Por cierto que esta misma función la cumple la física respecto a los principios fundamentales de la filosofía que se "comprueban" también en la realidad física. Lo señalado se debe tener presente cuando se examina el potencial científico general de una ciencia particular, tal como la física y los métodos en ella utilizados.

Por último, la presente investigación concluye con un capítulo en el cual se intenta, tanto el establecimiento de la intervinculación de los diferentes métodos científicos generales de investigación como la precisión de sus relaciones con el método filosófico. Este capítulo tiene un carácter generalizador y viene a ser una especie de conclusión de esta monografía.

El consejo de redacción considera que este trabajo ofrece un cuadro bastante completo del lugar y el papel de los medios científicos generales del conocimiento en la ciencia actual, y muestra su carácter dialéctico, su estrecha relación con la filosofía marxista-leninista. El consejo de redacción entiende que este estudio no es simplemente una antología de artículos de diferentes autores agrupados por un tema general, sino una monografía colectiva.

Un tema nuevo como "la dialéctica y los métodos científicos generales de investigación", no podría haberse escrito por un

solo científico, pues no existen especialistas que puedan orientarse bien, y al mismo tiempo, en todos los métodos del conocimiento aquí estudiados. Cada científico —y entre los autores del libro se encuentran, en lo fundamental, filósofos especializados en los problemas filosóficos de las ciencias naturales— sólo conoce bien uno o dos de los métodos investigados. Por tal razón, la forma colectiva de creación, materializada en este trabajo, resultó inevitable al resolver este problema actual y complejo de la ciencia contemporánea.

La ventaja que se obtiene al dar una solución colectiva a un problema metodológico complejo, tiene ciertos inconvenientes que no se refieren tanto al contenido científico del libro como a la forma de exposición. Es así que no hay una forma única y un estilo general en la exposición del material. A veces, un mismo problema se trata, por necesidad, en forma diferente en distintos capítulos.

El consejo de redacción reconoce la existencia de éstos y otros defectos. A la eliminación de éstos fueron dedicadas varias reuniones del consejo de redacción, y en todas las etapas de creación del libro se produjeron discusiones vivas y constructivas del material. Algunos de los capítulos escritos por autores soviéticos tienen dificultades de traducción al español, porque en este idioma, algunos términos, o bien no tienen una traducción unívoca, o bien su significado es distinto. Ciertamente, el traductor y los redactores del libro hicieron el máximo esfuerzo por reflejar correctamente las ideas expuestas por los autores.

Es oportuno señalar, en relación con la génesis de este trabajo y del anteriormente publicado bajo el título de Metodología del conocimiento científico, *que surgieron como resultado de la discusión de las líneas de colaboración entre las Academias de Ciencias de la URSS y de Cuba, que se realizó entre el vicepresidente de la Academia de Ciencias de la URSS, Académico P. N. Fedoséev y el director del Departamento de Filosofía de la Academia de Ciencias de Cuba, Dr. Mariano Rodríguez Solveira, a la sazón vicepresidente de dicha Academia.*

La discusión previa de todos los capítulos del libro en el Instituto de Filosofía de la Academia de Ciencias de la URSS en la Sección de los Problemas Filosóficos de la Cibernética y en el Consejo Científico del Instituto—, así como en el Departamento de Filosofía de la Academia de Ciencias de Cuba, las investigaciones y discusiones conjuntas confirmaron la actualidad y justeza de la selección de este problema no inves-

tigado, en calidad de trabajo conjunto de los filósofos de Cuba y la Unión Soviética. Ésta es la primera monografía en la literatura mundial consagrada a la investigación minuciosa de los métodos científicos generales del conocimiento, los cuales surgieron y se desarrollan impetuosamente en el curso de la revolución científico-técnica contemporánea. Su edición es testimonio no sólo del fortalecimiento de los vínculos científicos entre los filósofos de Cuba y la Unión Soviética, sino también un ejemplo del enfoque creador de la teoría marxista-leninista en el análisis de las modernas tendencias en la ciencia, la técnica y la vida social contemporánea. Los autores y redactores del libro abrigan la esperanza de que su aparición contribuirá a la ulterior investigación filosófica de éstos y otros fenómenos científicos generales y al esclarecimiento de su papel y funciones dentro del conjunto de la ciencia.

Esperamos que esta obra resulte útil a un amplio círculo de lectores, pues en ella no se discuten problemas departamentales estrechos que pueden interesar sólo a los especialistas de algunas disciplinas particulares, sino los métodos y enfoques científicos generales de la indagación científica, los cuales tocan, en uno u otro grado, a la ciencia en su conjunto y a todos sus representantes.

Antes de terminar, consideramos necesario expresar nuestro agradecimiento al Licenciado Félix de la Uz, quien ha traducido los capítulos escritos por los autores soviéticos, y también a todos aquellos compañeros que participaron en la discusión de los materiales del libro e hicieron valiosas observaciones críticas que los autores y la redacción tuvieron en cuenta en su trabajo; a los compañeros de la Sección de Problemas Filosóficos de la Cibernética del Instituto de Filosofía de la URSS, al Dr. en Ciencias Filosóficas V. S. Tiujtin, a los Candidatos a Dr. en Ciencias Filosóficas V. I. Kremiansky, A. A. Novikov, M. M. Novosielov; así como al Jefe de la Sección de Teoría del Conocimiento de dicho Instituto, Dr. en Ciencias Filosóficas V. A. Lektorsky, y al profesor del Instituto Estatal de los Problemas de la Dirección, Dr. en Ciencias Filosóficas L. H. Petrushenko. Igualmente al Licenciado Mario Menéndez, del Instituto de Filosofía de la Academia de Ciencias de Cuba.

[1] *Algunos autores introducen a veces un cuarto nivel de la "metodología", al cual refieren los procedimientos y la técnica de la investigación científica, aunque pensamos que esto en conjunto merece la denominación ya común: metódica.*

[2] *Aunque más adelante trataremos detalladamente las relaciones en que interviene el término "científico general", consideramos que tiene sentido ofrecer desde el principio su definición inicial de trabajo: por enfoque, método o concepto científico general entendemos aquellos métodos o conceptos que encuentran un campo en acelerada ampliación para su aplicación en diferentes disciplinas científicas, los cuales, en principio, no están limitados ni han sido abstraídos de un determinado campo material concreto.*

[3] *En este campo ya se llevan a cabo algunos trabajos. Ver Gott, V. S. y A. D. Ursul: "Algunos aspectos de la interrelación entre la filosofía y las ciencias naturales", en* Filosofskie Nauki, *No. IV, 1972;* La unión de la filosofía y las ciencias naturales, *Moscú, 1973; "Los conceptos científico-generales y su papel en el conocimiento", en* Kommunist, *No. IX, 1974;* Los conceptos científicos generales y su papel en el conocimiento, *Ed. Znanie, 1975; Blauberg, I. V. y E. G. Iudin:* Establecimiento y esencia del enfoque sistémico, *Ed. Naúka, Moscú, 1973.*

Más adelante es precisada una caracterización de los fenómenos científicos generales que aparecen en este trabajo. En la obra antes mencionada de Blauberg e Iudin se ofrece otra caracterización de los fenómenos científicos generales cercanos (ver pp. 32-39). E. G. Iudin distingue: 1) teorías problemáticas de contenido, del tipo de la cibernética; 2) sistemas conceptuales universales, del tipo de la tectología; 3) concepciones metodológicas científico-generales, por ejemplo, la teoría de la información; 4) concepciones formalizadas universales, teoría general de los sistemas.

[4] *Marx, C. y F. Engels:* De las obras tempranas, *p. 596, Moscú, 1956.*

[5] *Blauberg, I. V. y E. G. Iudin:* Establecimiento y esencia del enfoque sistémico, *p. 254.*

[6] *Por razones de distribución del material en dos tomos, ha sido necesario incluir en el segundo tomo los capítulos referentes a los enfoques sistémico y teórico-informativo, que corresponden al capítulo VIII y IX, respectivamente.*

CAPÍTULO I

EL CARÁCTER CIENTÍFICO GENERAL Y LA ESPECIFICIDAD DEL MÉTODO FILOSÓFICO

La intensificación de la revolución científico-técnica y la materialización de sus resultados en la producción y en otros campos de la práctica social formulan nuevas exigencias a la ciencia. En particular, pueden citarse el enriquecimiento sustancial de las teorías científicas fundamentales y la adopción de nuevos conceptos y métodos que reflejan con mayor profundidad y plenitud la naturaleza y la sociedad. Por supuesto, el desarrollo amplio y complejo y la renovación del aparato conceptual-metodológico de la ciencia contemporánea tienen otras causas además de la revolución científico-técnica. La revolución en la ciencia y la técnica de nuestros tiempos está íntimamente vinculada, como nunca antes, a profundas transformaciones sociales, cuya línea general está caracterizada por el movimiento de la humanidad hacia el socialismo y el comunismo.

Sería unilateral concebir las transformaciones modernas en la ciencia como resultado exclusivo del desarrollo de la ciencia y la técnica mismas, olvidando las transformaciones sociales y las ciencias sociales que las reflejan. Se trata, ciertamente, del aporte complejo y sistémico de todas las ciencias: naturales, técnicas, sociales y otras. En efecto, las transformaciones cualitativas del mundo contemporáneo ejercen una influencia sustancial sobre todas las ramas de la ciencia, cuyo papel y responsabilidad en el progreso social han crecido como nunca antes en la historia de la civilización.

Las crecientes tendencias integradoras en la ciencia actual y el ulterior fortalecimiento de las relaciones entre las ciencias sociales, naturales y técnicas han provocado nuevos fenómenos integradores, en especial, el surgimiento de conceptos, métodos y problemas sobre los cuales se habló en la Introducción de este libro. Entre las distintas innovaciones de la revolución científico-técnica contemporánea ha sido la aparición de estas

tendencias científicas generales, las que han dado nueva fuerza al problema de la especificidad y el carácter científico general del método filosófico dialéctico-materialista.

Ello está fundamentalmente relacionado con el hecho de que, en las condiciones de la revolución científico-técnica contemporánea, la filosofía ha perdido su monopolio de única metodología científica general, por lo menos en el sentido en que esto se comprendía hace unos decenios. En la actualidad se ha señalado con justeza que "la posibilidad de su aplicación a toda la ciencia no puede servir de criterio que determine el carácter filosófico o no filosófico de una u otra disciplina".[1]

Han aparecido determinados campos de investigación que pretenden elaborar problemas metodológicos comunes a muchas ciencias, utilizando para ello los métodos de la lógica matemática, la semiótica, la cibernética, la teoría de la información, el enfoque sistémico-estructural y otros que poseen un contenido científico general que se manifiesta en su influencia sobre las ciencias particulares. Este proceso, como indica V. S. Shviriov, engendra "un problema muy importante, precisamente, el de la relación entre el enfoque filosófico y científico concreto y el conocimiento científico".[2] Es preciso distinguir la metodología propiamente filosófica de la cibernética, la semiótica, la lógica matemática, la teoría de la información y de otras ciencias y teorías análogas que utilizan métodos matemáticos y de contenido. La revolución científico-técnica contemporánea aceleró abruptamente la elaboración de los llamados conceptos y métodos científicos generales, que hace unos decenios no existían en calidad de fenómenos científicos generales. Es menester aclarar el *status* gnoseológico y las funciones de esos conceptos y métodos, su diferencia de las categorías y métodos cognoscitivos tradicionales filosóficos y científico-particulares, lo que ha incrementado el interés hacia la naturaleza de los fenómenos científicos generales, así como hacia el propio conocimiento filosófico y su carácter específico que se combina con su significado científico general, y también hacia la naturaleza de éste. A medida que continuemos revelando el carácter científico general y la naturaleza del conocimiento filosófico en el plano metodológico y su diferencia de las demás ciencias, iremos acentuando nuestra atención, fundamentalmente, hacia las relaciones entre la filosofía y los fenómenos científicos generales y no hacia las ciencias particulares en general, lo que, en grado sumo, condicionará las particularidades del examen que sigue.

1. Carácter científico general y desarrollo del método filosófico

Entre los científicos que no son especialistas en el campo de la filosofía —y en ciertos casos entre algunos filósofos— existe la opinión de que la filosofía es una ciencia social. Es posible que dicha opinión esté relacionada con dos circunstancias. La primera, es que el estilo de pensamiento filosófico está genéticamente cercano al pensamiento humanístico tradicional y que una buena parte de los especialistas en filosofía, que se ocupan de las investigaciones científicas, estudian ante todo los procesos y leyes sociales. La segunda circunstancia se refiere a que, en el plano organizativo, las instituciones y cátedras filosóficas forman parte de las correspondientes organizaciones científicas superiores que agrupan a especialistas en el campo de las ciencias sociales: economía, historia, derecho, literatura, lingüística.[3]

La opinión de que la filosofía es una ciencia exclusivamente social refleja en forma incorrecta un hecho real, igual que la opinión de que las matemáticas son una ciencia natural. La filosofía investiga las leyes más generales del desarrollo de la sociedad, pero la filosofía marxista no se puede reducir al materialismo histórico, el cual es una ciencia filosófica que no agota el contenido de la filosofía marxista, y sería erróneo afirmar que los postulados filosóficos son, exclusivamente, aplicables a la investigación de los procesos sociales, que es precisamente lo que implica la concepción de la filosofía como disciplina exclusivamente social.

En realidad, la filosofía marxista-leninista —el materialismo dialéctico— tiene como objeto, además del estudio de la sociedad, el de las leyes más generales de la naturaleza y el conocimiento, es decir, la filosofía es "la ciencia de las leyes generales que rigen la dinámica y el desarrollo de la naturaleza, de la sociedad humana y del pensamiento".[4]

De esta definición resulta evidente que la filosofía posee un carácter científico general y que sus postulados se refieren, en forma absoluta, a todos los campos materiales, incluyendo la sociedad. Si la filosofía fuera sólo una ciencia social sería una ciencia particular, como sucede con la economía política. En la literatura marxista se hace énfasis en el carácter científico general del objeto y el método de la filosofía marxista-

leninista. Por ejemplo, en un manual muy conocido se puede leer: "A diferencia de las categorías de las ciencias particulares, por ejemplo, de la economía política —mercancía, dinero, capital—, las categorías filosóficas son los conceptos más generales que se aplican a cualquier ciencia."[5]

Las categorías, leyes y principios de la filosofía científica, en tanto que sistema integral, actúan como método de conocimiento y transformación de la realidad, como enfoque dialéctico-materialista, utilizado, sin exclusión, en todas las ciencias particulares y esferas de la actividad humana. Aquí nos limitaremos a la esfera de la ciencia para revelar el contenido implícito en la comprensión del carácter científico general del método filosófico. Ésta no es idéntica a la afirmación de que las leyes de la dialéctica actúan en todas las esferas de la realidad, afirmación a la que con frecuencia nos limitábamos antes, utilizando para ellos ejemplos elementales.

Ante todo, subrayaremos que el carácter científico general de la dialéctica materialista se diferencia del de los métodos científicos generales que examinaremos más adelante, por lo menos, en cuanto a las siguientes particularidades, fáciles de revelar aun sin la necesidad de analizar con suficiente profundidad la naturaleza de la filosofía.

En primer lugar, la teoría de la dialéctica materialista es aplicable absolutamente a todas las ciencias particulares y a la solución de todos los problemas científicos. Es imposible señalar tan siquiera una rama de la ciencia, incluso una teoría determinada o una tarea científica donde no pueda aplicarse el método dialéctico-materialista. Al propio tiempo, los métodos científicos generales, que examinaremos más adelante, no disponen todavía de semejante universalidad capaz de abarcar todas las ramas de la ciencia y siempre será posible indicar un campo del conocimiento donde uno u otro método no encuentra aplicación. En el caso de algunos de estos métodos, se trata de un fenómeno temporal, producido por el hecho de que surgieron hace sólo dos o tres decenios, y, por tanto, su carácter científico general sólo comenzó a revelarse en los últimos tiempos. Pero a otros se les puede pronosticar ya, desde hoy, determinados campos del conocimiento donde sus conceptos resultarán improductivos —se ha propuesto denominarlos conceptos regionales—. Lo científico general de la dialéctica materialista es, en grado sumo, algo actual, establecido, existente en la realidad, mientras que el carácter

científico general de los métodos más adelante investigados es sólo una tendencia de su desarrollo, una posibilidad, perspectiva, potencia.

Sin embargo, existen determinadas diferencias de principio en la aspiración de los métodos aquí investigados a lograr el carácter científico general de la filosofía. Como ha señalado E. G. Iudin, a diferencia del método dialéctico-materialista y de la metodología filosófica, los diferentes enfoques científicos generales "incluso si tomamos en consideración su carácter científico general, no son aplicables a todo conocimiento científico, sino solamente a determinados tipos de tareas científicas que se encuentran, por así decir, dentro de la jurisdicción del enfoque correspondiente".[6]

En segundo lugar, lo científico general de la teoría de la dialéctica materialista es absoluto en el sentido de que ésta se utiliza en la propia filosofía tanto para la obtención de un nuevo conocimiento como para la sistematización y organización del ya acumulado. Por supuesto, también en las investigaciones filosóficas se utilizan en uno u otro grado los enfoques científicos generales, precisamente como enfoques, no como métodos, aunque respecto a la filosofía no son en forma alguna componentes internos, sino más bien externos. En principio, no existe dependencia de la filosofía en relación con estos métodos en el sentido de una determinación del conocimiento filosófico por los métodos científicos generales, mientras que resulta evidente que la aplicación de estos métodos depende directamente de la metodología y la concepción del mundo filosóficas.

El sentido filosófico general de la teoría de la dialéctica, no sólo resulta absoluto "en el tiempo" del desarrollo del conocimiento científico, sino también "en el espacio", pues es extensivo a todas las ciencias hoy existentes y no sólo a las particulares. Si nos ateneinos a un espíritu riguroso, únicamente el método dialéctico posee un carácter científico general, mientras que lo científico general de los demás métodos se limita exclusivamente a los marcos de las ciencias particulares.

En tercer lugar, el carácter científico general de la dialéctica no está relacionado tan rígidamente con la universalidad formal, como sucede con muchos otros conceptos y términos utilizados en todas las ciencias. En principio, los "conceptos y términos científicos generales" y los procedimientos de investigación, son muy numerosos tratándose, ante todo, de la

mayoría de las palabras del lenguaje literario, sin las cuales es imposible exponer cualquier investigación científica.[7] Sin embargo, a pocos se les ocurriría proclamar que tales palabras y procedimientos literarios son filosóficos por el solo hecho de que se encuentran en toda ciencia. La universalidad lingüística y la presencia de toda una serie de procedimientos de carácter científico general constituyen un ejemplo de la universalidad formal; con el lenguaje natural se puede desplegar el contenido de cualquier ciencia, y en ello radica la fuerza y la debilidad de este lenguaje. Pueden hacerse consideraciones análogas respecto a distintos lenguajes artificiales y métodos matemáticos, o de la lógica simbólica. Su carácter científico general y su universalidad implican, en uno u otro grado, un carácter formal, o, por lo menos, una tendencia a éste.

En grado considerable, los métodos científicos generales poseen un aspecto formal, ya que, como veremos, siempre van acompañados de los correspondientes procedimientos matemáticos o lógico-matemáticos. B. V. Biriukov considera incluso que la íntima vinculación de los conceptos y métodos científicos generales con las matemáticas y la lógica matemática, constituye una particularidad esencial que los diferencia de las categorías filosóficas.[8] En realidad, las categorías filosóficas, que forman el "esqueleto" conceptual del método dialéctico-materialista, en principio, no poseen ni "acompañante" ni expresión matemática, aunque algunas de ellas, como por ejemplo, las categorías de espacio y tiempo, disponen de especificaciones matemáticas.

En la mayoría de los casos, las categorías filosóficas no obtienen su carácter científico general "a cuenta" de las matemáticas; al propio tiempo ese carácter no es formal, sino de contenido. Y en aquellos casos en que las categorías filosóficas encuentran expresión matemática, pierden, en su forma matematizada, el carácter científico general y universal resultando útiles únicamente a un círculo determinado y estrecho de fenómenos, como sucede con la teoría física del espacio y el tiempo; o cuentan con un carácter científico general especial, como el concepto de espacio en matemáticas. A su vez, los métodos y conceptos científicos generales que se estudian aquí, siguen teniendo ese carácter en su forma matematizada.

Es sabido que desde hace tiempo se formuló la interrogante de si las categorías filosóficas pueden ser formalizadas y mate-

matizadas. Desde las posiciones de la ciencia contemporánea, que tiene en cuenta la experiencia del proceso real de matematización, resulta claro que la matematización de las categorías filosóficas universales es, naturalmente, posible. Sin embargo, este procedimiento las transforma bien en categorías científicas particulares, por ejemplo, las categorías filosóficas de espacio y tiempo se convierten en conceptos físicos; bien en conceptos científicos generales, en caso que sean aplicables a todas las ciencias particulares, como por ejemplo, el concepto matemático de espacio. Por consiguiente, las categorías filosóficas matematizadas, dejan de ser filosóficas para adquirir otra "existencia". Esto significa que la matematización de la filosofía se convierte, por lo menos en principio, en una de las fuentes del surgimiento de los fenómenos científicos generales. Pero, al reforzar su aspecto formal, los fenómenos científicos generales se desprenden de parte de su contenido, lo que constituye un resultado inevitable de todo proceso de formalización y matematización. Lo científico general de la filosofía posee, en sí, un carácter de contenido, lo que lo diferencia de cualesquiera otros fenómenos científicos generales. Por supuesto, cuando hablamos de este carácter de contenido que la filosofía tiene en principio, nada hemos indicado aún acerca de lo específico de este contenido, lo que trataremos más adelante.

Es por ello que, cuando se trata de lo específico del conocimiento filosófico, muchos autores subrayan el vínculo indisoluble e inmanente de la metodología filosófica con su esencia en tanto que concepción del mundo.

> La metodología filosófica —observa E. G. Iudin— no describe simplemente el proceso del conocimiento científico, sino que lo hace desde determinadas posiciones de una concepción del mundo y para resolver determinadas tareas de esa concepción. El análisis metodológico constituye aquí un medio para obtener un cuadro integral de la realidad, construido a través del prisma de la relación entre sujeto y objeto, en su forma histórico-concreta, prisma básico de la metodología filosófica.[9]

Nosotros compartimos este punto de vista, pues el vínculo sustancial y estrecho de la metodología y la concepción del mundo en la filosofía, es un hecho firmemente establecido y reconocido por todos. Al mismo tiempo, es menester hacer algunas observaciones sin las cuales este sustancial rasgo cien-

tífico general de la metodología filosófica resulta demasiado indefinido en un sentido, y muy riguroso, en otro. Primeramente, el carácter de concepción del mundo de la filosofía, así como la relación gnoseológica básica entre el sujeto y el objeto, no son primarios y determinantes, sino que dependen del problema fundamental de la filosofía y de su solución. En segundo término, la filosofía no es la única forma de concepción del mundo, sino su núcleo teórico, su base; existen otras formas de concepción del mundo, tanto en la propia ciencia como fuera de ella, así como también formas anticientíficas de la concepción del mundo. En tercer lugar, al hablar del carácter de la concepción del mundo en la metodología filosófica —al igual que de la orientación metodológica de la concepción filosófica del mundo— sería incorrecto negar los métodos que a continuación investigaremos y los conceptos que los componen. Si incluso las ciencias particulares y sus postulados y descubrimientos más importantes desempeñan determinadas funciones de concepción del mundo, ello es más válido aún para los enfoques científicos generales investigados aquí —ya la propia denominación de "enfoque" posee una orientación de concepción del mundo claramente expresada—. Otra cosa es que el tipo de concepción del mundo y el grado de su "presencia" en el método filosófico y en los métodos científicos generales, es sustancialmente diferente.

Por último, otra particularidad del carácter científico general de la teoría de la dialéctica estriba en que la definición de sus conceptos, que forman el contenido del método, puede formularse por medio de otras categorías de la teoría de la dialéctica; y como no existen conceptos más generales ni de contenido más amplio que las categorías de la teoría de la dialéctica, esto significa que es imposible ofrecer una definición de las categorías filosóficas por medio de cualesquiera categorías generales.

El resultado es que algunas categorías de la teoría de la dialéctica se definen principalmente mediante otras categorías filosóficas. Por ejemplo, cuando se habla de las categorías de esencia y fenómeno observamos que se relacionan entre sí como lo interno y lo externo, lo estable y lo cambiante, lo semejante y lo diferente. La relación entre la necesidad y la casualidad se presenta como relación entre lo universal y lo singular, la esencia y el fenómeno, lo interno y lo externo, lo estable y lo cambiante. Cada categoría de la teoría de la dialéctica contiene, en su definición o caracterización, un determinado sis-

tema de otras categorías filosóficas. Las categorías de la teoría de la dialéctica más íntimamente vinculadas expresan su contenido conceptual.

Sin embargo, por principio, es imposible definir ciertas categorías de la teoría de la dialéctica exclusivamente a través de otras, ya que, en este caso, se obtendría un sistema cerrado, aislado de las restantes ciencias. En realidad, cualquier determinación —definición— de una u otra categoría exige también la utilización de las categorías de las ciencias particulares y de las científicas generales. La definición de las categorías de la teoría de la dialéctica, como de cualesquiera conceptos fundamentales, es incompleta tanto en el sentido de su vínculo con otras categorías filosóficas como en el plano de su expresión por medio de otros conceptos; esto se debe al carácter abierto de toda categoría como sistema de conceptos y a que el sistema de categorías de la teoría de la dialéctica, se encuentra en continuo desarrollo y perfeccionamiento.

Los métodos científicos generales que estudiamos aquí y los conceptos a ellos vinculados pueden definirse por medio de las categorías filosóficas —por consiguiente, pueden fundamentarse en ellas—, y mediante otros conceptos científicos generales y científicos particulares. En efecto, aquéllos se encuentran en un "piso más bajo", en un grado menor de abstracción que las categorías filosóficas.[10] Su carácter científico general posee otro sentido: son "abiertos" tanto "desde arriba": del lado de la filosofía, como "desde abajo": del lado de las ciencias particulares, e incluso "de costado": del lado de otros conceptos científicos generales. Los métodos y conceptos científicos generales son formas y medios que experimentan la influencia, tanto de la filosofía como de las ciencias particulares.

Todas estas particularidades de los métodos que estudiaremos más adelante, nos hablan de que su *status* científico general se diferencia del método filosófico. Al mismo tiempo, al subrayar la diferencia es preciso prestar atención al hecho de que, entre estos niveles, no existe ningún abismo ni fronteras establecidas de una vez y para siempre, y que es posible un movimiento en dos direcciones, "hacia arriba" y "hacia abajo". Es perfectamente lógico suponer, por ejemplo, que uno u otro concepto científico general puede, con el tiempo, ser incluido en el método filosófico. Se trata de un problema especial que se le plantea a la ciencia contemporánea, aunque

su discusión es prematura, por lo menos en forma completa. Por ello es que más adelante trataremos únicamente la parte del problema citado que ya hoy es de actualidad y que está ligada al desarrollo ulterior de la teoría de la dialéctica materialista.

Al analizar el problema del desarrollo del método filosófico es necesario tener presente que la propia teoría de la dialéctica debe ser abordada dialécticamente. Es evidente, que tanto el método filosófico como el sistema de categorías de la teoría de la dialéctica han sido sometidos a desarrollo cuantitativo al igual que cualitativo. En su tiempo, Marx observó, en relación con la categoría filosófica de práctica, que "incluso las categorías más abstractas, a pesar de poseer vigencia para todas las épocas gracias precisamente a su carácter abstracto, son, en la misma medida, por propia definición de esta abstracción, productos de las condiciones históricas, y poseen una significación total sólo para estas condiciones y dentro de sus límites".[11] Esta idea fue expresada con mayor precisión por V. I. Lenin: "... si *todo* se desarrolla, ¿no rige eso también para los *conceptos* y *categorías* más generales del pensamiento? De lo contrario, ello significa que el pensamiento no está vinculado con el ser. Pero, en caso afirmativo, significa que existe una dialéctica de los conceptos y una dialéctica del conocimiento que tiene significación objetiva".[12]

Lo científico general del método dialéctico-materialista y de las categorías filosóficas que forman parte de él, está directamente relacionado con el desarrollo de éste. Las categorías filosóficas se desarrollan como resultado del proceso lógico-filosófico e histórico-filosófico, es decir, como resultado del automovimiento del propio conocimiento filosófico. Pero, como las categorías de la teoría de la dialéctica materialista tienen carácter científico general y se utilizan en todas las ciencias particulares, interactúan con los conceptos de estas ciencias y, de esa manera, enriquecen su contenido. Cualquier ciencia puede influir sobre el desarrollo de cada categoría filosófica y, en una determinada etapa del conocimiento científico, siempre se puede distinguir la influencia ejercida en el perfeccionamiento de las categorías filosóficas por una ciencia cualquiera o por un grupo de ellas.

Así, por ejemplo, la mecánica clásica ejerció una influencia fundamental en el desarrollo de la categoría de causalidad. Bajo su influencia se tenían como características necesarias

de la causalidad la interdependencia unívoca entre la causa y el efecto y también la identificación de la relación causal con la acción de un objeto sobre otro. El desarrollo ulterior de la física y, especialmente, de la mecánica cuántica, demostró que la relación causal no tiene porqué ser solamente una relación rígida y unívoca sino también diversa, probabilística. Además, la concepción de la causalidad evolucionó desde la de interacción unilateral a la de interacción de objetos o de partes en el objeto. Finalmente, en los últimos años, bajo la influencia de la cibernética, se comenzó a hacer la distinción de una forma especial de relación causal que recibió el nombre de "causalidad informativa". La causalidad informativa es característica de los sistemas autorregulados. En ellos el efecto no es provocado por una causa en el sentido físico, sino por el aspecto informacional del fenómeno, por la señal que influye en el cambio del funcionamiento y la conducta de los sistemas autorregulados.

El desarrollo de la teoría de la dialéctica tiene lugar bajo la influencia tanto de las ciencias naturales como sociales. Toman parte, también, en este proceso de perfeccionamiento y enriquecimiento de la dialéctica, aunque en menor grado, las ciencias técnicas y otras. Ello se debe a que las ciencias técnicas han sido las que menos se han situado bajo la órbita del análisis filosófico. Sin embargo, esta situación se va salvando paulatinamente; ya se empieza a trabajar, no sólo en los problemas metodológicos de las ciencias sociales y naturales, sino también en los de las ciencias técnicas.

Las transformaciones científico-técnicas y sociales que tienen lugar hoy, enfatizan con fuerza insólita el carácter científico general de la teoría dialéctico-materialista, obligan a participar intensivamente en su desarrollo a un número cada vez mayor de ramas del conocimiento científico. Si antes tenía lugar cierta influencia lenta y discreta, de una u otra ciencia, natural o social, sobre el desarrollo de las categorías de la teoría de la dialéctica, dichas influencias estaban separadas entre sí por prolongados intervalos de tiempo; pero la situación actual se ha modificado radicalmente.

En la actualidad, se produce una influencia compleja de la mayoría de las ciencias contemporáneas sobre el desarrollo del método dialéctico-materialista y este cambio es, prácticamente, continuo; se trata de un proceso habitual, cotidiano, muy lejos de lo sensacional y lo extraordinario.

Por un lado, han aumentado abruptamente los ritmos de acumulación de la información científica hecho que influye sobre el enriquecimiento de la teoría de la dialéctica. Por otro lado, devienen fundamentales, no los logros aislados de la ciencia, digamos de la física o de la cibernética, sino el alto nivel alcanzado por el conocimiento científico en su conjunto, pues de la ciencia dependen, en grado sumo, los ritmos, alcances y carácter del desarrollo de la técnica de producción y la elevación de su efectividad e intensificación. La ciencia, que se convierte cada vez más en una fuerza productiva directa, adquiere, en este proceso aparentemente exterior a ella, su propia integridad interior y, en particular, una determinada complejidad en su influencia sobre la teoría de la dialéctica. Sólo en nuestro tiempo lo científico general filosófico actúa como una de las fuentes más importantes del perfeccionamiento y enriquecimiento de la teoría de la dialéctica. Y, por supuesto, se toma conciencia y se utiliza en medida creciente ese carácter científico general del conocimiento filosófico, tanto en el sentido de su influencia sobre cualquier rama de la ciencia como en el plano de su acción sobre la ciencia en su conjunto en tanto que sistema integral en desarrollo.

En relación con esto debemos subrayar que lo científico general de la teoría de la dialéctica materialista no se reduce exclusivamente a la función metodológica universal, a su influencia sobre las ciencias particulares, pues su otro aspecto es la utilización de los datos de la ciencia contemporánea, su generalización e inclusión, en forma elaborada, en la filosofía dialéctico-materialista. Lo científico general de la teoría de la dialéctica como filosofía está indisolublemente vinculado a la interacción de la filosofía con las ciencias sociales, naturales y técnicas, y crece y se colma de contenido real como resultado del ulterior fortalecimiento de esta unión.

Lo científico general del método dialéctico-materialista posee sus diferentes formas y manifestaciones, que actúan como uno de los criterios de la efectividad de la filosofía, de su utilización en la ciencia contemporánea. Ha llegado el momento de investigar la propiedad misma de "científico general" del método dialéctico-materialista, el nivel y las formas de su efectividad en la solución de las situaciones problemáticas de las ciencias particulares, en la adquisición de un nuevo conocimiento en una u otra ciencia concreta, así como la influencia de determinada ciencia sobre la filosofía, aunque no ya de forma general, sino en el plano de las investigaciones relativas a las ciencias corres-

pondientes. Esto permitirá descubrir el grado de saturación de una u otra ciencia por la dialéctica, revelar las tendencias, los niveles y tipos de "dialectización" del conocimiento científico, pronosticar dicha dialectización como resultado de la influencia de la filosofía y prever la posible influencia de cualquier ciencia sobre el enriquecimiento del propio método dialéctico-materialista. Es evidente que tales investigaciones sobre las ciencias comenzarán, para dotarlas de sentido, por aquellas ramas del conocimiento científico que actualmente poseen mayor contacto con la filosofía, es decir, por la física, la biología, la cibernética, la astronomía.

2. El carácter específico del método filosófico. Diversos aspectos de su investigación

La aparición de métodos y conceptos científicos generales como resultado lógico-gnoseológico de la revolución científico-técnica contemporánea, planteó el problema de su *status* metodológico-categorial. Antes de que aparecieran, todo era claro y preciso: existía una conocida dicotomía formada por el método universal dialéctico-materialista —y los conceptos filosóficos— y los métodos científicos particulares —conceptos—. Hoy, esta precisa dicotomía ofrece dudas y sus fronteras han resultado alteradas. Aparecieron concepciones que intentaban comprender la situación creada y clarificar la relación entre los modernos fenómenos científicos generales y la filosofía.

Esto, en particular, dio origen a dos puntos de vista. Según el primero de ellos, todos los métodos y conceptos que se utilizan en todas las ciencias particulares deben considerarse filosóficos. No es difícil comprender que este punto de vista resuelve de manera demasiado simple el problema, a la vez que, en principio, orienta a la inclusión mecánica infinita de categorías y métodos en la filosofía. Resulta así, que la cuestión de si un determinado conocimiento es filosófico o no, es resuelta por todas las ciencias particulares en su conjunto, mientras que la filosofía está simplemente obligada a adoptar e introducir en su sistema nuevas categorías, principios y métodos. Aquí no se tiene en cuenta que el sistema del conocimiento filosófico es, en realidad, un sistema íntegro y no un mero conjunto

mecánico de conceptos, al cual le es totalmente indiferente la ausencia o aparición de nuevos elementos. En realidad, la inclusión de un nuevo elemento en el sistema debe estar obligatoriamente mediada por esta integridad: el elemento puede insertarse en el todo cuando su naturaleza —en forma transformada— "convenga" al sistema íntegro.

La reacción de la propia filosofía es ignorada por el punto de vista analizado que admite que todo se reduzca a un movimiento unilateral, casi mecánico, del conocimiento; movimiento que va desde las ciencias particulares a la filosofía y que acepta pasivamente en sus filas a nuevos miembros. Sin embargo, para la inclusión de nuevos miembros en el sistema conceptual metodológico de la filosofía como ciencia, no basta el carácter científico general potencial.

Es posible que este criterio de lo científico general "funcionara" cuando el movimiento del conocimiento desde las ciencias particulares a la filosofía no era tan intenso ni transcurría en marcos tan extendidos. En la actualidad este rasgo es insuficiente y exige una explicación más precisa de lo que es el conocimiento filosófico: la categoría, el método, la ley, el principio.

Está explicación es particularmente importante debido a que existe otro punto de vista que parte, en esencia, del reconocimiento de la inmutabilidad de la composición cuantitativa de las categorías del método dialéctico-materialista. En principio, por supuesto, aquí tampoco se niega la necesidad de aumentar la cantidad de categorías de la teoría de la dialéctica, aunque todos esos intentos se consideran inconsistentes y, de hecho, se plantea que el desarrollo de las categorías filosóficas bajo la influencia de las ciencias particulares, se limita al enriquecimiento de su contenido en condiciones de su inmutabilidad numérica. Esta concepción absolutiza la etapa del desarrollo de la filosofía, y de toda la ciencia en general, cuando no existían los métodos y categorías científicos generales y éstos se encontraban en germen, por lo que no se podía hablar del arribo a la filosofía de nuevas categorías "a cuenta" de las ciencias particulares. Es posible que este período continúe aún, pero está claro que no puede durar eternamente.

Esta concepción, al absolutizar la actual composición categorial-metodológica de la filosofía, parte de que el movimiento de los conceptos en su forma íntegra —no parcial— tiene lugar exclusivamente desde la filosofía hacia las ciencias particulares

y de que éstas no están en condiciones, en principio, de formar conceptos capaces de devenir, en forma modificada, componentes indivisibles del método dialéctico-materialista. Por supuesto, existen otras variantes de los puntos de vista que hemos señalado, pero es evidente que el futuro no les pertenece, pues su aplicación impediría o, por lo menos limitaría, el ulterior fortalecimiento y desarrollo de la unión de la filosofía marxista-leninista con las ciencias particulares.

Si el primer punto de vista mencionado incorpora muchas veces injustificadamente ciertas categorías y principios metodológicos generales a la filosofía, los partidarios de la segunda concepción también se equivocan al proclamar que uno u otro fenómeno científico general tiene un carácter científico particular, cuando en realidad ha traspasado los marcos de determinada ciencia particular e incluso de un grupo de ellas, transformándose de monodisciplinario en interdisciplinario, ya que se utiliza en todas las ciencias. La solución de la situación problemática que afirma que el fenómeno lógico-metodológico en cuestión, no es ni filosófico ni científico particular, conduce al reconocimiento de la existencia de los métodos y conceptos científicos generales, lo que refleja una tendencia objetiva del movimiento y desarrollo del conocimiento científico contemporáneo.[13]

En definitiva, la dicotomía tradicional de los métodos y categorías en filosóficos y científicos especiales determinó en grado considerable, el modo de pensamiento: distribuir todos los conocimientos entre dos "anaqueles" existentes según las reglas de la lógica bivalente. Para evitar las tensiones hacia uno u otro lado y resolver las antinomias del desarrollo de muchos conceptos y métodos aparecidos en el transcurso de la actual revolución científico-técnica, fue necesario introducir un nuevo tipo de conceptos y de métodos: *los conceptos y métodos científicos generales.* Precisamente el conocimiento científico general constituye la fuente, el depósito peculiar, del cual la filosofía puede extraer material para su complemento y desarrollo.

No todo conocimiento científico general puede convertirse en filosófico; para ello es necesario satisfacer determinadas demandas. Si antes del surgimiento de los conceptos que examinamos, los criterios para calificar una u otra categoría como filosófica eran muy burdos y casi siempre se consideran aplicables los de la universalidad extensiva o de lo científico gene-

ral, hoy la situación ha cambiado. Se precisan criterios más sutiles que permitan separar el conocimiento filosófico del científico general sobre la base del análisis de la especificidad y la naturaleza de la filosofía.

A su vez, ello exige una reflexión de la filosofía respecto a sí misma, al igual que concepciones más adecuadas de la estructura del conocimiento filosófico. Es bien sabido que la filosofía marxista rechazó la existencia de categorías filosóficas específicamente ontológicas, es decir, aquellas que sólo llamadas a expresar, exclusivamente, ciertas propiedades universales de la realidad objetiva. Toda categoría llamada ontológica es, al mismo tiempo, una categoría lógico-gnoseológica, pues orienta nuestro pensamiento y conocimiento a la obtención de un nuevo conocimiento y a la organización del conocimiento anterior cumpliendo funciones metodológicas. Por ello, como subrayó V. I. Lenin, la dialéctica materialista como doctrina sobre las leyes del desarrollo del mundo objetivo, es, al mismo tiempo, gnoseología y lógica dialéctica.

Lo expuesto nos dice, como suponen algunos autores, que uno de los criterios que distinguen las categorías filosóficas de los conceptos generales de las ciencias particulares, es el principio de la unidad de la dialéctica, la lógica y la teoría del conocimiento. Al propio tiempo, hay que señalar que dicho criterio no exige precisiones adicionales, a no ser cuando las categorías filosóficas ya han sido separadas de otros conceptos generales de las ciencias especiales. Para el conjunto de los demás, ese concepto resulta ya demasiado estrecho o demasiado amplio. Se trata, en particular, de los conceptos científicos generales que reflejan, tanto las propiedades más generales del mundo objetivo como las del conocimiento y el pensamiento, de los cuales hablamos antes. Es menester señalar que el principio de la unidad de la dialéctica, la lógica y la teoría del conocimiento, es válido también para cualesquiera conceptos, no sólo los científicos generales, en caso que reflejen ciertas propiedades del objeto investigado por la ciencia particular: dichos conceptos cumplen simultáneamente funciones lógicas y gnoseológicas.

Los conceptos científicos generales expresan también formas universales del ser y ejercen, al mismo tiempo, una función lógico-metodológica, por lo cual desempeñan un importante papel en el conocimiento científico. ¿Cómo es posible diferenciar en este caso el conocimiento científico general del

filosófico? Es evidente que aquí hay que introducir, junto al principio de unidad de la dialéctica, la lógica y la teoría del conocimiento, criterios adicionales. Si no lo hacemos, resulta que denominaríamos filosóficos a muchos conceptos científicos generales, pues el principio de la unidad de la dialéctica, la lógica y la teoría del conocimiento, es también aplicable a ellos. También debe observarse que este principio es extensivo nada más que a los conceptos, pero no a los métodos, pues aunque el método posee una fundamentación objetiva, no es menos cierto que constituye un procedimiento de la actividad —cognoscitiva o práctica— por lo que se precisan otros criterios de diferenciación del conocimiento filosófico como método respecto al no filosófico.

¿Es posible que los criterios de matematización nos sirvan para diferenciar los métodos científicos generales del filosófico? Ha sido establecido que casi todo método científico general va "acompañado" de medios matemáticos de investigación. Se puede suponer que el esclarecimiento de si un determinado procedimiento de actividad, está acompañado o no por medios matemáticos, es un criterio suficiente efectivo para diferenciar el conocimiento científico particular del filosófico. Sin embargo, también esta suposición sobre la solución del problema es ilusoria.

Tomemos las categorías filosóficas de espacio y tiempo, las cuales, como ya señalamos, poseen explicaciones matemáticas en la física, especialmente en las teorías especial y general de la relatividad. Sobre esta base, algunos autores consideran, en términos generales, que la filosofía nada puede decir acerca del espacio y el tiempo que no haya sido ya dicho por la física. Se concluye entonces: espacio y tiempo dejan de ser categorías filosóficas, por lo que no forman parte del método filosófico. Esta opinión es equívoca y hace causa común con el programa positivista de expulsar a la filosofía, a sus métodos y categorías, del conocimiento científico.

El hecho de que las categorías de espacio y tiempo pueden ser expresadas en determinados aspectos por el lenguaje de las matemáticas, no testimonia el tránsito completo de las mismas a las filas de las categorías científicas particulares ni su "desaparición" del sistema de categorías de la filosofía, sino que, en este caso, las representaciones filosóficas sobre el espacio y el tiempo dieron "brotes" fructíferos en la física. Sin embargo, las representaciones físicas del espacio y él tiempo no son análogas a las filosóficas, no explicitan toda la rique-

za de contenido de éstas, ni tocan aquellos aspectos del conocimiento filosófico vinculados con el problema fundamental de la filosofía. La matematización, por consiguiente, no puede ser el criterio que nos permita definir de una vez si un concepto o método es filosófico o si tiene un carácter científico general.

Si los criterios de universalidad extensiva y de matematización no ofrecen argumentos decisivos para decidir la diferenciación entre los conocimientos filosóficos y los no filosóficos, ¿pudiera servirnos para ello el criterio de esencialidad universal —riqueza de contenido—? Se trata de que la universalidad extensiva inherente al método filosófico está vinculada precisamente con la circunstancia de que el conocimiento filosófico separa lo más sustancial y rico de contenido en el ser y el conocimiento. Como sabemos, los conceptos matemáticos fundamentales expresan lo universal, aunque fijan su atención en el aspecto exterior y no en el interior del ser y el conocimiento. A diferencia de esto, el conocimiento filosófico extrae los rasgos más esenciales y profundos, abarca la naturaleza de todos los objetos del ser y la conciencia.

En el sentido expuesto, el criterio de esencialidad universal, de riqueza de contenido universal, no es más que una formulación diferente del principio de la unidad de la dialéctica, la lógica y la gnoseología —si referimos dicha unidad a los conceptos más generales—, por lo que no hace más que expresar otro aspecto, otro "corte" de esta concepción. Se puede señalar que, al comparar los conceptos filosóficos universales con los científicos generales, resulta difícil indicar cuál es más sustancial, sobre todo, cuando reflejan aspectos muy diferentes del ser y el conocimiento. En este caso, al hablar de la sustancialidad de las categorías filosóficas en comparación con los nuevos conceptos científicos generales, más bien damos preponderancia a las tradiciones que a criterios de mayor precisión. Es por ello, que las categorías filosóficas lo son, precisamente, por reflejar los aspectos más sustanciales, ricos en contenido, en mayor medida que las categorías científicas generales. Es claro entonces que, si nos mantenemos en la esfera de semejantes concepciones, resultará muy difícil salir de esta tautología, de este círculo vicioso lógico.

Los criterios de la tradición filosófica tampoco son válidos, porque una parte de los conceptos filosóficos antes utilizados perdió su *status* filosófico —las categorías de átomo, sustancia, etcétera— y fueron sustituidos por nuevas categorías —ele-

mentaridad, materia, etcétera—; mientras que las categorías tradicionales adquirían en nuestro siglo un nuevo sentido: la categoría de reflejo como propiedad universal de la materia. El criterio de "tradición filosófica" no es admisible, pues no está orientado a la modificación y el desarrollo del conocimiento filosófico.

Con el criterio de "tradición filosófica" está íntimamente relacionado el de "integridad" de las categorías filosóficas que componen el método dialéctico-materialista. Mucho se ha escrito sobre ello y todos sabemos que las categorías filosóficas constituyen un sistema integral. Pero la integridad no sólo es inherente a las categorías filosóficas, al método dialéctico-materialista, sino también al sistema de categorías y métodos de las ciencias especiales. Por consiguiente, la integridad de la filosofía es diferente de la de las ciencias especiales; pero el problema que hay que resolver es el de la naturaleza de esta integridad. Por otra parte, no debe concebirse la integridad del conocimiento filosófico como imposibilidad de incluir nuevos elementos en el sistema, como si fuera un sistema cerrado.

> La integridad como rasgo de la dialéctica —subrayan V. A. Lektorski y S. T. Meliujin— no puede contradecir su permanente renovación. La dialéctica marxista capta atentamente los nuevos problemas formulados por la vida, la práctica social y el conocimiento científico. La dialéctica, teóricamente generalizada y elaborada, no es algo cerrado en sí mismo, pues, por su propia esencia, está continuamente orientada al planteamiento y la solución de problemas prácticos y cognoscitivos reales.[14]

El conocimiento filosófico como sistema constituye, específicamente, un sistema abierto, cuya integridad está condicionada por el carácter especial de estas categorías y por las relaciones específicas entre ellas, y no simplemente por un determinado número de categorías e interrelaciones.

En ese caso, ¿pudiera resultar más flexible el criterio de "participación en la solución de los problemas filosóficos", propuesto en los últimos tiempos por algunos autores?[15] Es un mérito evidente de este criterio el que, hasta cierto punto, es inherente a la naturaleza y las exigencias de la propia filosofía, pues un verdadero método filosófico es aquél que participa fructíferamente en la adquisición de un conocimiento filosófico. En este sentido, la filosofía recibiría en su seno a un

conocimiento científico general, no sólo como resultado exclusivo de su propiedad científico-general, sino justamente por su aporte, que no deberá ser insignificante, a la solución de los problemas filosóficos —hoy los métodos científicos generales resuelven otros problemas no filosóficos.

Sin embargo, este criterio resulta también indefinido por apoyarse en el concepto no menos indefinido de "problemas filosóficos". Sabemos bien que los problemas filosóficos se modifican y que aquello que antes fue un problema de una ciencia particular se convierte en problema filosófico; se conocen también casos inversos. La indefinición del término "problema filosófico" se refuerza si tenemos en cuenta que, entre la multitud de problemas de una u otra ciencia particular, están también los problemas filosóficos. Por ejemplo, los problemas filosóficos de las ciencias naturales no son un conocimiento filosófico puro, pues abarcan el campo fronterizo entre la filosofía y las ciencias naturales. Sería un error imperdonable referir todos los conceptos y métodos utilizados en las elaboraciones filosóficas de las ciencias naturales a la filosofía, a pesar de que contribuyen a resolver determinados problemas filosóficos. Como vemos, el problema puede ser filosófico, aunque los conceptos y métodos utilizados para su solución son de tres tipos: filosóficos, científicos generales y científicos particulares.

Es evidente que la imprecisión del criterio de "problema filosófico" tiene que ver con la procedencia de éste —de la filosofía o de las ciencias particulares—, lo que tampoco arroja claridad sobre la esencia de la cuestión al resolverla en un plano general, pues tanto las necesidades de las ciencias particulares como las de la filosofía pueden ser fuente y estímulo para la formación de un nuevo conocimiento filosófico. Si en otros tiempos, las demandas y la participación de las ciencias particulares en la formación del conocimiento filosófico eran relativamente pequeñas, en la actualidad han crecido sustancialmente, lo que no hace más que reflejar el aumento de la interrelación entre la filosofía y las ciencias particulares.

En los últimos tiempos y en relación con el amplio despliegue de las investigaciones sistémico-estructurales y su comprensión filosófica, se ha propuesto el criterio estructural para diferenciar las categorías filosóficas de los conceptos matemáticos y de las ciencias especiales. Se presupone que durante el tránsito de lo particular a lo universal, es decir, de los conceptos científicos especiales a las categorías filosóficas más

generales, universales, tiene lugar un peculiar salto cualitativo en el aspecto estructural. Éste consiste en abstraerse de las estructuras específicas de todos los campos especiales de fenómenos y de las leyes que expresan sus estructuras. El resultado es que las categorías filosóficas no fijan las estructuras de las cosas, sino las propiedades más generales, los tipos de vínculos y relaciones con ayuda de los cuales las ciencias expresan las estructuras de clases de cosas cualitativamente definidas, es decir, el "contenido ontológico" de las categorías filosóficas no posee un carácter estructural.

¿Es cierto que ninguna categoría filosófica posee en este sentido un carácter estructural? Tomemos la categoría de movimiento como cambio, en general, en calidad de primer ejemplo que se nos ocurre. A pesar de que esta categoría fija lo invariante para todos los cuerpos materiales, es decir, la propiedad de modificarse, no expresa ninguna regulación, por lo que no posee un carácter estructural ni general ni específico. Por cierto, no se trata aquí de una situación peculiar de la filosofía, pues algunos conceptos de las matemáticas también carecen de estructura, en el sentido en que, por ejemplo, el concepto "punto" no expresa ninguna estructura interna del punto.

Veamos ahora la categoría de relación causal. La causa y el efecto aparecen aquí ordenadas: la causa precede y determina al efecto y esta secuencia es invariante, un atributo de la causalidad.

Hemos seleccionado muy arbitrariamente dos categorías filosóficas universales para descubrir que una de ellas carece de estructura en el reflejo del contenido, mientras que la otra expresa la forma invariante de regulación de cualesquiera fenómenos. Claro que la categoría de causalidad no indica el tipo concreto de regulación que se tiene en cuenta al aplicarla a los diferentes fenómenos, pero no por ello cambia la esencia del problema, pues la categoría de relación causal no se abstrae en general de la estructura objetiva, de la secuencia temporal entre la causa y el efecto. Y si tomamos el problema fundamental de la filosofía, lo decisivo que discuten el materialismo y el idealismo, es el problema de qué es lo primario en la relación entre la conciencia y la materia y, por consiguiente, la relación y correspondencia entre ambas. Esta relación entre la materia y la conciencia es concebida de distinta forma por los partidarios de las direcciones filosóficas contrarias.

En términos generales, si examinamos la estructura en dos planos, el lógico y el ontológico, son posibles, por principio,

las siguientes variantes: 1) la estructura lógica representa una estructura objetiva; 2) la estructura lógica representa un objeto carente de estructura —a un determinado nivel—; 3) la estructura lógica no representa, en general, ningún objeto realmente existente. Aquí suponemos que las formas lógicas poseen siempre una estructura y que no existen en principio formas lógicas carentes de estructura.

Las categorías filosóficas —estructuras lógicas—, incluyendo las universales, casi nunca se abstraen de las características estructurales de los objetos. Más aún, si en relación con ciertas categorías no existen consideraciones estructurales, respecto a todo el sistema de categorías de la teoría de la dialéctica materialista, esta conclusión pierde todo significado, pues en este sistema, como es de suponer, existe una estructura. Se trata, ante todo, de una estructura lógica, subjetiva, pero en ella, a pesar de la presencia de estructuras epistemológicas y gnoseológicas especiales, hay una estructura que refleja la estructura dialéctica objetiva del mundo exterior, fijada en las categorías universales de la filosofía; la "red" de categorías de la dialéctica refleja la estructura de la realidad objetiva. Esta conclusión se desprende de las consideraciones formuladas por V. S. Tiujtin al definir las particularidades de cualquier tipo de reflejo: la correspondencia entre la estructura del original y la de la imagen, es decir, una relación de regulación.[16] Si las categorías filosóficas constituyen un reflejo, según la definición del concepto de reflejo brindada por V. S. Tiujtin, ellas deberán reflejar una determinada estructura, en algunos casos degenerada.

Por tanto, consideramos que el criterio estructural para la diferenciación de las categorías filosóficas de las científicas especiales no ofrece, en su conjunto, una respuesta al problema planteado, pues no sólo es incapaz de diferenciar todas las categorías filosóficas de las científicas especiales, sino que, si nos guiamos por él, podremos encontrar a partir de la "carencia de estructura", muchas palabras del lenguaje común, de las matemáticas e incluso de algunas otras ciencias, entre las categorías filosóficas universales.

En lo que respecta a la distinción del método filosófico en relación con todos los demás, incluyendo a los científicos generales, el criterio estructural discutido resulta inaplicable, pues el método dialéctico-materialista actúa como sistema integral de categorías, leyes y principios, dispone de una estructura, adecuada a la de la realidad objetiva y resulta así, metodo-

lógicamente efectivo, tanto en la adquisición de conocimientos filosóficos como en el conocimiento en otros campos de la ciencia.

A continuación nos referiremos al criterio de diferenciación del método filosófico, dialéctico-materialista y de los conceptos que lo integran, no desde el punto de vista de los rasgos externos a la filosofía, sino de aquellos que le son inmanentes.

3. El problema fundamental de la filosofía. Su papel en la filosofía actual y futura

Cuando un representante de las ciencias particulares arriba a la esfera de la filosofía, se encuentra con la existencia de muchas direcciones filosóficas. La filosofía, en su conjunto, constituye una forma determinada de la conciencia social, donde existen sistemas teóricos diferentes y sobre todo opuestos. Sin embargo, dentro de toda esa diversidad pueden distinguirse dos fundamentales: el materialismo y el idealismo, cuya oposición se define por medio del problema fundamental de la filosofía.

El problema fundamental de la filosofía, que establece la oposición entre el materialismo y el idealismo, tal como señala T. I. Oizermán, constituye la contradicción fundamental "interiormente inherente al desarrollo de la filosofía, la cual caracteriza directamente la estructura del conocimiento filosófico y la forma específica de su desarrollo".[17] La contradicción entre el materialismo y el idealismo fue la fuente de la aparición y el posterior desarrollo de la filosofía. Ya los primeros sistemas materialistas surgieron como reacción frente a las concepciones religiosas, como su refutación y contraposición. Sólo después, como intento teórico por defender a la religión de las posiciones del materialismo, emerge el idealismo objetivo. El idealismo subjetivo, que apareció mucho más tarde (su fundador fue Berkeley), brotó también en el campo de lucha contra el ateísmo y el materialismo. En nuestro tiempo, la diversidad de direcciones y escuelas idealistas son unánimes en su oposición al materialismo, al que tratan de refutar teóricamente como en el pasado.

El problema fundamental de la filosofía expresa, por tanto, la contradicción histórico-filosófica central, que polariza la filosofía en dos grandes direcciones, situadas en un plano de aguda confrontación. Uno u otro filósofo, más tarde o más temprano, "no puede evitar elegir y elige, puesto que filosofa. El materialismo o el idealismo, he ahí la inevitable alternativa en filosofía".[13] A Engels pertenece el honor de haber formulado el problema fundamental de la filosofía: "El gran problema cardinal de toda la filosofía, especialmente de la moderna, es el problema de la relación entre el pensar y el ser."[19]

La distinción de la relación entre el pensamiento y el ser como problema filosófico fundamental, posee una base ontológica. No se trata, simplemente, de la constatación de que existen dos tipos de realidad, por principio diferentes: los fenómenos materiales y los espirituales, el ser y la conciencia, sino también la toma de conciencia del rasgo más esencial de la existencia y la actividad humana. El hombre, a diferencia de los animales, toma conciencia, por primera vez, de su relación con el mundo circundante; y aunque se encuentra en indisoluble unidad con él, se opone a ese medio y se distingue de él. Pero esta separación y contraposición resultaron posibles gracias, únicamente, al surgimiento de la conciencia, así como de toda la actividad del hombre en relacion con el mundo exterior, existente independientemente de él. Tanto la actividad cognoscitiva como la transformadora, propia de los hombres, toda su orientación respecto a la naturaleza circundante, están iluminadas por la luz de la conciencia, que los diferencia radicalmente, no sólo de la naturaleza inorgánica, inanimada, sino también de sus predecesores, los seres biológicos.

Y si por un momento imagináramos que los animales pueden crear su "filosofía", ella sería una sola, en la cual el mundo exterior percibido por el animal es idéntico a su percepción. Esto es comprensible; los animales son incapaces de tomar conciencia de su relación con el mundo exterior, de separarse del medio que los rodea. La identidad de las sensaciones y el mundo exterior, tesis que yace en la base del idealismo subjetivo, sería también el fundamento de la "filosofía" de los seres biológicos. Para los animales no existe el problema de la relación entre el ser y la conciencia, no sólo en razón de la inexistencia puramente formal de esta última, sino ante todo porque su inexistencia real engendra una relación completamente diferente de los animales respecto al mundo exterior. Esta

asombrosa particularidad de la existencia humana, condicionada por la conciencia, ha preocupado a los hombres desde hace algunos milenios, hasta el momento en que se ofreció la formulación científica del problema filosófico fundamental. Sin embargo, el problema fundamental de la filosofía no se reduce a la constatación del hecho de que el hombre está separado del mundo exterior, hecho asequible a la conciencia común, cotidiana. Este problema, aunque refleja esa separación, no es sólo el problema de la relación entre el hombre y el mundo exterior, sino que se presenta como la relación entre la conciencia y el ser en general. Esto está relacionado con que, en los sistemas del idealismo objetivo, la conciencia traspasa los límites del hombre y la sociedad, lo que significa que el problema mismo de la relación entre el hombre y la naturaleza, puede ser explicado desde posiciones idealistas que abarcan un círculo de cuestiones más amplio aunque también mistificado. Es por ello que en la conciencia científica, e incluso en la común, puede adquirir forma de problema "el hombre social o la sociedad —pues sólo ellos son los verdaderos portadores de la conciencia individual y social— en relación con la naturaleza circundante o mundo exterior", que en la conciencia filosófica se transforma en el problema de la relación entre la conciencia y el ser.

El problema fundamental de la filosofía desde su planteamiento mismo y no sólo en unas u otras soluciones concretas, fija la existencia de dos esencias fundamentales que se diferencian entre sí en mayor medida que cualesquiera fenómenos materiales espirituales. Precisamente esta distinción es la que establece el círculo de problemas alrededor de los cuales giran los razonamientos filosóficos restantes que forman uno u otro sistema de representaciones acerca de la relación entre el ser y la conciencia, independientemente de si ella es percibida por el filosófo e incluso cuando éste afirma una cosa diferente.

Sabemos que en sus comienzos el pensamiento filosófico se orientó a la búsqueda de los principios, de las causas primarias, del fundamento de lo existente, de todo ser. Pero la búsqueda de estos principios y fundamentos conducía inexorablemente a su concreción, al descubrimiento de dos esencias fundamentales: la materia y la conciencia y sus relaciones mutuas, y a la explicación de cuál era primaria y qué es lo que las relacionaba y diferenciaba.

La diferencia fundamental entre el ser y el pensamiento se expresa, ante todo, en que la materia —el ser—, por un lado,

y la conciencia —el pensamiento— por otro, no son universales ni iguales en la misma medida. Los idealistas, al afirmar la prioridad de la conciencia respecto al ser, conceden la universalidad a la conciencia, mientras que los materialistas proclaman lo contrario. Desde un punto de vista materialista la materia y la conciencia son universales en grado diferente, lo cual ha sido brillantemente enfatizado por V. I. Sviderski: "La correlación entre la materia y la conciencia no es universal y, en este sentido, no es la correlación fundamental de la realidad misma."[20] Debido a que el pensamiento, la conciencia, surge en una determinada etapa de desarrollo de la materia, la relación entre materia y conciencia aparece sólo desde el surgimiento del hombre social. Hasta ese momento no existía ni podía existir esa relación, si partimos de los datos científicos y no de posibilidades abstractas como las que ontologizan algunas concepciones idealistas y dualistas.

La conciencia se diferencia del ser por dos particularidades decisivas. En primer lugar, aparece sólo en una determinada etapa de desarrollo de la materia, por lo que no es universal, y, en segundo término, constituye un reflejo peculiar, inmaterial, de la materia y, en este sentido, su negación. Esta diferencia fundamental de la conciencia respecto al ser supone entonces que es imposible descubrir un conjunto de leyes y principios que sean válidos simultáneamente para el pensamiento y para el ser. Se pueden indicar algunas diferencias: 1) eternidad del ser hacia el pasado y ausencia de esta cualidad del tiempo para la conciencia, 2) universalidad del ser y especificidad de la conciencia; 3) condicionamiento de la conciencia por el ser y no a la inversa; 4) infinitud del ser y limitación de la conciencia en el espacio; 5) el ser es siempre real y posible, mientras que la conciencia no siempre existe. Todas estas diferencias entre el ser y el pensamiento se desprenden de la respuesta materialista al problema filosófico fundamental y limitan así las leyes y propiedades generales que pueden ser simultáneamente inherentes al ser y a la conciencia. La respuesta científica al problema filosófico fundamental, que establece la asimetría del ser y el pensamiento, introduce de esa forma correcciones sustanciales al posterior análisis filosófico del pensamiento y el ser orientado hacia algo contradictorio: a la revelación de sus leyes universales comunes. Si la filosofía estudia las leyes más generales del movimiento y el desarrollo de la naturaleza, la sociedad humana y el pensamiento, ello implica que, de la naturaleza, se

tomarán sólo aquellas leyes que existen simultáneamente en la sociedad y en la conciencia humana.

La limitación introducida por la respuesta materialista al problema filosófico fundamental no es, por supuesto, arbitraria, sino que se trata de una limitación impuesta por el desarrollo real del mundo y reflejada por la conciencia. La conciencia puede reflejar también aquellas leyes del ser que no pertenecen objetivamente a la conciencia misma, es decir, puede reflejar la eternidad, la infinitud, la universalidad. ¿Significa esto que el principio de la unidad entre lo objetivo y lo subjetivo de la dialéctica, la lógica y la teoría del conocimiento —que de hecho se encuentra en la base de la definición, aceptada por todos, del objeto de la filosofía marxista-leninista—, prohíbe al conocimiento filosófico aquello que se encuentra más allá de las leyes invariantes del ser y la conciencia? Por un lado, este principio lo prohíbe, aunque sólo en el sentido de que las leyes invariantes inherentes por separado al ser o a la conciencia deben estudiarse por las ciencias particulares y no por la filosofía. Pero, por otro lado, todas aquellas leyes que tienen una relación directa con la respuesta al problema fundamental de la filosofía y que desarrollan y concretan esta respuesta, tienen derecho a evadir la recordada "navaja de Occam", es decir, el mencionado principio de unidad. En este sentido, el principio de la unidad de la dialéctica, la lógica y la teoría del conocimiento, no prohíbe investigar las propiedades y atributos universales de la materia, aunque estos atributos no son inherentes a la propia conciencia, sino que solamente son reflejados por ella. La posibilidad de ese reflejo no significa que la conciencia devenga entonces eterna, infinita, material.

Es por ello, que la universalidad simultánea de las leyes del ser y la conciencia "es superada" por la filosofía tan pronto surge la necesidad de caracterizar totalmente el ser y la conciencia por separado a fin de develar su relación. El concepto mismo de relación no sólo significa unidad, identidad, comunidad, sino también, diferencia, oposición. Es por ello que el problema fundamental de la filosofía permite realizar una reflexión más amplia sobre el conocimiento del ser y del pensamiento que la que posibilita la comunidad de sus leyes de movimiento y desarrollo. En este caso, tan pronto se plantea la alternativa de limitar el examen filosófico de la universalidad de las leyes del ser y del pensamiento o de su relación, resulta decisivo el problema fundamental de la filosofía. Y en

este sentido, a pesar de que muchos métodos y conceptos son hoy científicos generales y caracterizan de igual modo, tanto al ser como a la conciencia, sólo pueden convertirse en filosóficos aquellos que posibilitan el ulterior desarrollo de la respuesta dialéctica-materialista al problema fundamental de la filosofía. De igual forma, solamente devienen filosóficas aquellas elaboraciones metodológicas que tienen una relación directa con el problema fundamental de la filosofía —aunque de forma indirecta todos los problemas metodológicos están ligados a éste.

Como bien han señalado L. A. Liajovietski y V. S. Tiujtin, "el problema fundamental de la filosofía tiene una gran importancia en la metodología del conocimiento. Del carácter de su solución dependen, en última instancia, no sólo todos los problemas de la propia filosofía, sin excepción, sino los problemas referentes a la concepción del mundo de cualquier ciencia concreta...".[21] Podemos concluir que el problema fundamental de la filosofía ejerce una influencia sustancial tanto sobre la concepción del mundo y la metodología filosófica como sobre otras formas de la concepción del mundo y la metodología especial de la ciencia contemporánea. Sin embargo, en la metodología especial, esta influencia no resulta decisiva, pues aquí se eleva el papel de los postulados teóricos generales más importantes de las ciencias particulares. En lo que respecta a la metodología filosófica, la problemática que en este caso se agrupa alrededor del problema fundamental de la filosofía, desempeña un papel dominante.

Al hablar del conocido principio de unidad de la dialéctica, la lógica y la teoría del conocimiento, estrechamente vinculado a la definición general del objeto de la teoría de la dialéctica materialista, y el problema fundamental de la filosofía, disponemos, ante todo, de las conclusiones que se desprenden del análisis del primer aspecto de este problema. Precisamente, este primer aspecto establece la diferencia ontológica fundamental, la asimetría genética del ser y el pensamiento, lo que, naturalmente, conduce a la limitación de las leyes más generales del ser y el pensamiento, sobre todo las leyes de este último. Al mismo tiempo, el segundo aspecto del problema fundamental de la filosofía explicado de manera materialista, parece no presuponer dichas limitaciones, o bien porque los resultados del conocimiento corresponden a su fuente, por lo que las leyes del pensamiento reproducen las del ser y coinciden con ellas en este sentido. Pero como quiera que esta identidad es dia-

léctica, surge entonces algo diferente de la simple identidad, condicionado por la circunstancia de que, en el fundamento de la respuesta materialista al segundo aspecto del problema filosófico fundamental, yace el principio del reflejo.

Esta diferencia está vinculada, en primer lugar, con algo que dijimos antes, el reflejo de la asimetría ontológica del ser y la conciencia por el pensamiento y, en segundo lugar, a que la conciencia misma, en particular su principal función: el conocimiento, posee su propia especificidad, la cual no puede ser expresada exclusivamente en el lenguaje de las leyes más generales, aunque es necesaria, de una u otra forma, para la respuesta materialista al problema filosófico fundamental. Debido a la presencia de, por lo menos, estas dos particularidades, al discutir los problemas filosóficos, los filósofos se ven obligados a traspasar los marcos de las leyes más generales, incluso cuando exponen sistemáticamente un curso de filosofía. Podemos tomar como ejemplo cualquier manual de filosofía, digamos, el ya mencionado *Fundamentos de la filosofía marxista-leninista*. Después de la introducción dedicada a la exposición del problema fundamental de la filosofía y de su objeto, se expone el curso de materialismo dialéctico. Primeramente se trata la materia y las formas principales de su existencia, y después la conciencia como cualidad de la materia altamente organizada. Estos dos capítulos ponen de manifiesto el aspecto ontológico del problema filosófico fundamental y permiten su ulterior desarrollo y concreción. Después siguen dos capítulos en los cuales se examinan las leyes dialécticas universales del desarrollo y las categorías de la dialéctica materialista. Estos capítulos, además de continuar la exposición del problema fundamental de la filosofía analizan, en mayor medida, la concepción del objeto de la filosofía como ciencia sobre las leyes más generales del movimiento y el desarrollo del ser y la conciencia.

Los tres capítulos restantes del curso —"La naturaleza del conocimiento humano", "La dialéctica del proceso del conocimiento" y "Los métodos de la investigación científica"— están consagrados a revelar lo específico del proceso cognoscitivo, es decir, a la función principal de la conciencia, que está encaminada a la comprensión del ser.

Esta breve enumeración de los temas del curso de materialismo dialéctico refleja el hecho de que dicha disciplina, por su esencia, se orienta, fundamentalmente, no tanto a las leyes universales del ser y el pensamiento como al desarrollo en

forma concreta del problema fundamental. Esto no solamente ha sido observado por nosotros. Podemos referirnos también a la opinión de B. M. Kédrov, quien plantea, justamente, que:

> En la realidad, la mayor amplitud y generalidad de los problemas de la filosofía y, por tanto, de su objeto, en relación con los problemas de las ciencias particulares, están condicionadas por dos causas fundamentales íntimamente vinculadas entre sí: en primer lugar, porque la filosofía, personificada en la dialéctica científica, tiene como objeto las leyes más generales de todo movimiento, mientras que las ciencias particulares sólo se ocupan de leyes más particulares y estrechas, que actúan únicamente en campos limitados de la realidad; en segundo lugar, por el hecho de que la filosofía, personificada en la lógica dialéctica, tiene como tarea descubrir los caminos generales del conocimiento que conducen a la verdad y, en relación con ello, el estudio de problemas tales como el de los criterios de la verdad, el de qué es la verdad, el de la correlación entre sujeto y objeto, incluyendo el problema fundamental de toda filosofía, de toda teoría del conocimiento, es decir, la relación entre el pensamiento y el ser, entre la conciencia y la materia.[22]

Una posición análoga ocupa M. N. Rutkevich cuando insiste en que el materialismo dialéctico es la ciencia sobre la correlación entre el ser y el pensamiento y sobre las leyes más generales del desarrollo del ser y el pensamiento, por lo que "puede decirse, en forma más sintética, que se trata de la ciencia sobre la correlación de las leyes más generales del ser y el pensamiento".[23] La conclusión más importante que podemos hacer es la de que estas dos causas o dos factores son, precisamente, los que determinan lo específico de la dialéctica materialista como conocimiento filosófico.

Se entiende por sí mismo que la filosofía marxista-leninista estudia las leyes más generales del ser y la conciencia "a través del prisma" de la respuesta materialista al problema filosófico fundamental. Pero, como se deduce de lo antes expuesto, esa filosofía no se limita exclusivamente a la investigación de las leyes más generales del ser y el pensamiento, sino que estudia la relación del ser y el pensamiento, lo que presupone un análisis especial de la problemática ontológica y, especialmente, lógico-gnoseológica, que sobrepasa los límites de sus leyes más generales.

En el futuro aparecerán nuevas leyes universales o, para ser más exactos, leyes más generales así como nuevos aspectos y propiedades del ser y del pensamiento, lo que testimonia que la filosofía científica no se convertirá en una tautología donde están limitadas, de una vez por todas, un número de leyes y categorías que se repiten continuamente sin poder romper ese círculo vicioso. La existencia de leyes generales y de características y propiedades generales del ser y el pensamiento es una poderosa fuente para el desarrollo ulterior de la filosofía, tanto en el plano del enriquecimiento de las categorías tradicionales como en el de la aparición de otras nuevas.

Sin embargo, si la filosofía se ocupa nada más que de la generalización, lo que implica en cierta medida una apropiación de los datos de otras ciencias particulares, ¿no significa esto que la fuente del desarrollo de la filosofía se encuentra fuera de ella, en las ciencias particulares mismas? En este caso la filosofía acopiaría pasivamente en sí todo lo más general del ser y la conciencia, lo cual, en virtud de su considerable generalidad resulta "sobrante" para las ciencias particulares. En este caso son posibles dos variantes —que existen realmente en uno u otro grado en determinadas concepciones— en dependencia de la comprensión del grado de abstracción de lo más general. En una de las variantes, cuando se descubre algo más general para el ser y la conciencia y se introduce, casi siempre mecánicamente, en la filosofía, ésta comienza a ampliar aceleradamente su composición categorial y se agranda desmesuradamente, asimilando todo lo científico general que engendra la ciencia contemporánea. Esta situación, que realmente amenaza a la filosofía en nuestro tiempo, se hará más dramática en el futuro, durante el devenir de la revolución científico-técnica y de nuevas transformaciones sociales. El número de categorías y métodos científicos generales crecerá, y si los incluimos a todos en la filosofía, su desarrollo podría ser modelado en forma de "mala" infinitud potencial.

Podríamos evitar esta infinitud elevando el nivel de la abstracción e incorporando no sólo lo general del ser y el pensamiento, sino lo más general. Sin embargo, nadie es capaz de indicar con precisión el sentido perfectamente definido de la palabra "más", que tendría a su cargo el establecimiento del nivel de generalidad de la abstracción filosófica. Pero si elevamos este nivel puede llegar el momento en que no haya nada más en filosofía que la materia en movimiento y la conciencia que la refleja. Todas las demás categorías de la filosofía no

hacen más que concretar la categoría de materia —ser— y la de conciencia —pensamiento—, por lo que son menos abstractas que las señaladas. Esto significa que, al considerar como una de las principales tareas de la filosofía la generalización de los datos de las ciencias particulares, arribamos al siguiente dilema: o bien a un crecimiento no regulado, posiblemente exponencial de su aparato categorial, o, por el contrario, a la reducción de éste hasta el nivel de algunos postulados universales. Ni uno ni otro eliminan la filosofía ni las ciencias particulares. En uno de los casos la filosofía adoptaría funciones que no le son propias, que si bien no son iguales a las de una filosofía de la naturaleza están cercanas a ellas, o bien no les aportaría nada, para encerrarse en algunas tautologías hiperabstractas. Es evidente que, en la propia filosofía, debe existir un determinado "mecanismo" que regule el nivel de sus abstracciones impidiendo la simplificación exagerada así como toda ampliación excesiva.

En nuestra opinión, dicho mecanismo no es otro que el problema fundamental de la filosofía, que puede ser insuficientemente preciso y definido, pero aún así, capaz de mantener las abstracciones filosóficas en un determinado nivel necesario, al tiempo que sigue siendo la fuente interior del desarrollo de la propia filosofía —y no sólo de la filosofía en su conjunto, sino, como veremos más adelante, de la teoría de la dialéctica materialista y de su relación con las demás ciencias.

Está muy difundida la opinión que sostiene que el problema fundamental de la filosofía se reduce, exclusivamente, al de qué es lo primario. Pero como bien dicen V. A. Lektorski y E. G. Iudin en su reseña al libro de T. I. Oizermán *Las direcciones filosóficas principales*, el reconocimiento "de la primacía del ser o del pensamiento es lo decisivo para la solución del problema fundamental de la filosofía. Sin embargo, pensamos que no existen fundamentos para reducir a ello el problema en cuestión y su solución".[24]

Compartimos también esta opinión y consideramos que se aviene perfectamente con las consideraciones de Engels, quien en su *Ludwig Feuerbach y el fin de la filosofía clásica alemana*, habla precisamente de una relación y después, dentro de esta relación, distingue la relación de primacía.[25]

La relación de primacía, minuciosamente analizada por Engels, fue tomada por él sobre todo porque le hacía falta mostrar lo más fundamental que determina la polarización de los filósofos en materialistas e idealistas y condiciona el autodesarrollo

de la filosofía. La filosofía, en su conjunto, aunque recibe la influencia de la ciencia, por principio puede autodesarrollarse al impulso de la lucha entre el materialismo y el idealismo. Se trata, por supuesto, de una abstracción, pues ninguna dirección filosófica funciona independientemente de la ciencia, ni siquiera sus variantes anticientíficas. Toda filosofía extrae la savia vital de la ciencia, aunque "la contraposición del filosofar a la investigación científica reduce considerablemente las posibilidades del idealismo en cuanto a la asimilación de los logros científicos".[26] Y aunque el idealismo y el materialismo reciben la influencia del desarrollo de la ciencia, no es menos cierto que, al luchar entre sí, al "negarse" teóricamente, ambas direcciones se apoyan, fundamentalmente, en sus propios argumentos rigurosamente filosóficos. Si esto no fuera así, hace tiempo que el idealismo habría sido vencido por la ciencia en desarrollo, la cual confirma y desarrolla el materialismo en un grado cada vez mayor. El idealismo, que en la solución misma al problema filosófico fundamental se opone a la ciencia, obtiene sus argumentos de otros componentes del fondo sociocultural de la actividad vital humana, componentes que se diferencian de la ciencia. Y mientras exista este fondo, el idealismo seguirá desarrollándose, adoptará nuevas formas y cimentará teóricamente la existencia de sus fundamentos sociales.

La base social que alimenta el idealismo no es eterna. El idealismo no es eterno y, como afirma T. I. Oizermán:

> ...este tipo específico de errores sistemáticos resultará históricamente tan superado como la "asimilación" religiosa del mundo. Por supuesto, el desarrollo del conocimiento no elimina los errores pero es plenamente capaz de erradicar —y en grado considerable lo hace ya en nuestro tiempo— la concepción del mundo que se basa en errores.[27]

Todavía hoy las especulaciones idealistas no pertenecen a la historia y hay que suponer, por principio, que en el futuro, cuando hayan sido liquidados completamente los factores y condiciones sociales del idealismo, siga existiendo aun la posibilidad de las interpretaciones idealistas de las conquistas científicas. El idealismo, como sistema, desaparecerá en el futuro, pero justamente como un sistema, cuyo medio estimulante son las arcaicas relaciones de propiedad privada sobre

los medios de producción, las cuales engendran y apoyan, la existencia de nuevas formas de idealismo.

Las causas gnoseológicas del idealismo no dejarán de existir incluso cuando desaparezcan las clases explotadoras a nivel de toda la humanidad, y no encontrarán sostén en la propia organización social, ni resonancia por parte de la ciencia, que se desarrollará en estrecha unión con la filosofía dialéctico-materialista. Por ello podrá tratarse de elementos aislados, de brotes esporádicos de opiniones idealistas, pero no de una de las direcciones de la filosofía futura, y nunca de un sistema que el materialismo no sea capaz de eliminar. Es claro que la liquidación de semejantes "brotes" idealistas continuará siendo una de las funciones de la auténtica filosofía científica, pero no una de sus tareas primordiales como fue en el pasado y continúa siendo en nuestros días.

La "extinción" continua del idealismo bajo la influencia de las ideas del materialismo y la dialéctica, y de toda la ciencia en su conjunto, no significa que desaparezca de la filosofía, en tanto que forma de la conciencia social, el problema filosófico fundamental, por lo que sería necesario buscar otros problemas filosóficos que lo sustituyan. Todo el debilitamiento creciente del idealismo no testimonia que el problema fundamental de la filosofía agote sus funciones dentro de ésta. Por el contrario, el derrumbe del idealismo significa el fortalecimiento de las posiciones de la dialéctica materialista en la ciencia y en otras esferas de la actividad humana, y con ello, la adopción por la humanidad en su conjunto, de la solución materialista al problema fundamental de la filosofía. Esta solución continuará existiendo y desarrollándose y adoptará nuevas formas, pues la filosofía científica también se desarrollará en forma creadora tanto como resultado de su movimiento relativamente independiente como bajo la influencia de su interacción con las ciencias particulares.

Consideramos que es, precisamente, el problema fundamental de la filosofía y, sobre todo, su solución materialista, el que determina y continuará determinando el carácter específico del conocimiento filosófico y el desarrollo de sus categorías. Solamente desde las posiciones del problema fundamental de

la filosofía V. I. Lenin introdujo y formuló nuevas categorías filosóficas. Esto se refiere, ante todo, al concepto de materia que se utilizaba antes, cuya adecuada definición filosófica fue ofrecida por V. I. Lenin basándose en las ideas de Engels. Esto también es válido para el concepto de reflejo como propiedad universal de la materia, concepto que contribuyó a seguir descubriendo los fundamentos ontológicos del principio de reflejo como base de la respuesta materialista al segundo aspecto del problema fundamental de la filosofía.

La modificación de las funciones del problema fundamental en un futuro próximo no debe identificarse con el "fin de la filosofía". De hecho, si el problema fundamental de la filosofía, tratado exclusivamente como respuesta a la pregunta de la primacía del espíritu o la materia, encontrara una explicación filosófica única, coincidente con la materialista, dejaría de ser el problema que determina la principal contradicción filosófica, la lucha entre el materialismo y el idealismo. Por supuesto, los historiadores de la filosofía, al igual que antes, tendrán que combatir con un contrario ya derrotado, pero la contradicción filosófica fundamental no será ya el motor del posterior progreso de esta forma de la conciencia social, y no es menos cierto que el recuerdo del pasado difícilmente puede considerarse como fuente fundamental del conocimiento filosófico. El cuadro pesimista de la extinción de la ciencia filosófica, de hecho ha sido imaginado por nosotros con el fin de mostrar la falta de perspectiva, de la reducción del problema fundamental de la filosofía al de la primacía del ser y la conciencia. En realidad, de la misma forma que la verdadera historia de la sociedad comienza a partir del momento en que se produce el tránsito de las formaciones explotadoras a la comunista, la verdadera historia de la filosofía empieza con el viraje revolucionario realizado por Marx, Engels y Lenin, por lo que la desaparición del idealismo no significará el fin del materialismo y de la historia de la filosofía.

Tampoco esto implicará que el problema filosófico fundamental dejará de ser fundamental por la simple causa de que a partir de la desaparición del idealismo como sistema cumplirá solamente una de sus funciones caracterizadoras de la relación entre el ser y la conciencia. En principio, el problema fundamental de la filosofía cumple un conjunto de funciones, vinculadas estrechamente al desarrollo del materialismo.

4. Funciones del problema fundamental de la filosofía y la naturaleza del método filosófico

La primera de estas funciones, examinada anteriormente, está relacionada con la lucha entre el materialismo y el idealismo, y aquél y el agnosticismo. El proceso acelerado de derrumbamiento del idealismo en tanto que dirección que se enfrenta al materialismo, evidencia el cumplimiento gradual de esta función del problema filosófico fundamental, función exterior al materialismo pero interior para la filosofía como forma de la conciencia social. En el caso del materialismo, esta función comienza como lucha contra la religión, y adquiere una forma propiamente filosófica a partir del surgimiento del idealismo; como es de suponer, posee un fin práctico. Las otras dos funciones del problema fundamental de la filosofía, ya no están limitadas por período temporal alguno. Una de ellas es una función interna del propio materialismo, mientras que la otra está relacionada con los vínculos de la filosofía con las ciencias particulares (otras funciones del problema fundamental de la filosofía relacionadas con fenómenos culturales extracientíficos, no serán abordadas por nosotros, pues sobrepasan las fronteras de este trabajo). Examinemos estas funciones con mayor detenimiento.

¿En qué consiste la función del problema fundamental de la filosofía que hemos definido como interna al materialismo? Como quiera que en un sentido amplio el problema fundamental de la filosofía es la relación entre el ser y la conciencia, es claro que puede existir —y en realidad existe— una diversidad de estas relaciones y de sus formas, todas ellas basadas en la primacía del ser. No nos referimos a las viejas concepciones metafísicas y materialistas vulgares, incompatibles con la ciencia. Tenemos en cuenta, ante todo, a la diversidad real de manifestaciones de la relación entre el ser y la conciencia presentes en el objeto del materialismo dialéctico e histórico. Ya en el materialismo dialéctico, el problema de la relación entre el ser y la conciencia, adopta la forma de una relación entre el ser social y la conciencia social. Pero el asunto no se limita a esto. Si tenemos en cuenta que el portador auténtico de la conciencia individual es el hombre social y que la humanidad es portadora de la conciencia social, en tanto que sujeto del conocimiento de la actividad práctica, resultará claro que

a la filosofía le interesa, en primer lugar, el problema de la relación entre el sujeto y el objeto.

> La particularidad distintiva de la concepción filosófica del mundo —observa T. I. Oizermán— es la bipolaridad, es decir, el análisis de la conciencia pensante como movimiento del sujeto hacia el objeto y del objeto hacia el sujeto. La filosofía delimita lo subjetivo y lo objetivo y, al mismo tiempo, investiga sus relaciones mutuas. Le interesa sobre todo el contenido sujeto-objeto, el cual aparece como sistema de relaciones en sus diversas formas desarrolladas: hombre-naturaleza; conocimiento-objeto del conocimiento; hombre-sociedad; sociedad-naturaleza; sociedad-historia, etcétera.[23]

Dicho sistema de relaciones, si tenemos en cuenta las investigaciones filosóficas actuales, podría ser ampliado incluyendo los problemas "hombre-técnica", "hombre-instrumento cibernético", "hombre-información", "hombre-biosfera", "sociedad-cosmos", "humanidad terrestre-civilización cósmica", etcétera.

Es perfectamente evidente que la filosofía marxista, al utilizar el método dialéctico para el estudio de los aspectos generales de estas relaciones bipolares, no ignora, sino que incorpora a ella al hombre precisamente como hombre social, como conjunto de relaciones sociales, y a la sociedad como sistema de personalidades interactuantes, de sus colectivos, y ante todo, sus clases, sistema que adquiere su auténtica integridad sólo como resultado de la socialización basada en los principios comunistas. De esta forma, refutamos las maquinaciones de diferentes ideólogos burgueses acerca de la desaparición de la problemática humanista de la filosofía marxista. En realidad, de esta filosofía sólo se esfumó el individuo abstracto, el hombre antropologizado.

El hombre social, su relación con la sociedad, con el mundo circundante, es estudiado en sus formas más generales por la filosofía dialéctico-materialista y condiciona que lo científico general se revele por medio de lo humano general, aunque en este caso, por supuesto, no se ignoran, sino que se desplazan a un primer plano las relaciones económicas socioclasistas que determinan tanto la conducta social del hombre como su relación con la naturaleza.

Como bien señala V. S. Shviriov, la filosofía examina la ciencia desde su punto de vista específico, pues analiza el tipo

de relación hacia la realidad, característico de la ciencia como una forma de la conciencia social, la cual determina el modo de orientación del hombre en el mundo elaborado por la ciencia.[29] Debido a que la relación del hombre, de la sociedad hacia el mundo circundante o hacia cualquiera de sus fragmentos —objeto—, no es otra cosa que la actividad del hombre social y de la humanidad, la filosofía examina ante todo la actividad humana en sus diferentes relaciones por medio de las categorías más generales.

Debido a que enfocamos nuestra atención sobre las relaciones entre el ser y la conciencia, hacia las relaciones objeto-sujeto en tanto que lo específico de la filosofía respecto a las demás ciencias, surge naturalmente la interrogante: ¿"desaparecen" entonces de la filosofía los problemas de la dialéctica? Este problema tiene mayor vigencia por la circunstancia de que algunos filósofos identifican en términos generales los conceptos de filosofía y dialéctica. Resulta que estos problemas no desaparecen, pues la unión del materialismo con la dialéctica, realizada por Marx y Engels, no significó simplemente una solución materialista al problema fundamental de la filosofía, pues no habrían hecho más que repetir a los materialistas que los precedieron, sino que, precisamente, solucionaron de forma materialista dialéctica este problema, es decir, introdujeron algo radicalmente nuevo. La unión del materialismo con la dialéctica no se produjo fuera de los límites del problema filosófico fundamental pues en este caso ello hubiera sido un traspaso mecánico de la dialéctica al materialismo; en realidad, el traslado de la dialéctica se entrelazó con la solución materialista a este problema y constituyó su posterior desarrollo. Esto fue señalado muchas veces por los propios fundadores de la filosofía marxista-leninista, cuando subrayaban la contraposición de su método al método idealista de Hegel.

De hecho, la respuesta a la pregunta de qué es primario, el espíritu o la materia, que representa la primera elección en filosofía, no conduce necesariamente al materialismo dialéctico. La siguiente elección está relacionada con la alternativa entre la dialéctica y la metafísica, aunque no tiene completa independencia de la primera: ningún materialista es capaz de explicar la primacía de la materia sobre la conciencia si no aplica el principio del desarrollo, o sea, el principio central de la dialéctica. Es por ello que la propia respuesta materialista al problema filosófico fundamental conmina a una posterior apli-

cación consecuente de la dialéctica, y es por esta razón, que, como regla, la dialéctica no fuese ajena al materialismo.

El hecho de que algunos idealistas, sobre todo Hegel, fueran dialécticos, no aminora en nada el planteamiento sobre la necesidad de un vínculo esencial entre el materialismo y la dialéctica; de hecho y por principio, el idealismo contradice la dialéctica, lo que resulta bien evidente en la relevante dialéctica de Hegel. Las posibilidades de la dialéctica en el seno del idealismo están en principio limitadas, al tiempo que el materialismo abre perspectivas ilimitadas al desarrollo y enriquecimiento del método dialéctico. La utilización de la dialéctica por los idealistas no permitió que los sistemas idealistas dejaran de ser metafísicos.

La aplicación de la dialéctica al desarrollo del problema fundamental de la filosofía no sólo permite formular la idea de que el ser es primario —esto pudiera ser una simple conjetura genial que devino convicción—, sino también demostrar de forma rigurosamente científica esta primacía, fundamentar que el conocimiento del mundo es posible y que el mismo constituye un proceso dialéctico. El enfoque dialéctico del problema fundamental de la filosofía realizado por Marx y Engels es, al mismo tiempo, el paso de la simple formulación de la idea sobre la primacía del ser a su argumentación consecuente y su demostración auténticamente científica.

En resumen, el materialismo científico y la dialéctica son dos aspectos de la esencia de la filosofía, los cuales dejaron de ser una cosa en sí. Se comprendió su indisoluble unidad, en dependencia de esa relación con otros postulados de la teoría de la dialéctica materialista. El método dialéctico atravesó tres etapas fundamentales de desarrollo: de la dialéctica ingenua antigua, y en términos generales de la filosofía antigua, a través del idealismo dialéctico de la filosofía clásica alemana, hasta el materialismo dialéctico. La comprensión dialéctica de la respuesta materialista al problema filosófico fundamental es, justamente, el principio lógico-metodológico que permite desplegar todo el sistema de leyes y categorías de la filosofía científica. Pero este principio, que expresa la relación entre el ser y la conciencia, esconde en sí un espectro mucho mayor de consecuencias que la simple afirmación de que el ser es primario y la conciencia secundaria. El mismo exige ser desarrollado al examinar cualesquiera formas y sobre todo las nuevas de la relación entre el sujeto y el objeto, las cuales aparecen en el proceso de desarrollo de la actividad humana.

La dialéctica por sí misma, fuera de la esfera del problema fundamental de la filosofía, deja de ser dialéctica filosófica. ¿Es realmente posible que las ciencias especiales, sobre todo en nuestro tiempo, no utilicen la dialéctica? Todo descubrimiento científico es un proceso dialéctico, toda ciencia se colma de dialéctica,[30] en esos casos el método dialéctico actúa en las ciencias, no sólo en el nivel de lo universal, sino también de lo específico. Pero lo específico de toda ciencia particular no es objeto de la filosofía, a quien interesan las leyes más generales. Limitar la esfera de la dialéctica sólo al nivel de lo universal no es más que destruir la unidad esencial de la filosofía y las ciencias particulares, equivale a fijar obstáculos artificiales en el camino de la dialectización de esas ciencias.

Como sabemos, la dialéctica penetra en las ciencias particulares, por lo menos, por dos vías: por medio de la utilización consciente de las categorías y leyes de la filosofía científica y como resultado del estudio directo del objeto de conocimiento de cada ciencia concreta. Se conocen casos de especialistas que piensan de forma idealista y metafísica en el nivel filosófico, quienes en el campo de una ciencia particular, espontáneamente y con frecuencia independientemente de sus opiniones filosóficas, utilizan la dialéctica de la misma forma que los materialistas y obtienen resultados relevantes. Es perfectamente comprensible que la finalidad de la dialéctica materialista como metodología de las ciencias particulares sea la de elevar la efectividad de éstas a cuenta de la utilización consciente de las categorías filosóficas. La filosofía, por consiguiente, no introduce la dialéctica en la ciencia, como si la ciencia fuese en su totalidad, no dialéctica, sino que se limita a elevar, intensificar y dirigir el proceso interno propio de dialectización de las ciencias particulares.[31] La dialéctica no es una prerrogativa exclusiva de la filosofía; se trata de una cualidad en otro nivel específico, inherente, en unión con otros elementos formales, a cualquier ciencia particular, aunque en grado mucho menor que a la filosofía. Es por ello que la diferencia entre la filosofía científica y las ciencias particulares no se oculta en la dialéctica, sino, exclusivamente, en los grados y en el nivel de su utilización: la filosofía, en mayor medida que la ciencia, está colmada de dialéctica y el nivel de abstracción de sus conceptos dialécticos es considerablemente mayor, pues aquí la dialéctica es utilizada para el estudio de las relaciones entre el ser y la conciencia y de las leyes universales de su movimiento. A la filosofía no la caracteriza

simplemente la dialéctica, sino una dialéctica de tipo especial, determinada sobre todo por su problema fundamental.

Pero una vez que tanto en la filosofía como en las ciencias particulares hay dialéctica, aunque el nivel, las formas y lo específico de sus manifestaciones son diferentes, ello significa que la dialéctica constituye también ese fundamento científico general que en grado sumo condiciona el carácter científico general de la propia filosofía. La dialéctica caracteriza tanto a lo general —la filosofía—, como a lo individual, a lo particular —ciencias particulares—, y es ella el fundamento de sus interrelaciones, de la unión de la filosofía con las ciencias particulares, de la penetración de la dialéctica filosófica en las ciencias especiales, pues "lo general sólo existe en lo individual, a través de lo individual".[32]

La dialéctica filosófica, al penetrar en las ciencias particures, sirve de poderoso método para descubrir los secretos de la naturaleza, la sociedad y el pensamiento. La penetración encaminada a un fin, de la dialéctica filosófica en esas ciencias, es particularmente efectiva cuando las ciencias particulares, por así decir, han madurado para ello, se han creado las premisas interiores para su "dialectización consciente" y se ha revelado su preparación para la asimilación de las ideas dialécticas por parte del conocimiento científico especial. El carácter heurístico de la dialéctica fue enfatizado en muchas ocasiones por los clásicos del marxismo-leninismo, quienes al aplicarla obtuvieron importantes resultados en el campo de la economía política, el comunismo científico y otras ciencias. Escribió Engels:

> También la lógica formal es, ante todo, un método de indagación de nuevos resultados, de progreso de lo conocido a lo desconocido y lo mismo, sólo que en un sentido mucho más eminente, es la dialéctica, que, además, rompiendo los estrechos horizontes de la lógica formal, encierra ya el germen de una más amplia concepción del mundo.[33]

Aquí Engels tiene en cuenta la dialéctica filosófica, portadora de una concepción del mundo claramente expresada e inmanentemente vinculada al problema fundamental de la filosofía.

Como regla, la dialéctica se encuentra en las ciencias particulares, en una relación menos estrecha con la problemática de la concepción del mundo y con el problema de la relación entre

el ser y la conciencia. En este caso está vinculada, en el aspecto metodológico, con otros métodos y conceptos portadores de un contenido especial, por lo que algunos investigadores burgueses, incluso los contemporáneos y los que se encuentran en las posiciones del materialismo, no ven tras esos métodos especiales la dialéctica y lo que es más, incluso la rechazan. Aplican como medio fundamental del movimiento del pensamiento cognoscitivo hacia la verdad, los métodos de la lógica simbólica, formal.

Esto tiene que ver con la circunstancia de que, en las condiciones de la sociedad burguesa, el método dialéctico se tergiversa, difama e ignora, al igual que sucede con el enfoque materialista en la solución del problema fundamental de la filosofía. La contradicción dialéctica es frecuentemente identificada por los impugnadores de la dialéctica con las contradicciones lógico-formales, con el objeto de rechazarla. Los enemigos de la dialéctica no comprenden que en aquellos casos en que los medios de la lógica formal conducen a paradojas y callejones sin salida hay que apelar a la lógica dialéctica, la cual ofrece los métodos efectivos para la obtención de un nuevo conocimiento. Al mismo tiempo, la lógica formal, sus medios y métodos, no por ello están aislados de la dialéctica, ni prohíben tampoco las contradicciones dialécticas. La oposición misma entre los métodos lógico-formales y los dialécticos, posee un carácter relativo. Si los métodos lógico-formales conducen a un nuevo conocimiento, si son uno de los métodos para el desarrollo del conocimiento, es porque, en cierta medida, son también dialécticos, contienen elementos de la dialéctica, pues la esencia de la dialéctica la constituye, precisamente, el desarrollo —y el vínculo—. La diferencia entre la lógica dialéctica y la formal se oculta en otro lugar: en el grado y nivel de lo dialéctico, en el énfasis que pone una en la forma y la otra en el contenido del conocimiento, en el vínculo directo y mediato que tienen con el problema fundamental de la filosofía.

Por tanto, la acción de la filosofía sobre las ciencias particulares está condicionada por la cuestión fundamental indicada en su contenido dialéctico-materialista, el cual cumple en este caso su función externa respecto al materialismo dialéctico: la función metodológica —aunque es interna y necesaria a la ciencia en su conjunto—. Esta función se combina con otra externa al materialismo, la lucha contra el idealismo que, en este caso, no sólo abarca los problemas puramente filosó-

ficos, pues se trata aquí de la defensa de las ciencias particulares contra la mistificación de sus conquistas. Pero la función de la filosofía y de su problema fundamental, no se limita a este aspecto crítico; para la ciencia contemporánea resulta no menos importante, por no decir más, su función positiva encaminada a la solución de las situaciones metodológicas más generales y de mayor importancia problemática.

Precisamente, la solución de estas situaciones problemáticas condiciona el interés de los especialistas en el campo de las ciencias particulares hacia la filosofía, así como la necesidad de utilizar su aparato categorial. Esto es válido, en particular, para los momentos de viraje en una u otra ciencia, para los cambios abruptos de su problemática y, como es fácil suponer, en particular, para la etapa de surgimiento y establecimiento de la ciencia o de alguno de sus problemas fundamentales. Pero, incluso después de la solución de las más importantes situaciones problemáticas, después que las teorías científicas fundamentales han sido formuladas, durante largo tiempo, la filosofía introduce bajo estas teorías sus "encofrados constructivos", fundamenta la aparición y los resultados de las teorías y su influencia sobre el conocimiento científico.

A veces la necesidad de la filosofía para las ciencias particulares se debe a la necesidad del tránsito a un conocimiento de leyes más amplias, el paso de un sistema estrecho de relaciones propias de una ciencia particular a otro más general.

> Para decirlo con pocas palabras —escribe T. I. Oizermán— mientras más amplio sea el campo de fenómenos hacia el cual se orienta el pensamiento cognoscente, más general serán los conceptos que necesitará. Pero el pensamiento teórico no tiene que vérselas simplemente con fenómenos que pueden ser descritos, contados, etcétera, sino con leyes cuya universalidad no está limitada por fronteras empíricamente constatables en el espacio y el tiempo. Por tanto, la premisa obligatoria del conocimiento teórico no es otra que (...) el pensamiento filosófico.[34]

Una explicación de la necesidad de recurrir a la filosofía, por estudiar ésta las leyes universales de los fenómenos del mundo, corresponde a la realidad en la medida en que la filosofía está orientada a la investigación de lo universal. Pero el problema estriba en que hoy, lo universal, no sólo es estudiado por la

filosofía, es más, no es únicamente lo universal lo que le otorga, en última instancia, su carácter específico. El complemento de esta argumentación debe ser la orientación del conocimiento a la investigación de las relaciones entre el ser y la conciencia. Digamos que un físico se orienta de inmediato hacia la filosofía tan pronto como piensa sobre los modos de relacionar los conocimientos que ha obtenido con la realidad. El interés principal de la física es el estudio de los objetos físicos; le interesan las relaciones y las propiedades de los objetos mismos y no las que existen entre el conocimiento y el objeto —aunque no puede abstraerse de esto en forma alguna—. Pero es claro que, para separar esas primeras relaciones, se necesita una adecuada representación y utilización del conocimiento de cómo se obtienen las verdades en física y de qué forma coinciden con la realidad. Tan pronto como los pensamientos acerca de los procesos de reflejo cognoscitivo, de las relaciones objetivas y el sujeto y, en términos generales, de las relaciones entre el ser y la conciencia, comienzan a penetrar en la esfera del conocimiento teórico, el especialista de una ciencia particular se ve empujado al campo del pensamiento filosófico, incluso cuando mantenga una actitud extremadamente negativa hacia él, por seguir criterios positivistas. Como bien han escrito V. A. Lektorski y V. S. Shviriov, "las cuestiones filosóficas aparecen cuando el análisis de la temática metodológica arriba al nivel de los problemas básicos referentes a la relación entre el sujeto y el objeto y a la de las formas del conocimiento respecto al mundo exterior".[35]

Es claro que, orientarse hacia las relaciones entre el sujeto y el objeto es, al mismo tiempo, el paso a un sistema más amplio de categorías que en principio poseen un *status* científico general. Pero esto no siempre implica una orientación hacia las leyes más generales del ser y el conocimiento; puede tratarse de una problemática específicamente gnoseológica, poseedora de un vínculo directo con el problema fundamental de la filosofía. Por esta razón estamos de acuerdo con E. G. Iudin en lo que respecta a que:

> ...el tratamiento de la filosofía como ciencia generalizadora de los datos de otras ciencias, la cual devuelve a éstas esos datos en forma de categorías y leyes universales, no expresa la esencia de las relaciones entre el conocimiento filosófico y el científico especial, y de hecho constituye un regreso a la interpretación de la filosofía

como ciencia de las ciencias, interpretación que fue sometida a una crítica tan justa como aguda por parte de los fundadores del marxismo. Las funciones de la filosofía respecto al conocimiento científico, son más complejas y ricas en contenido que como las dibuja este esquema.[36]

En nuestra opinión, esta mayor complejidad y plenitud de contenido de las relaciones de la filosofía con las ciencias particulares, está condicionada por la comprensión de la naturaleza de la filosofía de que hablábamos antes. La necesidad del análisis filosófico de los datos de una u otra ciencia particular puede tener su origen en causas concretas muy diferentes, pero de todas formas no se tratará, simplemente, del paso a un sistema más amplio de relaciones, sino, al mismo tiempo, a una esfera de tales relaciones a la cual es inherente la bipolaridad sujeto-objeto, la correlación entre el ser y la conciencia.

Lo universal y lo científico general, no son hoy atributos exclusivos del conocimiento filosófico, pues en unas u otras formas y sentidos son característicos de muchos conceptos y métodos de las ciencias particulares. De la misma forma los conceptos y métodos fundamentales de las matemáticas son también científico-generales, y por ello universales, lo que sucede también con los conceptos centrales de la informática,[37] etcétera. Vemos entonces que lo universal y lo científico general poseen diferentes aspectos y matices, entre los cuales es importante destacar, precisamente, lo "universal filosófico" y lo "científico general filosófico".

Semejante distinción es necesaria para solucionar los problemas del *status* científico de los métodos científicos generales aquí examinados. A lo largo de todo el capítulo hemos tratado de seguir la idea de que el problema filosófico fundamental, en su tratamiento más amplio, es el criterio complementario que otorga especificidad a lo universal y lo científico-general de la filosofía y determina, en lo más esencial, la naturaleza del conocimiento filosófico. Dicho problema desempeñó un papel central en el pasado, y desempeña una importantísima misión en la filosofía contemporánea, misión que tiene asignada también en el futuro. Esto abre uno de los caminos para la elección del criterio de introducción de nuevas categorías en la filosofía, al tiempo que el criterio exclusivo de lo científico general resulta poco productivo y falto de elaboración.

Sin embargo, el acento que hemos puesto en el problema filosófico fundamental, no debe rebajar en forma alguna los criterios de lo universal y lo científico general.[38] Más aún, no sería realista relacionar la naturaleza del conocimiento filosófico nada más que con la investigación de las relaciones entre el ser y la conciencia, la materia y el pensamiento, el sujeto y el objeto, pues en la ciencia contemporánea hay ramas que estudian especialmente algunas relaciones entre el sujeto y el objeto —entre las cuales se encuentran la psicología, la cibernética, la ergonomía, la pedagogía—. Sin embargo, la diferencia entre la filosofía y estas ciencias no se encuentra en el estudio mismo de las relaciones sujeto-objeto, sino en el nivel y el sentido de lo universal. Es decir, la universalidad como criterio de diferenciación del conocimiento filosófico respecto al científico particular es muy importante para toda una serie de disciplinas especiales. Todo lo dicho evidencia que los criterios de universalidad filosófica y del problema filosófico fundamental, sólo de conjunto pueden determinar lo específico de la filosofía, aunque no lo agotan.

Precisamente el problema fundamental de la filosofía lo es porque existen otros no fundamentales, en cuyo caso algunos de ellos acompañan al problema fundamental a lo largo de todo el desarrollo de la filosofía, mientras que otros surgen y desaparecen. No nos proponemos discutirlos y en lo sucesivo nos limitaremos exclusivamente a aquellos aspectos del conocimiento filosófico que están en mayor grado condicionados por su problema fundamental, que constituye el problema principal "invariante" de toda la historia de la filosofía, de su presente y su porvenir.

Por tanto, el análisis de la naturaleza del conocimiento filosófico revela los rasgos fundamentales que permiten separar las categorías filosóficas del resto de los conceptos y categorías de la ciencia. La conclusión que se deduce de nuestro análisis coincide, en lo fundamental, con las de otros investigadores dedicados especialmente al estudio del conocimiento filosófico. Estamos plenamente de acuerdo con la opinión de A. P. Sheptulin acerca de que

> ...la definición de la naturaleza de las categorías filosóficas, de su lugar y papel en el desarrollo del conocimiento, está directamente vinculada a la solución del problema de la interrelación entre lo singular y lo general en la realidad objetiva y en la conciencia, a la revelación del

origen de las esencias ideales y su relación con las formaciones materiales, con los fenómenos de la realidad objetiva.[39]

Debido a que estamos tratando la correlación entre los métodos y conceptos filosóficos y los científicos generales, es menester abstraerse, en este caso, de la interrelación entre lo general, lo singular y lo particular, pues los niveles de generalidad aquí son casi imperceptibles y prestar atención, ante todo, a la relación entre lo ideal y lo material, entre la conciencia y el ser.

Consideramos que al método filosófico y al sistema de categorías que lo compone, deben atribuirse, en primer término, aquellas categorías que contribuyen, no a la solución de los problemas filosóficos en general, sino las que de forma sustancial puntualizan y desarrollan la solución del problema fundamental de la filosofía. Esta modificación del criterio de problema filosófico es muy importante, pues expresa con mayor precisión lo específico del conocimiento filosófico respecto a los fenómenos lógico-metodológicos y científicos generales. Tanto los métodos y conceptos filosóficos como los científicos generales, pueden ser utilizados en todas las ciencias particulares, por lo que, en este aspecto, están muy cercanos en cuanto a su generalidad. Pero los métodos y categorías filosóficas, en comparación con los científicos generales, acentúan la atención, precisamente hacia las relaciones entre lo objetivo y lo subjetivo, la conciencia y la materia, expresando los momentos esenciales de esta relación mutua. En muchos fenómenos científicos generales, este énfasis está ausente, ya que se abstraen de las relaciones entre el sujeto y el objeto, orientándose, exclusivamente, al conocimiento de las propiedades invariantes del sujeto y el objeto.

Es fácil demostrar que todos los criterios antes examinados y otros que se proponen para la distinción de las categorías filosóficas y de los rasgos del método dialéctico-materialista, no son más que criterios particulares que se basan en el problema fundamental de la filosofía. Por ejemplo, el criterio del "principio de la unidad entre la dialéctica, la lógica y la teoría del conocimiento", está basado en este criterio fundamental y toma en cuenta la solución dialéctico-materialista al problema fundamental de la filosofía. Sin embargo, una limitación del criterio antes mencionado, tiene que ver con el hecho de que "desprende" del método filosófico aquellos conceptos que, sin constituir la unidad buscada, son expresión de la relación

entre el ser y el pensamiento. Es así que las categorías de conciencia, lo ideal, verdad, práctica y otros conceptos gnoseológicos especiales —epistemológicos— concretan el problema fundamental de la filosofía y expresan los aspectos más esenciales de la relación entre la conciencia y el ser, por lo que son categorías filosóficas que componen el contenido inmanente del método dialéctico-materialista.

El criterio del "principio de la unidad entre la dialéctica, la lógica y la teoría del conocimiento" no permite incluir las categorías antes mencionadas entre las filosóficas ni convertirlas en componentes del método filosófico. Este principio es exclusivamente aplicable a una clase de categorías filosóficas, a las denominadas universales. Pero el problema fundamental de la filosofía no puede ser caracterizado ni expresado en el lenguaje de las categorías universales, sino que exige, necesariamente, la introducción de conceptos que reflejen tanto al ser por separado, como a la conciencia, así como sus relaciones. Es más, las propias categorías filosóficas universales exigen referirse, para su introducción y fundamentación, al problema filosófico fundamental, y sobre todo, refutar sus falsificaciones idealistas y otras de carácter ideológico.

Los intentos de diversos autores científicos por eludir el criterio del problema filosófico fundamental y sustituirlo por las categorías de la cibernética o por otros conceptos científicos generales, nos convencen de que dicho criterio es uno de los más importantes para la introducción de categorías filosóficas. Por ejemplo, G. Günter —un lógico alemán que reside en Estados Unidos—, a la vez que afirma que la contraposición entre el ser y el pensamiento, el sujeto y el objeto es "demasiado vulgar y primitiva", considera que siempre "quedará un campo de fenómenos sujeto hoy a una difinición exacta que no permitirá ser incluido ni en la clase de los fenómenos físico-materiales, ni en la de los subjetivos espirituales. Este resto que no puede ser colocado ni aquí ni allá en la cibernética de hoy, se denomina corrientemente con el término información".[40]

Como vemos, todavía hoy sigue vigente la tradición del machismo de ofrecer algo tercero, cierta cosa "más general" que la materia y la conciencia, sustituyendo estas categorías filosóficas por palabritas del tipo "elemento" —Mach—, "energía" —Ostwald—, "información" —Günter y otros—. La salida de los límites del problema filosófico fundamental es, en esencia, el paso del campo de la filosofía, al campo de los conceptos

científicos generales y particulares, los cuales, en principio, pueden extraer lo formal general inherente al ser y al pensamiento sin reconocer su oposición. Esto era lo que tenía en cuenta V. I. Lenin cuando subrayaba que la oposición entre materia y conciencia sólo tiene un significado absoluto dentro de las fronteras de un campo limitado: en este caso, únicamente en los límites del problema gnoseológico fundamental acerca de qué es primario y qué secundario. Más allá de estos límites de la relatividad de esta oposición no ofrece dudas.

Naturalmente, la filosofía marxista-leninista no ignora lo general del ser y la conciencia, pero para ella lo general no es algo formal, abstractamente general, como sucede con algunos conceptos y métodos científicos generales.

Lo general, como lo más general en la teoría de la dialéctica materialista, no se abstrae de las diferencias, de la oposición entre materia y conciencia, de sus relaciones, ni del problema filosófico fundamental, por lo que, en este sentido, la universalidad de las categorías filosóficas más generales tiene, como es de suponer, otro sentido que los conceptos científicos generales. Por ello no es casual que los positivistas, al considerar como un seudoproblema la cuestión fundamental de la filosofía, intenten sustituir los métodos de la filosofía por los métodos de la lógica simbólica —y en los últimos tiempos, por los métodos de la cibernética, del método sistémico, es decir, sustituirlos por métodos científicos generales—. Es perfectamente comprensible que la solución del problema sobre el *status* filosófico de uno u otro método científico general, deba realizarse en forma de discusión científica, que es una de las formas más importantes del proceso cognoscitivo, del movimiento hacia la verdad objetiva. La formulación de la hipótesis acerca de la posibilidad de inclusión de un nuevo concepto en el sistema de categorías del método dialéctico-materialista, debe ser demostrada y argumentada por medio de diferentes procedimientos, en cuyo caso la filosofía debe manifestar, junto a la operatividad conocida y a una rápida reacción ante la creciente "potencia" metodológica y expansión del nuevo método científico general y de sus sistemas, una sabia lentitud, como la que poseía Marx —lo que le criticaba Engels—, quien no publicó ni un solo planteamiento antes de comprobar su veracidad de diez formas diferentes. Este trabajo encaminado a la demostración del *status* filosófico de los conceptos y métodos científicos generales, no deberá realizarse, natural-

mente, por un solo científico en discusión consigo mismo, pues exige una creatividad colectiva.

Es claro que sólo puede considerarse categoría filosófica y componente del método dialéctico-materialista a aquel concepto que resista la discusión y ocupe orgánicamente *su* puesto en el sistema categorial del materialismo dialéctico.

Y, a la inversa, no se excluye el proceso contrario: ciertas categorías hoy filosóficas pueden pasar a las filas de los conceptos científicos generales en caso de que el proceso de su posterior utilización muestre su más relativa "independencia" respecto al problema filosófico fundamental.

No debe perderse de vista el momento subjetivo en la demostración de la veracidad de una determinada proposición científica. Aquello que puede resultar claro y evidente a un científico puede no serlo a otro. No es suficiente descubrir una verdad; hay que demostrarla argumentada y convincentemente y, como enseña la historia de las ciencias, esto no es tan fácil. Es más fácil formular un nuevo planteamiento que demostrarlo y es precisamente en la demostración de lo nuevo —caso que pueda ser argumentada—, donde la ciencia consume muchos más esfuerzos y medios que en la generación de ideas. Aparecen muchas dificultades y obstáculos en el camino de la demostración de la verdad y una verdad no demostrada no actúa como verdad en la ciencia, sino exclusivamente como hipótesis que puede ser ignorada por la mayoría de los científicos. Lo dicho no significa un regreso al convencionalismo, pues partimos de que las fundamentaciones objetivas deben existir obligatoriamente aunque ellas resultan insuficientes; es menester que estas fundamentaciones sean vistas, no por uno, sino por muchos, lo que implica la demostración y la comprobación de la verdad en el curso de la práctica social, una determinada objetivación de la "visión" subjetiva.

En resumen, hemos visto que el método filosófico es un sistema específico, a la vez que científico general, de principios reguladores de la actividad práctica y cognoscitiva, un sistema de métodos y acciones basados en aquéllos para el logro de los objetivos propuestos por el hombre. La particularidad y el carácter científico general del método filosófico no sólo están relacionados con las leyes, principios y categorías más generales de la teoría de la dialéctica, sino también con la orientación en el estudio de las relaciones entre el ser y el pensamiento. Estos dos rasgos específicos determinan, de conjunto, la efectividad y la universalidad de la teoría de la dia-

léctica materialista como método del movimiento hacia nuevos resultados en la actividad humana.

La influencia del método filosófico sobre la actividad humana y, en particular, sobre el conocimiento, se produce de dos formas fundamentales: directa e indirectamente. La utilización directa —en este caso, fundamentalmente espontánea— de la dialéctica y el materialismo tuvo lugar cuando no existían los métodos científicos particulares del conocimiento. Es comprensible que esa forma directa de utilizar la dialéctica se produjera tanto en la época del surgimiento y establecimiento de la ciencia, como ahora en aquellas situaciones cognoscitivas donde no existen determinados medios cognoscitivos especiales —pues la ciencia no refleja todas las esferas de la realidad objetiva y de la actividad de los hombres.

Sin embargo, en los últimos tiempos, la efectividad cognoscitiva del método dialéctico-materialista, creció considerablemente como resultado de su aplicación conjunta con los métodos científicos particulares del conocimiento y, fundamentalmente, por medio de ellos. La influencia del método dialéctico-materialista está aquí, estrechamente vinculada con su utilización cada vez más conciente y orientada a un fin, como resultado de lo cual se produce una división de funciones: en el método filosófico quedan las funciones de orientación metodológica universal, de selección de los caminos más generales para la búsqueda, fundamentación y predicción global de las direcciones magistrales del movimiento del conocimiento, así como el control relativo a la concepción del mundo y la regulación ideológica de principio en la aplicación de los métodos científicos particulares. El método filosófico, al actuar por medio de los métodos científicos particulares, no los sustituye, sino que actúa como componente general del sistema integral de métodos científicos de obtención y aplicación del conocimiento científico.

Hoy la efectividad de los medios cognoscitivos ha crecido como resultado de la aparición de un nuevo eslabón en el "equipamiento" metodológico de las ciencias, vinculado con la existencia y formación de métodos y enfoques científicos generales. El método filosófico es el fundamento, la base, en que se apoyan los métodos científicos generales, tanto en su formación como al ser utilizados. En los siguientes capítulos de esta monografía se examinarán los principales métodos científicos generales, que aparecieron como tales, en potencia, hace quince o veinte años atrás.

[1] Blauberg, I. V. y E. G. Iudin: *Establecimiento y esencia del enfoque sistémico*, p. 100, Ed. Naúka, Moscú, 1970.

[2] Shviriov, V. S.: "La filosofía y los problemas de la investigación del conocimiento científico", en *La filosofía en el mundo contemporáneo. Filosofía y ciencia*, pp. 209-210, Ed. Naúka, 1972; *Hombre-ciencia-técnica*, pp. 293-294, Ed. Politizdat, Moscú, 1973.

[3] A propósito, aquí existen excepciones. Por ejemplo, el Departamento de Filosofía de la Academia de Ciencias de Cuba no formaba parte recientemente de la Sección de Ciencias Sociales, y, en el aspecto organizativo, estaba subordinado directamente al presidente de la Academia.

[4] Engels, F.: *Anti-Dühring*, p. 171, Editorial Pueblo y Educación, Instituto Cubano del Libro, La Habana, 1975.

[5] Konstantínov, F. V.: *Fundamentos de la filosofía marxista-leninista* p. 21, Ed. Politizdat, Moscú, 1971.

[6] Blauberg, I. V. y E. G. Iudin: *op. cit.*, p. 98.

[7] Sagatovski, V. N. en su obra *Fundamentos de la sistematización de las categorías universales*, Ed. de la Universidad de Tomsk, 1973, emprendió la sistematización de más de cien conceptos universales: categorías filosóficas, distintos conceptos científicos generales, palabras del lenguaje literario, en general, de términos cuyo sentido puede aspirar a lo universal.

[8] Biriukov, B. V.: *La cibernética y la metodología de la ciencia*, pp. 203-204, Ed. Naúka, Moscú, 1974.

[9] Blauberg, I. V. y E. G. Iudin: *op. cit.*, p. 100.

[10] Debemos aclarar qué entendemos por mayor riqueza de contenido de las categorías filosóficas: en este caso las categorías no sólo separan lo general en el ser y el pensamiento, sino también sus diferencias (de esto se hablará más adelante con mayor minuciosidad), de lo que se abstraen los métodos y conceptos científicos generales. Pero los conceptos científicos generales poseen mayor riqueza de contenido en otra relación, lo que mostraremos con más amplitud en los capítulos siguientes.

[11] Marx, C. y F. Engels: *Obras completas*, t. XLVI, p. 1, p. 22, Ed. Estatal de Literatura Política, Moscú, 1955-1967.

[12] Lenin, V. I.: *Obras completas*, t. XXXVIII, pp. 247-248, Editora Política, La Habana, 1964.

[13] En principio, entre los conceptos o métodos científicos particulares y los filosóficos no se encuentran solamente los conceptos o métodos científicos generales, sino también el conjunto de su espectro. El proceso mismo de movimiento del concepto —del método— puede representarse esquemáticamente por medio del siguiente esquema: concepto— método monodisciplinario — bidisciplinario — multidisciplinario — complejo — regional — integrante — científico general.

[14] Lektorski, V. y S. Meliujin: "Sobre algunas tendencias del desarrollo de la dialéctica materialista", en *Komunist, No. 1*, p. 62, 1976.

[15] Ver P. V. Kopnín, *Voprosi Filosofii.*

[16] Tiujtin, V. S.: *Reflejo, sistemas, cibernética*, Moscu, 1972.

[17] Oizerman, T. I.: *Las direcciones filosóficas principales*, p. 169, Ed. Misl, Moscú, 1971.

[18] *Ibid.*, p. 182.

[19] Marx, C. y F. Engels: *Obras escogidas*, t. III, p. 231, Editora Política, La Habana, 1963.

[20] Sviderski, V. I.: "Sobre el principio del monismo dialéctico en la filosofía", en *Memorias científicas de las cátedras de ciencias sociales de los institutos de enseñanza superior de Leningrado*, No. IX, p. 45, Leningrado, 1968.

[21] Liajovletski, L. y V. Tiujtin: "El problema fundamental de la filosofía", en *Enciclopedia filosófica*, t. IV, p. 171, Ed. Sovietskaia Enziklopedia, Moscú, 1967.

[22] Kédrov, B. M.: "La filosofía como ciencia general en sus relaciones con las ciencias particulares", en *La filosofía en el mundo contemporáneo. Filosofía y ciencia*, p. 420, Editorial Naúka, Moscú, 1972.

[23] Rutkevich, M. N.: *El materialismo dialéctico*, p. 37, Ed. Misl, Moscú, 1973.

[24] *Voprosi Filosofii*, No. 10, p. 167, 1972.

[25] Si redujéramos el problema fundamental de la filosofía a la cuestión de qué es lo primario, con ello lo reduciríamos tanto que nuestras posteriores consideraciones encaminadas a la distinción del problema filosófico fundamental perderían su verdadero significado.

[26] Oizermán, T. I.: *op. cit.*, p. 317.

[27] *Ibid.*; p. 336.

[28] Oizermán, T. I.: "Filosofía, ciencia, ideología", en *La filosofía en el mundo contemporáneo. Filosofía y ciencia*, p. 119.

[29] Shviriov, V. S.: *op. cit.*, p. 216.

[30] Sobre la dialectización de la ciencia contemporánea ver: Omelianovski, M. E.: *La dialéctica en la física contemporánea*, Ed. Naúka Moscú, 1973; Gott, V. S. y A. D. Ursul: *La unión de la filosofía y las ciencias naturales*, pp. 20-37, Ed. Znanie, Moscú, 1973.

[31] En relación con esto no podemos estar de acuerdo con los planteamientos que se hacen acerca de que la dialéctica no actúa ni puede actuar como metodología científica concreta. En realidad, la dialéctica penetra los métodos científicos concretos y funciona, conjuntamente con ellos, como medio para el logro efectivo del saber científico especial.

[32] Lenin, V. I.: *op. cit.*, t. XXXVIII, p. 353.

[33] Engels, F.: *Anti-Dühring*, p. 163, Editorial Pueblo y Educación, Instituto Cubano del Libro, La Habana, 1975.

[34] Oizermán, T. I.: *Las direcciones filosóficas principales*, p. 364.

[35] Lektorski, V. A. y V. S. Shiviriov: "El análisis metodológico de la ciencia (tipos y niveles)" en *Filosofía, metodología, ciencia*, p. 14, Ed. Naúka, Moscú, 1972.

[36] Iudin, E. G.: "La relación entre la filosofía y la ciencia como problema metodológico", en *La filosofía en el mundo contemporáneo. Filosofía y ciencia*, p. 177.

[37] En relación con esto, algunos especialistas en el campo de la informática suponen que esta ciencia elimina y sustituye gradualmente a la filosofía. De lo expuesto en este capítulo se deduce la evidente equivocación de tales concepciones.

[38] Lo científico general es solamente uno de los aspectos de la universalidad de la filosofía para la conciencia y la actividad.

[39] Sheptulin, A. P.: "Acerca de la naturaleza de las categorías filosóficas", en *Filosofskie Nauki*, No. 4, p. 7, 1973.

[40] Günter, G.: *Das Bewustsein der Maschienen. Eine Metaphisik der Kybernetik*, S. 15, Baden-Baden, 1963.

CAPÍTULO II

LA FILOSOFÍA MARXISTA-LENINISTA Y LOS MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

1. Filosofía científica y métodos científicos

Antes de iniciar la exposición de los métodos científicos generales es necesario fijar algunos conceptos. A ese fin se destina este capítulo.

Es válido considerar la ciencia como una institución social y como forma de producción, acumulación, síntesis y generalización del conocimiento sobre la esencia de las cosas y procesos de la naturaleza, la sociedad y el pensamiento. La producción espontánea y desordenada y la acumulación del conocimiento empírico surgieron conjuntamente con la sociedad como condición indispensable y aspecto inseparable de la producción social material. Sin embargo, la producción de conocimientos adquirió forma social sólo con el surgimiento del conocimiento teórico; de la representación abstracta de la verdad objetiva en forma de sistemas de principios, formulaciones y generalizaciones; de categorías y leyes científicas, en su vinculación mutua; de los métodos lógicos del conocimiento de las causas internas de los fenómenos y previsión de las consecuencias a corto y largo plazo de estas causas. La aparición de la ciencia y el intercambio de ideas científicas revolucionaron y aceleraron el proceso de producción social y de sus generalizaciones.[1]

Al igual que la producción material, la ciencia se apoya en el conocimiento empírico y la práctica social, en el amplio sentido de la palabra. El conocimiento empírico se complementa con el elemento más importante de la ciencia: el conocimiento teórico.

Como regla general, la teoría científica pasa por dos etapas fundamentales en el proceso de su establecimiento: la de acumulación de datos científicos, clasificación de lo empíricamente concreto, el paso de éste a lo abstracto y la del tránsito de lo abstracto a lo concreto.

El contenido de la primera etapa está constituido por la cristalización de las principales generalizaciones, de los principios de partida de la teoría, por la revelación de las relacio-

nes básicas, de la célula embrionaria que más tarde se despliega en teoría desarrollada del objeto de investigación. Se trata de una etapa muy importante y responsable del surgimiento de la teoría, la de las primeras generalizaciones, suposiciones, hipótesis y postulados.

El tránsito de lo empíricamente concreto a lo abstracto, en la teoría, se produjo en la aurora de la ciencia. Sigue ocurriendo en la actualidad. Lamentablemente, los procesos de tránsito a lo abstracto, como comienzo de una nueva teoría en una rama tradicional o emergente del conocimiento, aún no han sido estudiados con suficiente amplitud.

El contenido de la segunda etapa está formado por el despliegue y desarrollo lógico de la teoría, la especificación de los principios y conceptos básicos, la deducción de sus consecuencias, la fundamentación de las conclusiones, su comprobación.

Ambos procesos, el paso de lo empíricamente concreto a lo abstracto y de lo abstracto a lo teóricamente concreto, no se realiza desordenadamente, sino mediante un plan elaborado, en concordancia con los principios básicos y las leyes científicas. La teoría no puede desarrollarse sin un procedimiento científicamente fundamentado de investigación, de enfoque de los fenómenos estudiados, es decir, sin un método científico de su desarrollo, enriquecimiento y profundización, sin un método científico de conocimiento de la realidad.

Por tal razón, es imposible hablar seriamente de que los problemas científicos de la física cuántica hubieran podido resolverse mediante el método de conjeturas, o los problemas de la formación de los precios en el socialismo por medio de una encuesta entre la opinión pública, aunque no están excluidas las conjeturas casuales, en cierto sentido justas, ni los consejos personales refractados por el prisma del interés personal.

Un método se convierte en método científico de investigación, sólo cuando, al elaborarlo, se observa *el principio de correspondencia entre las premisas iniciales del método y los postulados básicos de la teoría científica*. O sea, los fundamentos de la teoría científica son, al mismo tiempo, los principios metodológicos de la investigación científica.

La historia de la ciencia confirma la validez de esta conclusión del materialismo dialéctico. Es suficiente, tan sólo, señalar la significación metodológica de las leyes de conservación y, en primer lugar, la ley de conservación de la materia y el movimiento; o los principios de la termodinámica para el de-

sarrollo exitoso de la física y las ciencias naturales en su conjunto; o los principios de la objetividad de las leyes del desarrollo social, de la primacía del ser social y el carácter secundario de la conciencia social; de la prioridad de las relaciones sociales materiales respecto a las ideológicas; de la lucha de clases como fuerza motriz de la historia de las sociedades antagónicas, para el desarrollo de las ciencias sociales.

La comprensión de que el desarrollo de la sociedad está condicionado por leyes objetivas permite a los investigadores marxistas orientarse en forma segura en la compleja trama de interacciones sociales para encontrar las causas que las determinan y prever las consecuencias que de ellas se derivan a corto y a largo plazo. Por el contrario, en los últimos 100 años, se han modificado numerosas concepciones de la ciencia social burguesa porque ninguna de ellas fue capaz de explicar las causas reales del movimiento de la historia debido a sus incorrectos fundamentos teóricos y metodológicos. En los últimos dos decenios aparecieron la concepción de la "sociedad industrial única" (Raymond Aron y J. K. Galbraith), las ideas del "estado de bienestar general" (A Hansen), la teoría de la "sociedad posindustrial (Z. Brzezinski y Bell), y otras. El objetivo principal de todas estas concepciones es re ucir a cero la influencia de las ideas de la revolución social, ya que afirman que el progreso de la sociedad puede ser alcanzado sólo mediante el progreso técnico, y debilitar la atención hacia los problemas ideológicos.

La concepción anticientífica de la historia ha sido expresada con gran claridad por el positivismo lógico, el cual absolutiza el estado estático, niega la dialéctica objetiva del desarrollo. Esta concepción antihistórica se manifestó con nitidez en las opiniones de Popper, quien afirma que no existen leyes generales del desarrollo social, sino sólo tendencias generales a las cuales no es inherente el atributo de la necesidad.[2]

Las escuelas positivistas contemporáneas elaboran una metodología de la ciencia de hecho desvinculada del objeto del conocimiento, al rechazar el problema de la existencia objetiva de los objetos conocidos, por considerarlo un seudoproblema, y sostener que la elaboración y fundamentación de la metodología de la ciencia no están relacionadas con la comprensión teórica de los objetos estudiados.

Debido a la influencia del positivismo lógico, se han difundido ampliamente las ideas acerca de que los objetos de las ciencias sociales deben contemplarse como resultado exclusivo de la actividad racional de los hombres. Según este criterio, se

posiciones los historiadores, economistas, sociólogos e investigadores de la sociedad deben estudiar, en primer lugar, los objetivos, métodos y medios de la actividad consciente de los hombres, ignorando todos aquellos vínculos, dependencias, interacciones que, en los marcos de esta actividad, no estén condicionados por la voluntad y los postulados racionales.

El establecimiento de una teoría científica y de su correspondiente método científico de investigación, así como su desarrollo posterior, son imposibles sin una fundamentación científico-filosófica de los principios más generales de la ciencia. Es por ello que, ante los planteamientos del positivismo, surge una pregunta ineludible: ¿cómo pueden orientar los métodos de la ciencia social burguesa, si desde el inicio niegan las leyes objetivas del proceso histórico, rechazan su fundamento material y proclaman el indeterminismo?

Hace cien años, Engels demostró que cuando un investigador de la naturaleza elabora sus principales conclusiones teóricas no puede hacerlo sin el concurso de la filosofía, subrayando con ello la importancia de que esta filosofía fuese verdaderamente una filosofía científica. En mayor medida, estas palabras son válidas para las ciencias sociales.

El desprecio manifiesto hacia la filosofía científica, o la ignorancia filosófica de los científicos, se traduce, en última instancia, en la subordinación de sus concepciones teóricas al positivismo y el idealismo, es decir, a las ideas de la filosofía anticientífica. Y esto no sólo puede frenar el desarrollo de la teoría, sino que de hecho y como demuestra la experiencia, conduce irremediablemente a un callejón sin salida.

El materialismo dialéctico e histórico, esto es, la filosofía científica que surge después del cambio revolucionario realizado en ella por Marx y Engels, cumple, en el proceso del conocimiento y en la transformación revolucionaria del mundo, dos grandes funciones: es el fundamento teórico de la concepción del mundo y la metodología general de las ciencias.

Como concepción del mundo, el materialismo dialéctico tiene también un significado metodológico general, pues orienta a los científicos en la elección de las premisas teóricas y metodológicas de sus investigaciones.

Las premisas de una teoría realmente científica y del método científico de investigación, tanto en las ciencias fundamentales como en otros tipos de ciencias, son los principios básicos del materialismo dialéctico: la unidad material del mundo; el automovimiento de la materia; la transformación del mundo ha formulado un falso principio de racionalidad, desde cuyas

en su conjunto, sus cosas y fenómenos debido a su carácter contradictorio; la increabilidad e indestructibilidad de la materia y el movimiento (este principio fue el punto de partida en el descubrimiento y fundamentación de la ley de la conservación de la materia y el movimiento); la inagotabilidad de la materia; la vinculación universal; el carácter secundario de la conciencia respecto a la materia; la cognoscibilidad del mundo; la relación entre la verdad objetiva, absoluta y relativa; las leyes objetivas del desarrollo de la naturaleza, la sociedad y el pensamiento; y muchos otros principios, proposiciones y leyes de la dialéctica materialista.

Basándose consecuentemente en estos principios y fundamentando su veracidad en todo el desarrollo de la práctica social y el conocimiento científico, la filosofía marxista proclama al mismo tiempo, en forma abierta, su espíritu de partido, la necesidad de una lucha irreconciliable contra todas las formas de idealismo, agnosticismo y positivismo.

Un método científico no puede apoyarse en una teoría no científica del conocimiento. La no aceptación de cualquiera de los principios de la teoría científica del conocimiento como parte integrante de la filosofía conduce por un camino equivocado. Ciertamente, ¿qué perspectivas puede ofrecer un método si parte del reconocimiento de la incognoscibilidad del mundo y presupone la existencia de la conciencia antes del surgimiento de la naturaleza y la sociedad, niega *a priori* la sujeción del desarrollo de la naturaleza, la sociedad y el pensamiento a leyes objetivas, niega la concatenación universal, la casualidad y la previsibilidad de los fenómenos?

Es cierto que muchos científicos, que realmente hicieron avanzar las ciencias naturales, fueron materialistas y dialécticos espontáneos. Pero no es menos cierto que este fenómeno no tiene lugar en la misma medida en las ciencias sociales. Es evidente que en la sociedad capitalista, aquellos que defienden los intereses de las clases explotadoras, no pueden ser ni materialistas ni dialécticos espontáneos. La aspiración a fundamentar la eternidad de la sociedad burguesa y el orden en ella establecido entra en contradicción con la verdad objetiva y, por consiguiente, con el materialismo y la dialéctica. El carácter no científico de las teorías sociales burguesas, condiciona la inconsistencia de sus métodos, la unilateralidad de los procedimientos en la investigación de los problemas particulares.

Al insistir en la importancia de la filosofía científica para la formación de los métodos de investigación de las ciencias particulares, es necesario tener presente que esto no significa la afirmación de que los problemas científicos concretos pueden ser resueltos con los recursos exclusivos de la filosofía. Esto tergiversaría la misión de la filosofía y constituiría un regreso a los infructuosos intentos de la filosofía de la naturaleza por explicar la diversidad infinita del mundo mediante un número finito de conceptos extremadamente abstractos. La filosofía científica puede y debe funcionar como orientador metodológico general en la formación de los métodos de investigación, tanto particulares como científicos generales. En este sentido, los científicos no pueden esperar que la solución de los problemas de sus ciencias sean logrados por medio de la filosofía.

La interacción de la filosofía dialéctica materialista con los métodos científicos se realiza tanto en forma directa como indirecta.

El proceso de diferenciación e integración del conocimiento —de la ciencia como forma social de producción de conocimiento— conduce al surgimiento de regiones científicas específicas, presididas por la disciplina rectora en el plano teórico. Por región se entiende una zona determinada del ser y del conocimiento, que es estudiada por un conjunto de disciplinas científicas. Los métodos regionales son aquellos que se utilizan en las ciencias de esa región.

La revolución científico-técnica hizo necesaria una interpretación del conocimiento, no sólo a partir de lo general del substrato del objeto de investigación —ciencias naturales, sociales, técnicas—, sino también de lo general de las leyes de algunas funciones de objetos de la investigación de diferente substrato. Así surgieron las regiones de la ciencia unificadas por la posibilidad de aplicar métodos matemáticos, cibernéticos, sistémico-estructurales, físicos, químicos. Por ejemplo, en algunas ciencias sociales comenzaron a aplicarse los métodos matemáticos —ciencias económicas, investigaciones sociológicas, demografía—, los cibernéticos —ciencias económicas y jurídicas—, los estructurales —lingüística—, los físicos y químicos —arqueología—, etcétera.

Cada región científica forma su propio método científico regional, el cual parte de los principios y postulados teóricos generales de la ciencia rectora de la región y está estrechamente relacionado con el método dialéctico materialista como método científico universal. El método científico general de la región

también está directamente relacionado con el método científico de la ciencia social especial y orienta su especificidad.

Es así, por ejemplo, que las proposiciones teóricas de la economía política marxista-leninista constituyen el fundamento metodológico para la elaboración de las teorías de otras disciplinas económicas. La teoría de la plusvalía de Marx orienta a los investigadores de la economía de los países capitalistas. Ejerce un papel metodológico el planteamiento de la economía política marxista sobre las dos secciones de la producción social, y el desarrollo preferente de la primera sección: la producción de medios de producción. La ley del desarrollo planificado de la producción bajo el socialismo es uno de los principales postulados metodológicos para el investigador de todas las subdivisiones de la economía nacional en la sociedad socialista.

La teoría y la metodología de la ciencia histórica, como ha subrayado el académico P. N. Fedoséev, "revela la acción y la correlación de las leyes sociológicas generales y las de funcionamiento y desarrollo de los sistemas histórico-sociales concretos (...) los problemas específicos de la historiografía, es decir, el problema del hecho, de la periodización histórica y muchos otros".[3]

Los métodos matemáticos, cibernéticos, físicos y otros no determinan lo específico de las ciencias particulares. Estos métodos son más bien instrumentos auxiliares utilizados para solucionar las tareas técnicas de la investigación de la ciencia en cuestión. La utilización de estos métodos no determina el desarrollo del método propio de una u otra ciencia, ni resuelve, por sí misma, sus tareas metodológicas. Por ejemplo, es imposible investigar y resolver cualquier problema económico con la ayuda exclusiva de la matemática si, en el fundamento de la deducción matemática, no se introducen proposiciones teóricas económicas y no se toma en cuenta el método económico propio. Tampoco pueden hacerlo los métodos cibernéticos si el investigador no parte de las categorías de la economía y el derecho. Es incorrecto buscar la explicación al aumento del número de divorcios, de desintegración de las familias, en los principios de la termodinámica. Con todo el respeto que merecen los principios de la termodinámica, es evidente que no pueden ser convertidos en principios metodológicos de las investigaciones sociales. Es mucho más útil buscar las causas del aumento de los divorcios en los fenómenos sociales, y en las condiciones que le son inherentes, utili-

zando los métodos de las ciencias sociales correspondientes y no en los procesos físicos o cibernéticos.

Es necesario señalar que la exageración unilateral en la aplicación de ciertos métodos que en realidad son auxiliares constituyen un serio peligro para las ciencias en general. En su aplicación a las ciencias sociales, es una de las armas ideológicas utilizadas para combatir al materialismo dialéctico e histórico.

Por ejemplo, esto ocurrió con el "estructuralismo", que pretendió hacer más "científicas" las ciencias sociales, elevándolas al nivel de las exactas y objetivas y contraponiéndolas al materialismo histórico. Hoy día ha quedado demostrado que, ni el análisis estructural, ni el concepto de estructura contradicen el materialismo dialéctico, al contrario, le sirven de instrumento en el enfoque concreto-histórico de los objetos de las ciencias. Lo que resultó inoperante y anticientífico fue la absolutización del método estructural y sus conceptos, así como los intentos por sustituir, con ese método de la filosofía científica, el materialismo dialéctico.[4]

Es evidente la inconsistencia de semejantes pretensiones, que deben ser rechazadas por anticientíficas.

Cuando se trata de la interrelación entre el materialismo dialéctico e histórico con los métodos científicos-generales y especiales, debe subrayarse que se trata de una interrelación, esto es, de la influencia mutua de métodos con diferentes grados de generalidad. En toda interacción y, sobre todo, en la interacción indirecta, existe, como regla general, una tendencia conductora, una orientación de la interrelación provocada por la no identidad de la significación de los objetos interactuantes, entre el materialismo dialéctico y los métodos de la ciencia. Se trata de una expresión concreta de la dialéctica de lo general, lo particular y lo singular de la dialéctica del paso de lo abstracto a lo concreto. En este sentido, el materialismo dialéctico, como método científico universal, constituye el polo de interacción de los métodos, polo del cual parte la orientación de todas las interacciones hacia una mayor concreción del método científico: desde el materialismo dialéctico e histórico hacia los métodos y enfoques científicos generales; de éste, al método general de las ciencias económicas o históricas, jurídicas o filológicas; del método general al método especial de una u otra ciencia social. No obstante, hay que tener presente que siempre se produce la influencia inversa de los métodos concretos sobre los métodos más generales. Lenin dijo que la

dialéctica materialista se convirtió en materialismo dialéctico después que Marx la extendió a la vida de la sociedad, y creó el materialismo histórico para concluir así el magnífico edificio de la filosofía científica.

La filosofía marxista, en su conjunto, no puede desarrollarse sin generalizar las conquistas de los métodos científicos generales y especiales de las ciencias naturales y sociales. En este sentido tiene gran significado la interacción del materialismo histórico con los métodos científicos generales y especiales de las ciencias sociales.

Al extender al desarrollo de la sociedad el principio del materialismo dialéctico sobre el carácter primario de la materia y el carácter derivado de la conciencia, el materialismo histórico establece, en la esfera de lo social, el principio del carácter primario del ser social y secundario de la conciencia social y formula las leyes y categorías del desarrollo de la sociedad.

No debe olvidarse que todos los principios del materialismo histórico y el conjunto de su teoría reflejan las leyes y tendencias generales, la dialéctica del desarrollo social, en forma abstracto-teórica. Por ejemplo, en la teoría de las formaciones económico-sociales, el proceso histórico aparece sólo en sus rasgos esenciales, como proceso de autodesarrollo y sustitución de tipos históricos concretos de producción y organización sociales. Pero sería ingenuo pensar que estos tipos históricos de sociedad existen en la vida en su forma pura. En las sociedades, concretas, sobre todo en las sociedades antagónicas y en los períodos de transición, los distintos tipos de producción social están entrelazados. Se equivocan aquellos historiadores y economistas que, al descubrir la existencia de muchas formas de producción en las sociedades concretas, ponen en duda la justeza de dividir en formaciones la historia de la sociedad. Pero tampoco tendrían razón aquellos científicos que tratasen de esquematizar la vida económica concreta, la historia de una sociedad y un pueblo concreto, porque entonces convertirían la teoría del materialismo histórico, de método orientador de la investigación, en dogmático lecho de Procusto para la realidad histórica, que mutila la "cabeza" y los "pies" de los datos económicos e históricos porque no se ajustan a la comprensión unilateral, y, en definitiva, en un esquema rígido.

Las discusiones sobre el modo de producción asiático, sobre el lugar y la función del Estado socialista en la interacción entre la base y la superestructura socialistas, demuestran la

existencia de problemas reales, poco investigados o no solucionados, no sólo de la ciencia histórica y económica, sino también del materialismo histórico.

A su vez, estas discusiones revelaron la insuficiente preparación metodológica y cultura filosófica de algunos investigadores, dispuestos a sacrificar, con asombrosa facilidad, los principios fundamentales de nuestra filosofía al tropezar con las primeras dificultades en la interpretación de nuevos hechos que, con frecuencia, carecían de significado "global" o "hechos" que a veces no resisten la comprobación más elemental, resultan indemostrables o, en el mejor de los casos, no demostrados aún.

La teoría de la formación económico-social del materialismo histórico nunca ha exigido la fijación *a priori* de un determinado número de formaciones. El análisis concreto de éstas, así como la determinación de su número, es una tarea concreta de las ciencias sociales y, si hoy en día son obtenidos datos irrefutables que demuestran la existencia de un número distinto de formaciones de las hasta el momento conocidas, no se verían afectados en nada el materialismo histórico y su teoría de las formaciones económico-sociales. Pero, al plantear el problema del número de éstas, no puede ser rechazado el principio básico del materialismo histórico —la primacía del ser social, del modo de producción como criterio fundamental de la existencia de una formación particular— sin caer en el campo del método anticientífico de investigación de los fenómenos sociales. Es por ello que, desde el punto de vista teórico y metodológico, son inaceptables los intentos de fundamentar la existencia de formaciones precapitalistas cuya aparición y desarrollo no estén condicionados por relaciones económicas sino ideológicas: políticas, morales y otras.

Al hablar de las orientaciones de la interacción entre los principios generales y los postulados teóricos de las ciencias particulares, debe subrayarse que el proceso de concreción teórica de los conceptos generales equivale al desarrollo de los fundamentos mismos de la teoría. La teoría del materialismo histórico, como método general para las ciencias sociales, al concretarse en los métodos científicos generales, enriquece y desarrolla la filosofía científica. Tomemos como ejemplo un método general de las ciencias históricas: el de la reconstrucción histórica. Como se sabe, este método permite reproducir, a partir de los restos materiales de la actividad vital de los

hombres en una época, su modo social de producción, sus relaciones de producción, su ideología y cultura. El método de la reconstrucción histórica constituye una especificación de los principios científico-filosóficos del desarrollo —historicismo—, del reflejo, de la cognoscibilidad de procesos y fenómenos, de las leyes objetivas del desarrollo de la sociedad, del principio de la primacía del ser social respecto a la conciencia social y la teoría de las formaciones económico-sociales. Por sí misma, esta especificación permite el desarrollo de la filosofía marxista, la revelación de la riqueza de contenido de sus categorías y leyes. Al mismo tiempo, la aplicación práctica del método de la reconstrucción histórica, el desarrollo de los postulados teóricos científicos generales de la ciencia histórica, ofrecen un rico material para las nuevas generalizaciones científicas del materialismo histórico. Lo mismo puede decirse sobre la influencia de otros métodos científicos generales de las disciplinas sociales para el desarrollo de la teoría y el método del materialismo dialéctico e histórico.

La teoría y los métodos de las ciencias rectoras en las distintas regiones de las ciencias sociales son más abstractos que los de las demás ciencias sociales de la misma región. Es así que la teoría y el método de la historia universal tienden más a seguir la lógica objetiva del desarrollo de la historia universal que los zigzags de los conocimientos históricos. La teoría y el método de la historia universal, por así decir, están más "logizados" que la teoría y el método de la historia de una determinada época o país. La historia de un país debe aferrarse rigurosamente al vínculo genético y a la secuencia temporal de los acontecimientos y estudiar los llamados ascensos y descensos, las modificaciones regresivas y progresivas en la vida de la sociedad en cuestión. En este sentido, la historia de las épocas o de los diferentes países es más "histórica" que la historia universal.

De igual forma, la economía política descubre la lógica objetiva del desarrollo de las relaciones económicas en una forma depurada de sus momentos casuales. Después, esta lógica se incorpora al fundamento de las construcciones teóricas y del método de otras ciencias económicas de la región.

Al propio tiempo, debe recordarse siempre que la exageración del enfoque lógico en la teoría y el método de la historia universal la empobrece y priva de su contenido concreto y nivel de historicidad, sin lo cual corre el riesgo de convertirse en sociología histórica. En la economía política, la interpretación

ampliada del objeto de esta ciencia borra las fronteras entre la economía política y la sociología. Ni la historia universal, ni la economía política, ni la teoría del Estado y el derecho deben duplicar el materialismo histórico. Semejante duplicidad reduce a nada sus propias teorías y métodos científicos, estrecha las posibilidades teóricas y metodológicas de las ciencias particulares y obstaculiza el enriquecimiento del propio materialismo histórico.

La interacción de los métodos se observa con mayor transparencia al examinar el proceso de aplicación de los métodos particulares de la investigación científica, de los elementos de este proceso en su vínculo mutuo y secuencia.

¿Cómo comienza la aplicación de un método particular de la investigación científica? Ante todo, a partir de la formulación del objetivo general de la búsqueda científica. El planteamiento mismo del objetivo general de la investigación está condicionado por la lógica interna del desarrollo de la teoría de la ciencia en cuestión, por sus problemas no resueltos, por sus contradicciones, a veces, por la ruptura de los conceptos científicos establecidos bajo la presión de nuevos datos científicos, por situaciones críticas provocadas por el descubrimiento de la falta de concordancia entre la teoría y la práctica del desarrollo social. El objetivo de la investigación puede ser el ordenamiento de la teoría, la eliminación de los conceptos envejecidos o, por el contrario, la introducción de nuevos conceptos científicos que generalizan resultados alcanzados. Hay que subrayar que el objetivo de la investigación está determinado, en última instancia, por la exigencia de la vida social. Durante todo este proceso, el investigador se orienta, concientemente o no, por los principios filosóficos fundamentales y por la teoría del conocimiento.

El objetivo de la investigación sirve de orientador general en la dirección de la búsqueda científica. Pero el orientador general por sí solo es insuficiente. El investigador debe formular el problema, o problemas, a los cuales se apresta a responder para alcanzar así el objetivo general. La experiencia multisecular demuestra que un problema científico planteado clara y correctamente predetermina el éxito de toda la investigación y, como se dice, resuelve la mitad del problema. Para formular correctamente y con precisión un problema teórico, el investigador debe poseer una cultura filosófica y dominar las teorías generales y particulares del objeto de estudio.

El planteamiento preciso del problema implica la definición de los principios de partida teóricos y la elaboración de la teoría del proceso mismo de investigación y, también, lo que no es menos importante, la teoría de la comprobación de la veracidad de su resultado, lo cual no puede prescindir de la teoría del conocimiento, de sus principios y conclusiones generales.

La teoría de la ciencia y la construcción de la teoría de la investigación científica particular, así como la comprobación de la veracidad del resultado, brinda la posibilidad de seleccionar un objeto típico de investigación cuyas leyes de desarrollo expresan la sujeción a la ley de toda la clase de objetos estudiados. Esto es particularmente importante para la investigación del procesamiento estadístico del material.

Cuando el objetivo ha sido definido, planteados claramente los problemas, elaborada la teoría del proceso de investigación y de comprobación de sus resultados, y elegido correctamente el objeto típico de análisis, se formula la tarea de confeccionar el plan de búsqueda científica y seleccionar sus medios materiales e ideales. Entre los medios ideales de investigación se encuentran el aparato científico, los procedimientos especiales, el procesamiento matemático del material, los demás métodos adoptados de otras ciencias, etcétera.

Después de ejecutar el plan de investigación, y una vez obtenida la respuesta a los problemas planteados, se requiere comprobar la veracidad de las conclusiones alcanzadas. En las ciencias sociales, la verificación del resultado de la investigación se ve dificultada por dos circunstancias. En primer lugar y, a diferencia de muchas ciencias naturales, en las ciencias sociales el resultado de la investigación no es simplemente unívoco, debido a la complejidad de los fenómenos de la sociedad. Por otra parte, en muchos casos, es imposible la confirmación o refutación experimental de la conclusión alcanzada en las ciencias sociales. Si consideramos que un experimento es el estudio de un fenómeno artificialmente producido en condiciones dadas por medio de la medición premeditada de estas condiciones, y que por lo general, se registra dentro del marco limitado del laboratorio con la ayuda de los equipos e instrumentos correspondientes, la ciencia histórica no puede comprobar experimentalmente la corrección de sus conclusiones sobre las particularidades del esclavismo en el mundo antiguo, ni la proposición sobre las causas de los actos de una u otra personalidad histórica.

En las ciencias jurídicas, pedagógicas y otras de carácter social, el experimento es posible en condiciones de laboratorio, aunque en este caso, las posibilidades de la comprobación experimental están limitadas por factores morales, psíquicos y de otro tipo.

A veces se llama experimento a las reformas económicas realizadas dentro del marco de una empresa, rama o de la industria en su conjunto, con el fin de elevar la efectividad de la producción. Pero, en rigor, estas reformas difícilmente pueden considerarse un experimento, debido a que se realizan en la propia vida y a gran escala y no en condiciones de laboratorio, aisladas y predeterminadas. La realización de semejantes reformas es una parte natural e inseparable de la práctica social productiva, en el amplio sentido de esta palabra.

Los investigadores sociales pueden encontrar débil consuelo en el hecho de que no todas las teorías científico-naturales pueden ser comprobadas experimentalmente. Los geólogos, por ejemplo, no pueden crear volcanes experimentales, ni los meteorólogos ciclones y anticiclones, aunque pueden modelarlos. Pero la modelación no está contraindicada en las ciencias sociales, por lo menos en el plano teórico, en forma de confección de modelos ideales, incluyendo los matemáticos.

Cuando la aplicación de una comprobación experimental está limitada, es posible la vía de una cuidadosa comprobación lógica, la repetición de la investigación con otras técnicas, sobre otros objetos. En las ciencias sociales, estos experimentos son muy complejos y no siempre son demostrables con evidencia, como sucede en las ciencias puramente deductivas como las matemáticas.

Existe otro modo, bastante fiable, de comprobar las conclusiones científicas. Se trata de la comprobación de las conclusiones y pronósticos de la ciencia social por la práctica social, aunque, es cierto, esto exige mucho tiempo. Bajo el socialismo, el ritmo del progreso social se modifica intensamente. Esto ayuda a nuestra ciencia social a utilizar la práctica social como criterio de la veracidad de sus conclusiones en períodos de tiempo relativamente cortos.

Por último, la etapa en que concluye la aplicación de un método especial de la investigación científica es el proceso de profundización, de ulterior desarrollo de la teoría y el método, a partir del resultado obtenido y comprobado en la búsqueda científica.

El proceso de aplicación de los métodos científicos especiales en el trabajo investigativo requiere un estudio cuidadoso. Cada ciencia introduce en este proceso rasgos peculiares. Su comparación enriquece la metodología en su conjunto, ayuda a comprobar mejor el establecimiento del método científico como proceso *creador* e inseparable del desarrollo de la teoría de la ciencia y de su aplicación a la práctica social.

Finalmente, se pudiera llegar a la conclusión de que la investigación de los problemas metodológicos actuales de las ciencias es una cuestión tan importante como el desarrollo de sus teorías. Puede y debe ser realizada mediante los esfuerzos mancomunados de investigadores sociales y filósofos, lo cual exige de los representantes de cada ciencia social prestar la más seria atención a los cuadros profesionales filosóficamente cultos. A su vez, los filósofos que estudian la metodología del conocimiento social prestarían una ayuda sustancial a los investigadores sociales si dispusieran de los fundamentos de la teoría de los investigadores de la sociedad, las formas más acertadas para organizar las investigaciones metodológicas.

En los últimos años se ha hecho no poco en la investigación de los problemas metodológicos de las ciencias. Pero de todas formas, en este campo quedan por resolver muchos problemas nuevos de importancia. Abrigamos la esperanza de que nuestro esfuerzo dé un buen impulso y abra el interés por las investigaciones de los problemas metodológicos del conocimiento científico.

2. El método experimental en la ciencia

El creciente interés por el estudio de los métodos de la ciencia, que conduce a la separación del método como objeto específico del conocimiento, está condicionado por las funciones que éste cumple en la investigación científica. No obstante, sería erróneo considerar que este hecho se debe sólo a razones gnoseológicas generales. En el siglo XX, se produjeron en la ciencia cambios sustanciales que plantearon la necesidad de un estudio especial de los problemas metodológicos de la ciencia en general y de sus métodos en particular. Estos cambios tuvieron un carácter tanto cuantitativo como cualitativo.

En primer lugar, el número de científicos aumentó en forma considerable, incrementándose también el número de disciplinas científicas, en tanto que la diversificación de los métodos de investigación estuvo acompañada de una mayor complejidad de los medios del conocimiento.

En segundo lugar, en las ciencias naturales continúa desarrollándose la división del trabajo entre las investigaciones teóricas y las experimentales, lo que plantea la tarea de estudiar tanto el carácter específico como el mecanismo de interacción entre los métodos experimentales y teóricos, así como aquellas funciones que dichos métodos cumplen en el desarrollo de la ciencia.[5]

En tercer lugar, los éxitos alcanzados en las ciencias sociales, biológicas, geológicas y otras, plantearon ante los científicos la necesidad de resolver complejos problemas referentes a los distintos niveles de estructuración de los objetos de estas ciencias. Al aplicar los métodos tradicionales, los investigadores utilizan los resultados y los métodos de la física, la química y otras ciencias, lo cual contribuye a un conocimiento más profundo de las leyes de funcionamiento de los objetos propios de cada ciencia, y al surgimiento de nuevas ciencias —la ciencia sobre la Tierra, la biofísica, la astrobiología, la cibernética—, cuyos objetos de conocimientos son sistemas naturales o sociales complejos.[6] El estudio de semejantes objetos exige no sólo la elaboración de nuevos procedimientos, sino también la incorporación del conjunto de métodos de las ciencias ya formadas. El desarrollo de los trabajos complejos dio origen a la necesidad de investigar el conjunto de métodos que los caracteriza.

El estudio de los métodos de la ciencia es un problema complejo que exige la realización de una serie de tareas cognoscitivas, las cuales no pueden ser analizadas y señaladas previamente por muy minuciosa que sea la investigación.

Si tomamos en cuenta que el establecimiento de los métodos de la ciencia, como objeto específico del conocimiento, da sólo sus primeros pasos, iniciaremos nuestro estudio por el examen de los métodos de investigación en las ciencias experimentales,[7] ya que éstas poseen una estructuración más desarrollada, que incluye todos los estadíos del proceso cognoscitivo. De esta manera, el análisis de los procedimientos de investigación utilizados en las ciencias experimentales nos permitirá llegar a conclusiones sobre la naturaleza general de los métodos de la ciencia.

Una atención especial se dedicará al análisis de lo específico de los métodos experimentales utilizados en el experimento científico, lo que crea las premisas necesarias para el examen de los métodos de investigación en las ciencias técnicas y no experimentales.

El principio metodológico marxista fundamental formulado en la solución del problema principal de la filosofía, constituye el principio teórico inicial en el estudio de los métodos de la investigación científica. De acuerdo con ello, es necesario establecer cómo la concepción marxista del papel de la práctica y de la actividad transformadora del hombre en el conocimiento del mundo que nos circunda se manifiesta en la formación y el funcionamiento de los métodos de la ciencia.

Es evidente que cada científico que participa directamente en el desarrollo de la ciencia participa también en la elaboración de sus métodos. En este caso parece lícita la pregunta: si los creadores de los métodos son los representantes de las diferentes ciencias concretas ¿tiene acaso sentido emprender investigaciones sobre metodología de las ciencias? Las siguientes consideraciones nos permiten fundamentar la siguiente respuesta afirmativa a la interrogante formulada:

a) Las ciencias concretas estudian la composición de la naturaleza, la sociedad y las leyes de los procesos que tienen lugar en ellas.[8] Pero no investigan el proceso mismo del conocimiento ni los métodos en él aplicados, los que con frecuencia se utilizan intuitivamente.

b) El experimento científico presupone que el método de estudio del objeto de conocimiento —los métodos del análisis cualitativo y cuantitativo en química, los métodos de los átomos trazadores— ha sido establecido en forma clara. Sin embargo, en este caso, el método se describe en términos cuyo significado se refiere al objeto estudiado, es decir, en términos del lenguaje teórico de la ciencia. Esta descripción del método es análoga a la descripción de la gramática de un lenguaje natural con ayuda de palabras concretas referentes a objetos no lingüísticos. Se trata de algo necesario, aunque insuficiente, ya que limita los conocimientos del científico sobre el método, a procedimientos experimentales concretos o a procedimientos de creación de teorías concretas.

c) Los métodos de la ciencia no se reducen a los métodos de estudio del objeto del conocimiento: el investigador formula tareas cognoscitivas, construye instrumentos, estructura teo-

rías. Estos estadíos del proceso del conocimiento presuponen la aplicación de los métodos propios de ellos. Como regla, no se ofrecen de forma clara, ya que no se refieren al objeto estudiado en cada ciencia concreta.

Por tanto, aunque los métodos de las ciencias particulares son creados por científicos que estudian los procesos naturales, sólo pueden convertirse en objeto específico de investigación en la metodología de las ciencias. Nos referimos naturalmente a aquellos métodos de la ciencia que se diferencian de las exigencias metodológicas más generales que debe satisfacer cualquier proceso de conocimiento. Como es sabido, desde su surgimiento, la filosofía prestó singular atención a este problema. Marx y Engels elaboraron los fundamentos de la gnoseología científica y formularon, conforme a ellos, las exigencias más generales que debe satisfacer todo proceso cognoscitivo, incluyendo el conocimiento científico, pues la investigación científica "es conocimiento, por lo que la característica lógico-gnoseológica universal del conocimiento es válida para la investigación".[9] Estas exigencias, que se deducen del análisis del proceso social del conocimiento, aseguran un reflejo más adecuado del mundo objetivo, y permiten utilizar los resultados del conocimiento en la actividad práctica de los hombres. Se refieren a la estructuración más general del proceso de conocimiento y constituyeron el punto de partida en el estudio de los métodos de la ciencia.

Al analizar las concepciones gnoseológicas precedentes, Marx demostró que, en el análisis del proceso cognoscitivo, el materialismo premarxista tenía un carácter contemplativo[10] y no superaba los criterios idealistas en la explicación de la actividad cognoscitiva pensante del hombre.[11] En las investigaciones metodológicas se introdujo la práctica y, como su componente necesario, la actividad transformadora del hombre.[12] Esto permitió establecer el papel de los medios de trabajo y la tecnología, que condicionan el desarrollo de la ciencia moderna.[13] La nueva concepción gnoseológica explicó el carácter creador de la actividad del hombre y el condicionamiento de esa actividad por las leyes del desarrollo social;[14] y resultó ser una base fructífera para el desarrollo ulterior de la metodología de la ciencia. En este plano, ha sido muy grande el trabajo realizado por los filósofos marxistas. La metodología marxista de la investigación científica se formó como una disciplina

especial que estudia los métodos tanto generales como particulares de la investigación y que constituye una sección especial de la gnoseología.[15]

Mediante el término "ciencia experimental" designaremos el proceso del conocimiento que se caracteriza por dos rasgos específicos: a) la ciencia experimental es un sistema, cuyos subsistemas interactuantes constituyen la interrelación de tres componentes: el científico, los medios de conocimiento y el objeto del conocimiento; b) la ciencia es un proceso del conocimiento que se ha separado del proceso directo del trabajo para convertirse en una parte relativamente independiente o subsistema de la sociedad,[16] en la cual funcionan grupos especiales de hombres que entran en relación mutua con los objetos característicos exclusivamente de esa esfera y crean productos específicos de la misma.

Para estudiar el mecanismo del funcionamiento de la ciencia, estas propiedades se pueden describir con el modelo elemental: "científico → medios del conocimiento → objeto del conocimiento" *(C → M → O)*. Semejante modelo fija la composición de cada subsistema relativamente independiente de la ciencia experimental y la secuencia de la interacción entre los elementos de la composición.

En este modelo, la propia ciencia, es decir, la suma de conocimientos adquiridos históricamente y sus métodos, está incluida en los conceptos "científico" y "medios del conocimiento".

En una forma más detallada y desarrollada los componentes básicos del funcionamiento de la ciencia serían: el sujeto, el objeto, los medios del conocimiento, las operaciones, los fines, los resultados y las condiciones. Para los fines del presente trabajo, hemos considerado posible limitarnos a los tres componentes citados en el texto.

El término "científico" designa a cualquier investigador. En el proceso del conocimiento, el investigador realiza su actividad cognoscitiva, la cual está formada por dos clases de operaciones relacionadas entre sí:[17] 1) interactúa con los medios del conocimiento, los cuerpos naturales y los procesos, modificando sus estados; 2) realiza un sistema de operaciones en el pensamiento, es decir, fija las modificaciones del sistema, *C → M → O*, las memoriza y elabora, las introduce en sistemas lógicos concretos, etcétera.

Con el término "medios del conocimiento" designamos los instrumentos creados por el investigador para transformar el objeto del conocimiento. Por ejemplo, el plano inclinado de los experimentos de Galileo, el péndulo en los de Newton, los instrumentos de difracción, los haces de electrones, las cámaras de burbujas, los aceleradores de partículas elementales.

El término "objeto del conocimiento" designa a aquellos elementos de estructuración del objeto del conocimiento que se modifican en cada proceso concreto de éste. Por ejemplo, si estudiamos la caída libre de un cuerpo, los objetos del conocimiento serían: velocidad del cuerpo que cae, dependencia de la trayectoria de caída de la velocidad inicial, dependencia de esa trayectoria del ángulo entre el vector de velocidad inicial del cuerpo en movimiento y el radio de la Tierra. En el estudio de las propiedades del electrón actúan como objetos de conocimiento: la masa de reposo del electrón, su velocidad, las coordenadas, el impulso, el *spin*. Todos los objetos del conocimiento enumerados constituyen modificaciones concretas de determinado elemento del proceso físico investigado: de la velocidad, la trayectoria y otros.

El objeto del conocimiento, como regla general, es un componente del proceso natural o social que "introduce el investigador" en el proceso de conocimiento. Es decir, que todos los objetos del conocimiento separados y fijados antes, y los componentes de la estructuración del proceso natural o social que todavía no han sido incluidos en el proceso del conocimiento, forman el objeto del conocimiento. Por ejemplo, si como objeto del conocimiento se escoge la caída de los cuerpos, el investigador puede formular respecto a ella muchas tareas cognoscitivas y seleccionar los correspondientes objetos del conocimiento. Las particularidades señaladas de los vínculos entre los objetos del conocimiento aparecen con mayor claridad cuando actúan como objetos del conocimiento los átomos, partículas elementales, individuos biológicos u otros. Por tanto, el objeto del conocimiento es el conjunto de componentes de la estructuración de uno u otro cuerpo natural que se estudia en la ciencia de que se trate.

El objeto del conocimiento no se introduce en el proceso cognoscitivo en "forma pura". Al estudiar la caída libre de un cuerpo, el investigador no introduce la velocidad de la caída como tal, sino que trata, por ejemplo, con la acción mutua de una bola de bronce y la tierra, con un péndulo y la tierra. Para modificar el objeto del conocimiento, el investigador debe

interactuar con complicados cuerpos y procesos naturales, en los cuales entran como componentes los objetos del conocimiento. Son precisamente estos procesos naturales y sociales los que se incluyen o introducen en el proceso científico. La ciencia es un subsistema social, uno de los subsistemas de la sociedad. Los estadíos de este subsistema no surgen en el proceso del automovimiento de los cuerpos naturales. Si el hombre limita exclusivamente sus interacciones, con cuerpos y procesos que lo circundan, a las de carácter natural, se privará de la posibilidad de fijar los elementos de la estructuración de la naturaleza y de elaborar conocimientos sobre ellos.

Pero, en tanto que el subsistema $C \rightarrow M \rightarrow O$ tiene carácter social, el mismo debe reproducirse en el pensamiento del sujeto que realiza el funcionamiento del subsistema en cuestión. La reproducción del proceso del conocimiento presupone un determinado conjunto de conocimientos. Se trata de los conocimientos utilizados en la ciencia. La estructuración de la ciencia demuestra que la reproducción del proceso del conocimiento en el pensamiento del científico no puede realizarse sólo con la ayuda de los conocimientos sobre el objeto del conocimiento. Se requiere de la incorporación de todos aquellos elementos necesarios para la realización del proceso concreto del conocimiento. Los conocimientos que funcionan en la actividad del científico contienen modelos de los elementos del proceso del conocimiento, teorías, hipótesis, conocimientos sobre los métodos y otros componentes de la actividad científica. De aquí se desprende que el sistema de los conocimientos científicos debe poseer una determinada plenitud; no puede existir sin construcciones lógicas y mentales. El conocimiento de la naturaleza presupone la construcción de medios del conocimiento, instrumentos de medición y otros elementos del proceso del conocimiento, esto es, presupone una actividad constructiva verdadera en el hombre y, por tanto, las correspondientes operaciones constructivas.

El esquema $C \rightarrow M \rightarrow O$ constituye un modelo gnoseológico simplificado de la ciencia experimental, ya que refleja lo general que caracteriza todos los estudios del proceso de conocimiento, a saber, las interacciones del investigador con los medios del conocimiento para modificar el objeto de conocimiento. Este modelo de la ciencia satisface las exigencias que les fueron planteadas a los tipos de investigaciones científicas históricamente formados por los correspondientes subsistemas de la sociedad.

El proceso del conocimiento se separó del proceso directo del trabajo y su génesis predeterminó no sólo las tareas de servicio a la producción, sino también el sistema de vínculos en los cuales el hombre puede realizar su actividad cognoscitiva gracias a la organización fisiológica y morfológica que posee; el proceso del trabajo dio la estructura general del proceso del conocimiento. Fue necesario que el hombre separara los objetos concretos del conocimiento, es decir, los elementos reales de la estructura de los cuerpos y procesos naturales y los convirtiese en objetos del conocimiento.

Pero, ¿qué es lo más esencial en el conocimiento de la estructuración de los cuerpos y procesos naturales y en el establecimiento de las leyes de funcionamiento? Si esto hubiera podido realizarse por medio de la observación, es evidente que el problema habría sido resuelto mucho antes del siglo XVII. Por supuesto, la observación es un elemento necesario en cualquier actividad cognoscitiva, pero con la ayuda exclusiva de la observación nada puede ser descubierto. Sólo la transformación de los cuerpos y procesos naturales pudo ser el medio para solucionar las tareas cognoscitivas, es decir, fue necesario crear un sistema especial de interacciones entre cuerpos y procesos naturales que asegurara su modificación controlada y la fijación de tales modificaciones por el hombre.

Por último, las tareas del desarrollo del proceso del conocimiento, por un lado, y la necesidad de utilizar sus resultados en la producción de valores de consumo, por otro, plantearon exigencias especiales a la actividad del investigador, a su pensamiento, al aparato pensante: modelos, lenguaje hablado y escrito, etcétera, en las cuales se reproducía, fijaba y construía el proceso de conocimiento. Fue necesario que los resultados de la investigación se expresaran en el lenguaje de forma unívoca para que el significado de las palabras, signos, utilizados adquirieran una forma clara. Dicho en otros términos, la descripción de las investigaciones, de las dependencias que se establecían, debían registrarse de forma tal que, cualquier otro hombre, poseedor de la preparación necesaria, pero que no había tenido la experiencia en cuestión, pudiera obtener los mismos resultados utilizando exclusivamente la descripción de los experimentos.

Por otra parte, como la interacción del científico con los medios y objetos del conocimiento debe modelarse, presupone que la reproducción en el pensamiento de las modificaciones del sistema $C \rightarrow M \rightarrow O$ debe realizarse con ayuda de un nú-

mero determinado de operaciones. En caso contrario, no sería posible el conocimiento científico. Las exigencias enumeradas sólo son realizables bajo las condiciones de que el proceso del conocimiento de cada objeto concreto de la ciencia sea diferenciado en aquellas modificaciones de las operaciones del científico, el medio del conocimiento y el objeto de éste que resultan homogéneos, y que puedan fijarse como tales por los órganos de los sentidos.

Cada proceso concreto del conocimiento, en el que se realiza la modificación homogénea de los objetos del conocimiento, constituye un sistema de interacción $C \rightarrow M \rightarrow O$.

Este sistema forma un acto particular del proceso del conocimiento, que llamaremos acto elemental. El estado inicial de cada acto elemental es aquél en el cual el objeto del conocimiento no sufre las modificaciones planeadas. Durante su funcionamiento, el sistema $C \rightarrow M \rightarrow O$ pasa por varios estadíos, en los cuales el científico modifica el objeto de conocimiento actuando con los medios cognoscitivos sobre el objeto del conocimiento. La terminación de la modificación del objeto del conocimiento caracteriza el estado final del sistema dentro del marco de cada acto elemental. Cada acto elemental del proceso del conocimiento está determinado por la modificación elemental u homogénea del objeto del conocimiento. Sin embargo, esto no significa que el objeto estudiado debe ser caracterizado en forma integral en todas sus determinaciones estructurales. La elementaridad u homogeneidad de los componentes del proceso del conocimiento actúa como condición necesaria de la reproducción, por el pensamiento, de las interacciones del proceso del conocimiento en el volumen que resulte suficiente para la realización de las modificaciones del objeto del conocimiento por el hombre. Precisamente de ello se deriva que el proceso científico del conocimiento tenga que estar compuesto por actos elementales que pueden ser fijados en el pensamiento.

Debido a que el objeto del conocimiento en cada ciencia experimental es, en primer término, la composición de los fenómenos naturales o sociales, la preparación de cada nuevo acto elemental debe comenzar por la construcción de las modificaciones del objeto del conocimiento en el nuevo acto elemental.

Son bien conocidos los procedimientos utilizados por las ciencias empíricas para la formulación de la tarea cognoscitiva que se realiza a nivel de modelos, procedimientos que son

característicos de los primeros pasos de la investigación científica. La formulación se conserva en calidad de componente necesario del acto de planteamiento de la tarea cognoscitiva, ya que, sin la creación de los modelos de cambios hipotéticos del objeto del conocimiento, es imposible realizar el acto elemental y, por consiguiente, imposible también el progreso de la ciencia. Sin embargo, con la aparición de la teoría, ese procedimiento resulta insuficiente. La teoría comienza a desempeñar un importante papel en el proceso de planteamiento de la tarea cognoscitiva.

Como ejemplo, citaremos el descubrimiento de las ondas electromagnéticas realizado por Hertz.[18]

Puede decirse que en aquellos casos en que se dispone de una teoría, el procedimiento de formulación de la tarea cognoscitiva presupone la siguiente secuencia de las operaciones: inferencia de las proposiciones hipotéticas de los marcos de la teoría; formulación de los problemas en base a ellas, establecimiento del orden de su solución, correlación de los problemas con las modificaciones de los objetos del conocimiento conocidas en la ciencia y planteamiento de la tarea cognoscitiva, correlación de la tarea cognoscitiva con las modificaciones de los objetos del conocimiento conocidas en la ciencia, y creación del modelo ideal de la nueva modificación del objeto del conocimiento.

En el caso más general, el investigador, al utilizar la teoría para los fines antes mencionados, tiene derecho a esperar sólo uno de los siguientes resultados: bien crea una proposición hipotética y el modelo correspondiente del elemento desconocido inherente a la estructura del objeto del conocimiento, o bien construye varias proposiciones hipotéticas y, por tanto, varios modelos de modificación de los nuevos objetos del conocimiento.

En un proceso que posee una complicada estructura y que constituye un sistema de interacciones que forman el acto independiente de "planteamiento de la tarea cognoscitiva", la formulación de la tarea cognoscitiva comienza por la inferencia de proposiciones hipotéticas a partir de la teoría o la hipótesis, y termina con la creación del modelo de modificación hipotético del objeto de conocimiento. Para realizar este acto, el científico debe ejecutar la siguiente secuencia de operaciones: 1) formular proposiciones hipotéticas; 2) formular los problemas; 3) si el número de problemas es más de uno, esta-

blecer el orden de solución de los mismos; 4) formular la tarea cognoscitiva; 5) construir el modelo de modificación hipotético del objeto de conocimiento.

Cada nuevo acto del proceso del conocimiento puede realizarse sólo después de haber sido elaborado su modelo. El modelo de los posibles cambios del objeto del conocimiento es un factor determinante para la construcción del acto elemental, ya que ofrece el programa de modelación. En efecto, la construcción de los medios del conocimiento y la planificación de las acciones del investigador en el acto elemental deben estar dirigidos a la realización del acto cognoscitivo, que tiene como resultado final la modificación del objeto de conocimiento. Por consiguiente, el científico debe crear un medio de conocimiento que asegure la realización y fijación de la modificación señalada del objeto del conocimiento; sólo así será confirmada o refutada la proposición hipotética deducida de la teoría.

¿Qué exigencias metodológicas se plantean a la construcción del acto elemental?

En primer lugar, y debido a que la función del acto elemental consiste en el descubrimiento de nuevos componentes de la constitución del objeto del conocimiento o en la confirmación o refutación de las proposiciones hipotéticas inferidas de la teoría en el acto cognoscitivo, las operaciones del investigador deben limitarse al proceso de puesta en marcha, detención y control de la interacción del subsistema $M \rightarrow O$. Vale decir, la creación del acto elemental del subsistema $M \rightarrow O$ debe comenzar por una operación homogénea del investigador controlada y fijada por él. Son precisamente estas operaciones simples y homogéneas las que ponen en interacción el sistema del acto elemental y permiten constatar que aquellas modificaciones del objeto del conocimiento que se planifican y construyen en el acto elemental no son resultado de ciertas acciones no controladas del investigador.

En segundo lugar, las interacciones en el subsistema $M \rightarrow O$ deben determinarse a partir del hecho de que la modificación hipotética del objeto del conocimiento puede ser establecida en forma precisa. Para ello es necesario: a) que en la construcción del medio del conocimiento quede asegurada la producción hipotética de la modificación del objeto del conocimiento, y b) que la modificación hipotética del objeto del conocimiento actúe en "forma pura".

La exigencia *a* se cumple cuando en la construcción del medio del conocimiento se utilizan conjuntos de modificaciones homo-

géneas conocidas de los componentes de la estructura del objeto del conocimiento. El análisis de cualquier acto elemental demuestra que esta exigencia debe cumplirse.

La exigencia *b* se cumple cuando se crean las condiciones de realización del experimento que aseguran la aparición de las modificaciones planificadas del objeto del conocimiento que se deben sólo al funcionamiento del medio del conocimiento.

La construcción de los medios del conocimiento se lleva a cabo de acuerdo con el modelo de modificación de éstos. En otras palabras, la construcción del medio del conocimiento deberá asegurar las modificaciones planificadas del medio del conocimiento en el acto elemental. Si los medios del conocimiento en nuestro poder permiten realizar la interacción $M \rightarrow O$, entonces la tarea se resolverá fácilmente: con la ayuda de los medios del conocimiento disponibles se construye una nueva forma de interacción. Si para la realización de la modificación del objeto del conocimiento el científico no dispone de los medios del conocimiento necesarios, entonces habrá que construir nuevos medios. Esta construcción se realiza sobre la base de las exigencias que surgen de los resultados del análisis del modelo de interacción del sistema hipotético $M \longrightarrow O$, y como resultado de la ulterior correlación de estas exigencias con las construcciones ya existentes de los medios del conocimiento.

Culminada la elaboración del esquema básico de los medios del conocimiento se puede iniciar su producción, independientemente de que con frecuencia sea necesario realizar investigaciones adicionales.

La preparación para incluir al objeto del conocimiento en el acto elemental es un problema metodológico específico, ya que como en el acto elemental los objetos del conocimiento se introducen como componentes de la estructura de los procesos naturales, éstos deben ser modificados en concordancia con las exigencias de la investigación científica. En forma general, estas exigencias se reducen a la elaboración de una construcción que puede ser introducida en la investigación del proceso natural de tal modo que asegure la solución de la tarea cognoscitiva.

En dependencia de las tareas que resuelve el investigador, el proceso cognoscitivo pasa por varios estadíos. En el *primer* estadío se formula la tarea cognoscitiva, cuya elaboración se lleva hasta el momento en que se inicia la construcción del modelo ideal de las modificaciones que debe sufrir el objeto del conocimiento. Después de formulada la tarea cognoscitiva comienza el *segundo* estadío, esto es, la construcción del acto ele-

mental del proceso en cuestión, teniendo en cuenta los siguientes elementos: 1) el cuerpo, es decir, el portador del objeto del conocimiento; 2) los medios del conocimiento y 3) las instrucciones que aseguran la obtención de la modificación hipotética del objeto del conocimiento.

En el *tercer estadío* concluye la preparación o el ajuste del acto elemental del proceso del conocimiento. El *cuarto estadío* es la realización del acto elemental y la fijación de sus resultados. Las modificaciones del objeto del conocimiento se fijan en forma de imágenes concretas.

El *quinto estadío* es el teórico, donde el científico elabora los resultados obtenidos: a) los resultados de los actos elementales se utilizan para crear la teoría; b) si ya existe una teoría, lo normal es que los nuevos hechos se incorporen a ella; c) si la teoría existente no explica los resultados obtenidos, se crea una nueva teoría que satisfaga todo el conjunto de hechos. La quinta etapa concluye con la inferencia de proposiciones hipotéticas a partir de la teoría.

Al resolver cada nueva tarea cognoscitiva, los estadíos del proceso del conocimiento se repiten en una cierta secuencia y forman un ciclo cognoscitivo, es decir, un conjunto de estadíos del proceso del conocimiento, que parte de la formulación de la tarea cognoscitiva y termina con la inferencia de proposiciones hipotéticas basadas en la teoría.

El funcionamiento de la ciencia es el paso consecuente de los elementos de la misma por los diferentes estadíos de cada nuevo ciclo cognoscitivo.

Los elementos de la composición de la ciencia cumplen determinadas funciones en los distintos niveles de su estructuración. La teoría permite al investigador deducir proposiciones hipotéticas, y éstas se utilizan por él para formular la tarea cognoscitiva que se elabora antes que el modelo ideal de las modificaciones hipotéticas del objeto del conocimiento, lo que crea condiciones para la construcción del acto elemental, los medios del conocimiento y otros elementos de la composición de la ciencia.

Debido a que la secuencia de los estadíos del ciclo cognoscitivo y los esquemas de la interacción de los elementos de la ciencia están dados por la estructura de ésta, esas secuencias se deben reproducir en cada nueva etapa del ciclo cognoscitivo. La ciencia misma debe ser contemplada como un sistema dinámico que posee carácter cíclico.

La reproducción de la composición antes examinada del ciclo cognoscitivo yace en la base de la reproducción de determinados conjuntos y secuencias de las operaciones del científico. Si este último aspira a que su actividad sea lo más productiva posible, deberá realizar los conjuntos concretos de operaciones en una determinada secuencia. Debido a que examinamos la composición del ciclo cognoscitivo, sólo podremos describir la secuencia de los conjuntos de operaciones del investigador que están condicionadas por el ciclo cognoscitivo. En términos generales, el orden de tales conjuntos deberá ser el siguiente:

1. Los esquemas de la secuencia de operaciones en el estadío de formulación de las tareas cognoscitivas.
2. Los procedimientos para la construcción del acto elemental.
3. La tecnología de producción de los medios de conocimiento, de preparación del objeto del conocimiento y del acto elemental del proceso cognoscitivo.
4. Los esquemas de la secuencia de operaciones para realizar el acto elemental, y fijar y elaborar sus resultados.
5. Los esquemas de la secuencia de operaciones para la construcción del modelo del objeto del conocimiento.
6. Los procedimientos relacionados con la construcción de la teoría o con su desarrollo.

En este ciclo cognoscitivo, las operaciones del investigador se realizan por medio del esquema descrito. Esto queda fijado como la secuencia de su interacción con los elementos del proceso del conocimiento, determinada por la composición del ciclo cognoscitivo. Desde un punto de vista metodológico, los métodos de la ciencia son esquemas correctamente construidos del conjunto de las secuencias concretas de las operaciones que realiza el investigador, que aseguran la construcción y realización del ciclo cognoscitivo.

El término "método" lo utilizamos aquí en el sentido de un determinado esquema de las operaciones del investigador, que se emplea al elaborar la teoría, plantear la tarea cognoscitiva. Es evidente que no hay ni puede haber un solo método con la ayuda del cual pudieran resolverse todos los problemas que aparecen en la ciencia durante su desarrollo. En cualquiera de sus ramas concretas, el investigador está obligado a valerse de conjuntos de métodos. La división del trabajo que se establece en el ciclo cognoscitivo conduce a que, por ejemplo, en la física teórica el científico comience por aplicar nada más

que métodos teóricos. Sin embargo, por muy desarrollada que esté la división del trabajo en la ciencia, el ciclo cognoscitivo en el cual se utiliza un conjunto de métodos seguirá siendo una forma necesaria de su funcionamiento.

Los métodos de la ciencia poseen características o propiedades generales y representan determinados esquemas de operación que el investigador realiza en un orden determinado o condicionado por la composición de la ciencia. Además, se trata de esquemas que, en cierta forma, son establecidos por el investigador y se convierten en el algoritmo de su actividad, asegurando la significación general de los resultados obtenidos, el control del ciclo cognoscitivo, su reproducción precisa.

Como puede observarse, en el ciclo cognoscitivo se realiza un complejo sistema de interrelaciones. Además, los elementos del proceso del conocimiento reciben la influencia del medio circundante, y el investigador, a su vez, de los distintos componentes de la sociedad. Debido a que los métodos experimentales se refieren sólo al elemental, en este capítulo trataremos exclusivamente la interacción de sus elementos. En dependencia de la intromisión del investigador en los subsistemas de los elementos interactuantes de la composición de la ciencia, las interacciones que se realizan en el acto elemental se dividen en dos clases. La primera clase forma los subsistemas: "científico → medio del conocimiento" y "científico → objeto del conocimiento"; la segunda clase sólo está compuesta del subsistema "medio del conocimiento → objeto del conocimiento".

La interacción del medio y el objeto del conocimiento no se realiza por sí misma: es construida, preparada, puesta en marcha o detenida por el investigador. En realidad, de los dos elementos de la interacción en cuestión, el medio del conocimiento no es un cuerpo natural, sino un objeto de la naturaleza modificado por el hombre.

La interacción "medio del conocimiento → objeto del conocimiento" se construye y crea como un subsistema del acto elemental, cuya interacción no está determinada por las operaciones del científico relacionadas con el funcionamiento del acto elemental mismo, sino que se alcanza por medio de la elaboración de una construcción de los medios del conocimiento y de ciertas modificaciones en la investigación del objeto del conocimiento, que reducen las funciones del investigador en el acto elemental a la puesta en marcha y detención de la interacción entre el medio del conocimiento y el objeto de éste.

El proceso de construcción y creación del subsistema $M \rightarrow O$ se caracteriza por una serie de particularidades que a continuación relacionamos.

a) El investigador construye el medio del conocimiento para solucionar una tarea cognoscitiva concreta. En este caso, la construcción del medio del conocimiento puede satisfacer la solución de la tarea cognoscitiva, pero también son posibles modelos y construcciones para estos fines.

b) Se construye la modificación introducida en el proceso del conocimiento del objeto, que posee como componente de su estructura el objeto del conocimiento. Las modificaciones planificadas también pueden corresponder a la solución de la tarea cognoscitiva formulada, y no se excluye la situación en que el investigador trate de emprender acciones irrealizables, por principio o técnicamente.

c) Si partimos de que los modelos del medio del conocimiento y las modificaciones hipotéticas del objeto de éste, así como su interacción planificada responden a la tarea cognoscitiva planteada, entonces se habrá creado un medio de conocimiento, modificado el objeto y preparado el acto elemental.

Por tanto, en el proceso de construcción y creación del acto elemental el científico puede planificar determinadas transformaciones propias, subjetivas, es decir, que no corresponden a la solución de la tarea cognoscitiva planteada, de aquellos objetos con los cuales trate. Sin embargo, si el medio del conocimiento ha sido creado y el cuerpo natural o proceso ha sido preparado para ser modificado, ellos existirán como objetos externos respecto al hombre. En el acto elemental, como vimos, el científico cumple la función de puesta en marcha y detención de la interacción entre el medio y el objeto del conocimiento, por lo que el funcionamiento del sistema $M \rightarrow O$ dependerá, únicamente de: a) la construcción del medio del conocimiento; b) las modificaciones del cuerpo introducido en el proceso de conocimiento; c) los elementos de la estructuración de los objetos estudiados que no fueron modificados en el estadío preparatorio en cuestión y las interrelaciones con el medio, características de estos elementos. En estas condiciones, la modificación del objeto del conocimiento resulta independiente del investigador. La fijación de semejante modificación permite al científico poner en duda las teorías e hipótesis creadas antes del acto elemental, así como "sus propias demostraciones, de forma de 'poner de manifiesto' el respeto vitalmente necesario hacia el hecho, rasgo distintivo de la ciencia experimental".[19]

¿Cuáles son las propiedades del experimento que aseguran la solución de tales tareas?

En la composición del experimento entran dos elementos: los medios del conocimiento y el objeto del conocimiento.

Como hemos sañalado, en el ciclo cognoscitivo se introducen, por regla general, objetos de la naturaleza modificados por el hombre. En este caso, las modificaciones del objeto de la naturaleza están relacionadas con la solución de ciertas tareas cognoscitivas. Debido a que semejantes transformaciones están condicionadas por la necesidad de crear el subsistema exterior al hombre $M \rightarrow O$ debemos examinar esa interrelación con más detalle.

El resultado de la interacción mencionada es la modificación del sistema $M \rightarrow O$ y de sus elementos.

Las modificaciones del medio del conocimiento se pueden dividir en dos clases: preparatoria y transformadora. Las modificaciones transformadoras del medio del conocimiento están formadas por los cambios homogéneos y fijados de los componentes concretos de la estructura de los medios del conocimiento que provocan directamente las modificaciones planificadas del objeto del conocimiento. En dependencia de ello, la construcción de los medios del conocimiento constituye un sistema compuesto de elementos preparatorios y transformadores. Los elementos transformadores a) entran directamente en interacción con el cuerpo introducido en el acto elemental, b) modifican el objeto del conocimiento, y c) determinan la homogeneidad de la modificación del objeto del conocimiento.

La construcción de medios del conocimiento que incluye sólo elementos transformadores es un fenómeno relativamente esporádico, y característico, en lo fundamental, de investigaciones ubicadas en los primeros peldaños del desarrollo de la ciencia. En términos generales, la acumulación de resultados experimentales condiciona desde temprano la complicación de los medios del conocimiento. Las modificaciones del elemento transformador exigen la elaboración de construcciones de ele mentos preparatorios de los medios del conocimiento. Las modificaciones de éstos, durante el experimento, constituyen un sistema de modificaciones preparatorias de los medios del conocimiento. La función de modificaciones preparatorias se reduce a la creación de condiciones para la modificación transformadora.

En cada experimento, el objeto del conocimiento introducido en el acto elemental presenta también un sistema concreto de

modificaciones, que deben poseer determinadas propiedades: 1) ser fijadas por el investigador, 2) ser homogéneas, 3) referirse a las modificaciones del objeto del conocimiento. Si tales modificaciones lo son de otro objeto del conocimiento, será necesario entonces, o bien ampliar ésta, o bien considerar que el experimento no es científico, ya que sus resultados se referirán a varios objetos de investigación, lo que exige la realización simultánea de varios actos elementales heterogéneos.

La interacción $M \rightarrow O$ "objeto de conocimiento" debe construirse y realizarse como algo directamente fijado en el experimento, esto es, el experimentador debe asegurar la comprobación de las interacciones examinadas para establecer el hecho de que las modificaciones del objeto del conocimiento surgen precisamente como resultado de las modificaciones transformadoras de los medios del conocimiento. La capacidad de fijar el vínculo entre las modificaciones transformadoras del medio del conocimiento y las modificaciones del objeto del conocimiento, constituye una propiedad necesaria del experimento científico. En los experimentos para el estudio de las ondas electromagnéticas y la estructura del átomo de la misma, esa capacidad estaba dada por la secuencia de las modificaciones de los distintos elementos de la estructuración del objeto de conocimiento en cada nuevo acto elemental.

La propiedad examinada asegura el aislamiento o la separación más precisa del objeto del conocimiento. Para solucionar esta tarea, el investigador no dispone de otras posibilidades que no sean la construcción y realización de la interacción fijada del subsistema "modificación transformadora del medio del conocimiento → modificación del objeto del conocimiento". Hay que subrayar que semejante situación es inevitable y posee carácter universal. Significa, exclusivamente, la constatación del hecho de que tanto los medios como los objetos del conocimiento se encuentran siempre en interacción con el medio. Por consiguiente, cualquier componente de la estructura del objeto del conocimiento no podrá nunca separarse del medio circundante en el sentido de que quede aislado de él.

La construcción de los medios del conocimiento que asegura la solución exitosa de la tarea cognoscitiva deberá satisfacer las siguientes condiciones:

a) El elemento transformador de los medios del conocimiento puede modificar el objeto del conocimiento sólo en caso de que sea capaz de interactuar con el cuerpo —sistema de cuerpos o procesos— introducido en el acto elemental y realizar en él la modificación planificada del objeto del conocimiento.

b) Es evidente que aquellos componentes de la estructura de los medios del conocimiento que se utilizan como elementos transformadores deben ser fijados en los ciclos cognoscitivos precedentes. El cumplimiento de esta exigencia es necesario, tanto para la realización del proceso de construcción de medios del conocimiento, como para la ulterior ejecución del experimento y la fijación de la modificación desconocida del objeto del conocimiento. Por tanto, los componentes de la construcción del objeto del conocimiento fijados en el proceso de desarrollo de la ciencia constituyen la condición necesaria para la construcción de los experimentos.

c) Los elementos preparatorios de la construcción de los medios del conocimiento no deben introducir "ruido" en el elemento transformador, es decir, adicionarle modificaciones tales que no constituyan modificaciones transformadoras del medio del conocimiento. Esto se logra normalmente con la elaboración de la correspondiente construcción de estos medios. Y ésta se crea teniendo en cuenta las modificaciones elementales ya conocidas en la ciencia.

d) La construcción de los medios del conocimiento debe incluir la acción de los elementos preparatorios sobre el objeto del conocimiento. Esta sección introduce "ruido" y hace imposible la realización de la interacción fijada del subsistema $M \rightarrow O$. Esta exigencia también se asegura por medio de las correspondientes soluciones constructivas.

Las modificaciones preparatorias del medio del conocimiento permiten al investigador modificar artificialmente el objeto del conocimiento, es decir, en cada experimento concreto, la construcción de medios del conocimiento ofrece una determinada clase de modificaciones del objeto del conocimiento. Esas modificaciones, por regla general, están fijadas en los ciclos cognoscitivos precedentes, y pueden planificarse y realizarse en cada nuevo ciclo. Gracias a ello, integran la clase de las modificaciones introducidas al objeto del conocimiento.

Las modificaciones introducidas en el objeto del conocimiento aseguran la separación de sus modificaciones homogéneas, desconocidas antes del ciclo cognoscitivo planificado. La fijación y conocimiento de las modificaciones preparatorias del medio del conocimiento, provocadas por las modificaciones introducidas en el objeto del conocimiento, permiten aportar nuevas modificaciones transformadoras del medio del conocimiento, cuya influencia sobre el objeto del conocimiento no fue utilizada en los experimentos antes realizados, lo cual puede

provocar modificaciones desconocidas al objeto en cuestión. Habitualmente, son las modificaciones cognoscitivas del objeto del conocimiento.

Por tanto, las operaciones del científico en la elaboración del modelo ideal del experimento, incluyen la separación de las modificaciones cognoscitivas del objeto del conocimiento. Esto se realiza con el fin de dar al cuerpo —sistema de cuerpos, proceso— introducido en el experimento, una construcción que permita diferenciar todas sus modificaciones en arbitrarias, es decir, no determinadas por esa construcción —modificaciones cognoscibles—; y en dependientes, es decir, las introducidas en la construcción del cuerpo que se incluye en el experimento. Estas últimas pueden considerarse, por analogía, con las modificaciones de los medios del conocimiento, como modificaciones preparatorias del cuerpo introducido en el acto elemental.

Debe señalarse que, en la solución de la tarea de diferenciación de las modificaciones del objeto introducido en el acto elemental en modificaciones cognoscitivas y preparatorias, los medios del conocimiento juegan un papel de primer orden. Las operaciones para la construcción del modelo de la naturaleza introducido en el acto elemental son derivadas.

Debido a que las modificaciones introducidas en el objeto del conocimiento así como las cognoscitivas se refieren a un objeto mismo, ellas son elementos del sistema, es decir, del objeto de la naturaleza, del cuerpo —sistema de cuerpos, proceso— introducido en el ciclo cognoscitivo. Un determinado conjunto de modificaciones introducidas permiten fijar el vínculo entre ellas y las modificaciones cognoscitivas.

El establecimiento de vínculos entre las modificaciones introducidas en el objeto del conocimiento y las cognoscitivas son la base experimental para el estudio de las propiedades sistémicas del objeto de conocimiento, la construcción de las dependencias funcionales en matemática, la descripción teórica del objeto de conocimiento y la creación de modelos del mismo.

La correlación de las modificaciones cognoscitivas del objeto del conocimiento en el ciclo cognoscitivo en cuestión, en que fueron fijadas esas modificaciones, permiten que el investigador establezca: 1) el grado de solución de la tarea cognoscitiva, 2) el alcance de la correspondencia entre la actividad del investigador para la construcción del experimento y la tarea cognoscitiva planteada, 3) la existencia de errores en los distintos estadíos del ciclo cognoscitivo.

En síntesis, puede decirse que los métodos experimentales son esquemas de la secuencia de las operaciones del investigador, determinadas por la estructuración del experimento científico, que puede estudiarse en distintos niveles.

Los métodos experimentales no sólo se definen por el objeto del conocimiento, sino también por la estructura del proceso del conocimiento. La estructura del proceso del conocimiento y la de sus elementos ofrece con bastante rigidez el esquema de secuencias de las operaciones del científico. Tal esquema, fijado por el investigador, se convierte en un esquema correcto de las operaciones del científico en el experimento o en algoritmos de sus actos.

Desde el punto de vista metodológico, el método experimental, puede ser descrito mediante el siguiente esquema de secuencia de operaciones.

1) En dependencia del modelo hipotético de la modificación cognoscitiva del objeto del conocimiento, se plantea la tarea de construir el experimento como un subsistema $M \rightarrow O$, cuyas interacciones no están determinadas por el hombre.

2) La modificación hipotética del objeto del conocimiento se correlaciona con los conocimientos disponibles sobre los objetos naturales o sociales y se selecciona el elemento transformador del medio del conocimiento, así como la modificación transformadora que le corresponde del medio del conocimiento, capaz de provocar la modificación cognoscitiva planificada del objeto del conocimiento. Los resultados de la elección son comprobados por el investigador y se corrigen de acuerdo con la tarea planteada.

3) Para la realización de la interacción del elemento transformador del medio del conocimiento con el objeto del conocimiento se hace una construcción de ese medio, en cuyo proceso se resuelven las siguientes tareas:

a) elaboración del sistema de modificaciones preparatorias del medio del conocimiento y de su construcción;

b) inclusión del elemento transformador en el medio del conocimiento;

c) exclusión del "ruido", es decir, de la influencia de las modificaciones preparatorias del medio del conocimiento sobre las transformaciones.

Si al realizar las operaciones a) y c), el científico tropieza con un obstáculo técnico o de principio, seleccionará enton-

ces un nuevo elemento transformador e indicará una nueva tarea cognoscitiva cuya solución es necesaria para realizar el experimento antes señalado.

4) La construcción de los medios del conocimiento se crea de forma tal que en la interacción "modificación transformadora del medio del conocimiento → modificación cognoscitiva del objeto del conocimiento" queden sólo en manos del científico las operaciones de puesta en marcha y detención. Gracias a esto, se crea el subsistema $M \rightarrow O$, que funciona automáticamente. Su "automatismo" consiste en que todas las interacciones y modificaciones de este sistema están determinadas por su composición y no dependen de la actividad del científico en el experimento.

5) Se crean los medios del conocimiento.

6) El modelo hipotético de modificación del objeto del conocimiento se relaciona con los conocimientos disponibles sobre ese objeto y se elige el cuerpo, sistema de cuerpos o proceso, del que forma parte el objeto del conocimiento. Semejante elección se realiza teniendo en cuenta la posibilidad de realización técnica y de principio de la interacción entre los medios y el objeto del conocimiento.

7) En el cuerpo, sistema de cuerpos o proceso elegido se separa el objeto del conocimiento. Para ello, los conocimientos disponibles sobre el objeto del conocimiento se utilizan con el fin de construir aquellas modificaciones del cuerpo elegido que correspondan a todos los elementos de la estructura antes establecidos, que forman parte del objeto del conocimiento y que, tomaron en el experimento la forma de modificaciones dadas. El conjunto de modificaciones dadas del objeto del conocimiento no sólo se realiza a cuenta de una construcción especial al cuerpo, sistema de cuerpos o proceso introducido en el experimento, sino, sobre todo, con ayuda de los medios del conocimiento. Para ello se elaboran los correspondientes elementos de la construcción de los medios del conocimiento.

8) Con ayuda de las modificaciones transformadoras del medio del conocimiento y de las modificaciones dadas del objeto del conocimiento, se separan constructivamente las modificaciones cognoscitivas de éste, lo que se logra gracias a lo estable y lo constructivamente dado de las modificaciones transformadoras del medio del conocimiento y a las modificaciones dadas del objeto del conocimiento.

9) En el estado de preparación del experimento se realizan las modificaciones que se introducen en el objeto del conocimiento. Si para la realización de esas modificaciones preparatorias son necesarios medios especiales de producción, será menester construirlos. Si las modificaciones dadas tienen que ser realizadas en el curso del experimento, entonces los medios de producción serán incluidos en la construcción del medio del conocimiento.

10) Se asegura constructivamente la interacción de la modificación transformadora del medio del conocimiento y la modificación cognoscitiva del objeto del conocimiento.

Las operaciones 6) y 10) se realizan paralelamente a las operaciones 1) y 4), y forman entonces dos secuencias de operaciones entre las cuales se establece una retroalimentación.

11) Se asegura constructivamente el vínculo entre las modificaciones introducidas en el objeto del conocimiento y las cognoscitivas del objeto en cuestión.

12) En aquellos casos en que puedan ofrecerse estados diferentes y controlados por el investigador del subsistema $M \rightarrow O$, se elaborarán los medios del conocimiento necesarios a esta construcción y al cuerpo, sistema de cuerpos o proceso, introducido en el experimento.

13) Se elabora el subsistema de fijaciones de los resultados del experimento.

14) Se elabora el subsistema de cálculo y medición.

15) Se establece el vínculo necesario, constructivamente conformado entre la interacción de los subsistemas $M \rightarrow O$, fijaciones de los resultados del experimento, cálculo y medición.

Las operaciones 11) y 15) forman la tercera secuencia de las operaciones que se realizan paralelamente a las secuencias 1) a 4) y 6) a 10). Entre ellas se establecen también relaciones de retroalimentación.

16) Se ajusta la interacción "modificación transformadora del medio del conocimiento → modificación cognoscitiva del objeto del conocimiento".

17) Se realiza el acto elemental del proceso del conocimiento. En este caso, el investigador realiza la operación de puesta en marcha de la interacción del subsistema "medio del conocimiento → objeto del conocimiento", el control de su transcurso y la detención de la interacción en cuestión.

18) Se fijan los resultados del experimento en el sistema de imágenes de las modificaciones cognoscitivas del objeto del conocimiento.

19) Las imágenes de modificaciones cognoscitivas del objeto del conocimiento se traducen en notaciones protocolares, esto es, se describen en un sistema de proposiciones.

El esquema mostrado de secuencias de operaciones en el experimento es muy general. Cada uno de sus puntos, a su vez, está formado por una determinada secuencia de operaciones. Sin embargo, para explicar lo específico de las operaciones del investigador en el experimento, es suficiente el detalle del examen de los procedimientos experimentales.

Es necesario observar el esquema de secuencias de operaciones, ya que éstas constituyen un sistema. El científico no puede comenzar el experimento hasta que no ha construido el modelo de modificación hipotética del objeto del conocimiento. Sin correlacionar la modelación hipotética del objeto del conocimiento con los conocimientos existentes sobre el mismo, es imposible elegir la modificación del medio del conocimiento. Esto hace imposible el procedimiento de elaboración del sistema de modificaciones preparatorias y de las construcciones que le corresponden de los elementos del medio del conocimiento.

En resumen, puede afirmarse que el carácter sistémico de los procedimientos experimentales se reduce a los siguientes: a) carácter determinado de la composición de operaciones, b) orden de las mismas en cada secuencia, c) carácter dado a los esquemas de secuencias de operaciones. La violación de las exigencias enumeradas conduce inevitablemente a errores en la solución de la tarea cognoscitiva o a la imposibilidad de realizar el acto elemental del proceso del conocimiento. Cada operación se realiza con la condición de que sean concluidas las operaciones que la preceden en cada secuencia y que, las operaciones que tienen que ser realizadas en otras secuencias, se consideren relacionadas con la operación en cuestión.

3. Los métodos de investigación en las ciencias técnicas y no experimentales

Los métodos de las ciencias técnicas han sido menos estudiados. Esto no sólo tiene que ver con las dificultades características de toda investigación metodológica, sino también con la

necesidad de hallar los fundamentos para separar las ciencias técnicas de otras ramas del proceso social de conocimiento. Por ello, intentaremos resolver dos cuestiones: a) establecer las particularidades específicas de las ciencias técnicas, b) describir los métodos de las ciencias técnicas. Debido a esa limitación de la problemática, elegiremos como subsistema de la sociedad, en el cual funciona el objeto del conocimiento que examinamos, la producción de valores de consumo.

En el proceso del trabajo, el hombre entra en dos sistemas de interacciones. Por un lado, modifica los objetos de la naturaleza y les otorga la forma de valores de consumo. En este caso, utiliza los cuerpos naturales, los elementos de su estructura y las interacciones y procesos que tienen lugar en la naturaleza. Por consiguiente, para realizar y desarrollar la producción de valores de consumo, el hombre está obligado a estudiar la naturaleza. Debido a ello, en un determinado peldaño del desarrollo de la producción, el conocimiento de los procesos naturales adquiere la forma de ciencia, y las ciencias naturales se convierten en condición necesaria para el desarrollo de las fuerzas productivas.

Por otra parte, durante el proceso de trabajo, el hombre entra en una relación mutua con los medios de trabajo, con semiproductos y equipos tecnológicos, con objeto de consumo productivo y personal. No todos los objetos enumerados son cuerpos naturales. "La naturaleza no crea máquinas, locomotoras (. . .). Todo esto son órganos del cerebro humano creados por la mano del hombre, la fuerza materializada del conocimiento."[20]

Para realizar el proceso de trabajo, el hombre debe primeramente modelar cada acto elemental de ese proceso, construir los modelos de los medios de trabajo, los objetos del trabajo y los valores de consumo, y construir objetos que se correspondan con estos modelos. Sólo entonces el hombre es capaz de transformar los objetos de la naturaleza en valores de consumo, actuando con los medios de trabajo sobre los objetos de la naturaleza y realizando un número finito de operaciones. La mayoría de los objetos de consumo productivo y personal se diferencian de los cuerpos naturales: porque son el resultado del proceso de trabajo. De aquí se desprende que la producción presupone la actividad constructiva del hombre. El desarrollo de la producción exige la construcción de nuevos actos del proceso de trabajo, de nuevos objetos de consumo productivo y personal. Por consiguiente, además del proceso

de conocimiento de la naturaleza, debe funcionar constantemente al proceso de construcción. Si las ciencias naturales tienen por objeto de conocimiento a la estructura de los cuerpos y procesos naturales, a su vez la creación de objetos de consumo productivo y personal, de actos del proceso de trabajo, de la tecnología de la producción y de otros subsistemas del ciclo productivo, es un sector de las ciencias especiales. Entre ellas ocupan un lugar preponderante las ciencias técnicas. Se trata de procesos específicos de construcción en los cuales los objetos de construcción son los de consumo personal y productivo.

Es preciso señalar que las ciencias técnicas, a pesar del punto de vista difundido, no son sólo aplicaciones tecnológicas de las ciencias naturales. Además de utilizar los resultados del conocimiento de la naturaleza, sus tareas no son menos complejas que los problemas de las ciencias naturales. Esto se observa, para citar un ejemplo, en la construcción de aviones donde se utilizan la mecánica, la hidraúlica, la termodinámica y otras ciencias, que forman el arsenal de conocimientos científicos naturales y que, de manera fragmentaria, participan en el proceso de fabricación y utilización de los aviones. Sin embargo, estos conocimientos constituyen una parte pequeña si los comparamos con el conjunto de ciencias técnicas que se formaron durante el desarrollo de este proceso, el cual incluyó, por nombrar algunas, la teoría de la construcción de aviones, instalaciones motrices, equipos de navegación aérea y medios de mando, la aerodinámica, la dinámica de vuelo, el cálculo de la resistencia del avión, la teoría del cálculo aerodinámico, el cálculo cinemático del motor. Las ramas enumeradas del proceso social del conocimiento no estudian cuerpos ni procesos naturales. En ellas, el objeto del conocimiento lo constituyen las construcciones creadas por el hombre.

¿Cuáles son los métodos de estas ciencias? ¿Cuáles sus particularidades específicas?

Ya que los métodos constituyen un conjunto de operaciones ordenadas por el científico en una secuencia, determinada por la estructura de la ciencia, [21] es menester examinar la estructura de las ciencias técnicas.

Desde un punto de vista gnoseológico, las ciencias naturales son una forma específica del proceso del conocimiento, cuyo modelo más general puede ser expresado de manera esquemática en la forma "científico → medios del conocimiento → objeto del conocimiento". En este caso, el objeto del cono-

cimiento es un determinado elemento de la estructura del cuerpo natural. A diferencia de las ciencias naturales, las técnicas no tienen un objeto real anterior al ciclo cognoscitivo. Con excepción de las formas históricamente primarias del proceso del trabajo, en las cuales se utilizaban objetos de la naturaleza como medios de trabajo, cada ciclo productivo está compuesto de elementos que se diferencian de los cuerpos naturales. La producción de objetos de consumo productivo y personal tiene una estructura diferente de los procesos naturales. Debido a ello, el desarrollo de la producción depende de la actividad creadora del hombre, de la construcción por él de medios de trabajo y ciclos productivos.

La actividad creadora no puede realizarse exclusivamente en el pensamiento. El hombre no es capaz de modificar la estructura del proceso de trabajo sin entrar en interacciones específicas con él y sus elementos. Estas interacciones, así como los elementos del proceso de trabajo que cumplen determinadas funciones en la actividad creadora del hombre, constituyen un proceso constructivo. Hasta un determinado nivel de desarrollo de la producción, el proceso constructivo es uno de los subsistemas de interacciones. En este caso, el hombre utiliza los medios de trabajo y los objetos de éste como medios y objetos de construcción, situándolos en relaciones que son propias del proceso constructivo. En la producción de valores de consumo funcionan varios tipos de procesos constructivos que poseen distintos esquemas. Uno de ellos tiene la forma "constructor → medios de trabajo en funciones de medios de construcción → objetos de trabajo en funciones de objetos de construcción". Por medio de este esquema se crean nuevas formas de objetos de trabajo, es decir, toman forma las exigencias económicas y tecnológicas de los objetos de trabajo y se elaboran las nuevas formas de los mismos que satisfacen esas exigencias, se seleccionan nuevos materiales. Es así que los medios de trabajo disponibles establecen el diapasón de modificaciones de la geometría de los objetos de trabajo. Los parámetros de los medios de trabajo y el estudio de las interacciones del sistema "medios de trabajo → objetos de trabajo" permiten seleccionar las propiedades óptimas del consumo productivo de los objetos de trabajo, los cuales aseguran un efecto económico y tecnológico óptimo.

En los casos en que los medios de trabajo se convierten en objetos de construcción, el esquema del proceso constructivo adopta el tipo "constructor → objetos de trabajo en función

de medios de construcción → medios de trabajo en función de objeto de construcción". En este caso, los parámetros del objeto de trabajo están dados, es decir, se da el material del cual se fabrican, su dureza, composición química, la geometría o cualesquiera otras propiedades. Se plantea la tarea constructiva, la de crear aquellos medios de trabajo que satisfagan determinadas exigencias económicas y tecnológicas. Estas exigencias se correlacionan con el proceso real de funcionamiento de los medios y objetos de trabajo, y se forman aquellas modificaciones que deben ser introducidas en la construcción. Sobre esta base se crea el modelo del nuevo medio de trabajo. El medio toma forma en un material y se somete a prueba, prueba en la cual el objeto de trabajo actúa como medio de construcción, ya que permite establecer si la nueva construcción en su conjunto, así como todos sus elementos, satisfacen las exigencias antes elaboradas.

Los esquemas examinados para el proceso constructivo son característicos de la creación de medios de producción. Los objetos de consumo personal también deben satisfacer las propiedades del consumo productivo y, desde este punto de vista, la elaboración de su fabricación no se distingue de la construcción de medios de producción. Sin embargo, a diferencia de estos últimos, los objetos de consumo personal poseen propiedades que les son inherentes sólo a ellos. Se trata de propiedades del consumo personal, que surgen y se desarrollan en el sistema "hombre → objeto de consumo". De acuerdo con esto, toma forma un proceso constructivo particular, y el análisis de su esquema debe ser objeto de un examen especial.

Los esquemas del proceso constructivo que hemos expuesto son característicos de la producción de valores de consumo en los períodos iniciales de la historia de la sociedad y fueron dominantes en las formas domésticas de producción. Todo el arsenal de los medios y objetos de trabajo de esta época fue creado en procesos constructivos realizados por medio de esquemas elaborados.

Con la aparición y desarrollo del proceso social del trabajo, el proceso constructivo se separa del proceso directo del trabajo y adquiere la forma de ciencias técnicas. En este caso, la actividad del hombre que tenía como fin la creación de nuevas construcciones de objetos de consumo personal y productivo y la elaboración de los ciclos productivos que aseguran su producción, es una actividad creadora. Aquellas construcciones

que realiza un ingeniero —constructor, científico— constituyen el objeto de construcción. Los sistemas concretos creados por el ingeniero, por el constructor o científico, para la solución de tareas constructivas funcionan como medios de construcción. El modelo elemental del proceso constructivo puede ser expresado en forma de un esquema con tres componentes: "constructor → medios de construcción → objeto de construcción".

Por otra parte son ciencias no experimentales todas las ramas del proceso social del conocimiento en las cuales el objeto del conocimiento no puede ser incluido en una situación experimental del tipo "medio de conocimiento → objeto de conocimiento" o "medio de construcción → objeto de construcción". Entre estas ciencias se encuentran: la economía de la producción social, la economía de la industria y la de las ramas, la historia de la sociedad y de las ciencias naturales, la metodología de la ciencia, la ética, la estética y la astronomía, hasta la aparición de la cosmonáutica, y otras disciplinas.

Todos los objetos de investigación en las ciencias no experimentales se caracterizan por las siguientes particularidades: 1) uno de sus componentes está formado por las acciones de los hombres que forman la sociedad en cuestión o poseen en su estructura elementos semejantes o equivalentes a aquéllos que entran cómo subsistemas en la estructura de la sociedad; 2) estas acciones de los hombres tienen un carácter social; 3) los elementos de la estructura de los cuerpos y procesos materiales que entran en ellos están directamente relacionados con las interacciones de los hombres que se estudian.

Desde un punto de vista metodológico, todos los subsistemas de la sociedad poseen las siguientes particularidades: por no ser naturales, deben crearse por los hombres; poseen un sistema común de interacciones —la acción del hombre sobre los elementos del subsistema supone la construcción y reproducción de iguales acciones en el pensamiento del mismo—; el surgimiento de esos subsistemas supone un proceso constructivo.

La separación de las características más generales del objeto del conocimiento crea las condiciones necesarias para la descripción de la estructura del proceso del conocimiento en las ciencias no experimentales. Incluye la actividad investigativa del científico y un subsistema social separado de cuerpos. El esquema del proceso del conocimiento puede represen-

tarse en forma de interacción "investigador → objeto del conocimiento". En esta forma del proceso del conocimiento no existen medios de conocimiento propios de las ciencias experimentales que permiten al investigador crear el subsistema "medio del conocimiento → objeto del conocimiento".

En las ciencias no experimentales, la función de medios del conocimiento la ejecutan los componentes del proceso constructivo que se lleva a cabo en los subsistemas sociales en funcionamiento, los cuales se separan en calidad de objeto del conocimiento. La inclusión de esos procesos constructivos en la composición de la ciencia crea las condiciones necesarias para la fijación de datos y la solución de todos los demás problemas metodológicos.

El esquema más general del proceso del conocimiento en las ciencias no experimentales tiene la forma "investigador → subsistema social de cuerpos". Si tomamos como objeto del análisis metodológico a una economía concreta, el modelo del proceso del conocimiento en ella tendrá la forma "científico → producción de objetos de consumo personal y productivo", que es la parte más sustancial de la producción social en el proceso de trabajo. La estructuración del proceso de trabajo se describe mediante el esquema "hombre que trabaja → medio de trabajo → objeto de trabajo". Entonces, el modelo del proceso del conocimiento para el estudio de la producción de objetos de consumo tendrá la forma "investigador → forma social del proceso de trabajo".

Por consiguiente, el objeto del conocimiento en la economía concreta contiene un elemento de su composición, el proceso de trabajo, que incorpora, además del proceso del conocimiento de la naturaleza, el del carácter constructivo. En una economía concreta, por tanto, el investigador trata con la actividad constructiva del hombre. Los sistemas constructivos se realizan solamente en el grado en que son modelados por el hombre.

Una situación análoga tiene lugar en todas las ciencias no experimentales. La existencia de un proceso constructivo en los objetos del conocimiento estudiados asegura, como veremos, el funcionamiento de todos los estadíos del ciclo cognoscitivo en esas ciencias, cuyo esquema general del proceso del conocimiento, o su modelo metodológico, tiene la siguiente forma, "investigador → proceso constructivo realizado en el objeto de conocimiento". Los procesos constructivos se caracterizan por su posibilidad de realización técnica en principio y por su

racionalidad económica. Debido a ello, el investigador de las ciencias no experimentales dispone siempre de una determinada cantidad de objetos correctamente dados que se refieren a los productos de la actividad constructiva del hombre y que se fijan sin experimento.

En las ciencias no experimentales, el investigador trata con cuatro géneros de objetos: cuerpos y procesos naturales, objetos que surgen como resultado de la actividad de los hombres, la actividad de los hombres como seres biológicos, y la actividad social de los hombres.

En la economía de la producción, los objetos del conocimiento suponen el establecimiento de datos que se refieren a los cuatro géneros de objetos. Por ejemplo, al estudiar las formas histórico-concretas de producción del trabajo, Marx demuestra cómo el conocimiento de la naturaleza fue utilizado por el hombre para construir nuevos instrumentos de trabajo y, cómo la aplicación tecnológica de la ciencia se convierte en la base de la gran industria.

Los datos sobre los procesos y cuerpos naturales son tomados por el economista de las ciencias naturales. Por consiguiente, el problema de la fijación de los datos correspondientes no entra en las tareas de la economía.

Debido a que el funcionamiento del hombre como ser biológico se estudia por la medicina, la fisiología, la biología, y otras ciencias, es evidente que tales datos deben tomarse de las ciencias naturales concretas. Por ejemplo, el economista parte de que el hombre posee una organización fisiológica determinada que exige la reposición de los gastos diarios de energía para la producción de valores de consumo. Esto se logra mediante el consumo de determinados productos. Aquellas propiedades de los objetos de la naturaleza o de los productos fabricados por el hombre que le permiten reponer su fuerza de trabajo y los mecanismos de consumo de energía por el hombre y los medios de reponerla, no forman parte del estudio de la economía, que utilizan esos conocimientos, obtenidos por otras ciencias.

Para la economía adquiere especial significación la fijación de la estructura de los objetos que funcionan en la producción de los valores de consumo, así como la propia actividad económica de los hombres. Los elementos de la estructura de esos objetos, fijados por el hombre, constituyen un conjunto de hechos obtenidos en la economía de la producción social y que forman la base táctica de esta rama del proceso social

del conocimiento. Aunque son constructivos por su origen, los datos del objeto poseen las siguientes propiedades: su construcción es un conjunto de ciertas modificaciones de los objetos de la naturaleza; estas modificaciones están dadas constructivamente, por lo que se fijan por el hombre; esas modificaciones se fijan y describen mediante los métodos de las ciencias técnicas; todo el conjunto de interacciones de los medios y objetos de trabajo es el resultado de las secuencias concretas de las operaciones del hombre, modeladas en la tecnología, y por ello fijadas en cada proceso tecnológico; en base a la interacción de los sistemas "hombre → medios de trabajo → objeto de trabajo", surgen sistemas de interacciones de naturaleza diferente que se expresan en la productividad del trabajo, el costo de producción, la ganancia, la rentabilidad.

Los elementos enumerados de la producción social sólo se convierten en datos científicos en caso de que: 1) estén fijados y dados, y que, como resultado de la secuencia y el esquema de modificaciones de los objetos concretos, surjan cada uno de los elementos mencionados de la estructura de la producción; 2) estén fijados y dadas las secuencias del esquema de operaciones del hombre necesarias para que se realicen los sistemas de modificaciones enumerados en el punto inicial; 3) sea posible una comprobación, es decir, la obtención de un mismo resultado sólo cuando se cumplan las exigencias propuestas por los puntos 1) y 2).

En las ciencias no experimentales, el objeto del conocimiento surge y funciona en una determinada parte de su estructura como resultado de la actividad de los hombres, que presupone la modelación de los subsistemas examinados. Esto está condicionado por las exigencias antes señaladas planteadas al objeto del conocimiento en las ciencias no experimentales y que debe incluir un proceso constructivo.

En este sentido, resulta indicativa la producción de valores de consumo. Todo nuevo acto del proceso de trabajo es la realización del modelo mental antes creado de la estructura de este acto. Gracias a ello, el sujeto que realiza la producción puede comparar su funcionamiento con el modelo del proceso en cuestión. En esta comparación se separan aquellas particularidades de la estructura de la producción que no satisfacen los modelos de partida. La fijación de la no correspondencia entre el modelo y el proceso real se utiliza para la formulación de la tarea constructiva destinada a modificar el

proceso de trabajo y a crear un nuevo modelo de producción. Por tanto, el funcionamiento de la producción de valores de consumo se convierte en un experimento peculiar, es decir, en un subsistema de la interacción entre el hombre y los objetos y medios del conocimiento que le permite formular y resolver tareas cognoscitivas concretas. En realidad, para él economista, el proceso productivo es la realización de un modelo antes elaborado, mientras que el funcionamiento de la producción es utilizado para comprobar el modelo en cuestión. O lo que es lo mismo, el proceso productivo se convierte en un sistema de interacción entre los medios y objetos del conocimiento y, por su contenido, determina el paso a un nuevo sistema de tareas constructivas.

En todas las ciencias no experimentales, el científico realiza un procedimiento análogo, aunque con ciertas adiciones. Primero, el investigador utiliza los datos recopilados por él para la construcción del modelo del objeto de conocimiento. Esta tarea no es planteada por los participantes de la producción social hasta tanto no se convierten en sus sujetos. Además, cada uno de ellos está obligado a formular y resolver sólo aquellas "tareas cognoscitivas" que surgen durante su actividad práctica.

A diferencia de los participantes en la producción, el científico crea un modelo que, en forma evidente o no, incluye el conjunto de los elementos más esenciales de su estructura.

Segundo, la construcción del modelo del objeto del conocimiento presupone el estudio de los elementos concretos de su estructura. Históricamente, en cada ciencia, la investigación real comienza con el planteamiento de las tareas cognoscitivas concretas y la descripción científica de determinados elementos y, después, de los subsistemas del objeto del conocimiento. Sólo en un determinado peldaño del desarrollo de la ciencia se crean las condiciones para la creación del modelo del objeto del conocimiento y, en el caso que examinamos, de la producción social. En este sentido, no existe diferencia alguna entre las ciencias no experimentales y las naturales.

Tercero, el modelo del objeto del conocimiento se correlaciona con el funcionamiento de los subsistemas concretos del objeto del conocimiento, lo cual permite establecer en qué medida el funcionamiento del subsistema elegido corresponde a

la estructura general del objeto estudiado. Una falta de correspondencia indicaría que el objeto del conocimiento ha sido mal construido.

La modificación del objeto estudiado en el proceso de su funcionamiento, así como aquellas modificaciones que sufre durante su desarrollo histórico, permiten utilizar el modelo para fijar las modificaciones y poner de manifiesto los nuevos elementos de la estructura del objeto del conocimiento. De forma gradual y durante la investigación, esto crea las premisas necesarias para complicar el modelo utilizado, hecho que no sólo eleva las posibilidades heurísticas, sino que garantiza una mayor exactitud en la investigación.

Cuarto, la correlación del modelo del objeto del conocimiento con aquellos modelos que utilizan en su actividad los participantes del proceso de producción social, asegura el análisis adecuado de la dinámica de los cuadros profesionales, su preparación y sistema de enseñanza general y especial.

El modelo del objeto del conocimiento cumple en este caso las siguientes funciones: a) Constituye para el investigador aquel componente de las ciencias no experimentales con ayuda del cual establece el vínculo con el sistema estudiado de cuerpos o con el proceso; b) permite establecer con precisión las modificaciones dadas del objeto del conocimiento, lo que se asegura mediante la correlación de los componentes de la estructura del objeto del conocimiento fijados en el modelo y su funcionamiento; c) actúa como medio de fijación de las modificaciones cognoscitivas del objeto del conocimiento, resultado que habitualmente se obtiene por medio de la teoría de las proposiciones hipotéticas, la creación sobre esta base de los componentes hipotéticos de la estructura del modelo del objeto del conocimiento y su correlación con el desarrollo del sistema de cuerpos o proceso estudiado. Es precisamente esta propiedad de los modelos la que indica la importancia del estudio de la historia de cualquier objeto investigado por las ciencias no experimentales; d) permiten detectar la estructura jerárquica del objeto de conocimiento, pues sólo con ayuda del modelo se puede determinar los niveles estructurales del objeto estudiado, tomarlos en cuenta al construir la teoría del objeto y comprobar la veracidad del modelo elaborado, utilizando el procedimiento.

En la ciencias no experimentales, como en toda investigación científica, el primer estadío del proceso del conocimien-

to lo constituye la formulación de la tarea cognoscitiva. El procedimiento para realizarla es común a todas las ciencias: la proposición hipotética, inferior a la teoría, se correlaciona con los conocimientos de que dispone la ciencia sobre el objeto del conocimiento y se formulan los problemas; se establece un ordenamiento para la solución de los problemas; el problema elegido se correlaciona con los conocimientos disponibles sobre el objeto del conocimiento y se formula la tarea cognoscitiva que se correlaciona con el modelo del objeto del conocimiento y se crea el modelo hipotético de modificación del objeto del conocimiento.

El segundo estadío de la investigación es la utilización de todos los datos a disposición del investigador, con el fin de construir el modelo del objeto del conocimiento. Es habitual que en el modelo existente del objeto del conocimiento se introduzca un nuevo elemento: el modelo de modificación hipotética del objeto del conocimiento.

El modelo construido se correlaciona con el funcionamiento del objeto del conocimiento o con su historia estudiada, es decir, con las modificaciones fijadas, controladas de cierta forma, del subsistema social investigado. Los procedimientos enumerados entran en la tercera etapa del ciclo cognoscitivo.

En el cuarto estadío se cuantifica el objeto del conocimiento, se seleccionan las unidades de cálculo y se realiza el procesamiento estadístico del material.

Los resultados obtenidos —hechos establecidos o su procesamiento estadístico— se introducen en la teoría que describe el objeto del conocimiento y se crea el diccionario teórico necesario para ello así como el conjunto de construcciones. La realización consecuente de los estadíos por el científico, desde el planteamiento de una tarea cognoscitiva hasta la formulación de una nueva, constituye el ciclo cognoscitivo, que en las ciencias no experimentales presupone la aplicación por el investigador del siguiente conjunto de métodos:

1) secuencias de operaciones relacionadas con el planteamiento de la tarea cognoscitiva; procedimientos que permiten introducir el modelo de modificación hipotética del objeto del conocimiento con el modelo del objeto del conocimiento;

2) esquemas de secuencias de operaciones, que presuponen la correlación del nuevo modelo del objeto del conocimiento con el objeto del conocimiento y la fijación del hecho;

3) los esquemas de las secuencias de operaciones para la cuantificación y procesamiento estadístico de la modificación cognoscitiva del objeto del conocimiento;

4) procesamientos para introducir en la teoría los resultados y la deducción de una nueva proposición hipotética.

En las ciencias no experimentales es muy difícil, por no decir imposible, la organización de experimentos. El experimento es sustituido por la correlación del modelo del objeto del conocimiento con su funcionamiento y desarrollo. Debido a ello, adquiere gran importancia la utilización de la historia del objeto estudiado para construir su teoría. Por ejemplo, la historia conocida, precisa y descrita de la sociedad permite al investigador realizar una cantidad considerable de ciclos cognoscitivos relacionados con el objeto del conocimiento, cuya modificación se realiza durante un tiempo prolongado. Marx comienza por el análisis de la mercancía. Cuando estudia el intercambio de mercancías regresa a los tiempos en que no existía la circulación mercantil. Esto permite descubrir la estructura de la mercancía y el sutil mecanismo del intercambio mercantil. El mismo procedimiento se repite en el desarrollo de las formas del valor. La modificación de las formas del valor se convierte en un importante objeto con el cual se correlaciona el modelo de producción mercantil; se acumulan datos, se construye la teoría de la producción mercantil y se establecen las leyes de su funcionamiento y desarrollo.

La utilización de la teoría del surgimiento, formación y desarrollo de la producción capitalista, en calidad de objeto con el cual trata el investigador en el sistema de ciclos cognoscitivos, permitió a Marx elaborar la complicada teoría de la producción capitalista, teoría que goza de una gran fuerza de predicción.

Antes del surgimiento de la ciencia, en todos los subsistemas de la sociedad que exigían determinados conocimientos para poder funcionar, el hombre realizaba un proceso espontáneo-empírico del conocimiento: estudiaba las propiedades de los objetos naturales y sociales y él mismo aplicaba los resultados obtenidos. Por supuesto, esto no significa que antes de la aparición de la ciencia no existía enseñanza, transmisión de conocimientos. No, el proceso del conocimiento siempre fue social y, de acuerdo con ello, los hombres siempre tuvieron que transmitir los conocimientos elaborados y enseñar a cada nueva generación. Sin embargo, esto se hacía por medio de la inclusión de los hombres, en calidad de sujetos, en aquellas esferas de la sociedad que funcionaban gracias a su actividad. No hay que pensar por ello que el proceso empírico-espontáneo del conocimiento pasaba inadvertido para el hombre. Cualquier sistema constructivo se reproduce en el pensamiento del hombre

y adquiere la forma de conocimiento. Sin embargo, los conocimientos elaborados en el proceso empírico-espontáneo del conocimiento normalmente se caracterizan por el hecho de que no son portadores de una información exacta. Por sí solos, estos conocimientos son insuficientes para que el proceso a cuya realización están destinados pueda ser reproducido por el hombre que no había participado hasta entonces en ese proceso.

Con el surgimiento de la ciencia, la situación cambia radicalmente. Por un lado, durante el desarrollo de la ciencia, aparece la necesidad de predecir las modificaciones del objeto del conocimiento que no pueden ser fijadas por el hombre en las esferas de su actividad no científica. Por el otro, los descubrimientos son hechos por unas personas y utilizados por otras. Son precisamente estas circunstancias las que sirvieron de base para la formulación de la siguiente tarea cognoscitiva: cada ciencia debe tener aquellos resultados que puedan ser aplicados por ingenieros, constructores, físicos, químicos u otros especialistas.

Esto suponía que el proceso científico del conocimiento debía realizarse mediante aquellos métodos que aseguraran a) precisión experimental; b) posibilidad de reproducir y comprobar el experimento; c) fijación del hecho experimental; d) descripción de los resultados de la investigación con ayuda del lenguaje de la ciencia, es decir, de un lenguaje poseedor de univocidad informativa, significados fijos de los términos y otras propiedades. Estas exigencias condicionaron la creación en las ciencias concretas del sistema de métodos concretos para la producción y fijación de las modificaciones del objeto del conocimiento en el experimento científico y para la descripción científica de la estructura del objeto del conocimiento. Los métodos concretos se caracterizan por la separación y utilización en el proceso del conocimiento de los elementos de la composición del objeto del conocimiento específicos de cada ciencia —velocidad del movimiento del cuerpo durante el estudio de las leyes de caída libre, ondas electromagnéticas en distintos medios, partículas elementales en la física del átomo—, así como de las interacciones que les son inherentes; y, por la descripción del procedimiento de investigación en un lenguaje científico concreto. Gracias, precisamente, a estas propiedades, los métodos concretos de la ciencia están vinculados con suficiente rigidez a determinados actos elementales que han implicado uno u otro descubrimiento. Esos métodos no pueden convertirse en científicos generales, y su desarrollo está condi-

cionado, en lo fundamental, por la ampliación de las investigaciones de un determinado nivel de la estructura del objeto del conocimiento.

Los métodos generales de investigación surgen en los primeros pasos del desarrollo de la ciencia. Entre ellos señalaremos los métodos del cálculo y la medición.

El estudio del aspecto cualitativo del objeto del conocimiento es, indudablemente, una importantísima tarea de la ciencia. Sin él es imposible cualquier actividad del hombre, productiva, científica o de otro tipo, que tenga como objetivo la modificación de los objetos naturales y sociales. Sin embargo, el estudio exclusivo del aspecto cualitativo de los objetos no revela al hombre grandes posibilidades utilitarias, por lo que se ve obligado a investigar las características cuantitativas concretas del objeto del conocimiento. En este sentido, hay dos factores determinantes. En primer lugar, en cualquier esfera de la sociedad el hombre trata con cuerpos, vínculos, procesos concretos, nunca interactúa con cosas "en general"; está obligado a realizar modificaciones concretas de los objetos. Debido a ello, no puede dejar de tomar en cuenta la determinación cuantitativa de todos los elementos de la sociedad sometidos a su influencia. En segundo lugar, en el desarrollo de la ciencia, el planteamiento y solución exclusivos de tareas cognoscitivas cualitativas tiene determinados límites. Para que el científico traspase estos límites, se requiere la utilización de conocimientos sobre las relaciones cuantitativas que caracterizan la estructura de los sistemas naturales y sociales estudiados. El científico debe realizar la investigación científica de forma que en cada ciclo cognoscitivo se combine la solución de las tareas cognoscitivas cualitativas con el estudio de las características cuantitativas del conocimiento.

El estudio de las características cuantitativas del objeto del conocimiento conduce a la elaboración de un aparato matemático que no sólo simplifica los procedimientos de cálculo y medición, sino que permite expresar, en forma simbólica, las diferentes dependencias cuantitativas del objeto del conocimiento. Debido a ello, los métodos matemáticos se convierten, junto con los métodos de cálculo y medición, en uno de los métodos más generales de las ciencias naturales y sociales.

En la época del desarrollo de la revolución científico-técnica, el impetuoso crecimiento de las investigaciones científicas con-

duce a la elaboración de nuevos métodos poseedores de un significado científico general. El contenido básico de este libro está dedicado al análisis de estos métodos.

Todos los métodos científicos generales de investigación de las ciencias especiales han sido creados para el estudio y la descripción del objeto del conocimiento.

Además de las relaciones en que se encuentra con los objetos del conocimiento, el investigador entra en interacción con las modificaciones del medio del conocimiento, con los componentes del experimento y las interacciones que los caracterizan, con teorías expresadas en medios materiales de información, con anotaciones protocolares. En este caso, el investigador realiza diferentes fases del ciclo cognoscitivo. Todos los elementos enumerados del proceso del conocimiento, así como su funcionamiento, no constituyen objetos del conocimiento en las ciencias especiales.

Los métodos utilizados por el investigador en los diferentes estadíos del ciclo cognoscitivo se convierten en objeto específico del conocimiento filosófico.

Para ello, el método establece la estructura de la ciencia en los diferentes niveles de su organización. En el proceso de estudio de la estructura de la ciencia, se elabora el diccionario teórico tipo: medio del conocimiento, objeto del conocimiento, experimento, axioma, término, teoría.

Utilizando los conocimientos sobre la estructura del proceso del conocimiento y el diccionario teórico correspondiente, el metodólogo estudia el funcionamiento de las ciencias especiales y fija los esquemas de operaciones del científico que son característicos de los métodos.

La descripción del método científico es semejante a la de los métodos de construcción de los lenguajes natural y artificial. En ella, con ayuda de términos especiales —por ejemplo, para la lógica: enunciado, relación, reglas de inferencia; para la gramática: sujeto, predicado—, no se describen las interacciones de los objetos extralingüísticos, sino los conjuntos correctamente construidos de interacciones de los elementos del lenguaje y sus esquemas. Al conocerlos, podemos determinar —independientemente de los significados que, por ejemplo, poseen los términos sujeto, predicado— si la proposición en cuestión está bien construida o no. De la misma forma, podremos establecer la corrección de la elaboración de una teoría axiomática o de la realización de un experimento científico.

El estudio de los métodos de investigación y su descripción

en el sistema de un lenguaje especial, del lenguaje artificial de la metodología, aseguran a) la asimilación simple y rápida de los métodos utilizados en la ciencia, b) los modos apropiados de comprobar la corrección de los actos del investigador en los distintos niveles de la estructura de la ciencia, c) la elaboración más productiva de los nuevos métodos. Por tanto, la metodología se convierte en importante factor de la elevación de la productividad del trabajo científico. No cumple esta función por medio de la elaboración de nuevos métodos de la ciencia, sino como resultado de la descripción científica de los métodos ya utilizados y del establecimiento de las reglas de construcción de los nuevos métodos.

El metodólogo realiza distintas funciones en el desarrollo de su campo del conocimiento en las ciencias especiales. En éstas, asegura el proceso creador de los científicos mediante los conocimientos gnoseológicos necesarios sobre los métodos utilizados y elaborados empíricamente por ellos, y estudia los métodos empíricos y formula los conocimientos científicos sobre ellos. Ese doble carácter de las funciones del metodólogo es resultado de la división del trabajo. El progreso en la ciencia se expresa por medio del aumento del volumen de nuestros conocimientos. Los conocimientos acumulados permiten al científico incorporar al proceso del conocimiento objetos cada vez más complejos o penetrar en niveles más elevados de su estructura. Como resultado de ello crece continuamente la cantidad de tareas cognoscitivas que tiene que plantearse el científico, y esto conduce inevitablemente a que los objetos del conocimiento, que antes componían el campo de investigación de una ciencia, se dividan en objetos relativamente independientes del conocimiento. Las funciones creadoras concretas del científico se dividen o distribuyen entre diferentes especialistas-investigadores. El sistema de división social del trabajo en desarrollo, los resultados de la creación de los científicos de una especialidad se convierten en condición necesaria de la actividad creadora de los investigadores de otras ramas de la ciencia.

[1] En las resoluciones del XXV Congreso del PCUS y I Congreso del PCC se prestó gran atención al problema del desarrollo científico así como a las direcciones fundamentales de la búsqueda científica que aseguren la solución de los problemas actuales del desarrollo de la sociedad, al vínculo de las investigaciones científicas con la actividad práctica relacionada con la creación de la base técnico-material del comunismo, al perfeccionamiento de las relaciones sociales, al despliegue del modo de vida socialista y la formación del hombre nuevo.

[2] Ver Popper, K. H.: *Misere de l'historicisme*, París, 1956.

[3] Fedoséev, P. N.: *Dialéctica de la época actual*, p. 543, Moscú, 1975.

[4] Levi-Strauss, C.: "Criteria of Sciencie in the Social and Human Disciplines", en *International Social Sciencies Journal*, t. XVI, No. 4, p. 550, 1964.

[5] El cumplimiento de estas tareas exige una elaboración profunda de la teoría y la metodología de las ciencias naturales y sociales. La elaboración de métodos científicos de investigación, la fundamentación teórica y la definición de su lugar en el sistema de métodos del conocimiento, son todos problemas claves cuya solución crea importantes condiciones para el desarrollo exitoso de todas las ciencias. En este trabajo de responsabilidad, tiene significación de principio el estudio de los vínculos de la influencia mutua entre la filosofía marxista-leninista y los métodos científicos generales y especiales de la. investigación.

[6] El concepto de sistema se estudia en el Capítulo VIII, tomo 2 del presente trabajo.

[7] Las ciencias experimentales no deben mezclarse con el nivel empírico del conocimiento, en el cual se incluyen habitualmente diferentes modos de obtención de datos en la investigación científica. Ver Guerásimov, I. G.: *La investigación científica*, p. 84, Moscú, 1972; Ruzavin, G. I.: *Los métodos de la investigación científica*, p. 84, Moscú, 1972; Törnebohm, H.: "Reflexions on Scientific Research", en *Scientiae*, t. LXV, No. 3-4, pp. 225-243, Milano, 1972.

[8] Por composición de un objeto entendemos, a) los elementos que integran el objeto estudiado y que pueden ser experimentalmente estudiados y experimentalmente fijados o controlados por otro procedi-

miento; b) la interacción entre estos elementos que se expresa en las modificaciones del objeto (esas modificaciones se establecen gracias a los diferentes estados del objeto que surgen durante las interacciones). El estado del objeto es su funcionamiento en un intervalo de tiempo durante el cual el objeto estudiado conserva su composición; c) las diferentes variantes de interacción entre los elementos que surgen en el proceso de funcionamiento del objeto.

[9] Kopnín, P. V.: "Tareas y conceptos principales de la lógica de la investigación científica", en *La lógica de la investigación científica*, p. 9, Moscú, 1968.

[10] Marx, C. y F. Engels: *Feuerbach. Contraposición entre la concepción materialista y la idealista*, p. 105, Editorial de Ciencias Sociales, Instituto Cubano del Libro, La Habana, 1973.

[11] *Ibid.*

[12] *Ibid.*, p. 108.

[13] Marx, C.: *El capital*, t. I, p. 319 ss. Editorial de Ciencias Sociales, Instituto Cubano del Libro, La Habana, 1973.

[14] Ver Bikov, V. V.: *Significado gnoseológico de "El capital" de Marx para el estudio de la estructura del proceso de conocimiento. Ensayos histórico-filosóficos*, ed. en ruso, Moscú, 1964.

[15] Ver Kotarbinski, T.: "Pojecia i zagadnienia metodologii ogolnej i metodologii nauk prackty cznych", en *Studia Filoz*, No. 1, Varsovia, 1972; Shtoff, V. A.: *Introducción a la metodología del conocimiento científico*, Leningrado, 1972; Guerguinov, G. y M. Yankov: "La metodología como sección de la gnoseología", en *Voprosi Filosofii*, No. 8, Moscú, 1973; Bikov, V. V.: *Los métodos de la ciencia*, Moscú, 1974; Ruzavin, G. I.: *Los métodos de la investigación científica*, Moscú, 1974.

[16] Debe tenerse en cuenta que la actividad cognoscitiva no sólo es realizada por el hombre en el proceso del trabajo. Es un componente necesario de todas las demás esferas o subsistemas de la sociedad, relativamente independientes: de las relaciones sociales de producción, el Estado, las relaciones jurídicas, etcétera. Por consiguiente, en estos subsistemas, también surgen ciencias, y esto sucede cuando los procesos del conocimiento que le corresponden se separan de aquellas formas de actividad en las cuales se utilizan los resultados de la investigación.

[17] Por operación se entiende aquel acto del científico que constituye un modo cuantificado, fijado y controlado de cierta forma.

[18] El material histórico-científico sobre este problema ha sido tomado de la biografía científica de Hertz, escrita por A. N. Vialtsev. Ver Grigorian, A. T. y A. N. Vialtsev: *Heinrich Hertz*, Moscú, 1968.

[19] Bernal, John: *Historia social de la ciencia,* p. 235, Moscú, 1956.

[20] Marx, C.: "Manuscritos no publicados", en *Bolshevik,* No. 11-12, p. 63, 1939.

[21] Ver Bikov, V. V.: "Los métodos de la ciencia y la creación científica" y "La creación científica", en *La ciencia,* p. 239, Moscú, 1969.

CAPÍTULO III

LOS NUEVOS MÉTODOS CIENTÍFICOS GENERALES DE INVESTIGACIÓN Y SU PAPEL EN EL CONOCIMIENTO

1. Las tendencias científicas generales e integradoras en las condiciones de la revolución científico-técnica

Ya en el siglo XIX, el desarrollo de la ciencia mostró cómo el surgimiento de nuevos conocimientos se produce fructíferamente en los puntos de contactos de diferentes disciplinas. Engels los llamó "puntos de crecimiento de la ciencia, que son el resultado de sus interacciones".[1] Pero sólo en la segunda mitad del siglo XX se hizo evidente el carácter masivo de este proceso que se desarrolla por los caminos de la interacción de distintos grupos de ciencias, la realización de investigaciones interdisciplinarias y la solución de tareas complejas. En la actualidad, en las fronteras de las distintas ciencias y en particular entre las naturales, sociales y técnicas, se abren nuevas posibilidades a las investigaciones creadoras, tanto a las teóricas generales, las fundamentales, como a las aplicadas.

Se necesitan investigaciones especiales —incluyendo las filosófico-metodológicas— de los caminos, perspectivas y mecanismos del incremento del nuevo conocimiento científico, de los que existen o pueden surgir como resultado de la búsqueda planificada y orientada de las reservas interiores de la propia ciencia, que han perdido la atención de los científicos en las condiciones en que prevalecen la especialización y el estrecho enfoque departamental de la solución de los problemas, donde la diferenciación ha dominado sobre los procesos integradores.

Es evidente que, en la actualidad, la diferenciación continúa prevaleciendo sobre la integración de la ciencia, aunque el ulterior aceleramiento del progreso científico-técnico exige un agudo reforzamiento de los procesos de interacción de las disciplinas científicas, así como la ampliación y profundización de los procesos integradores del conocimiento. Al señalar que las tendencias de integración y síntesis del conocimiento se hacen cada

vez más evidentes y dominantes, B. M. Kédrov observa que: "Son precisamente aquellas orientaciones de la ciencia que presuponen la interacción de diferentes ciencias entre sí, la formación de un cierto tipo de grupos complejos de ciencias, el empalme entre ciencias que hasta hace poco parecían extrañas unas a otras, las que adquieren hoy una significación rectora."[2]

En este capítulo examinaremos algunos procesos integradores de la ciencia contemporánea que están relacionados con la síntesis interdisciplinaria o externa, según expresión de Kédrov, de las ciencias. Solamente nos detendremos en aquellas tendencias integradoras que expresan el reforzamiento de la interacción entre ciencias sociales, naturales y técnicas y la formación, sobre esta base, de nuevos fenómenos científicos generales. También forma parte de nuestra misión la explicación del papel de la filosofía en estos procesos de síntesis teórica y práctica del conocimiento científico.

El incremento de la atención prestada a la síntesis del conocimiento científico natural y humanístico y la incorporación a este movimiento integrador de las ciencias técnicas y aplicadas están relacionados, tanto con el creciente papel de la ciencia en la revolución científico-técnica contemporánea como, en general, con el desarrollo social. En nuestro tiempo, la ciencia, conjuntamente con la introducción de los conocimientos científicos en la producción y con la función tecnológica, adquiere otras relevantes funciones sociales, demuestra las posibilidades en la ampliación de los medios de solución de tareas socioeconómicas fundamentales.

En las condiciones de la intensificación y elevación de la efectividad de la revolución científico-técnica, la interacción de las ciencias sociales, naturales y técnicas actúa como condición necesaria, cuya observancia garantiza el éxito en la solución de los problemas actuales y cardinales de la economía nacional y asegura la óptima combinación del progreso científico-técnico y social. Es por esta razón que, actualmente, se presta gran atención al fortalecimiento de la interrelación entre diferentes grupos de ciencias, pues los logros de la economía dependen, no tanto de los éxitos de una rama de la ciencia, e incluso de un grupo de ellas, como de los resultados positivos de la ciencia en su conjunto.

La tarea de fortalecer la interrelación de las ciencias sociales, naturales y técnicas es una de las orientaciones magistrales,

el "núcleo" del movimiento integrador en la ciencia, del cual depende la efectividad de sus ramas fundamentales y también de las aplicadas.

El reforzamiento de la interacción entre los tres grupos de ciencias mencionados marcha por diferentes senderos. Puede producirse en el proceso de interacción que se realiza directamente entre las diferentes disciplinas científicas que forman el grupo de ciencias sociales y de ciencias naturales —como por ejemplo, en la tendencia de acercamiento observada entre el conocimiento biológico y el ético—.[3] Los procesos de integración entre las ciencias sociales y naturales se expresan con claridad en el campo del conocimiento de la información social y el control, en el desarrollo de la cibernética.[4]

La interdependencia entre las ciencias sociales y naturales puede realizarse de manera mediatizada por intermedio de las ciencias técnicas.[5] El propio conocimiento técnico actúa como síntesis peculiar de las ciencias sociales y naturales. De las ciencias sociales el saber técnico toma los conocimientos sobre los fines y leyes del desarrollo de la sociedad, sus necesidades técnico-productivas que deben ser satisfechas por las ciencias técnicas, las cuales, a su vez, adquieren de las ciencias naturales el conocimiento de las leyes fundamentales de la naturaleza orgánica e inorgánica.

Tienen lugar también procesos particulares de afianzamiento de los vínculos entre las ciencias sociales y técnicas —en particular, sobre esta base surgieron la estética técnica y la ergonomía—, así como un mayor acercamiento entre las ciencias técnicas y las naturales[6] mediante la introducción de descubrimientos fundamentales en la producción. Por ejemplo, el desarrollo de las teorías fundamentales en el campo de la física del núcleo atómico condujo al surgimiento de la técnica atómica —estaciones eléctricas, rompehielos atómicos— y a su extensa aplicación en la industria de otras esferas prácticas.

En los últimos tiempos, se ha producido una estrecha interrelación entre las ciencias naturales y las técnicas para la solución de problemas de investigación relacionados con la utilización del espacio cósmico. En este campo, los trabajos fundamentales ampliaron las posibilidades de la televisión y las comunicaciones; permitieron, por medio del sistema "Órbita", que la televisión llegase a millones de personas; hicieron más fácil la navegación y los pronósticos de tormentas; comenzaron a utilizarse en la prospección geológica y la silvicultura, y se aplican ya ampliamente en la agricultura.

La interacción relativamente autónoma entre estos dos diferentes grupos de ciencia se produce, como es de suponer, como una parte del proceso más general del fortalecimiento de los vínculos entre todos los sectores fundamentales de la ciencia actual. La participación conjunta en la solución de problemas complejos y globales, así como en los más importantes de la economía nacional, abre inmensas perspectivas para la consolidación de los procesos integradores de la ciencia.[7]

El problema de la revolución científico-técnica constituye en sí un problema complejo, cuya solución incluye obligatoriamente la cooperación entre las ciencias sociales, naturales y técnicas. Entre los principales problemas de la revolución científico-técnica contemporánea, están, precisamente, problemas globales tales como la conquista del cosmos, el estudio y utilización de los océanos, la conservación de la naturaleza y su utilización racional, y muchos otros que exigen la efectiva unificación de los esfuerzos de los representantes del pensamiento científico natural y social.

La aparición de nuevas tendencias integradoras y científicas generales del conocimiento permite el acercamiento de los estilos de pensamiento propios de los representantes de cada grupo de ciencias. En los últimos tiempos, han comenzado a investigarse las particularidades del estilo de pensamiento de los científicos, sobre todo, en el ejemplo de las ciencias naturales y la cibernética. En los marcos del estilo científico general del pensamiento creador surgen "estilos" más estrechos: ecológico, cósmico, cibernético, probabilístico y otros, y se estudia la sustitución de "paradigmas" dentro de una misma ciencia.

En las actuales condiciones y con ese enfoque "diferencial" de la investigación del estilo de pensamiento, es necesaria la investigación del estilo humanístico y del modo técnico del pensamiento, ya que existen diferencias específicas entre los estilos de pensamiento de los representantes de las ciencias naturales, las humanísticas y las técnicas, diferencias que se manifiestan durante los contactos entre científicos y en el momento de solucionar problemas complejos conjuntos. Las particularidades del estilo de pensamiento de los representantes de los tres grupos de ciencias señalados, están condicionadas, naturalmente, por las diferencias objetivas y reales del objeto de cada ciencia, que forman, en grado sumo, lo específico de los medios y procedimientos cognoscitivos, de la orientación y el estilo de pensamiento creador de los científicos.

Al señalar lo específico y, por ende, la diferencia en el estilo de pensamiento de los especialistas de los tres grupos en la ciencia contemporánea, es importante distinguir e investigar lo general que los une y constituye la base de acuerdos y coordinaciones entre los diferentes estilos de pensamiento. Esto implica orientarse hacia los aspectos y características del modo de pensamiento que pueden "acoplarse" y no limitarse a traducir del lenguaje de una ciencia a otra —aunque esto, debido a la profundización de la especialización y diferenciación de los conocimientos es muy importante—, sino convertir este factor en generador de nuevos conocimientos científicos, que acelere la introducción de las ideas científicas en la práctica.

El reforzamiento de la interrelación entre las ciencias sociales, naturales y técnicas; entre los estilos y modos de pensar de sus representantes, constituye una tarea intercientífica, que es parte de otra más general: la unión de la ciencia con la producción y la de los resultados de la revolución científico-técnica con las ventajas del socialismo. Es preciso coordinar el estilo de pensamiento de los científicos en su conjunto con el de los representantes y dirigentes de la producción, de la actividad económica. Las conquistas de la ciencia deben materializarse rápidamente en la técnica, la producción y en otras esferas de la actividad práctica. La aplicación de los nuevos conocimientos científicos es una tarea no menos importante que su adquisición.

Precisamente las exigencias de la práctica social, los procesos integradores que tienen lugar en la economía nacional y la esfera sociopolítica constituyen, junto con la unidad del mundo objetivamente existente, el fundamento sobre el cual se despliegan en la ciencia las tendencias integradoras. Es muy significativo que las más potentes oleadas de integración se manifiestan allí donde la ciencia introduce sus conquistas en la producción, donde es particularmente evidente el proceso de transformación de la ciencia en una fuerza productiva directa, donde los resultados de la revolución científico-técnica se combinan con la actividad organizativa y económica, lo que permite solucionar los problemas fundamentales del desarrollo científico, técnico y social.

La investigación del proceso de síntesis del conocimiento científico y la interacción de las tres ramas o grupos fundamentales de la ciencia, exigen, a su vez, una comprensión metodológica especial de la utilización del saber científico. No es ningún secreto que la mayor parte de los trabajos sobre

metodología de la ciencia y problemas gnoseológicos de las ciencias naturales, incluso sobre la teoría general del conocimiento, poseen una orientación hacia la ciencia fundamental y, en general, hacia la producción del nuevo conocimiento científico. Mientras que algunas definiciones filosóficas del concepto de "ciencia" consideran a ésta, exclusivamente, como actividad para la producción de conocimientos, con lo que olvidan a menudo que la utilización de los conocimientos científicos es una función muy importante de la propia ciencia.

Existen pocos trabajos sobre problemas filosóficos de las ciencias aplicadas y técnicas;[8] en estas condiciones resulta que el aseguramiento filosófico-metodológico y gnoseológico de la aplicación de las conquistas de la ciencia es muy débil y exige el reforzamiento sustancial de la investigación de estos problemas. Esta orientación de las investigaciones filosóficas, se correlaciona, en forma directa, con la elevación del papel de la filosofía marxista-leninista en el ulterior fortalecimiento de la unión entre las ciencias sociales, naturales y técnicas.[9] La función integradora y sintetizadora del conocimiento filosófico fue planteada en los inicios mismos del surgimiento del materialismo dialéctico y se manifestó con especial relevancia en la búsqueda de la unidad del conocimiento científico natural. Es interesante y revelador que el movimiento integrador en las ciencias naturales, que en parte se produce fuera e independientemente del conocimiento filosófico, se intensificó sustancialmente a partir del momento en que la filosofía científica formuló, como una de sus tareas centrales, la necesidad de fortalecer la unión de la filosofía con las ciencias naturales. Actualmente, en los países de la comunidad socialista, esta unión se ha fortalecido y desarrollado, a pesar de que aún existen algunas dificultades.

La unión de la filosofía y las ciencias naturales permitió "vislumbrar" y predecir, desde posiciones metodológicas únicas fundamentadas en la teoría marxista-leninista, el curso de los procesos de síntesis del conocimiento que tiene lugar en las ciencias sobre la naturaleza. El trabajo realizado indica que la generalización de estos problemas[10] puede desplegarse sólo en las condiciones de un contacto efectivo y la participación creadora conjunta de filósofos y científicos marxistas. Son conocidas la intensificación y coordinación de los procesos integradores en las ciencias naturales, realizadas gracias a las investigaciones conjuntas de filósofos y científicos; en la actualidad, dichos procesos han ampliado sus marcos y fron-

teras y sobrepasado los límites de las ciencias de la naturaleza para manifestarse, a escala amplificada y a un ritmo rápido, en las ciencias sobre la sociedad y la técnica. En esencia, la idea leninista de la unión de la filosofía y las ciencias naturales adquirió nuevas formas, convirtiéndose en la unión de los filósofos marxistas con los representantes del conocimiento científico-concreto, tanto de las ciencias sociales, como de las naturales y técnicas. La ampliación de la unión de la filosofía con las ciencias particulares se manifiesta como tendencia objetivamente necesaria, como ley del conocimiento que eleva el papel de la filosofía en la síntesis y el acercamiento de las tres divisiones o grupos fundamentales de la ciencia contemporánea.

La función integradora del materialismo dialéctico, por supuesto, no es algo independiente, desvinculado de sus funciones como metodología y concepción del mundo, sino un aspecto nuevo. Es importante señalar otra circunstancia: la función integradora de la filosofía se puede manifestar plenamente sólo cuando la interacción de las ciencias sociales, naturales y técnicas se transforma en una de sus tareas cardinales. En estas condiciones, el potencial integrador de la filosofía puede utilizarse plenamente; pero la ampliación del campo de acción hace descansar sobre los filósofos una mayor responsabilidad ante los representantes del conocimiento científico especial.

Al subrayar el carácter científico general de la filosofía marxista-leninista, no debe perderse de vista el hecho de que aquella es una forma de la conciencia social que combina en un todo único el espíritu de partido y lo científico. Esta peculiaridad de la filosofía, la fusión en ella de factores ideológicos y sociales, la acerca sustancialmente a las ciencias sociales, al tiempo que la diferencia de otras ramas del conocimiento científico y de otros fenómenos científicos generales de los que trata este libro. En la filosofía marxista-leninista, como unidad del materialismo dialéctico e histórico, se produce la síntesis dialéctica de lo "científico general" y lo "científico social", su participación mutua en los procesos integradores actuales de la ciencia. La realización práctica de la función integradora de la filosofía exige, además de la formulación de postulados teóricos, una intensa actividad organizativa y práctica de los filósofos. Se trata, en esencia, de la iniciativa de la filosofía en los procesos integradores de la ciencia contemporánea, lo cual plantea nuevas exigencias a los científicos de esta rama, esto es, una mayor calificación y la capacidad de

ver nuevos problemas así como su unión para la elaboración de esos problemas, sobre una base metodológica marxista-leninista y desde posiciones partidistas.[11]

A las revistas filosóficas se les ha encomendado un papel relevante en la realización teórica y organizativa de la función integradora de la filosofía; ellas han logrado formular una serie de problemas actuales que exigen un enfoque complejo, así como la unificación de los representantes de diferentes grupos de ciencias y el fortalecimiento de la interrelación entre representantes de las ciencias naturales, técnicas y sociales. La realización de mesas redondas es otra forma importante de elaboración de estos problemas, forma que adquiere una actualidad y efectividad cada vez mayores. Entre los problemas complejos e integradores cuya discusión ha sido organizada, por ejemplo, por la revista *Voprosi Filosofii*, pueden nombrarse los siguientes: en el año 1973, "El hombre y el medio que habita", "Ciencia, ética, humanismo", "La interacción de las ciencias naturales y sociales en la etapa actual", "Problemas actuales de la educación y la enseñanza"; en 1974, "La revolución científico-técnica y la clase obrera", "La ciencia y los problemas globales contemporáneos", "Problemas sociofilosóficos de la demografía", "Internacionalización de la vida social en condiciones de la sociedad socialista desarrollada"; en 1975, "Interacción de la ciencia y el arte en condiciones de la revolución científico-técnica contemporánea", etcétera.

Las revistas filosóficas de la Unión Soviética publican también artículos de prestigiosos especialistas en el campo de las ciencias naturales, sociales y técnicas, de relevantes organizadores y dirigentes de la ciencia, de personalidades sociales, lo que contribuye, de manera sustancial, a reformar la integración, tanto de los tres grupos fundamentales de las ciencias mencionados como la unión de la filosofía con ellos. Además de las revistas filosóficas, el Instituto de Filosofía de la Academia de Ciencias de la URSS actúa también como centro integrador, donde tiene asignado un papel muy activo la Sección de Problemas Filosóficos de las Ciencias Naturales, que desde hace mucho tiempo, y en las formas más diversas, realiza la unión de filósofos y científicos, mediante trabajos y conferencias colectivas, seminarios académicos de institutos académicos, el funcionamiento de los consejos científicos sobre problemas complejos, como "Problemas filosóficos de las ciencias naturales contemporáneas", "Cibernética", etcétera.

El papel integrador del Instituto de Filosofía de la Academia de Ciencias de la URSS y de otras instituciones y organizaciones académicas se ha elevado considerablemente a partir de que el XXV Congreso del PCUS planteó la tarea de elevar la misión de la Academia de Ciencias de la URSS como centro de investigaciones teóricas y coordinadora de todo el trabajo científico del país.

La etapa actual del desarrollo social y científico-técnico, y la integración de las economías de los países de la comunidad socialista exigen prestar atención especial a la teoría y a la práctica de los procesos de integración y síntesis dondequiera que se produzcan. Pero es precisamente en la ciencia donde hay que enfocar la atención hacia el estudio de los procesos integradores, ya que ella no sólo se convierte gradualmente en una fuerza productiva directa, sino que en las condiciones del socialismo despliega extensamente su potencial como fuerza social transformadora.

Hoy día, se hace imprescindible un enfoque total y complejo de la ciencia así como del progreso científico-técnico en su conjunto, y una rápida introducción de las conquistas científicas en la producción. Porque por relevantes que sean determinados logros científicos, no son ellos los que determinan el nivel del potencial científico, ni el del abastecimiento científico de las fuerzas productivas. En las actuales condiciones, es muy importante el desarrollo armónico e integral de todas las ramas fundamentales de la ciencia. La presencia de "eslabones débiles" en la ciencia de hoy, en condiciones de un proceso cada vez más completo, amplio e intensivo de conversión de la ciencia en una fuerza social transformadora y productiva directa es una de las causas de desproporciones y contradicciones en la economía nacional, de decisiones poco fundamentadas y de falta de armonía en las interrelaciones entre el hombre y la naturaleza.

Es por ello que las tareas en el campo de las investigaciones científicas están orientadas al desarrollo armónico y proporcional de toda la ciencia, pues ello constituye la premisa del desarrollo integral de la técnica, la producción y toda la economía, de la elevación de su efectividad, del desenvolvimiento proporcional y acelerado de las fuerzas productivas y de otros procesos sociales.

Es evidente que el desarrollo proporcional de la ciencia en su conjunto no excluye, sino presupone llevar a primeros planos aquellos problemas de los cuales, en mayor grado, depende

el desarrollo exitoso de la economía, la cultura y la ciencia misma. Es preciso centrar la atención en estos problemas básicos del progreso científico-técnico y social, contemplar el ulterior desarrollo de las investigaciones que abren caminos y posibilidades —en principio nuevos— para la transformación de las fuerzas productivas y para la creación de la técnica y la tecnología del futuro.

Entre las tareas que se resuelven por las ramas particulares del conocimiento —y sus grupos— y la ciencia, en el conjunto de todas sus disciplinas, existen problemas que también exigen un enfoque científico general, lo que ha sido señalado al inicio de este libro.

Aquellos problemas científicos generales que surgen en las fronteras entre el conocimiento social y científico-técnico necesitan, para su solución efectiva, del concurso y el reforzamiento de los vínculos de casi todos los grupos y ramas fundamentales de la ciencia contemporánea. Esto conduce al surgimiento de nuevas orientaciones, principios, métodos, enfoques y conceptos integradores y científicos generales, los cuales no existían antes del inicio y la rápida transformación de la revolución científico-técnica. La formación de estas nuevas tendencias científicas generales contribuye a la elevación del potencial teórico y el arsenal metodológico de la ciencia, a la adquisición de integridad y efectividad durante la introducción práctica de las nuevas ideas científicas.

2. Establecimiento del *status* científico general de los enfoques y métodos. Fundamentaciones, etapas y niveles

Las investigaciones de los fenómenos científicos generales revelan que ciertas ideas sobre su aparición se formaron mucho antes de la actual revolución científico-técnica. Algunas ideas con carácter científico general se remontan a la filosofía antigua, tal es el caso del enfoque sistémico, como lo ha demostrado L. A. Petrushenko.[12]

Esta situación no sólo es característica del enfoque sistémico, sino también de la mayoría de los métodos y enfoques modernos, lo cual no es casual, ya que el conocimiento sincré-

tico de los antiguos, dominado por la filosofía, fue fuente de muchas ideas que encontraron ulterior desarrollo en la época de la revolución científico-técnica. Y si Engels señaló que "en las múltiples formas de la filosofía griega se contienen ya en germen, en génesis, casi todas las concepciones posteriores",[12] esta observación no se refiere exclusivamente a la concepción del mundo. En cierto grado, es aplicable también a la metodología, a pesar de que los propios pensadores antiguos, de hecho, sólo utilizaron como métodos y procedimientos de la investigación científica la observación, la analogía, la deducción y la discusión —discusión dialéctica—.

No obstante, al señalar que las fuentes modernas de lo científico general se remontan a las profundidades de los siglos, sabemos que se trataba exclusivamente de "indicios", gérmenes de futuros fenómenos científicos generales. En las condiciones de una ciencia sincrética, indiferenciada, no desarrollada, en una sociedad en que las fuerzas productivas tenían un carácter incipiente no podían surgir fenómenos científicos generales por una razón bien simple: en esos tiempos la ciencia sólo nacía.

De todas formas, los métodos científicos generales comenzaron a aparecer gradualmente antes de que se iniciara la revolución científico-técnica y todo parece indicar que el primer método científico general surgió en el siglo XVII. En esos tiempos, las ciencias naturales en diferenciación utilizaban ampliamente el método metafísico del conocimiento, que después fue trasladado a la filosofía. Se trataba de un método del conocimiento que examinaba los objetos como inmutables, no sujetos a desarrollo e independientes entre sí. Fue precisamente el método metafísico, alternativa histórica a la dialéctica ingenua de los antiguos, el que comenzó a utilizarse en las ciencias en desarrollo sobre la naturaleza y en la filosofía. No es de asombrarse entonces que el establecimiento de las ciencias sociales transcurriera también bajo la égida de la metafísica.

Por supuesto, el método metafísico poseía un *status* científico general diferente de los métodos científicos generales que tratamos aquí. Durante el dominio de la metafísica había pocas ciencias y éstas eran, en lo fundamental, ciencias de perfil natural. Lo científico general, como concepto, posee un carácter histórico, por lo que aquello que fue científico general hace dos siglos, no lo es hoy, como sucede, en particular, con el método metafísico. Más aún, este método no sólo ha

dejado de ser científico general, sino también científico; ha sido sustituido por el método dialéctico, que es un auténtico método científico general.

Aunque la propia dialéctica como método tiene un origen filosófico, no se trata de un método específicamente filosófico, porque también es inherente a las ciencias particulares. La conversión de la dialéctica en método científico general no sólo es obra de la filosofía, sino del establecimiento del conocimiento social sobre bases científicas, gracias a la aparición del marxismo. Como resultado de la aplicación del método dialéctico, Marx y Engels, y más tarde Lenin, realizaron relevantes descubrimientos en el campo de las ciencias sociales. A su vez, la amplia utilización de los conocimientos sobre la sociedad, permitió a los clásicos del marxismo enriquecer sustancialmente el propio método dialéctico y realizar su vinculación orgánica con el materialismo filosófico y con las ciencias sociales, naturales y otras. La dialéctica, en tanto que método del conocimiento, sólo después de este proceso, adquiere su carácter científico general moderno, y comienza a penetrar, gracias a la filosofía marxista, en otras ciencias, y a desarrollarse junto con ellas. Si lo metafísico desplegó su carácter científico general bajo la égida de las ciencias sobre la naturaleza, la dialéctica materialista lo hizo bajo la de las ciencias sobre la sociedad.

En la época de la revolución científico-técnica contemporánea, el método dialéctico se despliega, tanto en su variante filosófica como en la científica particular, bajo la influencia de los aportes de todas las ciencias y sobre su base se realizan, ante todo, diversos procesos integradores y sintetizadores y el fortalecimiento de la interacción entre ciencias sociales, naturales y técnicas. Pero ahora, cuando los procesos integradores condujeron a la ciencia a un determinado nivel de integridad dinámica, cuando la metafísica ha perdido su carácter científico general para convertirse en un método anticientífico, la dialéctica no es el único enfoque ni el único método científico general de la investigación científica.

Tras el método dialéctico, bajo su influencia y parcialmente como sus componentes, comenzaron a considerarse antes de la época de la revolución científico-técnica otros métodos científicos generales que aparecen descritos en los manuales de materialismo dialéctico bajo el título de "Métodos del conocimiento científico." Entre estos métodos se nombran los siguientes: análisis y síntesis, deducción e inducción, matema-

tización y formalización, analogía, modelación, idealización y algunos otros. Muchos de estos métodos no poseen un carácter filosófico específico; incluso, en términos generales, no son inherentes a la filosofía como ciencia, tal es el caso, para citar un ejemplo, de los métodos matemáticos y la modelación. Se trata de métodos que tienen un carácter científico general, y son empleados en todas o en la mayoría de las ramas del conocimiento científico, cuya amplitud de utilización posee determinados fundamentos y causas gnoseológicas.

Algunos de los métodos científicos generales mencionados comenzaron a manifestar su carácter científico general antes de la revolución científico-técnica, pero sólo el desarrollo de esa revolución hizo que comenzaran a difundirse intensivamente por las diferentes ramas de la ciencia, como sucedió con los procedimientos matemáticos del conocimiento, la modelación y los métodos estadísticos. El momento en que se manifiesta el *status* científico general de otros coincide con el comienzo de la revolución científico-técnica o con la etapa de su desenvolvimiento.

Es interesante señalar el hecho de que algunas ideas, problemas y métodos científicos generales que surgieron inicialmente en el pensamiento antiguo, parecieron esperar el nacimiento de la revolución científico-técnica, desarrollándose en los primeros momentos en una o en varias ciencias particulares. Merece atención el hecho de que muchos enfoques y métodos que ahora calificamos de científicos generales tuvieron una etapa más sustancial de desarrollo antes de la revolución científico-técnica en los trabajos de los clásicos del marxismo. Esto no es casual, pues la influencia de la teoría marxista no se limita a las ciencias sociales sino que determina el desarrollo de la ciencia en su conjunto.

Por ejemplo, antes de la época de la revolución científico-técnica, el desarrollo de las ideas sistémicas se realizó ampliamente en los trabajos de Marx y Engels, en los cuales se combinaban, al unísono, los aspectos filosóficos y científicos particulares, sobre todo, aplicados a la esfera de las ciencias sociales. Apoyándose en la economía política, Marx no sólo elaboró los principios generales de la investigación sistémica, sino que demostró lo fructífero que eran para el estudio del desarrollo y funcionamiento de la sociedad como sistema, poniendo al descubierto las características sistémicas del organismo social.[14]

El profundo y fructífero aporte de los clásicos del marxismo al establecimiento de las ideas sistémicas y de otros métodos científicos generales, fue una de las causas por las cuales estas investigaciones adquirieron después un carácter científico general y penetraron profundamente en la biología, la psicología, la cibernética, las ciencias humanísticas, naturales, técnicas y otras. Sin duda, el sentido científico general de algunos métodos y enfoques exige un análisis mutilateral del proceso de difusión y efectividad de estos métodos de investigación en las más diversas ciencias —este análisis lo emprenderemos más adelante—. Limitaremos ahora nuestra exposición a la investigación de las causas y esencia del *status* científico general de los enfoques y métodos que se analizarán en el presente trabajo.

Para dar un carácter más concreto a la exposición que sigue, seleccionaremos como ilustración las proposiciones generales de alguno de los métodos que examinaremos, digamos, del sistémico. A pesar del desarrollo de la doctrina sistémica en el seno de la filosofía y otras ciencias sociales durante el siglo pasado, su difusión generalizada en el espacio del conocimiento científico demoró muchos decenios, casi un siglo. Por cierto, parecido destino compartieron otras concepciones científicas generales pues inicialmente aparecieron, sobre todo, en el conocimiento filosófico —tal es el caso de las categorías de certidumbre e incertidumbre—,[15] y también en la esfera del conocimiento científico particular. Por ejemplo, el concepto y principio de simetría, del cual V. I. Vernadski escribió, antes del comienzo de la revolución científico-técnica, que no se trataba de un nuevo principio pues ya había penetrado en la ciencia hacía más de un siglo y se había desplegado, con extraordinaria brillantez, en una de las ramas más desarrolladas de la física: la cristalografía. "Lo nuevo en la ciencia —apuntó Vernadski—, no fue la revelación del principio de simetría, sino su universalidad."[16] Esta observación puede referirse hoy, con todo derecho, no sólo al principio de simetría, sino también a muchos otros fenómenos científicos generales que apenas en los últimos decenios han revelado su universalidad.

Sería unilateral considerar, una vez descubiertos los principios de simetría o sistemicidad, que la tarea queda reducida exclusivamente a su ampliación extensiva, al establecimiento de su universalidad global —material—. Durante el proceso de desarrollo extensivo de toda una serie de principios y conceptos científicos, se produce, simultáneamente, su desenvolvimiento intensivo, la modificación y el enriquecimiento de su contenido,

es decir, el proceso lógico constituye un desarrollo extensivo-intensivo en el que los conceptos, enfoques o métodos adquieren su *status* científico general.

Si examinamos desde este punto de vista el desarrollo del aspecto externo, extensivo, del enfoque sistémico, veremos que en la actualidad muchos investigadores constatan su carácter interdisciplinario, que se desprende del contenido de los principios sistémicos. Sin embargo, el paso del enfoque monodisciplinario al interdisciplinario creó las premisas para la conversión del enfoque sistémico en enfoque potencialmente científico general. En sí, el devenir interdisciplinario del enfoque sistémico está relacionado con la modificación de las tareas de la ciencia y de las tendencias de su desarrollo. Como hasta la mitad de nuestro siglo en la ciencia predominaba la tendencia a la diferenciación, las propias ideas sistémicas poseían también un carácter, en lo fundamental, monodisciplinario a pesar de su poderosa carga heurística y metodológica que provocó, con cierto retraso, la reacción en cadena de mediados del siglo XX.

Aunque la formulación de las ideas sistémicas en la filosofía tenía un carácter científico general, debido a la universalidad del conocimiento filosófico, no es menos cierto que el "movimiento sistémico" no abarcó ampliamente las ciencias particulares, sino exclusivamente a algunas de ellas. Esto se debe a que las ciencias particulares, y la ciencia en general, no estaban preparadas para asimilar las ideas y principios sistémicos. La preparación y necesidad de una visión sistémica, no como enfoque monodisciplinario, sino interdisciplinario, surgió mucho después, hacia la mitad del siglo XX. Ya analizamos estas tendencias integradoras, sistémicas, de la ciencia actual, las cuales crearon un apropiado clima intercientífico para la amplia difusión del sistema de ideas sistémicas y el establecimiento de otros enfoques, métodos, principios y conceptos científicos generales.

La integración de la ciencia actual, el fortalecimiento de la interrelación entre las ciencias sociales, naturales y técnicas y el establecimiento de las direcciones fundamentales de la revolución científico-técnica, que poseen un carácter complejo claramente expresado, reflejaron, junto a otras tendencias, directa o indirectamente, el carácter sistémico de la técnica, la organización y la toma de grandes decisiones en la economía nacional; tareas éstas que exigen esfuerzos coordinados de muchas ramas de la economía y la producción, así como la ejecución de un sistema íntegro de muy diversos componentes.

El enfoque interdisciplinario y complejo de la solución de tareas científico-técnicas, económicas y sociales exigió un vasto desarrollo del enfoque sistémico y, en grado considerable, contribuyó a su conversión en fenómeno científico general. Y si la mayoría de los investigadores reconoce el carácter integrador e interdisciplinario del enfoque sistémico, en los trabajos de los metodólogos se acepta cada vez más el carácter científico general, por principio, de las investigaciones sistémicas. "El enfoque sistémico —escribe V. N. Sadovski— constituye una de las actuales orientaciones científicas generales de la investigación, dirigida a detectar los principios metodológicos especiales inherentes a la reproducción teórica en el conocimiento de representaciones sobre objetos integrales, sistémicos."[17] La fundamentación de la necesidad de incluir el enfoque sistémico dentro de los fenómenos científicos generales aparece en la monografía citada de Blauberg e Iudin, así como en el capítulo VIII del presente libro.

Es para nosotros de una importancia primordial el paso de las concepciones del enfoque sistémico, como fenómeno integrador interdisciplinario, al que lo contempla como científico general, paso que tiene para la ciencia igual importancia ya que es análogo al tránsito del enfoque monodisciplinario al interdisciplinario.

Estamos de acuerdo con la opinión de Blauberg e Iudin acerca de que el aspecto científico general de la investigación de los sistemas y estructuras se desprende del carácter interdisciplinario del enfoque sistémico y de los caminos y condiciones de sus materializaciones concretas determinadas por esa generalidad.[18]

Al mismo tiempo, el paso de lo interdisciplinario del enfoque sistémico al *status* científico general, no es un hecho que se explica por sí mismo ni un proceso que transcurre automáticamente. En el plano objetivo se trata de un salto cualitativo, pues muchas investigaciones interdisciplinarias siguieron siéndolo, sin perspectivas de transformaciones en fenómenos científicos generales. En el aspecto lógico-metodológico, lo científico general del enfoque sistémico y de otro tipo, requiere una argumentación muy sólida, la demostración de las causas y circunstancias que han hecho que la investigación interdisciplinaria en cuestión adquiera un *status* universal en la ciencia.

Por ejemplo, el enfoque sistémico no es científico general en el sentido de que se aplica hoy en todas las ciencias, sin exclusión, pues siempre podría señalarse una en que no se

utiliza ese enfoque. Esto no se refiere sólo al método sistémico, sino a todos los medios y métodos del conocimiento científico investigados en esta obra. Es más, existe la opinión de que el enfoque sistémico resulta inefectivo en algunas teorías y disciplinas científicas, sobre todo, en el caso de disciplinas tradicionales, clásicas. En lo que respecta al futuro desarrollo de la ciencia, puede esperarse que muchas ramas de ella, donde el enfoque sistémico es ahora poco constructivo y conduce a trivialidades, acepten las ideas sistémicas o, por lo menos, algunas de ellas. Cualquier objeto de conocimiento tiene, objetivamente, propiedades sistémicas; así, tarde o temprano, cualquier rama científica sentirá la necesidad de reproducir en el conocimiento el objeto como sistema, e igualmente sus características sistémicas.

El hecho de que los objetos del conocimiento tienen en una u otra relación, propiedades sistémicas y de que, en principio, no existen objetos no sistémicos, se desprende tanto de los principios, leyes y categorías fundamentales de la dialéctica materialista, como de la práctica de las investigaciones sistémicas concretas que revelan el carácter sistémico de los objetos estudiados por la ciencia y de sus parámetros. Precisamente, lo sistémico objetivo y real de los procesos del ser, la naturaleza y la sociedad, constituye el fundamento objetivo, la premisa necesaria, que no depende de la conciencia ni de la voluntad de los científicos, la cual evidencia, por principio y en adición a las condiciones socioeconómicos, el carácter científico general en potencia del "movimiento sistémico" en la ciencia. Lo científico general potencial se transforma en actual en la medida en que una u otra disciplina científica comienza a utilizar, consciente y efectivamente, las ideas y principios sistémicos.

Lo científico general del enfoque sistémico se manifiesta, ante todo, como proceso que se despliega en el espacio y en el tiempo del conocimiento científico, de la ciencia como sistema de conocimientos y como actividad para su producción y utilización. En esencia, el sentido de lo "científico general en potencia" es aquí el vector, la dirección, la orientación del movimiento sistémico, por abarcar, mediante los principios e ideas sistémicas, un número mayor de ramas y componentes del conocimiento científico. Pero este sentido científico general del enfoque sistémico está indisolublemente ligado y complementado por otro de sus significados, que llamaremos científico general por principio. Si lo científico general en potencia,

de los medios de conocimiento aquí investigados, se confirma empíricamente en la tendencia a la penetración de las investigaciones sistémicas en un número cada vez mayor de ramas de la ciencia y la teoría, lo científico general por principio se establece en forma puramente teórica: mediante el análisis de las ideas fundamentales del enfoque sistémico o de otros tipos. Las ideas básicas —principios de los enfoques científicos generales— han sido abstraídas de una determinada región material concreta o de un grupo de ellas, y, en cierto sentido, son invariantes para el ser como para el pensamiento. Esta abstracción de la idea del enfoque científico general respecto a la naturaleza de los objetos concretos, tanto en el aspecto del contenido como en el formal —en el caso de su explicación en determinada variante matematizada—, permite utilizar los enfoques científicos generales, en principio, en todas las teorías y disciplinas científicas, aunque no para la solución de absolutamente todas las tareas.

Por lo tanto, lo científico general, en principio y en potencia, de los enfoques y métodos, se establece teórica y empíricamente. En su base yacen determinadas fundamentaciones ontológicas y socioprácticas. Además de las causas y condiciones que se encuentran fuera del conocimiento, lo científico general de los enfoques investigados posee su fundamentación y manifestaciones gnoseológicas específicas. Ellas, como es natural, están ya presentes en el momento mismo en que se dan o aparecen los fundamentos objetivos de lo científico general ya señalados, y se basan en sus significados manifiestos de lo científico general, ya que esa revelación se realiza por medio del conocimiento y en el proceso del mismo. Pero las particularidades gnoseológicas del carácter científico general de los métodos y enfoques pueden observarse con mayor claridad al examinar sus funciones gnoseológicas en el conocimiento actual.

Este nuevo tercer sentido de lo científico general de los enfoques analizados, está relacionado con la generalidad de las funciones lógico-gnoseológicas, que ellos cumplen en diferentes ramas de la ciencia y en la ciencia en su conjunto, lo que precisaremos en el siguiente epígrafe de este capítulo. Parece ser que, además de lo científico general potencial y de principio, este aspecto de lo científico general puede llamarse funcional-gnoseológico. Es posible, también, que existan otros sentidos de lo científico general que no se ajusten a la com-

prensión que se tiene de ello, salida de la filosofía y que se identificó con la "universalidad filosófica".

Lo científico general de los métodos y enfoques investigados ha sido poco estudiado en sí mismo; aquí, en esencia, se formulan las ideas primarias y se hacen sólo los primeros intentos de argumentación. Estamos de acuerdo con Blauberg e Iudin cuando afirman que "el análisis científico general tropieza con ciertas dificultades relacionadas con el hecho de que esta forma de investigación es relativamente nueva y fue engendrada por la creciente tendencia a la integración del conocimiento científico".[19] Estas dificultades fueron subrayadas por V. N. Sadovski, quien criticó la comprensión que los mencionados autores tienen de la esencia de las concepciones científico-generales y de su clasificación.[20] En general estamos de acuerdo con esta crítica y la tenemos en cuenta en nuestra interpretación; no obstante, consideramos que la idea misma de lo científico general de todo un conjunto de enfoques, métodos, principios y problemas, es muy fructífera, por tanto, intentamos argumentarla.

Más arriba examinamos determinados aspectos de los fenómenos científicos generales, sobre todo, en el plano gnoseológico. Tratamos de manera parcial los fundamentos sociales y ontológicos de lo científico general. Al referirnos a éstos, tenemos que señalar que la fundamentación ontológica de la integración de los conocimientos científicos —la unidad material del mundo— sirve, al mismo tiempo, de fundamento objetivo, natural, de lo científico general. A veces, este fundamento ontológico se considera incluso como el único, deduciéndose de la existencia de una u otra propiedad, por ejemplo, de la información, el control, etcétera, en todas las formas del movimiento de la materia. Este camino efectivamente conduce al significado ontológico de lo científico general, pues, si todas las formas del movimiento poseen uno u otro rasgo, éste será reflejado por las ciencias que estudian la naturaleza y la sociedad. Otra fundamentación de lo científico natural es la gnoseológica, pues se refiere a todos los procedimientos y formas del conocimiento utilizados en cualquier rama científica, así como a los medios del conocimiento que están relacionados con el autoconocimiento de la ciencia. Debido al fundamento gnoseológico de lo científico general, pueden considerarse como científicos generales aquellos fenómenos científicos que no satisfacen el criterio ontológico, tal es el caso de la cibernética. Los métodos cibernéticos del conocimiento, materializados en las

computadoras y en otros equipos, pueden utilizarse en todas las ciencias sin exclusión. La cibernética, como ciencia, tiene en el plano ontológico carácter regional, y científico general en el gnoseológico.

Los métodos del conocimiento, surgidos por los caminos de la integración y la generalización, poseen realmente un diferente grado de generalidad y una esfera propia de difusión y utilización: algunos de ellos tienden a penetrar en todas las ciencias, mientras que otros enfrentan zonas "prohibidas". Sin embargo, estos métodos se utilizan muy ampliamente en la ciencia actual; sobrepasan los marcos de una ciencia particular, para diseminarse por una región bastante grande de las ramas de la ciencia que estudian una o varias formas del movimiento de la materia. Podemos entonces calificar esos métodos de integral-regionales e indicar la región en que se aplican. Entre los métodos regionales se encuentran el energético, es decir, el basado en las características energéticas, válido para todas las ciencias naturales.

Lo expuesto nos dice que en la ciencia existen métodos con un diferente grado de generalidad; algunos de ellos se utilizan, o en principio pueden utilizarse, en todas las ciencias particulares, mientras que otros sólo abarcan a un grupo de ciencias que investigan una o varias formas del movimiento de la materia. Lo que se denomina método de las ciencias particulares está muy lejos de ser algo homogéneo por su grado de generalidad y sustancialidad.[21]

Sin embargo, lo científico general no siempre se expresa en la exigencia de utilizar, directamente, uno u otro método para todas las ciencias, sin exclusión. Lo científico general puede expresarse incluso en que un determinado método o enfoque se aplica en nuevas ramas del conocimiento, como la informática, la cienciología, la pronosticación, y otras, relacionadas, en lo fundamental, con el autoconocimiento de la ciencia. Por ejemplo, al enfoque semiótico le es suficiente una aplicación exclusiva en la informática, pues en ella adquiere un *status* de científico general, incluso aunque no se utilice en ningún otro lugar. Todo lo dicho evidencia que el concepto de científico general no posee un contenido preestablecido, sino que se desmembra en un conjunto de significados, al tiempo que, en el proceso de desarrollo del conocimiento, surge su nuevo contenido.

Por último, prestaremos especial atención al papel de los factores sociales en la formación de los fenómenos científicos

generales. La aparición de nuevos fenómenos científicos generales, incluyendo los medios metodológicos, significa el establecimiento de la etapa de integridad de la ciencia, que, en su tiempo, fue "destruida" por los procesos de diferenciación.

La ciencia se caracteriza hoy por una nueva unidad que no excluye ya la diferenciación ni la indivisibilidad de sus ramas, como sucedió en los comienzos mismos de su desarrollo. En las etapas tempranas del establecimiento de la ciencia y en las condiciones de un bajo nivel de desarrollo de las fuerzas productivas, el conocimiento filosófico y científico particular estaba fundido en una integridad primaria. Entonces carecía de sentido diferenciar lo filosófico, lo científico particular y lo científico general: todos estos tipos de conocimiento existían, en forma no desarrollada, dentro de un entrelazamiento abigarrado, en unidad sintética. Esa situación respondía al bajo nivel de especialización y desarrollo de la práctica social, de la actividad productiva. La unidad sincrética del conocimiento científico de los antiguos reflejaba, con cierta tardanza, los elementos de la unidad que caracterizaban a esa sociedad, y la unidad del hombre con la naturaleza. Esta unidad comenzó a resquebrajarse gradualmente, influida por los procesos de división social del trabajo y desigualdad social. Estos procesos, después de pasar por los estadíos esclavista y feudal, alcanzan su cima en la sociedad capitalista. En este tiempo, en el conocimiento, también dominan los procesos de diferenciación: el conocimiento filosófico se desprende definitivamente de las ciencias particulares, lo que encuentra expresión en la dicotomía de los conceptos y medios del conocimiento en dos clases fundamentales: conceptos y métodos filosóficos y científicos particulares.

En las condiciones del capitalismo, de la vieja unidad del conocimiento científico no queda nada y los procesos de síntesis del conocimiento no logran ocupar un lugar adecuado. La alteración de esta integridad exigía su restablecimiento. En el campo social implicaba la liquidación del capitalismo y el paso a una etapa nueva, superior, de unificación de la humanidad basada en la eliminación de las clases y contradicciones antagónicas. En el de la ciencia, el surgimiento de nuevos y poderosos procesos integradores, los cuales, de forma indirecta, reflejan las transformaciones sociales progresistas. El paso del capitalismo al socialismo liquida los obstáculos que se oponen al desarrollo de los procesos integradores: ni la interacción ni la síntesis de los conocimientos científicos se ven

frenados por aquellos factores objetivos ni subjetivos que se derivan de la naturaleza del capitalismo. Bajo las condiciones del socialismo, que une las ventajas del régimen social más progresista con los logros de la revolución científico-técnica, se abren grandes posibilidades a estos procesos.

No es casual que hayan sido precisamente los filósofos marxistas quienes primero advirtieron y comenzaron a estudiar las tendencias integradoras en la ciencia y la formación de los métodos, conceptos y problemas científicos generales. En las condiciones del capitalismo, bajo el predominio de la ideología burguesa y de teorías idealistas y reaccionarias, y de un frecuente enfoque anticientífico de los procesos sociales, no sólo es difícil, sino imposible, ver estos nuevos fenómenos de la ciencia. Los antagonismos sociales crean un conflicto entre los conocimientos y estilos de pensamiento científico-naturales y sociohumanísticos, las ciencias naturales aspiran a reflejar la unidad de la naturaleza, mientras que el conocimiento social defiende el régimen que impide la unificación de la humanidad sobre principios comunistas.

Lo dicho es fácil de ilustrar con el ejemplo de la cibernética. A pesar de que el científico norteamericano Norbert Wiener fue el primero en formular la idea de la cibernética como línea científica orientada a la investigación de las leyes generales del control y la comunicación en los organismos vivos, la técnica y la sociedad, en Estados Unidos de hoy, como indica la experiencia de los congresos internacionales de cibernética, han surgido otras concepciones. "En este caso —señala B. V. Biriukov—, las líneas investigativas que entran en la cibernética, no se unen en los marcos de una línea de trabajo más general y amplia y, como regla general, no se les llama 'cibernética'."[22]

Una comprensión más amplia es propia de la mayoría de los científicos de Europa Occidental, quienes consideran ya a la cibernética como una orientación científica independiente de investigación y se agrupan alrededor de los problemas del "intelecto artificial", la aplicación de los medios cibernéticos para el estudio de la vida, la automatización y la correlación entre el hombre y la máquina. Pero tampoco aquí ha sido realizada, en el grado debido, la idea de Wiener sobre la unidad de la cibernética y la tendencia a la unidad, todavía no realizada, sólo vislumbrada exteriormente. Es de suponer que semejante situación no sólo está provocada por factores gnoseológicos y científicos particulares, sino que refleja también la influencia

de ciertas condiciones sociales que impiden esta orientación integradora de las investigaciones científicas hacia su unidad.

Tampoco es casual, como escribe B. V. Biriukov, que la comprensión de la cibernética, que ha tomado cuerpo en la URSS y otros países de la comunidad socialista, sea más amplia que en Europa Occidental y mucho más que en Estados Unidos. Como vemos, la realización de la idea de Wiener no sólo exige la visión genial de algunos científicos, y un elevado nivel de desarrollo de la técnica, incluyendo la cibernética, sino también la presencia de condiciones apropiadas para la realización de las ideas científicas y el desarrollo de las orientaciones científicas.

Por supuesto, los proyectos interdisciplinarios, científicos generales, que están relacionados con el desarrollo de la revolución científico-técnica, tienen lugar también en los países capitalistas. A los proyectos científico-técnicos complejos y a su realización se les presta el máximo de atención en Estados Unidos. Esos proyectos consumen una gran parte del potencial científico y técnico-productivo, utilizan los modernos logros organizativos y de control que alcanzan el nivel de "objetivos y fines nacionales".[23] Este nuevo interés del Estado capitalista por los proyectos científico-técnicos complejos y su financiamiento, condujo a que las ramas relacionadas con esos proyectos no sufrieran, durante largo tiempo, descensos críticos, e incluso mostraran tendencias de crecimiento.

Esta situación permitió a algunos ideólogos burgueses plantear la supuesta presencia de inagotables posibilidades en el Estado capitalista para la solución de las tareas difíciles y complejas surgidas durante la revolución científico-técnica contemporánea, con la utilización de los métodos interdisciplinarios. En la realidad, las cosas son bien distintas a como aparecen en las concepciones de los autores burgueses. Los éxitos aislados de los países capitalistas desarrollados en la solución de las tareas complejas de la revolución científico-técnica y una u otra aplicación efectiva de los métodos científicos generales, no han podido modificar la esencia del imperialismo actual, ni frenar su ulterior degradación social. En el ejemplo de la evolución de los proyectos científico-técnicos complejos, la literatura marxista ha logrado demostrar convincentemente la situación expuesta.[24]

La ideología burguesa no sólo especula con algunos éxitos alcanzados en el campo de la solución de problemas complejos, sino que intenta hacer pasar la utilización de algunos mé-

todos científicos generales —en particular, del sistémico— como una especie de medio todopoderoso para solucionar tareas no sólo científico-técnicas, sino sociales. Las cosas se presentan como si estos métodos ofreciesen la posibilidad de curar los males sociales de la sociedad burguesa sin recurrir a los caminos revolucionarios del desarrollo. Los conceptos científicos generales se someten para ello a una tergiversación ideológica, a interpretaciones idealistas. El valor de los conceptos y métodos científicos generales ha sido asimilado por los autores burgueses desde posiciones clasistas, por lo que hoy se intenta utilizarlos ampliamente en la lucha contra la comunidad socialista, de la misma manera como se intentó utilizar la negación positivista de la filosofía materialista para combatir las ideas del socialismo. Es, por tanto, comprensible que, sin rechazar la utilización de los métodos científico-generales, debemos combatir su interpretación burguesa y llevar a cabo un análisis marxista de ellos. Esta tarea se realiza en el presente trabajo.

El peligro del diversionismo ideológico, de la especulación acerca de las tareas, problemas, métodos y conceptos científicos generales, no disminuye como resultado del debilitamiento de la tensión internacional, de la materialización de la distensión y el reforzamiento de los vínculos científico-técnicos entre países socialistas y capitalistas. Por el contrario, ese peligro aumenta. El imperialismo actual, después de haber sufrido una derrota en la lucha armada y económica contra los países socialistas, concentra sus máximos esfuerzos en la expansión ideológica, en la erosión ideológica, en el "ablandamiento" del marxismo y la división del movimiento comunista internacional.[25] Para el logro de estos objetivos, se utilizan todos los procedimientos posibles, incluyendo el intercambio de información científico-técnica, en el cual los círculos reaccionarios intentan introducir el correspondiente "acompañamiento" ideológico. Uno de los materiales que utilizan así son los métodos científicos generales declarados invariantes al socialismo y al imperialismo por medio de una reelaboración apologética de los defensores del capitalismo. Es frecuente que bajo la etiqueta de "científico general" se hagan pasar en la información científica opiniones burguesas y revisionistas.

Es perfectamente comprensible que, en los fenómenos científicos generales, exista efectivamente algo invariante, relacionado con la aplicación de los medios de la matemática y las ciencias naturales y técnicas. Al mismo tiempo, en los métodos

científicos generales existen componentes que sobrepasan los marcos de la matemática, las ciencias naturales y las técnicas y dependen en esencia de factores sociales.

Pero sería incorrecto imaginar que la formación de conceptos y métodos científicos generales sigue un curso tal que, al tomar un determinado contenido del campo de las ciencias sociales, se abstrae de los factores clasistas y sociales en su contenido, dejando únicamente lo general a todos los sistemas sociales. Los fenómenos científicos generales no pueden abstraerse de los factores económicos, políticos e ideológicos que poseen una orientación contraria en los diferentes sistemas sociales. Si las formas y métodos científicos generales se basan en la teoría marxista-leninista serán rigurosamente científicos, y dejan de serlo en el tratamiento de los autores burgueses. En este caso, lo científico general sólo se convierte en un cómodo biombo tras el cual pueden ocultarse opiniones y teorías anticomunistas, apologías del capitalismo moderno, ideas sobre la convergencia de sistemas sociales.

Tomemos, como ejemplo, los métodos científicos generales del pronóstico. Aunque estos métodos se utilizan en todas las ciencias, su uso depende del sujeto del pronóstico, de sus objetivos, intereses, condiciones y necesidades. Es bien comprensible que el futuro pronosticado por los autores burgueses y el futuro del capitalismo pensado sobre la base del estudio de las contradicciones objetivas de esta sociedad, en la teoría marxista-leninista, sea en principio diferente. Los futurólogos capitalistas declaran los deseos de la clase capitalista como el futuro real, ignorando las tendencias objetivas del proceso histórico, por lo cual "...no es tanto lo que orientan sobre el futuro como lo que desorientan en el presente, pues desvían la atención de los problemas sociales realmente maduros, engendran esperanzas ilusorias, desmovilizan a los hombres y, para colmo, presentan artificialmente una atmósfera de 'situaciones extraordinarias', las que sólo pueden ser resueltas, según afirman, mediante acciones extremas".[26]

Los autores burgueses ofrecen una evaluación unilateral, tanto del cuadro futuro como de la solución presente, a muchos problemas científicos generales. Esto se refiere a los problemas del medio ambiente —ecológicos—, a la conquista del cosmos y a la revolución científico-técnica. Por ejemplo en lo que respecta a la interpretación de los problemas de la ecología, se observa una rígida polarización entre pesimistas y alarmistas, quienes afirman que existe una crisis ecológica de la cual

la humanidad no puede librarse, y los optimistas, que ven todo color de rosa e incluso consideran que, mediante acciones puramente técnicas, se puede no sólo superar la crisis del medio ambiente, sino incluso curar los males del capitalismo.[27] Algo semejante observamos en el campo de las valoraciones burguesas acerca de la era cósmica, pues mientras algunos autores consideran que la cosmonáutica es el único medio para resolver todas las contradicciones sociales del capitalismo, otros intervienen contra el desarrollo extenso de esta disciplina, por considerar que está muy lejos de los problemas inmediatos de la humanidad.

Es claro que la orientación contradictoria del "componente social" de los métodos científicos generales, que está condicionada por circunstancias de clase, no permite su contemplación como algo formalmente general, independiente de las contradicciones de los factores sociales. Asimismo, se debe señalar que los componentes científico y técnico de los fenómenos científicos generales, también reciben un tratamiento elaborado sobre fundamentos filosóficos totalmente diferentes.

Muchos métodos, hoy día científicos generales, son interpretados por algunos representantes de las ciencias naturales y la técnica, así como por los filósofos de los países capitalistas, con un espíritu idealista. Por ejemplo, a la información y al enfoque informático se les atribuye un carácter divino o se afirma su origen apriorístico, subjetivo. La inconsistencia de las especulaciones idealistas burguesas en el campo de los conceptos y problemas científicos generales ha sido revelada por la literatura marxista, aunque parte de esa crítica se ha limitado a los marcos de una u otra ciencia, donde los conceptos científicos generales se utilizan con mayor amplitud. Pero ha llegado el momento de ofrecer un análisis, tanto positivo como crítico, de lo científico general en el tratamiento dado por los autores burgueses, utilizando todas las conquistas de las ciencias particulares, así como todas las secciones de la filosofía marxista-leninista.

Con frecuencia, en la ciencia se descubre y manifiesta lo científico general por medio de lo que es general a la humanidad, mediante problemas que revelan aquellos elementos de la unidad de la humanidad que se manifiestan totalmente en la sociedad libre de contradicciones antagónicas. Esto es completamente comprensible, pues en el hombre, en lo general humano, se contiene la unidad con que soñaba Marx. Esa es, precisamente, la concepción que desarrolla, por ejemplo,

M. G. Chepikev, quien analiza la formación de la ciencia "única", es decir, unida, en el sentido de Marx, "cuyo objeto lo será el hombre, como creación superior de la naturaleza. En el hombre se unen, orgánicamente, todas las leyes principales del mundo material: mecánicas, físicas, químicas, biológicas y sociales. Por ser el producto superior de la materia, parece representar, a pequeña escala 'toda' la naturaleza, 'toda' la historia de su desarrollo".[28]

Es necesario subrayar una vez más que lo científico general deviene "idéntico" a lo general humano sólo bajo determinadas condiciones sociales, sólo al desaparecer los antagonismos. La homogeneidad social se convierte en un terreno propicio donde la confrontación del conocimiento sobre la naturaleza y la sociedad aparece como un anacronismo. Por esta razón, cuando ahora hablamos de fenómenos científicos generales, una vez más introducimos un determinado sentido social, a la par que tenemos en cuenta que los procesos científicos generales se despliegan totalmente sólo en las condiciones en que la humanidad adquiere una unidad social global, en tanto que un sistema íntegro armoniza sus relaciones con la naturaleza. Son precisamente estos procesos sociales internos y externos los que habrán de constituir la base futura del impetuoso arribo de nuevos componentes integradores en la ciencia, donde los fenómenos científicos generales desempeñarán un papel cada vez más activo. Teniendo en cuenta este contexto social de los fenómenos científicos generales, ahora sólo podemos constatar el comienzo del desarrollo de este proceso científico general, su estrecha relación con los factores sociales y las ciencias sobre la sociedad. En resumen, el examen del papel de los factores sociales en la formación de fenómenos científicos generales, conduce a la conclusión de que este mismo proceso no es sólo la separación de algo común, invariante, a todas las ciencias. Los factores sociales penetran en el proceso de formación de los fenómenos científicos generales como condiciones materiales y espirituales que ejercen influencia sobre absolutamente todas las ciencias y como conceptos, principios y leyes específicos de las ciencias sociales. Estos dos caminos de influencia de los factores sociales —el directo y el mediato— relacionan íntimamente los fenómenos científicos generales en formación con la sociedad, sus necesidades e intereses, con las clases y con otras contradicciones sociales.

La concepción sobre la naturaleza de los fenómenos científicos generales, que se limita exclusivamente a lo general en todas las ciencias, no es capaz todavía de distinguir lo esencial en lo general, lo que es válido no sólo para las ciencias naturales y técnicas, sino también para las sociales. En todas las ciencias puede detectarse, con amplitud, lo general como general no esencial, como invariantes puramente externas; sin embargo no todo fenómeno general se convierte en científico general, ni es capaz de obtener en todas las ciencias el rasgo de lo general esencial.

La formación de los fenómenos científicos generales no sólo está relacionada con la generalización, la separación de la invariante, sino también con la interacción de las ciencias naturales, sociales y técnicas, con el ulterior reforzamiento de esta interacción, que no se abstrae de los factores socioclasistas. Por ello, el proceso mismo de considerar los factores sociales no sigue el camino de la "convergencia" de las ciencias sociales que se desarrollan en condiciones sociales contradictorias, sino la senda que toma en cuenta aquellos datos de las ciencias sobre la sociedad, en las cuales el espíritu de partido y la veracidad son indisolubles, y reflejan, adecuadamente, el curso del proceso histórico en el cual el progreso científico-técnico ve abiertas perspectivas ilimitadas de desarrollo ante las contradicciones antagónicas.

3. Principales funciones de los enfoques y métodos científicos generales en el proceso del conocimiento

Los medios científicos generales del conocimiento que estudiamos aquí poseen, en lo fundamental, un carácter teórico o, para ser más exactos, su carácter científico general se descubre solamente en el nivel teórico. Por supuesto, algunos de estos métodos de investigación —la modelación, los estadísticos y cibernéticos— disponen de una parte experimental-empírica subordinada, en su conjunto, a la teórica. Por esta razón y en un cierto sentido, los métodos científicos generales son medios teóricos generales de investigación que cumplen determinadas funciones gnoseológicas en la ciencia.

No existe todavía unidad de criterios a la hora de señalar las funciones de los enfoques y métodos científicos generales, ni siquiera de continuar con uno de ellos. Como ilustración, pudiéramos seleccionar las diferentes interpretaciones del enfoque sistémico. Unos autores lo examinan como orientación metodológica científica general, mientras que otros ven en él la condición y el camino de la formalización de la ciencia contemporánea, al mismo tiempo que otro grupo considera que la teoría general de los sistemas es una metateoría. Entre estos puntos de vista existe una viva discusión que evidencia los puntos débiles y los méritos de cada solución del papel del método sistémico en el conocimiento científico. Estas discusiones son perfectamente válidas y constituyen una evidencia de la etapa de brusco viraje en la comprensión filosófica del enfoque sistémico como uno de los fenómenos científicos generales.

Nosotros proponemos otra forma de abordar el problema de las funciones de los enfoques y métodos científicos generales. Como premisa metodológica primaria de nuestro examen adoptaremos la siguiente proposición: la esencia de cualquier fenómeno no puede ser descrita por medio de un solo rasgo o tendencia de desarrollo. El enfoque sistémico de la esencia, de la diferencia entre esencia y ley, del rasgo esencial, las tendencias, parte de que la esencia es, en sí, sistémica, por lo que solamente puede ser descrita por medio de un sistema de tendencias de desarrollo, rasgos, leyes, más generales, profundas, invariantes e interiores. Este enfoque sistémico de la esencia se revela no sólo en su forma filosófica general, lo que se sabe hace bastante tiempo, sino también en la práctica de las investigaciones sociofilosóficas. Por ejemplo, este enfoque se realiza hoy en el tratamiento de la esencia de fenómenos como la vida, la revolución científico-técnica. Antes, la esencia de la revolución científico-técnica se reducía o a la automatización o a la cosmización, o bien al rasgo esencial de turno, que siempre era uno. Nos parece que al pensar las funciones gnoseológicas de los enfoques científicos generales tiene sentido andar no sólo por el camino del análisis y las fundamentaciones monofuncionales, sino también por el polifuncional.

Esto implica que la esencia gnoseológica de los fenómenos científicos generales, en el aspecto funcional, tiene un carácter multifacético, pues no se reduce a la función metodológica, metafísica, o a cualquier otra, sino que las incluye, junto a otras que luego enumeraremos y comentaremos brevemente.

En la monografía de Blauberg e Iudin que hemos mencionado, se tratan con mucha minuciosidad las funciones metodológicas de los fenómenos científicos generales en el ejemplo del enfoque sistémico. Compartimos el criterio de que el enfoque sistémico se refiere, ante todo, al nivel y tipo de metodología científica general como metodología específica de éste y otros enfoques. Quizás sería mejor llamar a este nivel de la metodología, metodología científica general "especial", para diferenciarla así de la filosófica, que tiene un carácter científico general "universal".

Sin embargo, por sí mismo, este u otro enfoque científico general no actúa exclusivamente como metodología de un nivel, sino como una especie de metodología compleja. Esta complejización de las metodologías —según el término de V. I. Kremianski— se realiza en el nivel científico general, cuando tiene lugar la interacción entre los enfoques cibernético, sistémico-estructural, teórico-informativo y otros. Por esta razón, cada enfoque científico general actúa también como aspecto del sistema único en formación de la metodología científica general, es decir, tiene lugar la síntesis "horizontal" de las metodologías. Al mismo tiempo, cuando un fenómeno científico general actúa como momento de la metodología dialéctico-materialista y como aspecto de la metodología general de las ciencias particulares y posee en ellas su fundamento, se produce la síntesis "vertical".

Al hablar de la función metodológica, tenemos en cuenta uno u otro enfoque y no al método, aunque estos conceptos se identifican por doquier. En nuestra opinión, el enfoque se diferencia del método porque, 1) es más general y menos definido que el método; 2) incluye en sí los principios y orientaciones más generales del sistema, sin reducirlos a determinaciones operacionales ni a teorías o concepciones formalizadas y matematizadas; 3) a un enfoque puede corresponder no un método, sino un conjunto de ellos, de la misma forma que al enfoque sistémico corresponden diferentes variantes de la teoría de los sistemas, o al informático, diferentes teorías lógico-matemáticas de la información.

Cuando en la literatura se habla sobre los aspectos filosóficos del enfoque sistémico, la cibernética y otros métodos y enfoques científicos generales y las diferencias que existen con la filosofía, a veces, se insiste en que no están relacionados directamente con la elaboración de la problemática relativa a

la concepción del mundo, por lo que son exclusivamente portadores de una carga metodológica y científica particular. Semejante afirmación exige una determinada comprensión y precisión. Puede entenderse esta afirmación como la primera reacción natural de los filósofos marxistas a las pretensiones de algunos filósofos burgueses intérpretes de la cibernética, la teoría de la información, la teoría general de sistemas; de manera especial de los "positivistas sistémicos"[29] o de los "positivistas de la cibernética", quienes querían sustituir la filosofía por uno u otro enfoque científico general que pretendían presentar como una nueva concepción del mundo. Y en este sentido, el subrayar la inexistencia de las pretensiones a una concepción del mundo en los fenómenos científicos generales, desempeñaba un papel importante, al igual que la afirmación de que están basados en la concepción filosófica del mundo y orientados con fines metodológicos.

La concepción del mundo no es sólo filosofía. La filosofía del materialismo dialéctico es el núcleo de la concepción del mundo, su fundamento teórico. Y se sabe que la concepción del mundo posee otros aspectos, que están relacionados, no únicamente con la filosofía, sino con las ciencias particulares. Sin embargo, si la problemática de la concepción del mundo se forma en el seno de las ciencias particulares, ¿por qué ha de estar ausente de los enfoques y disciplinas científicos generales? ¿Por qué ha de producirse un vacío al pasar de la problemática relativa a la concepción del mundo de las ciencias particulares a la concepción filosófica del mundo?

En realidad no observamos ningún vacío, pues en los enfoques y métodos científicos generales hay un contenido de concepción del mundo. Ya el propio término enfoque expresa una determinada relación del hombre hacia el mundo, mientras que lo científico general y la sistematicidad teórica de los fenómenos investigados posee un elemento de concepción del mundo claramente expresado. La concepción del mundo, en tanto que sistema generalizado de opiniones sobre el mundo y sobre el lugar del hombre en el mundo, incluye, sin duda alguna, un enfoque general, una concepción sobre la naturaleza y la sociedad a partir de puntos de vista sistémicos, cibernéticos, informáticos, probabilísticos, y conduce a la formación del correspondiente "estilo" de cosmovisión.

No obstante, aunque *restablecemos* los derechos de la función de concepción del mundo de los enfoques científicos generales en el conocimiento, la orientación y la actividad práctica

del hombre, enfatizamos resueltamente la diferencia entre la "visión científica general del mundo", la función de concepción del mundo de los fenómenos científicos generales y la función de la filosofía como concepción del mundo. ¿Dónde hallar esta diferencia? Se encuentra en el tipo y el nivel de la concepción del mundo, al igual que en el tipo y nivel de la metodología. La concepción filosófica del mundo, como acertadamente han señalado V. A. Lektorski y V. S. Shviriov,[30] está relacionada con el problema fundamental de la filosofía, el de la relación entre la materia y la conciencia, entre el ser y el pensamiento, relación de la que se abstraen, en grado sumo, todos los fenómenos científicos generales, poniendo énfasis, solamente, en lo general del ser y la conciencia. Por lo tanto, la diferencia entre los fenómenos científicos generales y la filosofía no está en que los primeros sean sólo metodología, mientras que la filosofía es concepción del mundo y metodología universal. La diferencia estriba en que la concepción científica general del mundo no es idéntica a la filosófica, sino que se basa en esta última.

Por ello consideramos que los enfoques científicos generales cumplen una limitada función como concepción del mundo en el proceso de conocimiento del mundo circundante. Poseen también la función de un determinado componente científico general del cuadro del mundo, la cual, como se sabe, al igual que la concepción del mundo, la forma no sólo la filosofía, que ejerce exclusivamente el papel de fundamento teórico, sino toda la ciencia en su conjunto, en sus manifestaciones científicas particulares y generales.

Al subrayar la diferencia del aspecto relativo a la concepción del mundo de los fenómenos científicos generales y la filosofía, no debemos ir muy lejos en esta diferenciación, como a veces se hace en aparente defensa de la filosofía. Objetivamente, la absolutización de las diferencias entre la filosofía y los fenómenos científicos generales no está a favor, sino contra la filosofía, ni contribuye al ulterior fortalecimiento de la unión entre la filosofía y las ciencias particulares. Por esta razón, es muy importante subrayar la estrecha vinculación entre la teoría dialéctico-materialista y los enfoques y métodos científicos generales, y el hecho de que las ideas de los niveles especiales y científico-generales que se elaboran en los marcos de los mismos y en los de diferentes métodos matemáticos, son orgánicamente inherentes al método dialéctico y penetran en sus conceptos y principios más importantes. Es por ello que las in-

vestigaciones filosóficas desempeñan un papel nada despreciable en la formación, difusión y utilización de las ideas científicas generales. De esta forma, los fenómenos científicos generales se "colman" de dialéctica y sirven de conductores de las ideas, principios y proposiciones dialécticas. La dialectización de la ciencia contemporánea se refuerza sustancialmente como resultado del desarrollo y aplicación de los enfoques científicos generales y es ésta una de sus más importantes funciones gnoseológicas, condicionada por su estrecha relación con la filosofía, por la concreción científico general y el enriquecimiento de las ideas dialécticas en su nivel.

En este sentido, estamos obligados a hacer una observación debido a la opinión de que la dialéctica se refiere sólo al nivel de la metodología filosófica y que no actúa, ni puede hacerlo, como metodología científico-concreta.[31] De acuerdo con esta opinión, resulta que la metodología no es dialéctica a nivel científico-concreto, y la dialéctica se mtroduce en las ciencias particulares exclusivamente por medio de la filosofía. En realidad, las cosas no son así; existen investigaciones que muestran cómo la dialéctica penetra las ciencias especiales, cómo transcurre la dialectización consciente y espontánea de la ciencia actual.[32] Además, en cualquier proposición construida de acuerdo con las reglas de la lógica formal, como subrayó Lenin, "podemos (y debemos) descubrir (...) los gérmenes de *todos* los elementos de la dialéctica, y con ello demostrar que la dialéctica es una propiedad de todo conocimiento humano en general".[33]

No se trata de que la metodología filosófica sea dialéctica y que la científica particular y la científica-general especial no lo sean, sino una vez más, del tipo, el nivel y la forma de existencia; de la existencia de una dialéctica filosófica y una no filosófica, al igual que de lo científico general filosófico y lo científico general de otro nivel. Gracias precisamente a que la dialéctica existe en todos los niveles —filosófico, científico general y científico especial—, a que no está limitada a la esfera de la filosofía, es que puede realizar, a partir de esta esfera donde existe en su forma más rica y perfecta, el movimiento dialéctico hacia otros niveles y formas del conocimiento científico, y ejecutar la dialectización global de la ciencia. Los fenómenos científicos generales ocupan en este proceso de dialectización un puesto bien definido y, al vincularse a la dialéctica filosófica, contribuyen a la ulterior profundización

de la influencia de la filosofía sobre las ciencias particulares y a la dialectización de la ciencia a cuenta de *su* potencial dialéctico.

En lo que respecta a la influencia general de la filosofía sobre las ciencias particulares y los fenómenos científicos generales, hay que señalar que no es un proceso idéntico a la dialectización, pues las ideas filosóficas no se reducen sólo a la dialéctica, sino que abarcan un campo más amplio de ideas y principios —aunque están íntimamente vinculados con la dialéctica cuando se trata de la teoría de la dialéctica materialista.

Si hoy se manifiesta la función metodológica de los enfoques científicos generales, sólo en el futuro se desplegará con amplitud, su función metateórica, como V. N. Sadovski demostró convincentemente en el ejemplo del enfoque sistémico y la teoría general de los sistemas. La función metateórica de la teoría general de los sistemas consiste en que es la metateoría de las teorías especiales sobre sistemas, mientras que el enfoque sistémico actúa como metaenfoque de los métodos sistémicos especializados. En general, la metateoría tiene como finalidad estudiar algunas teorías —y el metaenfoque, estudiar otros enfoques y métodos más particulares—, sus objetos, las fronteras dentro de las que son aplicables los conceptos y principios, sus interrelaciones, la argumentación de las proposiciones básicas, etcétera. En el enfoque sistémico mismo la parte metatórica no actúa en forma pura, sino que se fusiona con otras funciones y componentes de este complejo fenómeno de la ciencia contemporánea. Por supuesto, las funciones metateóricas son inherentes, al igual que todas las demás que tratamos aquí, no sólo a la doctrina sobre sistemas, sino a las que tratan de la información,[34] los símbolos, los sistemas simbólicos. Por ello, se necesitan generalizaciones especiales, investigaciones de las funciones metateóricas de los enfoques científicos-generales, tal como se ha hecho con el enfoque sistémico y la teoría general de los sistemas.

Al pasar a la siguiente función importante de los métodos científicos-generales, función relacionada con la matematización de la ciencia, observaremos de inmediato que se manifiesta de la forma más elaborada en los métodos matemáticos. El carácter científico general de los métodos matemáticos fue comprendido ya en la antigüedad, y llegó a adoptar a veces formas místicas en los pitagóricos y sus seguidores. Ideas sobre lo científico general formaban parte de la matemática universal

de Descartes y de las concepciones acerca de la característica universal de Leibnitz y otros.

Muchos conceptos de las matemáticas poseen un carácter científico general en el sentido de que los rasgos y propiedades de la realidad objetiva reflejados por esta ciencia han sido abstraídos de las estructuras y cualidades concretas de los objetos y procesos materiales. En la definición más general del objeto de la matemática, ofrecida por A. D. Alexandrov, ésta aparece como ciencia sobre las formas y relaciones, tomadas haciendo abstracción de su contenido.[35] Es evidente que esta definición resulta más general que la ofrecida por Bourbaki, pues incluye también los objetos matemáticos sin estructura, tanto de la matemática teórica de conjuntos como de la constructiva.

> Debido a que estas relaciones y formas son propiedades indispensables de todos los objetos y fenómenos del mundo material, inseparables de otras propiedades —cualitativas— de estos objetos y fenómenos, puede hablarse entonces de la universalidad de los métodos y procedimientos matemáticos del pensamiento, que despiertan la atención de los investigadores de todas las ramas del conocimiento.[36]

Todos los métodos aquí examinados están relacionados con los medios matemáticos o con los lógico-matemáticos de investigación y, en uno u otro grado, cumplen la función de matematización del conocimiento. Debemos tener en cuenta que la matematización va acompañada de la formalización del conocimiento científico tanto en la comprensión amplia como en la especial de la formalización, cuando ésta actúa en su variante lógica. Por ello puede hablarse de funciones estrechamente relacionadas de la matematización y la formalización de la ciencia, las cuales se realizan con ayuda de los métodos científicos generales, en particular, mediante las diferentes variantes de los sistemas teóricos generales y especiales.

La siguiente función gnoseológica de los enfoques científicos generales en el conocimiento consiste en el traslado de conocimientos de una región de la ciencia a otra —esta función puede denominarse de traslación—. Por ejemplo, la función de dialectización está relacionada, en cierto grado, con el traslado de conocimientos de la filosofía a las ciencias particulares por medio de los fenómenos científicos generales. Pero esto es válido no sólo para la filosofía, pues el traslado de conoci-

mientos se realiza también mediante la interacción y penetración mutua de un enfoque y método científico general con otros.

Además, la transmisión de ideas y medios matemáticos utilizados por las diferentes variantes de las teorías matematizadas, se produce también al nivel científico especial de utilización de diversas representaciones científicas generales, así como por medio de los conceptos generales de distintos enfoques.

El traslado de una u otras ideas del fenómeno científico general va acompañado por la transformación y adaptación de ellas al objeto y a los métodos de la disciplina científica, a que se aplica, y también por el enriquecimiento del propio enfoque científico general por medio de los conceptos de las ciencias particulares. No es casual, por ejemplo, que algunos conceptos del enfoque sistémico tengan una génesis biológica claramente expresada, la cual ha sido tomada, en cierto sentido, de otras disciplinas científicas, de la misma forma que algunos conceptos de la teoría de la información tienen su origen en la termodinámica.

La traslación de conocimientos en el curso del movimiento científico general se realiza por analogía, basada en la generalidad de algunos rasgos de los objetos estudiados por una y otra ciencia. Como se sabe, las conclusiones por analogía son probabilísticas y no incontestables, por lo que en unos casos la analogía puede ser útil y en otros, inconsistente.

Por tanto, el traslado de conocimientos sobre la información y la teoría de la información a la economía de la ciencia o a la informática, resultó injustificado. En algunos de los primeros trabajos en el campo de la utilización del concepto de información en la economía —como sucedió también en algunas otras ramas del conocimiento sociohumanístico— este concepto se utilizaba en el mismo sentido que en la teoría de la comunicación. Sin embargo, semejante analogía no resultó productiva al tratar el problema de la información en la economía. Por ejemplo, en la economía de la ciencia, en principio, no puede utilizarse la concepción teórico-informativa de la información científica como determinación —indeterminación eliminada—, debido a que la información científica, si refleja adecuadamente su objeto, debe fijar no sólo la determinación, sino, simultáneamente, la indeterminación que también le es propia. La concepción teórico-informativa de la información, como determinación, es aplicable a las tareas de la teoría de la

comunicación, pero no puede ser trasladada sin un análisis previo allí donde sea más cómodo; el propio Shannon se opuso a los intentos de semejante traslado.

En informática, la indeterminación de la información científica se contempla como uno de los principios más importantes para la formación de la actividad científico-informativa.[37] La indeterminación de la información científica está íntimamente relacionada con su determinación. En este caso, la indeterminación no sólo está provocada por circunstancias subjetivas, sino también objetivas, y éstas no pueden ser eliminadas de la ciencia ni de la actividad de los informáticos. Sólo la consideración concreta de estos dos tipos de determinación e indeterminación de la información científica permite elaborar procedimientos adecuados en la informática, dirigidos a la optimización del aseguramiento informativo de la ciencia contemporánea y a la liquidación de la crisis informativa.

El hecho de la generalidad de algunos rasgos inherentes a la transmisión de información en equipos técnicos y en los procesos cognoscitivos de la sociedad resultó claramente insuficiente, pues esos mismos rasgos no son esenciales para el traslado de conocimientos sobre información de la teoría de la información a la informática. Al mismo tiempo, el resultado negativo de estas analogías no es, en términos generales, un argumento contra ulteriores traslados de los conocimientos sobre la información. Por el contrario, aquí se manifestó también el "papel positivo de lo negativo": la inconsistencia mostrada por la analogía estimuló un enfoque más profundo que consideró la naturaleza, lo específico de los procesos científico-informativos en la sociedad.

Globalmente, en el desarrollo de los conocimientos sobre la información y otros fenómenos científicos generales, la analogía desempeña un importante papel, como sucede en la modelación, que se basa en la analogía. En las ramas de la ciencia muy vinculadas a la cibernética y a la teoría de la información, tiene lugar una especie de modelación informativa. La indeterminación que yace en el fundamento del enfoque probabilístico-estadístico de la información se traslada a los enfoques combinatorios, topológicos y de otros tipos del conocimiento del aspecto cuantitativo de la información, en el cual ya han sido descubiertas las fronteras de semejante modelación indeterminada de la cantidad de información. Esta extrapolación de representaciones indeterminadas sobre la infor-

mación, también posee sus aspectos positivos, ya que estimula su crítica y la creación de concepciones nuevas y más adecuadas sobre la naturaleza de la información, las que influyen en la aplicación del enfoque informativo.

El traslado de información de una rama de la ciencia a otra está íntimamente relacionado con su generalización, con la creación de concepciones, tanto científicas particulares como generales, en las cuales las representaciones primarias entran frecuentemente como casos particulares. En esencia, el aparato conceptual de muchos métodos científicos ha alcanzado un nivel tal de generalización que han pasado a integrar la clase de conceptos denominados científicos generales. En este caso, la aplicación de los métodos científicos generales está monolíticamente relacionada con la formación de conceptos científicos generales. Dicha aplicación no sólo conduce a la traslación o a la promoción de ellos desde una rama del conocimiento a otra, sino también a generalizaciones, a la manifestación de nuevas formas singulares y, con ello, a la utilización en otras ciencias de un espectro más amplio de conocimiento sobre los fenómenos científicos generales.

La generalización y, al mismo tiempo, el traslado de los conocimientos transcurre, frecuentemente, como resultado de procesos lógicos inductivos, donde el establecimiento de la existencia de unos u otros rasgos generales en varias ciencias sirve de determinado fundamento para la formulación de hipótesis sobre la existencia de objetos reflejados por fenómenos científicos generales en la nueva ciencia. Esta hipótesis se ve confirmada en esta ciencia particular, como regla general, y ante todo, en el nivel de contenido, y después, por analogía, se hace la conclusión inductiva acerca de la necesidad de búsqueda de estos fenómenos en una u otra ciencia en su forma particular, e incluso, en su expresión cuantitativa.

El desarrollo de los fenómenos científicos generales en la ciencia actual conduce, con frecuencia, a la síntesis del nuevo conocimiento. Por ejemplo, en la cibernética, las concepciones antes imprecisas sobre la transmisión de información y la toma de decisiones, han comenzado a examinarse hoy como un proceso de eliminación de la indeterminación. Un proceso análogo tiene lugar en otro enfoque de la síntesis de los conocimientos sobre la comunicación y el control, proceso que se realiza en la teoría informativa del control. En este caso, se manifiesta con mucha claridad la conocida proposición de que,

como resultado de la síntesis, aparece algo nuevo, irreducible a la simple suma de los conocimientos existentes de la unificación.

Con frecuencia, durante la interacción de las ramas del conocimiento científico, se obtiene de todas formas una síntesis incompleta o primaria. En el caso de síntesis primaria se produce la simple suma de los rasgos inherentes a uno u otro tipo, a una forma particular de conocimientos sintetizados, sin necesidad de crear concepciones lógicas o metodológicas cualitativamente distintas, las cuales aparecen más tarde.

La síntesis del conocimiento con ayuda de los métodos científicos generales no sólo ocurre en el nivel inferior, científico particular, sino en el propio medio formado por los fenómenos científicos generales: conceptos, principios, métodos y problemas. La propia complejización de los enfoques científicos generales es uno de los ejemplos de la síntesis científica general. Puede constatarse que la investigación y utilización de las formas y medios científicos generales del conocimiento científico, otorga un poderoso impulso a la síntesis del conocimiento filosófico el que se ve compelido a referirse nuevamente a su propia naturaleza, a su diferencia del conocimiento científico general y, con ello, a pasar a una nueva etapa de autorreflexión sintética.

Los medios científicos generales del conocimiento son, en sí, una síntesis del conocimiento científico particular —de la síntesis horizontal— y del científico particular y filosófico —de la síntesis vertical—, lo que se expresa en el lugar de estos fenómenos científicos generales entre la filosofía y las disciplinas particulares. Lo expuesto puede observarse fácilmente en el ejemplo del desarrollo de las más importantes ideas y conceptos sistémicos, por ejemplo, del concepto de integridad. La idea de integridad penetró en las investigaciones sistémicas y en las orientaciones investigativas científicas generales cercanas a ellas, digamos, la cibernética, y las ciencias particulares, por ejemplo, la biología, tanto como resultado de las investigaciones científicas especiales, bajo la influencia de los datos de una u otra ciencia particular, como de la filosofía, como resultado de lo cual dicha idea se enriqueció para actuar ahora como principio científico general, en el que, en un todo científico general único, entró el conocimiento filosófico y el científico particular.[38]

La siguiente importante función ejercida por los métodos científicos generales en la ciencia actual puede llamarse "co-

municativo-traductora". Esto significa que cualquier enfoque científico general sirve de lenguaje general que asegura la comunicación y el entendimiento mutuo de los científicos, inalcanzables en forma plena cuando estos utilizan sus lenguajes y métodos de investigación especiales.

El movimiento del conocimiento de una región a otra, mediante la utilización de enfoques científicos generales, debe ir acompañada por la traducción de un lenguaje científico a otro, y por la elaboración de un lenguaje común entre especialistas. Los conocimientos científicos generales se convierten en el intermediario que contribuye a la comprensión y a la interpretación común de aquellas ideas y proposiciones científicas que se desarrollaron antes con relativa autonomía y fuera de las relaciones con otras ideas científicas. Gracias a los fenómenos científicos generales, los representantes del estilo humanístico de pensamiento establecen contactos con los especialistas del ciclo natural-técnico de las disciplinas científicas, lo que no sólo contribuye a la síntesis de los conocimientos en la frontera de estos tres grupos principales de la ciencia moderna, sino que fortalece la unidad de la ciencia en su conjunto.

En resumen, la síntesis del conocimiento es una de las principales operaciones cognoscitivas que conducen al surgimiento del nuevo conocimiento; con ellas están en estrecha relación los enfoques científicos generales. De todas formas, la función sintetizadora viene a ser un componente en la función heurística general de los medios científicos generales del conocimiento. Los nuevos conocimientos se producen también por los caminos del análisis y la deducción, los cuales se utilizan extensamente en las ciencias particulares durante la aplicación de los medios de investigación científicos generales.

La aplicación de métodos científicos generales no sólo está acompañada de la aparición de lo nuevo, sino también de la sistematización y el ordenamiento del conocimiento anterior. Esto es completamente natural. La sistematización, la clasificación y el ordenamiento del conocimiento forman una función inmanente a toda disciplina científica y a la ciencia en su conjunto, complementando la función de incremento de los nuevos conocimientos. Todavía más, en la actualidad, la sistematización del conocimiento y su efectiva transmisión no es menos importante que la producción de uno nuevo, pues acentuar exclusivamente la obtención de nuevos conocimientos junto a una insuficiente sistematización de los acumulados, es una de las causas de la crisis informativa que existe hoy en la ciencia.

Los enfoques científicos generales contribuyen en grado sumo a la realización de la función de sistematización, clasificación y ordenamiento de los conocimientos científicos —y no sólo científicos— y ayudan a tomar conciencia de lo que representa la ciencia como sistema integral y ordenado, así como a la utilización de los principios científicos generales en la sistematización de los conocimientos. La efectividad de los enfoques investigados en la ejecución de estas funciones no ofrece dudas: en esencia, se trata de un medio nuevo, suficientemente potente, que unifica y sistematiza el conocimiento científico.

Sólo hemos enumerado las funciones gnoseológicas que consideramos más importantes de los métodos científicos generales en la ciencia actual, los cuales forman un sistema integral, sistema que evidencia la efectividad y universalidad de estos métodos en el conocimiento científico.

[1] Marx, C., F. Engels: *Obras completas*, ed. cit., t. XX, p. 607.

[2] Kédrov, B. M.: "Marx y la unidad de las ciencias naturales y sociales", en *Voprosi Filosofii*, No. 5, p. 6, 1968.

[3] Frolov, I. T.: *La ciencia contemporánea y el humanismo*, Moscú, 1974; también *El progreso de la ciencia y el futuro del hombre*, Moscú, 1975.

[4] Afanásiev, V. G.: *La información social y la dirección de la sociedad*, pp. 104-110, Moscú, 1975.

[5] Kédrov, B. M.: "El camino dialéctico de la síntesis teórica del conocimiento científico moderno"; Ukraíntsev, B. S.: "El vínculo entre las ciencias naturales y sociales en el conocimiento científico", en *Síntesis del conocimiento científico contemporáneo*, Moscú, 1973.

[6] Ya ha comenzado la investigación filosófico-metodológica de estos procesos. Ver "Lo específico de las ciencias técnicas", en *Problemas metodológicos y sociales de la técnica y las ciencias técnicas*, No. 2, pp. 163-224, Moscú, 1974.

[7] Algunos de estos problemas fueron caracterizados en el artículo de Fedoséev, P. N.: "La filosofía y las ciencias naturales", en *Filosofía y ciencias naturales*, pp. 9-11, Moscú, 1974.

[8] La excepción la constituyen los trabajos sobre sociología de la ciencia y aspectos sociales de la transformación de la ciencia en fuerza productiva directa.

[9] Sobre esto, ver Fedoséev, P. N.: *op. cit.*, pp. 7-9.

[10] Ver la *Síntesis del conocimiento científico moderno*, Moscú, 1973; Slavskaya, N. P.: *Problemas filosóficos del desarrollo de la ciencia actual*, Moscú, 1974; Chepikov, M. G.: *La integración de la ciencia*, Moscú, 1975; Akchurin, I. A.. *La unidad del conocimiento científico-natural*, Moscú, 1974.

[11] "Desde posiciones partidistas", en *Voprosi Filosofii*, No. 1, p. 51, 1974; "La dialéctica y el conocimiento científico moderno", en *Voprosi Filosofii*, No. 3, pp. 75-76, 1973.

[12] Sobre la influencia de la filosofía en la formación de los conceptos de la teoría de los sistemas ver Petrushenko, L. A.: *La unidad de lo sistémico, lo organizativo y el automovimiento*, Ed. Misl, 1975.

[13] Engels, F.: *Anti-Dühring*, p. 405, Editorial Pueblo y Educación, La Habana, 1975.

[14] Ver Kusmín, V. P.: *Los principios de lo sistémico en la teoría y la metodología de Carlos Marx*, Ed. Politizdat, Moscú, 1976.

[15] Ver Gott, V. S. y A. D. Ursul: *La certidumbre y la incertidumbre categorías del conocimiento científico*, Ed. Snanie, Moscú; Vizir, P. I. y I. D. Ursul: *Dialéctica de la certidumbre y la incertidumbre*, Kishiniov, Moscú, 1976.

[16] Vernadski, V. I.: "De la herencia filosófica", en *Voprosi Filosofii*, No. 12, p. 107.

[17] Sadovski, V. N.: *Fundamentos de la teoría general de los sistemas*, p. 10 Ed. Naúka, Moscú, 1974.

[18] Ver Blauberg, I. V. y E. G. Iudin: *Establecimiento y esencia del enfoque sistémico*, p. 254, Ed. Naúka, Moscú, 1972.

[19] *Ibid.*, p. 254.

[20] Ver Sadovski, V. N.: *op. cit.*, pp. 38-39.

[21] Ver Orudzhev, Z. M.: *La dialéctica como sistema*, pp. 247-260, Editorial de Ciencias Sociales, Ciudad de La Habana, 1978.

[22] Biriukov, B. V.: "Problemas de metodología en el Congreso Internacional de Cibernética", en *Voprosi Filosofii*, No. 9, pp. 162-163, 1970.

[23] Ver Jozin, G. S.: "Ciencia y técnica, ideología y política", en *Voprosi Filosofii*, No. 1, p. 71, 1973.

[24] *Ibid.*

[25] Ver Konstantinov, F. V.: "La lucha ideológica en la etapa actual y las tareas de la ciencia filosófica", en *Voprosi Filosofii*, No. 6, p. 3, 1973.

[26] *Ibid.*, p. 7.

[27] Ver Shilin, K. I.: "La 'revolución ecológica' en la ciencia occidental actual"; en *Voprosi Filosofii*, No. 11, 1972.

[28] Chepikov, M. G.: *op. cit.*, p. 221.

[29] Este término se utiliza en el libro de V. G. Afanásiev antes citado, pp. 82-83.

[30] Ver Lektorski, V. A. y V. S. Shviriov: "Problemas filosóficos-metodológicos actuales del enfoque sistémico", en *Voprosi filosofii*, No. 1, p. 130, 1971.

[31] Ver Blauberg, I. V. y E. G. Iudin: *op. cit.*, pp. 97-98.

[32] Omelianovski, M. E.: *La dialéctica en la física actual*, Ed. Naúka, Moscú, 1973; Ursul, A. D.: "La filosofía, las ciencias naturales y la revolución científico-técnica", en *Fundamentos filosóficos de las ciencias naturales actuales*, Ed. Naúka, Moscú, 1976.

[33] Lenin, V. I.: *Obras completas*, t. XXXVIII, p. 353, Editora Política, La Habana, 1964.

[34] A esto prestamos atención, conjuntamente con B. V. Biriukov y V. N. Trostnikov, en el posfacio del libro de Grishkin I. I.: *El concepto de información. Aspecto lógico-metodológico*, pp. 209-218, Ed. Naúka, Moscú, 1973.

[35] Ver Alexandrov, A. D.: "Matemática", en *Enciclopedia filosófica*, t. III, p. 329, Ed. Sovietskaia Enziklopedia, Moscú, 1964.

[36] Chepikov, M. G.: *op. cit.*, pp. 90-91.

[37] Ursul, A. D.: "El problema de la certidumbre de la información científica", en *Actualidades de la información científica*, No. 6, La Habana, 1974.

[38] Ver Abramova, N. T.: *Integridad y control*, Ed. Naúka, Moscú, 1974.

CAPÍTULO IV

LOS MÉTODOS DE LA MATEMÁTICA CONTEMPORÁNEA Y LA MATEMATIZACIÓN DEL SABER

Uno de los rasgos característicos de la revolución científico-técnica contemporánea es la creciente aplicación de los métodos matemáticos en los más diferentes campos de la ciencia y la técnica. Este proceso, acertadamente denominado matematización del conocimiento científico-técnico, abarca en la actualidad aquellas ramas de la ciencia que se consideraban antes inaccesibles a la investigación por medio de métodos matemáticos, en razón de su extrema complejidad: biología, lingüística, economía, y muchos otros.

En realidad, la complejidad de los objetos de investigación de dichas ciencias, lejos de excluir, presupone la necesidad de aplicar los métodos exactos y abstractos de las matemáticas.

Es cierto que los métodos de la matemática clásica, que habían surgido influidos por las exigencias de la mecánica, la astronomía y la física, resultan con frecuencia poco adaptables al análisis de los sistemas complejos, en desarrollo. Pero no puede olvidarse que la matemática contemporánea se diferencia considerablemente de la del siglo pasado, al formarse definitivamente sus métodos clásicos y, sobre todo, el análisis matemático. En el siglo XX, la matemática sufrió una auténtica revolución que condujo a una grandiosa ampliación de las esferas de aplicación de sus métodos y a una comprensión cualitativamente nueva del objeto mismo de sus investigaciones.

Ante nuestros ojos han aparecido, y se desarrollan intensivamente, nuevas disciplinas que aplican ampliamente los métodos matemáticos, tales como la teoría de la información y otras secciones de la cibernética, la teoría de los juegos, la programación lineal y dinámica, la investigación de operaciones, la toma de decisiones y muchas otras dedicadas al análisis de procesos y situaciones muy complicadas que tienen lugar en las ciencias biológicas, económicas y humanísticas.

La aplicación de los métodos matemáticos en estas ciencias se vio obstaculizada en el pasado por la ausencia de medios de cálculo efectivos. Las máquinas computadoras de acción

rápida permitieron un auténtico salto en el desarrollo de la matemática y la técnica de computación. A su vez, esto elevó, en grado considerable, la efectividad de los métodos matemáticos en la solución de tareas científicas teóricas y aplicadas.

Sin embargo, independientemente de la importancia de los métodos de cálculo para la solución de tareas aplicadas, ellos no agotan el conjunto de métodos y medios de la matemática contemporánea. Precisamente, la particularidad más asombrosa de la matematización actual del conocimiento científico es la utilización, en forma creciente, de aquellos métodos de la matemática en los cuales los problemas de medición de magnitudes y de análisis numérico no desempeñan un papel determinante. Puede hablarse realmente de la matematización de una u otra ciencia únicamente cuando los métodos matemáticos comienzan a aplicarse, no sólo a la elaboración de los resultados de mediciones y cálculos, sino también a la búsqueda de nuevas leyes; en la constitución de teorías más profundas y, en particular, en la creación del lenguaje formal especial de la ciencia. Es evidente que los métodos matemáticos no pueden suplir la ausencia de una información empírica lo suficientemente fiable, la insuficiencia de conocimientos fácticos, ni la falta de un aparato conceptual desarrollado en el campo de investigación de que se trate. Pero en presencia de una información organizada y completamente comprobada, las formas abstractas y los modelos matemáticos brindan la posibilidad de buscar las sujeciones a leyes que dirigen los fenómenos investigados, así como deducir de ellas todas las consecuencias necesarias.

En este capítulo se intentan analizar los rasgos y tendencias más característicos del proceso de matematización del conocimiento científico contemporáneo. En un sentido amplio, la matematización significa la utilización de diversos métodos matemáticos en las distintas etapas investigativas de las ciencias particulares, desde la astronomía hasta la sociología. Por supuesto, no existe la más mínima posibilidad de enumerar todos estos métodos, aunque sea brevemente, en un solo trabajo. Un análisis semejante supone una investigación especial. En todo caso, cualquier persona que emprenda el estudio de una u otra rama de la ciencia, e incluso los especialistas, obtienen una representación más concreta de ella a medida que asimilan los materiales de la ciencia en cuestión. Debido a que las distintas ciencias se diferencian por un nivel desigual de matematización, nos parece razonable analizar algunas ten-

dencias generales de este proceso y considerar la riquísima experiencia en la aplicación de métodos matemáticos, acumulada en campos de las ciencias naturales como la astronomía, la mecánica y la física, que emplean ampliamente las matemáticas.

Para alcanzar una idea más clara de la importancia y perspectivas de la matematización de las ciencias concretas, es menester conocer mejor las posibilidades de la matemática moderna. A veces, la actitud negativa hacia la matematización es resultado de que los especialistas de las ciencias particulares no conocen las grandes posibilidades que ofrece la matemática moderna, debido a la extraordinaria ampliación de su objeto y al surgimiento de nuevos métodos de investigación más perfeccionados. Es por ello que antes de comenzar la discusión de los problemas de la matematización, examinaremos brevemente algunas particularidades, cualitativamente nuevas, que distinguen a la matemática actual de la clásica.

1. Objeto y método de la matemática contemporánea. Los modelos matemáticos

Es bien conocido que hasta el siglo XVII la matemática se limitaba al estudio de las *magnitudes constantes* y las dependencias fijas entre ellas. Cuando las demandas de la astronomía y de la mecánica plantearon el problema del reflejo matemático de procesos y del movimiento, comenzó a investigar las magnitudes *variables*.

"La *magnitud variable* de Descartes —señala Engels con relación a lo afirmado— constituyó un punto de viraje en la matemática. Gracias a esto, el movimiento se introdujo en la matemática y con él, la dialéctica, y gracias a esto también resultó, inmediatamente necesario, el cálculo diferencial e integral..."[1]

La aparición del análisis matemático, cuya más importante sección la forma el cálculo diferencial e integral, constituyó una etapa cualitativamente nueva en la historia de las matemáticas. Los nuevos métodos de análisis ampliaron inconmensurablemente las posibilidades de aplicar la matemática a otras

ciencias y, como es de suponer, ante todo, a las ciencias naturales y técnicas. A pesar de esto, y casi hasta la mitad del siglo pasado, el objeto de investigación de la matemática siguió siendo, como regla general, las magnitudes constantes —matemática elemental— o las magnitudes variables —el análisis matemático, denominado con frecuencia matemática superior.

No asombra, por tanto, que en los siglos XVIII y XIX muchos matemáticos definieran su ciencia como la ciencia sobre medición de magnitudes. Esta definición de la matemática fue ofrecida en el siglo XVIII por D'Alembert, en la muy conocida *Enciclopedia Francesa,* que gozaba de gran autoridad entonces. El conocido científico alemán K. F. Gauss defendía una opinión casi igual en el siglo pasado.

Además, debe prestarse atención al hecho de que el propio concepto de magnitud resultaba vago y, en todo caso, no estaba definido con precisión. Esto parece explicarse por la circunstancia de que la matemática no trata directamente con magnitudes, sino con las cifras que las expresan. No es casual entonces que muchos científicos consideraran que la esencia de la matemática yacía, precisamente, en la investigación de las propiedades y dependencias entre números.[2]

Por consiguiente, casi hasta la mitad del siglo pasado, la matemática realmente tenía como objeto principal de investigación las propiedades métricas y las relaciones entre distintos tipos de magnitudes. Por supuesto, no estudiaba las propiedades concretas de las magnitudes concretas, sino las propiedades y relaciones de naturaleza matemática, es decir, haciendo abstracción de su contenido cualitativo. Debido a que en la literatura matemática el concepto de magnitud, e incluso el de número, se identifica frecuentemente con el de cantidad, resulta corriente que toda la matemática que estudia dependencias entre magnitudes se califique de cuantitativa.

Muchos autores, deseosos de subrayar la diferencia sustancial entre la matemática contemporánea y la precedente, se refieren, con frecuencia, a la primera, como matemática *cualitativa,* mientras caracterizan a la segunda como *cuantitativa.* A pesar de que desde el punto de vista filosófico dicha contraposición nos parece insatisfactoria, no es menos cierto que presta atención a los importantes cambios sufridos por la matemática contemporánea. Estos cambios están relacionados, ante todo, con la ampliación de su objeto y la profundización del grado de conocimiento de sus objetos. Por supuesto, las

nuevas tendencias vinculadas a la elevación del grado de abstracción de las teorías y los métodos de las matemáticas maduraron gradualmente en las entrañas de la matemática del siglo pasado e incluso antes.

El descubrimiento más revolucionario dentro de este proceso fue la posibilidad de existencia de nuevas geometrías, diferentes a la de Euclides. La creación por N. I. Lobachevski y Bolyai de la geometría hiperbólica no euclidiana y de la geometría elíptica por Riemann, demostró convincentemente lo fructífero de un enfoque más abstracto y general del estudio de los objetos de la geometría. La geometría de Euclides, creada tres siglos antes de nuestra era, se consideraba la única doctrina matemática posible sobre las propiedades del espacio físico que nos rodea. Como se sabe, esta opinión fue incluso elevada por Kant al rango de doctrina filosófica, lo cual fue un obstáculo de consideración para el reconocimiento de las ideas de la geometría no euclidiana por parte de los científicos.

La creación de la geometría no euclidiana condujo, de forma natural, a una nueva concepción sobre la esencia del espacio matemático y su diferencia del espacio físico. Mientras que Euclides por "punto", "recta" y "superficie", conceptos de partida de la geometría, entendía ciertos objetos idealizados del mundo circundante, David Hilbert, con una concepción más moderna sobre la geometría, entiende por ellos cualquier sistema de cosas.[3] La naturaleza concreta de estas cosas, su contenido, no desempeñan ningún papel en los marcos de la investigación matemática. Por esta razón, pueden considerarse como puntos, por ejemplo, los números reales utilizados como coordenadas, los estados de los sistemas mecánicos o físico-químicos e incluso las sensaciones de colores. A la geometría contemporánea le interesa analizar aquellas propiedades generales y formales de estos objetos que se expresan por medio de axiomas. O lo que es lo mismo, los axiomas de la propia geometría euclidiana pueden describir, no sólo las propiedades de los objetos idealizados que tenía en cuenta Euclides, sino cualesquiera otros, cuyas propiedades y relaciones satisfagan sus axiomas.

Por supuesto, ese enfoque abstracto maduró gradualmente y no sin lucha y oposición, tal como lo evidencia la historia del surgimiento y desarrollo de la geometría no euclidiana. Incluso en el álgebra, donde se puede simbolizar cualquier objeto, y considerar cualquier operación bajo la acción de la "división" o la "multiplicación", cuyas propiedades son en mu-

cho análogas a la división y la multiplicación aritméticas, la concepción generalizadora y abstracta sobre su objeto se vio obstaculizada por el peso de las representaciones tradicionales, en tiempos en que su objetivo principal se consideraba la solución de ecuaciones y sus sistemas.

El paso a la matemática moderna fue preparado, en primer lugar, por la amplia utilización del *método axiomático* después del descubrimiento de las geometrías no euclidianas y, en segundo lugar, por la aparición, en el último cuarto del siglo pasado, de la *teoría abstracta de los conjuntos*, creada por G. Cantor. En esta teoría, cualesquiera objetos matemáticos, sean éstos números, funciones, vectores, matrices, se estudian desde un mismo punto de vista. Todos pueden considerarse elementos de un determinado conjunto y, por consiguiente, estarán sujetos a todas las correlaciones y leyes establecidas por la teoría de los conjuntos.[4] Por otra parte, si las propiedades y relaciones entre objetos de una determinada teoría matemática tienen que ser expresados mediante axiomas, su creación quedará entonces reducida a la deducción de consecuencias lógicas a partir de los axiomas, es decir, de los teoremas. Los problemas y criterios para una correcta deducción lógica se estudian detalladamente en la lógica matemática, que se ha desarrollado intensivamente en la última mitad del presente siglo.

La síntesis de las ideas teóricas sobre conjuntos con el método axiomático condujo a la fundación del concepto *estructura matemática abstracta*, fundamental para toda la matemática moderna.

A partir de los años treinta, un grupo de conocidos matemáticos franceses, que actuaban bajo el seudónimo de N. Bourbaki, emprendieron la osada tarea de construir toda la matemática existente sobre la base del concepto de estructura, pues consideraban la matemática, en su forma axiomática, como la acumulación de formas abstractas, es decir, de estructuras matemáticas.[5] ¿Qué se considera entonces por estructura matemática?

Como se afirma en el artículo programático "La arquitectura de la matemática", de N. Bourbaki:

> El rasgo general de las diferentes estructuras (. . .) es que son aplicables a un conjunto de elementos cuya naturaleza no está definida. Para determinar la estructura se ofrecen una o varias relaciones en las cuales se encuen-

tran sus elementos (...) después se postula que la relación o relaciones en cuestión satisfacen determinadas condiciones, las cuales son enumeradas y constituyen los *axiomas* de la estructura examinada, equivale a deducir las consecuencias lógicas de los axiomas de la estructura, renunciando a *cualesquiera otras suposiciones* relativas a los elementos examinados, en particular, a toda hipótesis referente a su "naturaleza".[6]

El concepto de estructura matemática es una abstracción muy elevada, el resultado de todo un conjunto de etapas consecutivas de abstracciones y generalizaciones. Este tipo de abstracción multiescalonada, o de abstracción de abstracciones, es muy característico en la matemática moderna. Por ejemplo, el concepto de espacio, que surgió ya en la matemática antigua y existió hasta el descubrimiento de las geometrías no euclidianas, reflejaba, en forma idealizada, ciertas propiedades del espacio tridimensional físico. Mediante los métodos de la geometría analítica se puede formar el concepto de espacio de cualquier número finito de dimensiones. Por medio de ulteriores abstracciones, puede arribarse al espacio matemático de dimensiones infinitas de Hilbert.

Un proceso semejante de abstracciones consecutivas lo observamos en el ejemplo del desarrollo del concepto de función, concepto fundamental, tanto en el análisis matemático como en el conjunto de la matemática. En los primeros tiempos, los matemáticos estudiaban las propiedades de funciones concretas como las racionales, las de potencia, las trigonométricas. Más tarde comenzaron a analizar las propiedades generales de cualquier función, haciendo abstracción de la representación concreta de la forma de relación del argumento con la función. Por último, introdujeron en la matemática moderna los conceptos de funcional y operador, que no son más que una ulterior generalización del primitivo concepto de función.

Todos estos ejemplos, cuyo número sería fácil multiplicar, nos convencen de que las abstracciones de abstracciones permiten penetrar más profundamente en la esencia de las propiedades y relaciones que estudia la matemática. Y los conceptos y teorías más profundas resultan aplicables en un grado incomparablemente mayor que los precedentes.

De manera esquemática podemos distinguir tres grandes etapas en la historia de la matemática caracterizadas por el diferente nivel de utilización de las abstracciones. En la primera

etapa, cuando se formaron la aritmética y la geometría, la matemática se abstraía de las propiedades y relaciones cualitativas y concretas de los objetos del mundo circundante. Los conceptos de número y de figura geométrica, e incluso, de los diferentes tipos de figuras geométricas —triángulo, circunferencia, pirámide, esfera— fueron, precisamente, los conceptos que surgieron en la primera etapa de abstracción.

La creación del álgebra y el paso al simbolismo literal permitieron, gradualmente, la aclaración de la idea fundamental, según la cual, en las investigaciones matemáticas, es posible hacer abstracción de las propiedades concretas de los propios objetos matemáticos, es decir, crear abstracciones a partir de abstracciones. De hecho, si en los comienzos el simbolismo algebraico se utilizaba para expresar las dependencias existentes entre números, tal es el caso de las leyes conmutativa y asociativa en la división y multiplicación de cifras, más tarde se descubrió que otros objetos se encuentran sometidos también a estas mismas leyes. Es decir, en la segunda etapa la matemática comenzó a abstraerse no sólo de las particularidades cualitativas y concretas de los objetos reales, sino también de todo un conjunto de propiedades concretas formadas en la primera etapa de los objetos matemáticos. Esta posibilidad se vio reforzada por la introducción de un simbolismo especial y la elaboración de los cálculos correspondientes. Sin embargo, durante esta etapa, las operaciones mismas o las relaciones matemáticas se entendían en un solo sentido, muy preciso.

El paso de la matemática moderna se caracteriza por un mayor crecimiento de su grado de abstracción. Ahora no sólo los objetos matemáticos, sino las relaciones entre ellos, son examinadas desde un punto de vista abstracto. Precisamente, esta circunstancia encuentra expresión en el concepto de estructura matemática abstracta. La naturaleza de los elementos de esa estructura, como ya señalamos, no es esencial para la investigación matemática. En lo que respecta a las relaciones estudiadas, su especificación se realiza con ayuda de axiomas, aunque ésta adquiere sentidos diferentes en dependencia de la interpretación concreta de los conceptos de partida que caracterizan los elementos de la estructura.

A pesar de lo extremadamente abstracto y general de los conceptos, métodos y teorías de la matemática moderna, ésta no se encuentra más alejada de la realidad que la matemática del siglo pasado. Como veremos más adelante, son precisamente

los conceptos y teorías modernos los que abren nuevas posibilidades a la aplicación de los métodos matemáticos al estudio de complicados procesos biológicos y sociales. Estos métodos son frecuentemente calificados de cualitativos pues no se apoyan en conceptos asequibles a medición, sino más bien en la comparación y el ordenamiento. Apoyándose en esto, a veces se afirma que la matemática moderna pasó del estudio de las relaciones cuantitativas a la investigación de las particularidades cualitativas de los objetos y procesos del mundo real.

Nos parece que tales afirmaciones, que encontramos, lamentablemente, hasta en la literatura filosófica marxista, se basan en una insuficiente comprensión de la dialéctica de la cantidad y calidad y en una interpretación incorrecta de los logros de la matemática moderna.

Comencemos por el final. Nadie pondrá objeciones al hecho de que la matemática moderna constituye un peldaño cualitativamente nuevo en el desarrollo del conocimiento matemático. Y en cuanto a la profundidad de las abstracciones y a la amplitud de aplicación de sus teorías y métodos, la matemática de nuestro siglo se diferencia, de manera cualitativa y radical, de toda la matemática precedente.

Pero, ¿puede afirmarse, acaso, que la matemática ha comenzado a investigar las particularidades cualitativas de los objetos y fenómenos? Para mostrar la falta de fundamentación de una afirmación semejante, volveremos de nuevo a un concepto fundamental de la matemática moderna: el concepto de estructura abstracta, en el sentido utilizado por N. Bourbaki. Como señalamos antes, las particularidades cualitativas de los objetos estudiados o de su naturaleza traspasan los marcos de la investigación matemática. De igual forma, en este caso, no reviste interés la interpretación concreta de las relaciones que existen entre los objetos. Todo lo necesario para el ulterior análisis se formula con precisión en axiomas. Por ejemplo, pueden considerarse objetos de la estructura teórica de grupo los números, vectores, matrices, cristales, y también, como explicamos antes, las representaciones sobre las partículas elementales. De correspondencia con lo anterior, por la operación algebraica que verbalmente se expresa como división, puede entenderse tanto la división de cifras en un sentido aritmético como la división geométrica de vectores o la transformación de matrices.

En la teoría de los grupos, ni la naturaleza concreta de los elementos, ni el contenido concreto de las operaciones con ellos realizadas desempeñan papel alguno. Es, precisamente, este

enfoque abstracto y general de la matemática contemporánea, el que con más claridad ilustra el carácter cuantitativo de las relaciones que ella estudia. Pero aquí tropezamos con una antiquísima tradición o, para ser más exactos, con el prejuicio, según el cual las relaciones cuantitativas y la cantidad en general se identifican con una magnitud e incluso con su expresión abstracta: el número. Sin embargo, dicha comprensión, extremadamente estrecha, no sólo de la cantidad, sino también de las relaciones cuantitativas, resulta inconsistente desde un punto de vista filosófico y no coincide con el nivel de desarrollo de la ciencia contemporánea. Sin entrar en una detallada discusión de los problemas relacionados con la categoría filosófica de cantidad, quisiéramos subrayar que las relaciones cuantitativas, es decir, relaciones que dentro de ciertos límites son indiferentes a la calidad, no se limitan ni a la magnitud, ni a la potencia, ni a la figura. A medida que se desarrollan las ciencias concretas y aparecen nuevas teorías y métodos de la matemática, se descubren nuevos tipos de relaciones cuantitativas más profundos y complejos, con ayuda de los cuales resulta posible, en última instancia, un conocimiento más preciso y adecuado de la realidad.

Aunque la contraposición entre la cantidad y la calidad, en un sentido absoluto, carece de todo fundamento, no es menos cierto que en los marcos de la investigación científica, es totalmente admisible, aunque no puede evitarse analizar, de forma especial, las relaciones cuantitativas. Según Engels, para separar estas relaciones en toda su pureza, "es necesario desligarlas completamente de su contenido dejando éste a un lado como indiferente; así llegamos a los puntos sin dimensiones, a líneas sin anchura ni espesor, a las a y a las b, a las x y a las y, a las constantes y a las variables . . . "[7]

De forma análoga, aunque a un nivel muy superior de abstracción, aparece el concepto de estructura matemática. Debido a que en este concepto dejamos a un lado la naturaleza cualitativa de los objetos investigados y el contenido concreto de las relaciones existentes entre ellos, él mismo posee un carácter cuantitativo claramente expresado. Por lo tanto, la concepción de que la matemática es la ciencia sobre las estructuras abstractas no significa su transformación en la ciencia sobre las particularidades cualitativas de los objetos y procesos reales. Al igual que antes, el objeto de investigación de la matemática sigue siendo las relaciones y dependencias cuantitativas, examinadas, es cierto, desde un punto de vista más

amplio, sin limitarse a la magnitud y el número. La estructura de tales relaciones es la misma o, como dicen los matemáticos, isomorfa, para las cosas más diferentes en cuanto a su contenido concreto. Las estructuras más abstractas de la matemática, según su nivel de abstracción, son muy semejantes a la categoría lógico-filosófica de cantidad, aunque nunca coinciden con ésta. Esta diferencia está muy bien ilustrada por las siguientes palabras de Marx:

> ¿Es de extrañar que, en el último grado de abstracción (. . .), toda cosa se presente en forma de categoría lógica? ¿Es de extrañar que, eliminando poco a poco todo lo que constituye la individualidad de una casa y haciendo abstracción de los materiales de que se compone y de la forma que la distingue, lleguemos a obtener sólo un cuerpo en general; que, haciendo abstracción de los límites de ese cuerpo, no tengamos como resultado más que un espacio; que haciendo, por último, abstracción de las dimensiones de este espacio, terminemos teniendo únicamente la cantidad pura, la categoría lógica?[8]

La matemática, aunque investiga el aspecto cuantitativo del mundo real, no analiza la categoría de cantidad como tal. El análisis de esta y otras categorías universales, constituye el objeto de la lógica dialéctica. El objeto de la matemática moderna es el estudio de las relaciones cuantitativas, comprendidas en un sentido bastante amplio. Este punto de vista sobre la matemática es defendido en los trabajos de los prominentes matemáticos soviéticos, los académicos A. N. Kolmorov y A. D. Alexandrov.

> En general —señala A. D. Alexandrov—, en el objeto de la matemática pueden entrar cualesquiera formas y relaciones de la realidad, que posean objetivamente un grado tal de independencia respecto al contenido, que puedan ser totalmente abstraídas de él. Además, en la matemática, no sólo se examinan formas y relaciones abstraídas directamente de la realidad sino también las lógicamente posibles, determinadas sobre la base de las formas y relaciones ya conocidas.[9]

Entre estas últimas, se encuentran las abstracciones de abstracciones antes mencionadas, como por ejemplo, las figuras

en un espacio multidimensional e incluso de dimensiones infinitas. Por supuesto, ellas no pueden ser identificadas con las figuras del espacio tridimensional común, por lo que A. D. Alexandrov las denomina semejantes a las espaciales.

A. N. Kolmogorov considera que:

> el círculo de relaciones cuantitativas y formas espaciales estudiados por la matemática se amplía considerablemente: en él entran las relaciones existentes entre los elementos de un grupo arbitrario, entre vectores, entre operadores en los espacios funcionales, toda la diversidad de formas de los espacios de cualquier número de dimensiones, etcétera. Bajo esta amplia comprensión de los términos "relaciones cuantitativas" y "formas espaciales", la definición de la matemática como ciencia sobre las relaciones cuantitativas y las formas espaciales del mundo real, es aplicable también a esta etapa nueva y moderna de su desarrollo.[10]

Por supuesto, la contraposición de la cantidad a la calidad no es absoluta, puede producirse exclusivamente dentro de ciertos límites, precisamente, en los límites de la categoría de medida. Más allá de esta medida, las transformaciones cuantitativas conducen a cambios radicales, cualitativos, tal como lo demuestra la ley del paso de la cantidad a calidad. Es por ello que, cuando se habla de las relaciones cuantitativas, siempre se subraya que estas relaciones son independientes e indiferentes al contenido, la naturaleza y la calidad de los objetos y procesos, dentro de ciertos límites.

La correlación dialéctica entre la cantidad y la calidad nos permite comprender correctamente la relación entre los métodos concretos científicos cuantitativos, matemáticos y cualitativos de investigación. Como muestra la historia de la ciencia, el estudio de las relaciones cuantitativas de los objetos y procesos mediante métodos matemáticos, permite, a fin de cuentas, una mejor comprensión de sus particularidades cualitativas. También es cierto que las etapas cualitativamente diferentes de la investigación exigen la aplicación de estructuras matemáticas diferentes entre sí. A medida que se descubren las peculiaridades específicas, cualitativas, de formas complejas del movimiento de la materia, como los procesos biológicos y sociales, se hace más evidente la necesidad de crear nuevos métodos y teorías matemáticas para su investi-

gación. Pero sería incorrecto considerar estos hechos como la confirmación de la concepción que asegura que la matemática moderna ha pasado al estudio de las propiedades y relaciones cualitativas del mundo real.

Por extrañas que puedan parecernos las estructuras investigadas en la matemática moderna, ellas siguen siendo estructuras matemáticas, y para su estudio, como antes, siguen utilizándose los métodos puramente abstractos y lógicos y no las observaciones y los experimentos. El concepto de estructura que se aplica en las ciencias particulares no sólo refleja las relaciones entre los elementos del sistema estudiado, sino la naturaleza cualitativa, concreta de estos elementos. Por el contrario, en la estructura matemática, tal como vimos, se hace completa abstracción del estudio de la naturaleza de los elementos mismos.

En esencia, la investigación matemática sólo comienza cuando se establecen, de la forma más general y aproximada, ciertas dependencias cualitativas. La misión del análisis que sigue, se reduce a revelar con precisión en qué relación se encuentran los elementos de los procesos investigados y a expresarlos en el lenguaje de la matemática. Tan pronto se logra el objetivo, el proceso puede estudiarse con métodos puramente matemáticos. Naturalmente, para ello se requiere esquematizarlo y simplificarlo, introducir abstracciones e idealizaciones, en una palabra, no tratar con el proceso real como tal, sino con su esquema o modelo matemático.

Los métodos matemáticos no se aplican directamente al estudio de los fenómenos reales, sino a sus modelos matemáticos. Esto ha significado la aparición de secciones especiales de las ciencias concretas como la economía matemática, la biología matemática, la lingüística matemática y otras que tienen como objetivo principal la creación e investigación de los correspondientes modelos matemáticos.

El modelo matemático, como cualquier otro, es un determinado objeto que sustituye con precisión al original en una relación determinada. Cuando se hace referencia a los modelos materiales, en ellos la sustitución señalada se obtiene, bien a cuenta de la semejanza de estructura —isomorfismo—, bien por analogía en la conducta o funcionamiento del sistema —isofuncionalidad—. Apoyándose en la semejanza de estructura o funciones entre el modelo y el original, la técnica moderna comprueba, calcula y proyecta las máquinas y equipos más complejos. Antes de construir un nuevo avión, su modelo

y algunos de sus componentes se prueban en un conducto aerodinámico. Cuando se proyectan grandes obras hidroeléctricas, también es frecuente que se construyan diferentes modelos, sobre todo, represas, mecanismos de dirección y protección. En todos estos casos, el modelo constituye una copia reducida del original. En otros, los procesos físicos de una misma naturaleza, por ejemplo, las oscilaciones eléctricas, sirven de modelo a procesos de naturaleza totalmente diferente, digamos, a las oscilaciones mecánicas. Es frecuente que tal modelación se considere matemática, pues tanto las oscilaciones eléctricas como las mecánicas se describen por medio de las mismas ecuaciones diferenciales.[11] Sin embargo, la modelación matemática, en el sentido estricto de la palabra, trata más bien con la descripción de procesos modelados en el lenguaje de la matemática que con la comparación de su estructura física. En el último ejemplo, podemos hablar de modelación matemática, precisamente, porque la forma matemática de expresión de las oscilaciones eléctricas y mecánicas es idéntica. Esta forma constituye el modelo matemático de los diferentes procesos oscilatorios. Debido a que la matemática hace abstracción del contenido concreto de los objetos y de sus interrelaciones específicas durante la investigación, el modelo matemático puede examinarse, en el sentido más amplio de la palabra, como una estructura matemática abstracta, en la cual los objetos reales y las relaciones concretas entre ellos, son sustituidos por objetos abstractos y relaciones matemáticas.

Desde un punto de vista semiótico, el modelo matemático constituye un sistema de signos construido con ayuda de un lenguaje lógico-matemático. La diferencia entre este sistema y los demás, consiste en que sus signos o símbolos no son simplemente signos convencionales, como sucede, por ejemplo, en el alfabeto Morse, sino que están sometidos a ciertas reglas de constitución y, sobre todo, de transformación.[12]

El lenguaje que nos permite describir los modelos matemáticos, al igual que las estructuras matemáticas en su conjunto, aseguran la posibilidad de realizar operaciones con los símbolos y de crear los correspondientes cálculos para solucionar los problemas investigados. Esta peculiaridad de los cálculos matemáticos fue bien revelada por Marx en sus *Manuscritos matemáticos*, donde, en el ejemplo del cálculo diferencial, muestra convincentemente el papel operativo del símbolo de diferenciación como "estratagema para la acción", es decir, del

símbolo de las operaciones de diferenciación que están todavía por realizar.[13]

En las aplicaciones concretas de la matemática, hasta ahora ha habido que vérselas casi siempre con el análisis de diferentes magnitudes y de las correlaciones entre ellas. Es por ello que el modelo matemático es frecuentemente definido como estructura abstracta, en la cual las magnitudes reales son sustituidas por conceptos matemáticos, por magnitudes constantes y variables y por funciones.[14] Este enfoque del modelo matemático nos ofrece en su conjunto una adecuada imagen de la dirección fundamental en la matematización del conocimiento científico, ya que esta ahora, en todas las aplicaciones de la matemática a las ciencias naturales, técnicas y sociales, el papel dominante lo ha seguido desempeñando el análisis matemático moderno, apoyándose en el estudio de tipos más profundos y generales de dependencias funcionales entre magnitudes. En este caso, el modelo matemático se reduce, en esencia, a la correspondiente ecuación o sistema de ecuaciones, ya que es precisamente con su ayuda como se expresan las más diversas dependencias concretas entre las diferentes magnitudes constantes y variables.

El surgimiento de algunas secciones de la moderna matemática y los primeros intentos por aplicar exitosamente sus métodos a ciencias como la biología, la psicología, la sociología concreta y otras, plantean el problema de elaborar modelos matemáticos no numéricos. Estos modelos no aspiran a expresar las interrelaciones entre los objetos estudiados con ayuda de números y funciones numéricas. Expresan otras de sus características y relaciones que denominaremos *no métricas*, pues no se basan en mediciones. Además de los bien conocidos métodos algebraicos y de conjuntos, en los últimos años han comenzado a utilizarse los conceptos y métodos de la teoría de los grafos para la creación de modelos matemáticos no métricos. El grafo es un conjunto finito de objetos de naturaleza arbitraria que se denominan vértices. El vínculo entre estos vértices tiene el nombre de arista. En el concepto de grafo, toda la atención está dirigida a la revelación de las interrelaciones entre los elementos de los diferentes sistemas y al establecimiento del carácter y el tipo de dichas relaciones. Con este fin, además de los grafos comunes, existen los grafos orientados, los cuales pueden representar, por ejemplo, relaciones de mayor antigüedad o subordinación en los colectivos y grupos sociales.

Según la opinión del conocido lógico y matemático norteamericano John Kemeny, la teoría de los grafos es un campo de la matemática idealmente adaptado a la descripción exacta de las estructuras sociales.[16] Por supuesto, en todos los modelos conocidos de este tipo se abordan la estructura de los grupos pequeños y las relaciones más simples entre sus miembros, pero ese enfoque limitado ayuda a establecer una serie de importantes leyes que tienen un valor práctico para la sociología concreta y la psicología social.

Existen muchos fundamentos para suponer que los modelos no métricos tendrán una aplicación cada vez mayor en el futuro, en la matematización de ciencias como la biología y las sociales. Todo indica que los modelos no métricos actuales son nada más que una primera aproximación en la representación de las leyes inherentes a los sistemas dinámicos complejos de las formas biológica y social del movimiento de la materia.

Los modelos métricos de la matemática pueden ser divididos en dos grandes clases, de acuerdo al carácter de los pronósticos que permiten.

En la *primera clase*, entran los modelos que, en presencia de una información apropiada, ofrecen pronósticos determinados y de significado único. Un ejemplo clásico de este tipo de modelo lo tenemos en las ecuaciones diferenciales de la mecánica clásica, que fueron formuladas con precisión por Newton. Si disponemos de información sobre las coordenadas iniciales y el impulso de un cuerpo, seremos capaces de determinar, con ayuda de las ecuaciones de movimiento, su situación en cualquier otro momento, tanto en el pasado como en el futuro.

En la literatura especial este tipo de modelo se llama determinístico, lo que desde el punto de vista de la filosofía marxista constituye un error. Es por ello que, en nuestra literatura especial y filosófica, dichos modelos se denominan *dinámicos*.

Los modelos del segundo tipo, son llamados *estadísticos* o *probabilísticos*. Esta segunda denominación acentúa que el pronóstico obtenido con ayuda de este modelo posee un carácter probabilístico. La primera denominación presta atención a la naturaleza estadística de la información, sobre el cual se confecciona el pronóstico. La segunda denominación matiza mejor lo específico del tipo mismo de modelo matemático, por lo que nos parece más acertado. En principio, son posibles los modelos probabilísticos para una información de carácter no estadístico.

Un buen ejemplo lo tenemos en los diferentes modelos probabilísticos para la lógica inductiva. De todas formas, en la ciencia contemporánea y, sobre todo, en la física, la biología, la sociología y la economía, el peso específico de los modelos probabilísticos basados en el análisis estadístico de la información empírica, es inconmensurablemente mayor que el de los modelos con información no estadística.

El rasgo característico de los modelos matemáticos del segundo tipo es el carácter probabilístico de los pronósticos que se obtienen con su ayuda. Tanto en la física estadística clásica como en la mecánica cuántica contemporánea, la aplicación del aparato matemático de la teoría de las probabilidades no permite pronosticar con rigurosa precisión, sino únicamente dentro de los límites de la distribución de probabilidades. Con frecuencia, es esta particularidad la que conduce a la subestimación de los modelos probabilístico-estadísticos. Sin embargo, hay que tener bien presente que cuando se trata de la investigación de acontecimientos masivos casuales o reiterados, ningún otro modelo matemático es capaz de expresar mejor las leyes estadísticas y específicas que los modelos del tipo teórico-probabilístico. En toda una serie de casos, los modelos probabilístico-estadísticos resultan más cómodos y efectivos para consideraciones prácticas. Así sucede, por ejemplo, en la solución de muchos problemas de la estadística física, biológica y social.

En otros casos, la aplicación de modelos probabilísticos está dictada por la naturaleza misma de los procesos investigados. La ciencia tropezó, por primera vez, con estos procesos al estudiar las leyes del movimiento de las partículas más pequeñas de la materia: átomo, electrones, protones, en la mecánica cuántica.

Todos estos datos evidencian que aunque los pronósticos de los modelos probabilísticos poseen una exactitud inferior a los dinámicos éstos resultan a veces menos realistas, pues idealizan considerablemente el complicado cuadro real de los fenómenos.

En los casos en que es posible semejante simplificación —por ejemplo, en muchas tareas de la mecánica terrestre y celeste—, la utilización de los modelos dinámicos resulta muy fructífera. Allí donde se requiere tomar en cuenta la acción conjunta de un considerable número de partículas o factores hay que apelar a la creación de modelos probabilísticos.

Tanto los modelos dinámicos como los estadísticos de la matemática pueden utilizarse exitosamente incluso para la des-

cripción y la explicación de los fenómenos. Como es de suponer, en este caso no debe olvidarse que ni los modelos matemáticos ni los lógicos, por sí mismos, sin información empírica complementaria, son capaces de asegurar una explicación o un pronóstico. La profundidad de la explicación y la precisión del pronóstico no dependen tanto de la perfección de los modelos lógico-matemáticos utilizados como de la profundidad y adecuación de la teoría de contenido concreto en la cual se apoya el modelo lógico-matemático. Es por ello que, en la literatura, esos modelos se examinan a veces como parte de modelos informativos más generales.[16] Al tiempo que la parte propiamente informativa de ellos contiene datos, generalizaciones, leyes y teorías que se refieren a la base empírica de la ciencia especial correspondiente, la parte matemática o numérica abarca todo aquello que es necesario para deducir nuevas conclusiones, a partir del conocimiento existente. Aunque al utilizar modelos matemáticos para la solución de problemas concretos de la ciencia pasan a primer plano sus funciones deductivas, no hay que olvidar que la propia elaboración del modelo es imposible sin apelar a la inducción y la analogía. Son precisamente éstas las que empujan el pensamiento del científico hacia generalizaciones e hipótesis fructíferas y ayudan a descubrir los vínculos entre datos que antes parecían desvinculados. Sin embargo, ni la inducción ni la analogía por sí mismas, garantizan que se encuentre el modelo correcto, sino el probable. Sirven exclusivamente de medio heurístico para la búsqueda de la verdad. La comprobación de la justeza de esta suposición o hipótesis se logra mediante las conclusiones que se desprenden del modelo propuesto. Pero, para ello, es necesario interpretar en el lenguaje empírico del original la conclusión expresada en el lenguaje del modelo.

En resumen, el proceso de creación, análisis y comprobación del modelo matemático puede representarse esquemáticamente en forma de las siguientes cinco etapas de la investigación.

Primera etapa, creación del modelo informativo del fenómeno, que contiene generalizaciones e hipótesis sobre la esencia del mismo.

Segunda etapa, establecimiento de la estructura o forma matemática que describe las dependencias entre magnitudes constantes y variables que forman parte de esta descripción. En el caso de modelos no métricos, se toman en cuenta otros factores o características del proceso.

Tercera etapa, análisis lógico-matemático del modelo matemático propuesto. La tarea más importante de este análisis consiste en la deducción de consecuencias a partir de la hipótesis. Para ello se utilizan, además de los principios y reglas deductivas de la lógica deductiva, todo el aparato matemático aplicable tanto de cálculo como teórico.

Cuarta etapa, interpretación de los corolarios matemáticos obtenidos en el lenguaje empírico del original. Con este fin, las proposiciones matemáticas se correlacionan con determinadas afirmaciones empíricas; por ejemplo, los puntos geométricos se examinan como puntos materiales, las líneas rectas como rayos de luz. El carácter de tal interpretación depende, en grado sumo, del problema investigado.

Quinta etapa, comprobación directa de las proposiciones empíricas obtenidas en la etapa precedente con los resultados de la observación o del experimento especialmente preparado.

Para evitar incomprensiones ulteriores al tratar los modelos matemáticos, los examinaremos en un sentido amplio, es decir, como ciertas estructuras abstractas creadas para la investigación matemática de los procesos reales. En lo que respecta a la concepción del modelo como interpretación de una determinada estructura matemática, de signos —punto de vista que obtuvo gran difusión en la lógica, a partir de los años treinta, con la aparición de la teoría matemática de los modelos—, la misma tiene un interés especial, sobre todo, para la lógica matemática y la fundamentación de la matemática. Bajo este enfoque, en esencia, el modelo es una interpretación, esto es, algo más concreto y rico en contenido que el propio sistema de signos.[17] Sin embargo, en la ciencia y la técnica, la mayor parte considera por modelo la imagen, el esquema, la copia, o sea, algo más abstracto y formal que el original. En efecto, nadie considera a Moscú como modelo de su plan o mapa. De la misma forma, cuando se habla de la modelación matemática de los fenómenos reales se tiene en cuenta la estructura matemática de estos fenómenos. Estas observaciones no disminuyen el valor de la teoría especial de los modelos, sino que sirven exclusivamente para precisar la terminología.

Después de esta breve exposición de la esencia y los principios de la construcción de modelos, pasaremos ahora a un análisis más detallado de ciertos postulados generales referentes a la aplicación de modelos matemáticos en diferentes campos de la ciencia contemporánea.

2. Aspectos métricos y no métricos de la matematización

La mayoría de los métodos matemáticos que se utilizan para la caracterización cuantitativa de las dependencias estudiadas por una u otra ciencia concreta pueden denominarse condicionalmente como funcionales. En realidad, la interrelación y la interdependencia de las diferentes magnitudes que caracterizan los procesos más diversos por su naturaleza concreta pueden ser expresadas por medio de funciones matemáticas. Por ello, es natural que los métodos del análisis matemático de estas funciones resulten más efectivos para la investigación cuantitativa de los fenómenos.

El análisis matemático contemporáneo dispone de poderosos métodos de investigación matemática de los diferentes tipos de dependencias funcionales que van, desde los métodos clásicos del cálculo diferencial e integral, hasta el moderno análisis funcional.

Como regla general, en los problemas aplicados las magnitudes investigadas se expresan con ayuda de cifras. Es por ello que las leyes que formulan la relación entre estas magnitudes pueden ser reducidas a determinadas correlaciones entre cifras. Este postulado no sólo se refiere a las magnitudes variables, sino también a las constantes, estudiadas en la matemática elemental.

Todo proceso de medición se basa, como es sabido, en la atribución de cifras a las magnitudes que se encuentran en el proceso investigado.

Toda la dificultad para formar los llamados conceptos *cuantitativos* radica, precisamente, en encontrar unidades para la medición de las correspondientes magnitudes. Mientras más complejos sean los fenómenos estudiados, más difícil será someterlos a una valoración numérica. No es casual que la más amplia aplicación de los métodos matemáticos se produzca en la investigación de formas del movimiento como la mecánica, la molecular, la electromagnética, la interatómica, y de otros procesos. Como regla general, es, precisamente, en las ciencias sobre la naturaleza inorgánica donde los procedimientos de medición se hacen más simples. Esto resulta mucho más difícil en las ciencias sobre la naturaleza orgánica; y sobre todo allí donde hay que considerar los sentimientos, las sensaciones, los

pensamientos y las opiniones de los hombres la medición parece ser, por principio, imposible. Sobre esta base, dichos fenómenos se consideran, frecuentemente, no sujetos a matematización. En la literatura soviética, un punto de vista semejante fue defendido en los años treinta por el académico A. N. Krilov. Escribió:

> Hay que recordar que existe un conjunto de "magnitudes" al cual es aplicable el concepto de "más" y "menos", pero que no son mensurables, por ejemplo: la inteligencia y la estupidez, la belleza y la fealdad, la valentía y la cobardía, la ingeniosidad y la obtusidad, etcétera. Para medir estas magnitudes no existen unidades, ni pueden expresarse mediante cifras; estas "magnitudes" no forman parte del objeto de la matemática.[18]

Como vemos, en calidad de conceptos cuantitativos o magnitudes figuran aquí los conceptos de la psicología, la estética y la ética. Es habitual que los enemigos de la matematización se refieran precisamente a ellos para reforzar sus posiciones. Pero, ¿resultan lo suficientemente convincentes dichos ejemplos?

Es difícil sostener que los métodos matemáticos han encontrado la misma aplicación en las ciencias humanísticas que en las naturales. También es cierto que en aquéllas existen determinadas dificultades, las cuales tienen que ver, ante todo, con el establecimiento de escalas ordenadas para los valores de las magnitudes que se encuentran en esas ciencias. Por ello, resulta frecuente que en estas ciencias los investigadores no se limiten a los conceptos cuantitativos —métricos—, sino utilicen a otros más débiles: los comparativos. Así, puede hablarse de un grado mayor o menor de sentimiento, de inteligencia, de belleza, a la vez que parece ser extremadamente artificial valorar estos conceptos mediante un número. Por supuesto, si se trata de la trasmisión de sensaciones subjetivas a partir de impresiones, por ejemplo, de obras de arte, el enfoque puramente cuantitativo pasa entonces a un segundo plano. Pero tan pronto como intentamos pasar de los criterios de valoración subjetivos e intersubjetivos a los objetivos, aparece la necesidad de utilizar conceptos exactos, que son precisamente los de la matemática. No es casual por ello que la armonía en el arte se base en leyes matemáticas perfectamente determinadas.

También hay que tomar en cuenta que el establecimiento de procedimientos para la medición de unas u otras magnitudes y la elaboración de los correspondientes conceptos métricos constituyen un proceso histórico. Hubo un tiempo en que la temperatura de los diferentes cuerpos solamente podía describirse con ayuda de sensaciones subjetivas bien imprecisas. Esta imprecisión se debe a que, sin un termómetro, es muy difícil establecer el grado de calentamiento de un cuerpo: a una persona puede parecerle que un cuerpo está más caliente que otro, mientras que otra puede pensar distintamente, sobre todo cuando la diferencia de temperaturas es pequeña. E incluso una misma persona, bajo la influencia de distintos factores, puede valorar incorrectamente la información de las sensaciones de calor. Sólo después que se estableció un procedimiento para la medición de la temperatura y se inventó el termómetro pudo hallarse un procedimiento objetivo para la valoración de esta magnitud física.

La ciencia aspira a introducir esos mismos procedimientos objetivos para la medición de otras magnitudes y propiedades, incluyendo algunas tan complejas como las psíquicas. Es suficiente recordar, en este sentido, la conocida ley de Weber-Fechner, ley que determina la dependencia entre la intensidad de la sensación respecto a los factores correspondientes del medio exterior, por ejemplo, la sensación de presión sobre la piel a partir de diferentes pesos. Para establecer esta ley fue necesario encontrar una escala ordenada de los valores de intensidad de las sensaciones. Es decir, que la condición previa para la introducción de los conceptos métricos es la utilización de los conceptos *comparativos* correspondientes, o sea, la evaluación de las propiedades estudiadas en términos de "más", "menos" o "igual".

Aunque los conceptos comparativos nos ofrecen menos información que los métricos, de todas formas, son completamente necesarios en determinadas etapas del desarrollo de la ciencia. Los métodos de la matemática moderna y de la lógica nos brindan la posibilidad de disponer de un conocimiento exacto y demostrativo sobre ellos.

La introducción de conceptos cuantitativos —métricos— se basa en la medición de las magnitudes correspondientes. Sin embargo, más elemental que la medición es el simple conteo de objetos, como resultado de lo cual surgieron históricamente los números naturales. Pero el conteo nos da, exclusivamente,

números no negativos, es decir, distintos números positivos y el cero, correspondiendo este último a un caso especial de suma en que el conjunto carece de elementos. La ulterior ampliación del concepto de número está ligada a los procesos de medir diferentes tipos de magnitudes.

El procedimiento más simple es el de medir magnitudes *extensivas*, entre las cuales se incluyen, por ejemplo, la longitud y el peso. El rasgo distintivo de tales magnitudes consiste en que, al unir dos objetos, el valor que se obtiene con esta magnitud extensiva será igual a la suma aritmética de las distintas magnitudes.

Es más que sabido que para la determinación, por ejemplo, del peso de dos cuerpos, basta simplemente sumar el peso de cada uno de ellos. Las magnitudes de ese género se denominan con frecuencia *aditivas*, pues cumplen con el principio de aditividad: el valor conjunto de semejante magnitud se halla por medio de la suma de los valores numéricos de cada magnitud. En este caso, la misma operación física de unir dos cuerpos *a* y *b*, que disponen de determinados valores *M(a)* y *M(b)*, puede ser bien diferente. Así, para pesar un cuerpo se sitúan pesos en una balanza, para medir la longitud de un sólido se hacen coincidir los extremos.

Si indicamos la operación específica de unir dos cuerpos por un círculo, el principio de aditividad puede expresarse simbólicamente de la siguiente forma:

$$M\ (a \circ b) = M(a) + M(b)$$

Además de las reglas de aditividad, necesitamos de otras dos para la medición de magnitudes extensivas. Una de ellas caracteriza el procedimiento con el cual se determina la equivalencia de tales magnitudes. La otra tiene que ver con la selección de la unidad de medición. Precisamente, es esta última regla la que permite expresar el valor de las magnitudes por medio de números. Es habitual que en calidad de unidades se escojan cuerpos normalizados o patrones. Por ejemplo, en el sistema métrico decimal, la unidad de medición es el metro patrón, la de peso —masa—, el kilogramo.

La determinación de la unidad de medición desempeña un papel decisivo cuando se miden magnitudes *no extensivas*, como es el caso de la temperatura de un cuerpo. Es evidente que en este caso no se cumple el principio de aditividad: si mezclamos diferentes volúmenes de agua a temperaturas de 40° y

60° la nueva temperatura no será igual a 100°. En este caso, el procedimiento mismo de medición se complica y en lugar de tres reglas se requieren cinco reglas de medición. La complicación de estas reglas está relacionada con un procedimiento más difícil para determinar la unidad de medición. Por ejemplo, para medir la temperatura, estamos obligados a adoptar un determinado estado del cuerpo, digamos, la temperatura de congelación del agua como valor cero, y la temperatura de ebullición como segundo valor seleccionado —100 grados en la escala Celsio.

Cuando situamos un termómetro de mercurio en agua fría y después en otra en ebullición, podemos observar sucesivamente los niveles de mercurio en el tubo. Ya en esta etapa seremos capaces de comparar objetivamente con mayor precisión la temperatura de dos cuerpos, aunque esa comparación, expresada en términos de "más", "menos" o "igual", no indica en cuántos grados de temperatura un cuerpo aventaja, o está por debajo de otro. Para pasar a los conceptos métricos es menester disponer de una escala graduada de temperaturas. Hay que adoptar la importante regla que sigue: si la diferencia entre dos cualesquiera volúmenes de mercurio en el tubo es igual a la diferencia entre los dos volúmenes correspondientes, la escala mostrará entonces una diferencia igual de temperaturas. Si dividimos esta escala en 100 —u otra cantidad— partes iguales, obtendremos la unidad de medición de la temperatura: el grado. De forma semejante se establecen las unidades de medición de otras magnitudes no extensivas.[19]

Los procedimientos empíricos para medir diferentes magnitudes se realizan dentro de los marcos de las ciencias concretas. Pero desempeñan un papel muy esencial en la investigación posterior, ya que es precisamente, en el proceso de medición, donde se obtienen las cifras y se utilizan los métodos matemáticos.

Independientemente de la precisión con que midamos en la práctica las magnitudes físicas o de otro tipo, como resultado de la medición obtendremos siempre sólo números racionales, es decir, números enteros y quebrados. Por ejemplo, podemos medir la longitud de una barra con una exactitud de centésimas, milésimas e incluso millonésimas partes de un centímetro, pero en todos los casos su longitud se expresará mediante un número racional.

Los números irracionales, al igual que los imaginarios, los complejos y los hipercomplejos, no surgen como resultado de la medición de magnitudes concretas, sino que se introducen en la ciencia para expresar determinadas dependencias teóricas. Por ejemplo, los antiguos griegos sabían que la diagonal del cuadrado era inconmensurable por su lado. Pero este resultado fue obtenido con ayuda de razonamientos puramente lógicos y no mediante una medición empírica. De la misma forma, los números imaginarios y complejos aparecieron por primera vez en el álgebra, durante la elaboración de la teoría de solución de ecuaciones, más tarde recibieron una interpretación geométrica, y sólo después encontraron una aplicación fructífera en la solución de los problemas de la mecánica, la física, la electro y la radiotécnica. Es claro que la utilización de tipos más complejos de números presupone un aparato conceptual más profundo y desarrollado no sólo de la propia matemática, sino de aquella rama de la ciencia en la cual esos números se aplican. Lo mismo sucede con otros conceptos y métodos de la matemática. Mientras más profundamente penetre nuestro conocimiento en la esencia de los fenómenos investigados, más elevado será el nivel de abstracción de los conceptos y teorías creados para ello y se hará de mayor actualidad la aplicación de métodos matemáticos más desarrollados y exactos.

Ya en las etapas tempranas de la civilización, los hombres manejaban las operaciones matemáticas más simples: la cuenta y la medición. Se sabe que las raíces de la formación de los conceptos primarios de la matemática y, en particular, del número, llegan a la época del neolítico. Este proceso se vio considerablemente acelerado en el período de las primeras civilizaciones de Oriente: Egipto, India, Babilonia y China. Fue precisamente durante ese período cuando la matemática aparece como ciencia, pero en los primeros tiempos, sobre todo como ciencia práctica e incluso empírica destinada a satisfacer las demandas de la agricultura, la medición de tierras y las actividades de construcción y bélicas.[20] Sin embargo, ya en esos momentos aparece gradualmente la tendencia al examen abstracto de sus conceptos y operaciones, lo cual, a fin de cuentas, condujo a la conversión de la matemática en una ciencia teórica en la antigua Grecia.

A medida que la matemática se convertía en una ciencia teórica abstracta se sentía con más fuerza la necesidad de aplicar sus ideas, métodos y aparato a una descripción más

exacta del mundo circundante. Aunque ya en la antigüedad, sobre todo en los trabajos de Arquímedes, se observan intentos esporádicos por aplicar los métodos matemáticos a la investigación de los fenómenos de la naturaleza, su utilización sistemática comienza en la época del Renacimiento, cuando aparecen las ciencias naturales experimentales.

En el proceso del conocimiento científico-natural, los métodos matemáticos pueden utilizarse exitosamente durante las etapas empíricas y teóricas de la investigación. En la primera de ellas, cuando el científico se ocupa de la elaboración de los resultados de observaciones y experimentos, se ve obligado a realizar numerosas mediciones y comparaciones, considerar los márgenes de error, detectar las correlaciones entre las magnitudes investigadas y realizar generalizaciones y conclusiones simples. En todos estos casos recibe una ayuda valiosa de los métodos estadísticos de elaboración y análisis de los datos de la observación. Sin embargo, en la ciencia moderna, el papel de la matemática no se reduce exclusivamente a la elaboración numérica de los datos de la observación y el experimento. Los métodos matemáticos se utilizan también para organizar y conducir de la manera más efectiva el propio experimento. Este es el fin que se propone la teoría estadística de planificación del experimentado, de reciente surgimiento.

De todas formas, independientemente de la importancia del papel de la matemática para la elaboración cuantitativa de los datos de la investigación empírica, la importancia de sus métodos sólo se pone completamente de manifiesto en la etapa teórica de la investigación. Es en este estadío de la ciencia cuando comienzan a utilizarse ampliamente los conceptos abstractos y sus interrelaciones, y la matemática es el mejor instrumento para el estudio de esas relaciones abstractas. Precisamente por eso, la matematización de una determinada rama de la ciencia está íntimamente vinculada con el desarrollo de su aparato conceptual y, por consiguiente, con el grado de maduración teórica alcanzado por ella. En los siglos XVII y XVIII los resultados más importantes en la matematización del conocimiento científico se lograron en el campo de la mecánica terrestre y celeste, de la hidrodinámica, la óptica y otras ramas de las ciencias naturales exactas basadas en los principios de la mecánica.

La investigación experimental de los problemas de la mecánica exigía renunciar a los métodos anteriores, especulativos, para solucionarlos. Esto permitió la utilización de los métodos cuantitativos exactos para el estudio de los fenómenos. No es

casual por ello que Galileo, quien fue el primero que comenzó a utilizar sistemáticamente el método experimental en el análisis de los problemas de la mecánica, aplicara también la matemática a su estudio cuantitativo.

"La filosofía —señaló— está escrita en un libro grandioso, abierto siempre a todos y a cada uno, me refiero a la naturaleza, pero sólo puede comprenderla aquél que aprendió a entender el lenguaje y los signos con que está escrita. Lo está en un lenguaje matemático, y sus signos, en fórmulas matemáticas."

Esta valoración extraordinariamente elevada del método matemático en general y del simbolismo matemático en particular no solamente resulta característica en Galileo. Todo el clima espiritual de la época del Renacimiento y de la Edad Moderna estimulaba la búsqueda de nuevos métodos matemáticos para la solución de problemas técnicos y científicos formulados por el desarrollo acelerado de las fuerzas productivas de la naciente sociedad burguesa. Pero si en sus investigaciones Galileo tuvo que apoyarse en un aparato matemático poco perfeccionado, Newton creó para la solución de estos problemas métodos muy efectivos, los cuales fueron llamados más tarde cálculo diferencial e integral.[21]

Los *Principios matemáticos de filosofía natural*, de Newton, obra en la cual la mecánica fue construida por primera vez sobre sólidos basamentos matemáticos, contribuyó, en gran medida, a la penetración profunda de los métodos matemáticos en las ciencias naturales exactas y en las técnicas.

Como se sabe, el cálculo diferencial e integral constituye el fundamento del análisis matemático a partir del cual surgen después algunas de sus secciones más importantes, como la teoría de las ecuaciones diferenciales, el cálculo variacional, la teoría de las funciones de la variable compleja y real y otras. Las ideas del análisis matemático penetran también en otras ramas independientes de la matemática, como en la geometría y el álgebra. Ya en el siglo XVII surge la geometría analítica, y después la diferencial. El álgebra comienza a tratarse como la doctrina sobre las propiedades de las funciones algebraicas, es decir, como la parte algebraica del análisis matemático. A partir del siglo XVII, el análisis se convierte paulatinamente en la parte fundamental de toda la matemática. La influencia benéfica de alguna de sus ideas fundamentales como la variable, la función, el límite y otras, se hace sentir en todas las disciplinas matemáticas. Por medio del análisis, la matemática siente la influencia de las demandas de las ciencias naturales y la

técnica. Bajo el influjo de estas exigencias aparecen, además de secciones ya clásicas como la teoría de las ecuaciones diferenciales, el cálculo variacional y otras, una rama tan importante de la moderna matemática como el análisis funcional.

El aparato del análisis matemático, y sobre todo las ecuaciones diferenciales, es aplicable a la solución de los problemas que enfrenta la mecánica y la astronomía. Su propio planteamiento exige una considerable simplificación e idealización de las situaciones reales. En muchos casos, esas idealizaciones resultan verdaderamente fructíferas, como lo muestra la práctica de aplicar modelos funcionales de tipo dinámico. En estos modelos casi siempre hay que analizar el paso de un estado del sistema, como el mecánico, a otro, en el que el estado mismo del sistema se describe con pocos parámetros. Por ejemplo, en el caso de un sistema mecánico, es suficiente conocer las coordenadas iniciales y el impulso. Si hay que estudiar sistemas estáticos, la tarea es más fácil aún. Por lo tanto, en todas las teorías que tratan del paso de un sistema desde un estado a otro pueden utilizarse con éxito las representaciones mecánicas visuales y los modelos matemáticos de tipo dinámico. Casi hasta finales del siglo pasado, esos modelos desempeñaron un papel dominante en la ciencia; incluso, el propio Universo se representaba en forma de un sistema mecánico grandioso, cuyos estados sucesivos predeterminados en un solo sentido por el estado inicial. Esta idea fue claramente formulada ya en el siglo XVIII por el científico francés Laplace. "Debemos examinar el estado actual del Universo —escribió— como el resultado de su estado precedente y como causa del siguiente."[22]

Laplace, uno de los creadores de la concepción clásica de la probabilidad, consideraba, como es de suponer, la importancia de los métodos probabilísticos aunque veía en ellos nada más que un medio auxiliar de investigación.

Sin embargo, estos métodos conquistaron gradualmente rama tras rama del conocimiento. Los conceptos iniciales de la teoría de las probabilidades aparecieron como resultado del análisis de los juegos de azar, juegos que constituyen la ilustración más simple de las leyes halladas en la teoría y que hoy se utilizan como ejemplos en los manuales.

Según la interpretación clásica, elaborada sobre todo por Laplace, la probabilidad de un acontecimiento se determina como la relación entre el número de acontecimientos favorecidos respecto al número total de acontecimientos posibles:

$$P\ (A) = \frac{m}{n}$$

donde *P (A)* significa la probabilidad del acontecimiento *(A)*, *m* el número de favorecidos y *n* el número de acontecimientos con iguales posibilidades.

Es habitual que los juegos de azar estén organizados de forma tal que aseguren la simetría o la igualdad de posibilidades de los diferentes resultados del juego. Por ejemplo, al lanzar un dado de seis caras, puede esperarse que cada una de ellas caiga con una probabilidad igual a 1/6, pues ninguna cara tiene ventajas sobre las demás, a condición, naturalmente, de que el dado haya sido confeccionado con exactitud. Y aunque por principio hay que considerar como posibles algunos defectos poco importantes, de todas formas el modelo probabilístico que se apoya en la igualdad de posibilidades de los diferentes resultados de la experiencia, es muy útil no sólo para el cálculo de las oportunidades del juego de azar, sino también en otros casos análogos, por ejemplo, en la solución de algunas tareas científicas. En otras palabras, allí donde existe la posibilidad de reducir la tarea a un esquema de acontecimientos con posibilidades iguales, el modelo clásico puede ser utilizado con éxito.

La limitación de la interpretación clásica de la probabilidad consiste, ante todo, en la limitación de su aplicación. Los resultados simétricos o de iguales posibilidades de los acontecimientos en los cuales se basa esta interpretación se encuentra muy esporádicamente en la realidad. Incluso ni un dado o una moneda pueden fabricarse con la precisión que garantice la simetría absoluta de los distintos resultados de una experiencia con lanzamientos. En lo que respecta a los fenómenos casuales o repetibles que se encuentran en la física, la biología y las ciencias sociales, como regla, no se someten a descripción en términos de la interpretación clásica de la probabilidad. Es por ello que esta interpretación dejó su lugar a la frecuencial o estadística, que se basa en observaciones reales sobre el transcurrir de determinados acontecimientos en condiciones experimentales fijadas con precisión, caso en que se entiende por acontecimientos la observación de propiedades, rasgos, o incluso del fenómeno en su conjunto. Por ejemplo, si lanzamos de cualquier forma un dado falsificado, la probabilidad de que caiga en un determinado número no se podrá calcular por el esquema de casos con posibilidades iguales, ya que la caída en

cada una de las caras no tiene la misma probabilidad. Sin embargo, en el caso de una cantidad suficientemente grande de lanzamientos observaremos que, por ejemplo, el seis sale dos veces más que la unidad. Este simple ejemplo muestra que para ampliar el círculo de aplicaciones de la teoría de las probabilidades es necesario encontrar otra interpretación para el propio concepto de probabilidad. Dicha interpretación se apoya en observaciones fáticas de la frecuencia de un determinado acontecimiento en base a observaciones prolongadas. La práctica nos convence de que mientras más frecuente sea un acontecimiento, mayor será el grado de posibilidad objetiva de su aparición o su probabilidad. Aunque la probabilidad, como concepto teórico, nunca coincide con la frecuencia empíricamente determinada, en muchos casos se diferencia poco de la frecuencia relativa hallada como resultado de observaciones muy prolongadas. La experiencia de cada día, y especialmente de la ciencia, confirma que todo un conjunto de fenómenos casuales masivos posee una frecuencia estable. Esta ley fue detectada inicialmente en las investigaciones demográficas, y más tarde durante el estudio de procesos físicos, biológicos y sociales. En muchos de esos procesos hay que tomar en consideración la acción conjunta de multitud de diferentes factores casuales, los cuales se caracterizan por la estabilidad de frecuencia. Por tal razón, los métodos estadísticos han alcanzado amplia aplicación no sólo en las ciencias naturales, sino también en las sociales. No está de más recordar que V. I. Lenin consideraba la estadística como "uno de los instrumentos más poderosos del conocimiento social".[23]

Es bien sabido el gran papel que estos métodos desempeñan en las investigaciones demográficas, económicas, sociales, psicológicas y de otros tipos. Un material estadístico fiable, sometido a cuidadoso análisis con métodos de la estadística matemática, sirve de base a importantes conclusiones teóricas y prácticas. En muchos casos, puede llegarse al establecimiento de leyes que rigen procesos sociales, apoyándose precisamente en datos estadísticos. Por supuesto, en este caso, hay que tener presente que el concepto estadístico de probabilidad solamente es aplicable a aquellos fenómenos que poseen una frecuencia relativamente estable del rasgo investigado. En caso contrario, las conclusiones pueden resultar poco fiables e incluso erróneas.

En la actualidad, los métodos probabilístico-estadísticos comienzan a aplicarse ampliamente en muchas ramas de la eco-

nomía nacional, desde la planificación hasta el control de la calidad de la producción.

Los métodos de la teoría de las probabilidades sirvieron de fundamento para la elaboración de la teoría cuantitativa de la información, la cual desempeña un papel fundamental en todos los procesos de dirección y, en general, en la cibernética. En realidad, todo proceso de dirección siempre está relacionado con la obtención, conservación y elaboración de información, independientemente de la naturaleza de ésta. Debido a ello, surge la necesidad de una definición precisa de la cantidad de información con ayuda de la cual podrían medirse sus más diversos tipos.

La teoría matemática de la información, creada por el científico norteamericano C. Shannon para la solución de los problemas de trasmisión de mensajes en la teoría de la comunicación, más tarde tuvo amplia aplicación en el análisis de los procesos informativos. Esta teoría se apoya en gran medida en consideraciones probabilísticas. De hecho, para determinar la cantidad de información contenida en una comunicación hay que saber en qué medida esta comunicación rebaja el grado de indeterminación o la entropía del sistema en cuestión. En los casos en que el estado del sistema resulta bien conocido, su entropía será igual a cero. En otras palabras, la cantidad total de información en este caso se iguala numéricamente a la entropía del sistema antes de la obtención de la información. En términos generales, la información puede medirse como la diferencia de entropía entre los estados inicial y final del sistema. Por tanto, la determinación de la cantidad de información se reduce al hallazgo del grado de indeterminación o entropía del sistema.

¿Cómo hallar esta entropía? Es evidente que el grado de indeterminación del sistema depende, en primer término, de la cantidad de estados posibles que puede adoptar el sistema. Por ejemplo, al lanzar una moneda sólo son posibles dos resultados —estados— y si se trata de un dado, seis. Por ello puede decirse que el grado de indeterminación en el segundo caso es tres veces mayor que en el primero. Por supuesto, no todos los estados del sistema tienen la misma posibilidad, como en los ejemplos anteriores. En los sistemas reales, incluyendo los equipos técnicos, algunos estados son más probables que otros. Así, los autómatas de dirección se construyen normalmente con un cuidado tal que aseguren la elevada fiabilidad de su funcionamiento. Por lo tanto, la probabilidad de su funcionamien-

to normal es muy superior a la de su rotura. Todo esto demuestra que para la determinación del grado de indeterminación de un sistema físico es menester considerar, además de la cantidad general de los diferentes estados posibles del mismo, la probabilidad de ocurrencia de cada uno de esos estados. El grado matemático de indeterminación o entropía del sistema se expresa en forma de suma del producto de la probabilidad de cada uno de los estados por el logaritmo de esta probabilidad:

$$H(X) = \sum_{i=1}^{n} P_i \log P_i$$

Si el estado del sistema ha sido establecido con seguridad, la obtención de información, como ya se dijo, será igual a la entropía de este sistema. En este caso, la información particular obtenida de una comunicación independiente se podrá caracterizar como el logaritmo de la probabilidad de un determinado estado, indicado con signo contrario, es decir:

$$I_s = -\log P_i$$

Apoyándose en estos conceptos primarios de entropía e información, la teoría matemática puede calcular la cantidad de información en los más diversos procesos de dirección. Por esa razón, dicha teoría desempeña un importantísimo papel en la cibernética, al extremo que ésta se define a veces como la ciencia que "se ocupa del estudio del sistema de cualquier naturaleza capaces de asimilar, conservar y elaborar información y utilizarla para la dirección y la regulación".[24]

En los últimos años, y con relación a la intensiva elaboración de los problemas de dirección, adquiere gran importancia la teoría de la toma de decisiones, la cual utiliza vastamente los conceptos y métodos de la teoría de las probabilidades y la estadística. La forma más desarrollada de ésta es la teoría estadística de las decisiones, la cual está fundamentada en una interpretación frecuencial o estadística de la probabilidad. Pero además de ella se elaboran diferentes variantes de las teorías lógicas que se apoyan en una explicación inductiva de la probabilidad. Como indica la propia denominación, la probabilidad inductiva caracteriza la relación entre premisas y conclusiones en el juicio inductivo. Debido a que las premi-

sas de este juicio confirman la conclusión sólo en cierto grado, con lo que la hacen más o menos veraz, el vínculo entre ellas tiene un sentido probabilístico. Para diferenciar dicha probabilidad de la estadística, se le califica con frecuencia de probabilidad lógica o inductiva. El ejemplo más típico es el de la relación entre los datos experimentales y la hipótesis en las ciencias experimentales. Es evidente que la hipótesis no puede obtenerse de estos datos con ayuda de una deducción puramente lógica. Al mismo tiempo, sólo en presencia de evidencias empíricas confiables puede hablarse de una cierta probabilidad de la hipótesis. La diferencia fundamental de la probabilidad inductiva respecto a la estadística consiste en que si ésta caracteriza las propiedades y relaciones de los acontecimientos reales —de colectivos estadísticos—, la primera analiza la relación entre enunciados —entre las premisas y la conclusión de la inducción—. Esta circunstancia debe tenerse presente cuando abordamos la investigación de diferentes posibilidades apriorísticas en la teoría lógica de la toma de decisiones. Por cierto, la interpretación inductiva de la probabilidad desempeña un papel mucho mayor en la lógica probabilística, cuyos métodos comienzan a utilizarse para el análisis de las generalizaciones, la hipótesis y las teorías de las ciencias experimentales.

Por último, en la literatura actual sobre la teoría de los juegos, toma de decisiones e investigación de operaciones, nos encontramos frecuentemente con el concepto de "probabilidad subjetiva". A primera vista parece que dicho concepto es totalmente inaceptable en la ciencia, pues ésta se propone el descubrimiento de las leyes objetivas del mundo que nos rodea. Sin embargo, esta interpretación no intenta describir procesos objetivos, como hace la concepción estadística, sino que aspira a caracterizar en términos exactos la actividad del sujeto, lo que no carece de importancia en el proceso del conocimiento y en la práctica. Sobre todo, esto resulta evidente en aquellas concepciones de la probabilidad subjetiva que valoran su significación basadas en la preferencia de una acción sobre otra. Además, estas significaciones de la probabilidad están sujetas a limitaciones muy fuertes: deben ser tan coincidentes entre sí que permitan el cumplimiento de las leyes fundamentales del cálculo de probabilidades. Naturalmente, en este caso hay que recordar siempre de qué probabilidad se trata y, al utilizar los métodos probabilísticos, no imponer las correlaciones que caracterizan la actividad del sujeto a los

procesos objetivos. Como bien señala B. V. Gnedenko, "en esas concepciones no hay nada peligroso, a condición de que no se otorgue a las sensaciones subjetivas una probabilidad de significado objetivo en alguna de las etapas del razonamiento o en las conclusiones, cuando dicho significado esté relacionado con el fenómeno estudiado y no con la situación del sujeto pensante".[25]

La peculiaridad más destacada de las diferentes interpretaciones de la probabilidad consiste en que todas ellas, a pesar de su diferente contenido concreto, poseen algunos rasgos generales que figuran como propiedades formales en las definiciones matemáticas. Es cierto que en los sistemas axiomáticos de probabilidades se hace omisión de todo contenido concreto de los fenómenos estudiados o, como se acostumbra a decir, de la interpretación de los términos y proposiciones que entran en ellos; y toda la atención se concentra en el análisis de sus propiedades generales, formales. Gracias a esto, las modernas teorías axiomáticas de probabilidades resultan extensamente aplicables a la investigación de los más diferentes fenómenos en cuanto a su naturaleza concreta. Sin embargo, es en el análisis de los fenómenos casuales masivos o repetibles donde los modelos probabilísticos encuentran mayor utilización. Es por esto que a veces la teoría de las probabilidades se define como teoría que estudia las leyes cuantitativas de los fenómenos masivos o colectivos estadísticos, aunque desde un punto de vista moderno, dicha definición no es inobjetable. De todas formas, abarca el campo más amplio o importante de su aplicación, por lo que resulta muy cómodo en la práctica. Pero no debe olvidarse que, en este caso, la propia teoría de las probabilidades actúa como el modelo matemático de los fenómenos. Para que el modelo sea satisfactorio, desde el punto de vista de su aplicación deberá admitir la posibilidad de su comprobación práctica. El estudio de la correspondencia entre los modelos probabilísticos de los diferentes procesos casuales y la realidad misma, es decir, la comprobación de la adecuación de estos modelos, constituye la tarea principal de la estadística. La estadística matemática moderna ha elaborado un conjunto de criterios según los cuales se resuelve el problema de si una u otra correspondencia entre el modelo y la realidad es lo suficientemente correcta.

Los modelos teórico-probabilísticos no están directamente relacionados con la experiencia y las observaciones empíricas, sino con los correspondientes datos y conclusiones estadísti-

cas. Sin embargo, aquí como en cualquier otra parte, la corrección del modelo teórico está controlada, en última instancia, por la experiencia y la práctica.

Los métodos numéricos de la investigación cuantitativa son aplicables a una extensa gama de tareas. Son los procedimientos más habituales y profusamente difundidos de utilización de la matemática en toda su diversidad. Por ello no es casual que la matemática haya sido definida, ya lo dijimos, como ciencia sobre la medición indirecta de magnitudes por medio de números. Sin embargo, no es difícil advertir que dicha definición no abarca el contenido no ya de la matemática moderna, sino incluso de la del siglo pasado. En ese siglo y en tiempos anteriores, en la matemática surgieron nuevas secciones y disciplinas en las cuales los problemas de la medición no desempeñaban un papel prominente: geometría proyectiva, teoría de los grupos, y después, topología, teoría de los conjuntos.

En los primeros momentos parecía que estas nuevas teorías abstractas tenían solamente un valor dentro de la matemática. Pero el tiempo demostró que son precisamente esas teorías abstractas las que ofrecen la posibilidad de investigar más profundamente las leyes de los procesos reales en la física, la biología, la economía y la técnica.

Como primer ejemplo nos referiremos a la teoría abstracta de los grupos, la que apareció inicialmente en el álgebra vinculada al problema de la solución de ecuaciones de potencias superiores en radicales. Más tarde, en el transcurso del siglo XIX, los métodos teóricos de grupos encontraron numerosas aplicaciones en otras disciplinas matemáticas. Pero sólo a finales del siglo XIX estos métodos comienzan a atraer la atención de los científicos. En 1895, el investigador ruso E. S. Fiodorov, los aplicó a la investigación de la estructura de los cristales y descubrió en éstos a 230 grupos especiales. Sin embargo, la aplicación más sustancial de la teoría de los grupos, en especial de su sección denominada representación de grupos, se produce en la física teórica moderna, es decir, en la teoría de la relatividad, la mecánica cuántica y, en los últimos decenios, en la teoría sobre las partículas elementales. Según la opinión del conocido físico norteamericano F. J. Dayson

> el grandioso papel de la teoría de los grupos en la física se explica por dos factores. En primer término, conforme

a las leyes de la mecánica cuántica, si un objeto físico posee determinada simetría, existirá entonces un grupo de operaciones exactamente definido que conserva esta simetría, y los posibles estados cuánticos del objeto se encontrarán en exacta correspondencia con las representaciones del grupo. En segundo lugar, todos los grupos "bien construidos" y sus representaciones, fueron descritos y clasificados por los matemáticos de una vez por todas, sin relación con las representaciones físicas en los cuales estos grupos pueden ser utilizados.[26]

Diez años antes del descubrimiento de los mesones *pi* (piones) y apoyándose en la teoría de los grupos puramente abstracta, N. Kemmer pronosticó sus principales propiedades físicas.

Fundamentada en la teoría de los grupos, se creó la teoría abstracta de la simetría de las partículas elementales y se ofreció su cómoda clasificación. El logro más relevante de esta clasificación fue el pronóstico de la existencia de una nueva partícula, la cual fue experimentalmente descubierta en 1964 y denominada *barión omega menos*.

En la actualidad, la teoría de los grupos, conjuntamente con las teorías de los campos de matrices de dispersión, constituye uno de los métodos más importantes de la investigación matemática a disposición del físico teórico.

La lógica matemática puede servir de segundo ejemplo. Todavía en los años treinta de nuestro siglo era considerada como una ciencia demasiado abstracta, cuya única inalidad era el análisis de los razonamientos matemáticos —demostraciones—. Después de la elaboración de la teoría de los algoritmos y de las funciones recursivas, se logró obtener, con ayuda de estos métodos, algunos resultados de primer orden en la propia matemática —trabajos de A. Church, P. S. Novikov, A. A. Markov, P. Cohen.

Actualmente, la lógica matemática ha encontrado numerosas aplicaciones técnicas en el análisis y la síntesis de las máquinas computadoras y equipos cibernéticos. El proceso mismo de programación de tareas se apoya en una extensa utilización de los métodos de la lógica matemática.

Todos estos ejemplos, cuyo número podríamos elevar, demuestran convincentemente que el crecimiento de la abstracción de la matemática no significa un debilitamiento de sus vínculos con la realidad. Es cierto que estos vínculos se hacen

más complejos y mediatos, pero, al mismo tiempo, con la ayuda de conceptos y teorías más abstractos se logra reflejar los aspectos más esenciales y profundos de la realidad misma. Por lo tanto, en el ejemplo de las más modernas teorías abstractas de la matemática se confirma brillantemente el magnífico pensamiento de Lenin acerca de que esas teorías, lejos de alejarnos de la realidad, nos acercan a ella. Lenin escribió:

> El pensamiento que se eleva de lo concreto a lo abstracto —siempre que sea *correcto* (. . .) no se aleja *de* la verdad, sino que se acerca a ella. La abstracción de *materia*, de una *ley*, de la naturaleza, la abstracción de valor, etcétera; en una palabra, *todas* las abstracciones científicas (correctas, serias, no absurdas) reflejan la naturaleza en forma más profunda, veraz y *completa*.[27]

La aplicación de nuevas teorías abstractas de la matemática a campos tan desarrollados de las ciencias naturales modernas como la teoría de la relatividad y la mecánica cuántica, la teoría de las partículas elementales y la cosmología, la química cuántica y la biología molecular y muchas otras, está dictada por el propio nivel de desarrollo de estas disciplinas. Los conceptos y teorías con las cuales "trabajan" esas ciencias no admiten representaciones visuales, como es el caso, por ejemplo, de las teorías de la física clásica, la química y la biología. Es por ello, por ejemplo, que en la física teórica contemporánea se utilizan modelos matemáticos en lugar de los visuales, pues aquéllos reflejan en forma abstracta las dependencias existentes en el micromundo. Dichos modelos, en esencia, poseen muy poco de común con los modelos de las ciencias naturales clásicas. Su objetivo no es representar visualmente los procesos, sino expresar con ayuda de ecuaciones matemáticas, fórmulas y otras estructuras abstractas, las dependencias y relaciones entre las propiedades, magnitudes y otras características del proceso investigado. En este sentido lo más representativo es la modificación del papel de la matemática en la física moderna. Si en la clásica el modelo del proceso se construía normalmente por métodos puramente cuantitativos y sólo después se aplicaba la matemática, en la física moderna lo más frecuente es apelar al modelo matemático. Investigando este modelo, los físicos deducen las consecuencias asequibles a comprobación experimental.

Si en la vieja física la matemática se utilizaba sobre todo para los cálculos, ahora comienza a aplicarse directamente a la formulación y construcción de teorías físicas.

"Para el físico —escribe Dayson—, la matemática no es sólo un instrumento con ayuda del cual puede describir cuantitativamente cualquier fenómeno, sino la fuente principal de representaciones y principios en base a los cuales surgen las nuevas teorías."[28]

El método de la *hipótesis matemática* es uno de los más importantes procedimientos heurísticos para la creación de una nueva teoría en la física moderna. Si la física clásica operaba con modelos visuales, en la física moderna, como señala P. Dirac, los procedimientos habituales son insuficientes. En realidad, podemos representarnos visualmente las partículas materiales y las ondas de la física clásica, pero es difícil hacer lo mismo con las micropartículas, las que combinan las propiedades de corpúsculo y onda. Es cierto que en nuestra representación habitual las ondas y los corpúsculos aparecen como contrarios polares. Por ello es perfectamente comprensible que si la física clásica podía formular sus hipótesis de forma directa y en términos de imágenes más o menos habituales, la moderna está obligada a apoyarse cada vez más en los métodos matemáticos. Uno de los más efectivos es el de la hipótesis matemática o extrapolación. El académico S. I. Vavilov, el primero que en la literatura soviética explicó su importancia metodológica, ha caracterizado de la siguiente forma la esencia de la hipótesis matemática:

> Supongamos que a partir de la experiencia sabemos que el fenómeno estudiado depende de una serie de magnitudes variables y constantes vinculadas entre sí por medio de una determinada ecuación. Modificando con bastante arbitrariedad esta ecuación, podemos obtener otras correlaciones entre las variables. En esto consiste la hipótesis matemática o extrapolación. Ella conduce a expresiones que coinciden o no con la experiencia y de acuerdo a esto se sigue utilizando o se desecha.[29]

Como ejemplo de hipótesis matemática se pueden señalar las hipótesis con ayuda de las cuales se fundó la mecánica cuántica. Se sabe que Born y Heisenberg tomaron como base las ecuaciones canónicas de Hamilton para la mecánica clásica, suponiendo que su forma debía ser la misma para las

partículas restantes. Pero, en lugar de los números habituales, introdujeron en estas ecuaciones objetos matemáticos de otra naturaleza: las matrices. Así surgió la variante de matrices en la mecánica cuántica. A diferencia de ellos, Schrödinger tomó como punto de partida la ecuación ondulatoria de la física clásica, aunque interpretó de distinta forma sus componentes. Con este fin utilizó la hipótesis de Louis de Broglie que reza que a toda partícula material le corresponde un determinado proceso ondulatorio. Gracias a esa nueva interpretación apareció la variante ondulatoria de la mecánica cuántica. Más tarde se logró demostrar la equivalencia de ambas variantes.

El momento hipotético en todas estas elaboraciones consiste en la generalización de algunas ecuaciones de la física clásica. Según la opinión de Dirac, esta generalización "es tan natural y elegante que crea una sensación de convicción en la justeza de la teoría". Para convencerse realmente de esto fue necesario, naturalmente, deducir de la ecuación propuesta consecuencias que pudieran comprobarse experimentalmente. Aquí se pone de manifiesto el papel de la deducción y la técnica matemática como medio fundamental para asegurar la comprobación de la hipótesis. Pero para comprobar tales corolarios, hay que dar primeramente una determinada interpretación de los datos obtenidos, la que parece ser la parte más difícil de toda la investigación. Como señala Dirac, es más fácil descubrir una forma matemática necesaria en determinada teoría física que interpretarla. Ve la razón de esto en que el número de las ideas básicas entre las cuales hay que elegir en las matemáticas puras es muy limitado, mientras que en la interpretación física pueden aparecer muchas cosas inesperadas. Esto es perfectamente comprensible si tenemos en cuenta que la fuerza de la matemática consiste en eliminar todo lo sobrante en el proceso del pensamiento y en la capacidad de crear abstracciones de un orden superior al de las ciencias experimentales. Como señala el conocido matemático norteamericano S. Bocher, muchas ciencias aspiran a poseer abstracciones de ese tipo en mucha mayor medida que la propia técnica matemática.[30] "La significación específica de la matemática para la biología —subraya Edward Moore— no consiste en su aplicación como aparato de investigación, sino en la posibilidad de acercarse abstractamente a la solución de problemas fundamentales y revelar los vínculos entre procesos y fenómenos por principio diferentes."[31]

Para la solución de algunos problemas biológicos, resultó de especial utilidad la teoría abstracta de los autómatas, en la cual se hace abstracción total de la construcción interior del autómata y se analiza su trabajo en dependencia de la información recibida —de las señales— y de su estado previo. Este enfoque tan abstracto y esquemático parecía que podía ayudar poco a la biología. Y, sin embargo, gracias a él, resultó posible comprender algunos principios formales del funcionamiento del sistema nervioso y del mecanismo de la herencia, y formular el problema de la modelación de una propiedad tan general de los organismos vivos como la autorreproducción.

En las ciencias sociales, el objeto de investigación es mucho más complejo que en las físico-químicas y las biológicas. Es por ello que difícilmente puede esperarse que los métodos matemáticos existentes resulten adecuados para su análisis. El surgimiento de nuevas secciones de la matemática moderna como la teoría de los juegos, la toma de decisiones, la investigación de operaciones, la programación óptima y otras, resultan muy interesantes en el sentido de que sus ideas básicas se formularon a partir de la investigación matemática de situaciones comunes en diferentes ciencias sociales. "La idea de la teoría de los juegos —escriben Luce y Raifa— surgió de tareas no físicas y para el tratamiento de esa idea se elaboró un aparato matemático."[32] Y aunque las grandes esperanzas que se pusieron en esa teoría resultaron prematuras, no es menos cierto que ella ayuda a investigar muchas tareas específicas de las ciencias sociales.

La búsqueda de métodos efectivos de dirección de los procesos económicos modernos condujeron al surgimiento de una nueva teoría matemática de programación óptima. Es bien sabido que en los distintos niveles de dirección económica hay que adoptar una multitud de diferentes decisiones. Entre esta diversidad, pueden encontrarse soluciones claramente desacertadas o contradictorias entre sí. De aquí la tarea de encontrar las decisiones óptimas, es decir, aquéllas que correspondan al cumplimiento máximo del problema económico planteado: cantidad a producir, consumo de medios, organización de las transportaciones, distribución de las áreas de siembra, etcétera.

De forma esquemática, el proceso de búsqueda de las decisiones óptimas puede representarse de la siguiente forma:

En primer lugar, es preciso reglamentar con precisión en

qué sentido de la decisión se considera óptima. Para ello se indican previamente los valores máximo y mínimo de la llamada función finalista. Con su ayuda pueden evaluarse cuantitativamente las decisiones posibles.

En segundo lugar, hay que separar, de todo el conjunto de valores posibles de las variantes, aquéllos que satisfagan las limitaciones de la tarea propuesta. Este conjunto de valores se denomina frecuentemente plan admisible.

En tercer término, debe hallarse aquel plan admisible mediante el cual se obtenga el extremo. Este plan se denomina óptimo.[33]

Este tipo de tareas no puede solucionarse con los métodos de la matemática clásica, pues exigiría la creación y solución de decenas de miles, cientos de miles e incluso millones de sistemas de ecuaciones. Es por ello que para la investigación de los procesos de programación óptima se comenzaron a crear modelos matemáticos específicos. En caso de que las limitaciones y las funciones finalistas del problema se expresen linealmente, sus tareas se resuelven por medio de los métodos de la programación lineal. Uno de los pioneros de la aplicación de estos métodos en la Unión Soviética lo es el académico L. V. Kantorovich, a quien, conjuntamente con el científico norteamericano T. Cupman, le fue conferido el Premio Nobel de economía del año 1975 por su aporte a la teoría de la utilización óptima de los recursos.

En otros modelos se aplican los métodos de programación dinámica elaborados por el matemático norteamericano Bellman y sus colaboradores, quienes consideraban la programación dinámica como el método universal para la solución de todas las tareas relacionadas con el hallazgo de los mejores procedimientos de dirección de empresas, con el consumo más económico de medios, con la más ventajosa disposición de los objetos militares. Sin embargo, este método resultó insuficientemente correcto desde un punto de vista matemático, a más de que exige una gran cantidad de cálculos. Por ello, el grupo de científicos soviéticos encabezado por el académico L. S. Pontriaguin se propuso elaborar la teoría matemática de los procesos óptimos sobre otras bases.[34] "Esta teoría —como señala uno de sus autores— constituye (...) un cálculo variacional no clásico, cuyos métodos son aplicables a la búsqueda de los valores inferiores de las funcionales, incluso

cuando ellos se obtienen en los 'puntos' extremos."[35] Por este trabajo el colectivo de autores dirigidos por L. S. Pontriaguin recibió el Premio Lenin.

El perfeccionamiento y la generalización de los métodos antiguos, clásicos y la elaboración de métodos matemáticos totalmente nuevos adaptados a las necesidades de estas ciencias, constituye la orientación principal que sigue la matematización en las ciencias sociales. Por supuesto, la matematización de las ciencias sociales y de las naturales es imposible sin un aparato conceptual desarrollado en cada campo específico del conocimiento. Por tanto, el progreso de la ciencia está indisolublemente unido al reforzamiento del papel de la matemática en la elaboración de sus teorías. La aplicación del aparato matemático, como vimos, permite expresar con mayor precisión los principios fundamentales o leyes en que se basa la teoría. Por otro lado, la matemática, conjuntamente con la lógica, sirve de importantísimo instrumento para la obtención de todas las conclusiones necesarias a partir de las premisas aceptadas. Pero aquí entramos ya en otro campo de la matematización de la ciencia, el cual consiste en la aplicación de los métodos formales de la matemática a la creación de lenguajes especiales, formalizados, de las distintas ramas de la ciencia.

3. La matemática como lenguaje de la ciencia

Uno de los grandes físicos de nuestro siglo, Niels Bohr, deseando subrayar el grandioso papel de la matemática en el desarrollo de las ciencias naturales teóricas, señaló que la misma no es sólo una ciencia, sino el lenguaje de la ciencia. Es cierto que con ayuda de los conceptos y métodos matemáticos, otras ciencias expresan las relaciones y dependencias entre las propiedades y parámetros de los procesos investigados, formulan sus teorías, intentan descubrir nuevas leyes y encontrar fenómenos antes desconocidos. Sin duda, cuando Bohr se refería al lenguaje matemático tenía en cuenta el lenguaje en un amplio sentido de la palabra, es decir, lo consideraba como medio de expresión del pensamiento científico. En este sen-

tido el lenguaje matemático puede asemejarse al lenguaje corriente. De la misma forma que éste, además de expresar los pensamientos, posibilita el proceso de pensar, el lenguaje de la matemática no se limita a la formulación precisa de nuevas leyes y teorías, sino que en algunos casos contribuye a su descubrimiento y creación.

El lenguaje matemático es llamado con frecuencia lenguaje cuantitativo. Dicha denominación está perfectamente fundamentada siempre y cuando la cantidad no se limite a magnitudes y cifras, sino que se considere como sinónimo de una estructura matemática abstracta.

¿Cuáles son las ventajas del lenguaje cuantitativo respecto al cualitativo? Ante todo, permite expresar, de forma más exacta y general, las leyes y teorías de los fenómenos investigados. Si conocemos las leyes y teorías no sólo seremos capaces de explicar los hechos y acontecimientos ya conocidos, sino de pronosticar la existencia de otros hechos y fenómenos desconocidos. Debe señalarse, sin embargo, que el lenguaje cuantitativo y los métodos matemáticos no disminuyen en nada la importancia de los procedimientos cualitativos de investigación específicos de cada ciencia y de su correspondiente lenguaje cuantitativo. Todo estudio de fenómenos nuevos comienza por el análisis de sus propiedades y relaciones. En esta etapa el papel decisivo pertenece, sobre todo en las ciencias empíricas, a las observaciones sistemáticas y a la cuidadosa preparación de los experimentos. Sin embargo, ya para la elaboración de los resultados de las observaciones y los experimentos se necesitan los métodos matemáticos. Para establecer las interdependencias entre las magnitudes del proceso investigado primero hay que aprender a medirlas. En el proceso de medición se obtiene una multitud de datos numéricos que exigen elaboración estadística. Para esto se utilizan los métodos más disímiles de la estadística moderna. La investigación de las dependencias funcionales entre las propias magnitudes variables y las cifras que las expresan exige la aplicación del aparato más complejo y desarrollado del análisis matemático. Pero dicha investigación es imposible sin tener en cuenta el carácter específico, cualitativo, de las dependencias investigadas. El científico debe seleccionar aquel aparato matemático que lo ayude a construir el modelo adecuado del fenómeno investigado. Todo esto muestra que, en la práctica real de la investigación científica, los aspectos cuantitativo y cualitativo actúan en unidad. Por esta razón,

sólo podemos examinarlos separadamente en aras de una mejor comprensión del objeto. En realidad, entre los métodos cuantitativos y cualitativos existe una interacción dialéctica. Cuanto mejor conozcamos las particularidades cualitativas de los fenómenos, con mayor éxito las utilizaremos para el análisis ulterior de los métodos cuantitativos. A su vez, cuanto más perfectos sean los métodos cuantitativos utilizados para el análisis de los fenómenos, con tanta mayor profundidad conoceremos sus particularidades cualitativas.

La utilización de un rico aparato matemático junto con las reglas y principios de la lógica posibilita la obtención de todos los corolarios necesarios de las leyes, hipótesis y teorías formuladas con precisión en las ciencias concretas. Pero en este caso, la matemática tiene asignado otro papel, según el cual su aparato formal se aplica al entendimiento de los criterios rigurosos acerca de qué considerar demostración, cuándo una consecuencia se deduce lógicamente de las premisas, de qué forma podemos juzgar sobre la corrección lógica de las teorías.

Si en el primer caso, es decir, cuando se habla del lenguaje matemático en un amplio sentido de la palabra, identificamos en esencia este lenguaje con el de las fórmulas, ecuaciones, funciones y otras estructuras, en el segundo se trata de la utilización de métodos matemáticos para la creación de lenguajes formalizados especiales de las distintas ciencias. Algunos científicos consideran este aspecto casi como el fundamental para la elaboración de las teorías científico-naturales. Por ejemplo, el investigador inglés I. H. Woodger, uno de los pioneros en la aplicación del método axiomático en biología, considera que el uso de métodos lógico-matemáticos en la biología y otras ramas de las ciencias naturales consiste en la creación de un lenguaje tan perfecto que pueda considerarse una excepción.[36]

El método axiomático, utilizado exitosamente por Euclides en el siglo III a.n.e. para la exposición de la geometría elemental, sirve de fundamento para la creación de ese lenguaje científico. Como sabemos, la axiomática euclidiana tenía un carácter concreto, de contenido, pues describía las propiedades geométricas de los objetos del mundo que nos circunda. Haciendo abstracción de este contenido concreto puede fundarse un sistema axiomático abstracto en el cual los conceptos de partida de la geometría —el "punto", la "recta" y la "superficie"— pueden interpretarse de la forma más diversa.

David Hilbert fue el primero que formuló con precisión esta concepción abstracta sobre los axiomas. Decía en broma que si sustituimos las palabras "punto", "recta" y "superficie" por las palabras "mesa", "silla" y "círculo de bebedores", nada cambiaría en la geometría.[37] Sin embargo, tanto en los sistemas axiomáticos concretos como en los abstractos, las reglas por medio de las cuales los teoremas se deducen de los axiomas no se indican claramente, sino sólo se suponen. Además, los propios axiomas, al igual que los teoremas, se formulan mediante la utilización de determinados símbolos matemáticos. Es precisamente así como en la actualidad se expone la mayoría de las disciplinas matemáticas.

Para pasar a los sistemas axiomáticos formalizados es necesario, en primer lugar, formular con claridad y enumerar totalmente las reglas lógicas de la conclusión; en segundo término, que todos los conceptos y juicios expresados en el lenguaje común sean traducidos al lenguaje de símbolos y fórmulas.

A primera vista puede parecer que entre los cálculos y las demostraciones de los teoremas existe una diferencia indeterminable. De hecho, los cálculos tienen que ver con cifras, mientras que las demostraciones están relacionadas con las afirmaciones. Las reglas del cálculo son más exactas que las de la conclusión. Los cálculos admiten la utilización de métodos aproximativos, al tiempo que no existen conceptos de demostración aproximativa. Por último, para los cálculos se dispone de procedimientos efectivos, en tanto que el proceso de demostración es inefectivo en gran medida. Analizando todas estas diferencias, Hao Wang, en uno de sus primeros artículos "Hacia una matemática mecánica", subrayaba que las mismas no deben ser exageradas. En lugar de valoraciones abstractas hay que ocuparse de la búsqueda de procedimientos más efectivos para la comprobación de las demostraciones. En 1958 creó tres programas para computadoras. Con la ayuda del primero de ellos logró, en menos de tres minutos, comprobar la demostración de doscientos teoremas de cálculo de enunciados que aparecen en el trabajo de más autoridad en lógica matemática, *Principia Mathematica* de Russell y Whitehead.[38]

Resultaron más modestos los intentos de hacer uso de la máquina para la confección de teoremas a partir de símbolos y seleccionar aquellos que poseían una significación no trivial. A partir de estos resultados, Hao Wang llegó a la conclusión de que las máquinas computadoras pueden utilizarse para la

formalización y comprobación de demostraciones y no para la demostración de nuevos teoremas.[39] En realidad, durante la formulación y búsqueda de demostraciones de los teoremas hay que modelar las condiciones más sofisticadas y complejas del trabajo del matemático —su fondo, las circunstancias exteriores, el subconsciente—. Por supuesto, pueden detectarse y programarse diversos procedimientos heurísticos de razonamiento que nos acerquen a la verdad. Pero, como bien observa Hao Wang, resulta absurdo suponer que estamos en condiciones de otorgar a la máquina una subconsciencia comparable a la de Poincaré.[40]

Las investigaciones para la búsqueda de procedimientos demostrativos universales se planteó como fin último la formalización y comprobación de las demostraciones que se aplican en la matemática moderna. Pero ello exigía, como es de suponer, resolver esta tarea en la propia lógica matemática. Los resultados satisfactorios en este campo fueron obtenidos, como vimos, a cuenta de la desmembración de la demostración en una cantidad mayor de pasos elementales y de su análisis ulterior en una computadora. Sin embargo, en los razonamientos matemáticos de contenido, esos pasos elementales se funden en otros mayores. Por esa razón, resultó natural intentar utilizar bloques constructivos más grandes en lugar de dividir la demostración en ladrillos elementales más pequeños. Para desarrollar esta idea, en el Instituto de Cibernética de la Academia de Ciencias de Ucrania, tal como señala V. M. Glushkov, se creó una lógica matemática práctica que se correlaciona con la matemática clásica, de la misma forma que el lenguaje contemporáneo de los programas de clase superior se relaciona con el lenguaje de la máquina de Turing.[41]

Los métodos formales y los lenguajes formalizados fueron utilizados primeramente en la propia matemática para el análisis de la estructura de sus teorías. El campo principal de aplicación fueron las investigaciones sobre las fundamentaciones de la matemática relacionadas con la superación de ciertas dificultades aparecidas en la teoría de los conjuntos de Cantor, una vez descubierto en ella todo un conjunto de paradojas o antinomias. Para superar estas paradojas o, por lo menos, localizarlas, la teoría de los conjuntos se construye ahora de forma axiomática, en cuyo caso los axiomas se seleccionan teniendo en cuenta excluir, desde los comienzos, la formación de conjuntos demasiado grandes a los cuales están

vinculadas las paradojas. La aparición de paradojas estimuló la investigación del lenguaje de la ciencia y, ante todo, de la matemática. Pero para ello era menester disponer de una determinada teoría del análisis lógico del lenguaje. Según la opinión del conocido matemático y lógico norteamericano A. Church, la adopción de semejante teoría debía considerarse el rasgo distintivo principal del lenguaje formalizado y no la circunstancia de que resultara cómodo sustituir algunas palabras por letras y símbolos especiales.[42] La posibilidad apareció después de la creación de la lógica matemática, la que comenzó a usar métodos matemáticos en los comienzos para el análisis de los propios razonamientos y demostraciones matemáticos, y después, para el de los razonamientos de otras ciencias. Debido a ello, hubo necesidad de ampliar y generalizar el propio concepto del lenguaje.

Desde un punto de vista semiótico, el lenguaje se caracteriza según dos particularidades. Primeramente, por la presencia de un determinado *alfabeto*, es decir, de un determinado conjunto de objetos denominados *símbolos* —o *letras*— que puedan reproducirse en cantidades ilimitadas. En segundo lugar por la existencia de reglas que indiquen cómo pueden formarse determinadas combinaciones a partir de letras, las cuales se denominan *expresiones* o *palabras*.[43] Dichas reglas se llaman comúnmente reglas de formación. De igual manera que en un lenguaje natural distinguimos las expresiones con sentido de aquellas sin sentido, en los lenguajes formalizados existe una diferencia entre las expresiones correctamente construidas o fórmulas, y las incorrectamente construidas.

El siguiente paso en la creación de un lenguaje formalizado consiste en describir con precisión las reglas según las cuales de unas fórmulas se obtienen otras. Tales reglas se conocen normalmente como reglas de *transformación*. Como fórmulas de partida para la conclusión —o los *axiomas*— se pueden adoptar, en términos generales, cualesquiera fórmulas correctamente construidas, aunque es normal que al hacerlo se sigan determinadas consideraciones de contenido. Todas las demás fórmulas adecuadamente construidas se tratan de demostrar, es decir, de deducir de los axiomas con ayuda de las reglas lógicas. La demostración formal se reduce a una cierta secuencia de fórmulas, donde cada una de ellas forma, bien un axioma, o bien se obtiene de los axiomas mediante las reglas de deducción. La última de las fórmulas en la secuencia constituirá la fórmula demostrada o teorema.

Durante la formalización, el proceso de demostración del teorema se desmembra en un número mayor de pasos elementales. Estos pasos son mucho más simples que las etapas de la demostración que el matemático supera en su trabajo creador. Es claro que la desmembración de la demostración en esos pasos elementales demoraría el trabajo y dificultaría abarcar la demostración en su conjunto. Antes de la aparición de las computadoras era difícil pensar en la utilización de los métodos de la formalización de la demostración para la deducción de teoremas a partir de axiomas. Si para el hombre la desmembración de la demostración en una cantidad mayor de pasos elementales y la realización de los cálculos constituye un trabajo monótono, carente de interés y agotador y, lo que es fundamental, trabajo que se encuentra limitado por sus capacidades naturales —memoria, atención, resistencia—, la máquina, por el contrario, carece de tales limitaciones. Gracias precisamente a la formalización de la demostración y a su desmembración en una cantidad mayor de pasos elementales resulta posible la aplicación de computadoras a la comprobación de la demostración de los teoremas. Por este camino, como señala Hao Wang, fue posible encontrar la aplicación principal de la lógica basada en su esencia y no en aspectos casuales, lo que equivale a tratar las demostraciones con la misma efectividad que los cálculos.

En el empleo de dichos lenguajes, los razonamientos de contenido se sustituyen por ciertas operaciones con símbolos y fórmulas realizadas según reglas de transformación previstas. Debido a que este proceso recuerda mucho a los cálculos con números en la aritmética o, sobre todo, con letras en el álgebra, es frecuente que los lenguajes formalizados sean llamados cálculos. Todo cálculo posibilita transformar mecánicamente una expresión en otras y obtener conclusiones indiscutibles. Es por ello que todavía en la aurora del surgimiento de la lógica matemática, Leibnitz soñaba con la creación de un método universal que permitiera reducir todo razonamiento a un cálculo. Con ayuda de este método, Leibnitz pensaba resolver no sólo problemas puramente científicos, sino también los de la religión, la política y la filosofía. "En caso que se produzcan discusiones —escribió—, los filósofos no tendrán que apelar a la disputa, como no lo hacen los contadores. En lugar de discutir, tomarán la pluma, se sentarán tras la pizarra[44] y dirán: 'vamos a calcular'."[45]

Aunque este sueño del fundador de la lógica matemática resultó utópico, de todas formas permitió la elaboración y la aplicación de los métodos lógico-matemáticos a otras ciencias. Entre estos métodos hay que señalar, en primer lugar, las teorías y métodos matemáticos con ayuda de los cuales se analiza la estructura formal de los lenguajes de las diferentes disciplinas científicas.

Inicialmente, ese análisis se realizó en la propia matemática: primero en la geometría, después en el álgebra y en el análisis. Como ya señalamos, la investigación de la estructura formal del lenguaje de la ciencia se reduce a la detección de los vínculos lógicos entre las diferentes afirmaciones que figuran en sus teorías: leyes, principios, hipótesis, hechos. En este caso, se aspira a encontrar las premisas de partida de la teoría, a partir de las cuales pudieran deducirse lógicamente todas las demás afirmaciones. En la matemática, dichas premisas se denominan axiomas o postulados, y en las ciencias empíricas, principios, leyes o hipótesis.

La parte más difícil de la investigación es la revelación de esas premisas de partida de la teoría. De forma esquemática, cada teoría puede considerarse un modelo de cierto fragmento de la realidad. En este modelo, como ya dijimos, se pueden distinguir las partes informativa y de cálculo. La primera de ellas contiene información sobre hechos concretos, hipótesis y leyes referentes al campo del mundo real que se estudia. La segunda incluye todas las reglas y métodos para la transformación de la información disponible: reglas y principios de la lógica y también las secciones de la matemática que se aplican, en la correspondiente teoría concreta, para la expresión de dependencias entre las propiedades investigadas y las magnitudes. A partir del análisis de los diferentes modelos aplicados en el proceso del conocimiento científico no es difícil arribar a la siguiente conclusión: cuanto más rico sea el contenido de la parte informativa del modelo y menos desarrollada la de cálculo, más difícil será someter a formalización el lenguaje de la teoría o la disciplina científica. Por el contrario, cuanto más pobre sea la parte informativa del modelo y más desarrollada la del cálculo, más fácil será elaborar el lenguaje formalizado de la teoría. Como se sabe, los métodos formales para el análisis del lenguaje científico obtuvieron su más extensa aplicación en las diferentes ramas de la matemática y, parcialmente, de las ciencias naturales: mecá-

nica teórica, termodinámica, óptica geométrica. Esto se explica por el hecho de que el número de conceptos fundamentales y de relaciones entre ellos no es muy grande en estas ciencias, al tiempo que la parte relacionada con el cálculo está lo suficientemente elaborada para obtener con rapidez un gran número de resultados fructíferos. De hecho, en la geometría de Euclides sólo había tres conceptos iniciales: "punto", "recta" y "superficie", vinculados entre sí por medio de cinco relaciones expresadas con las palabras: "encontrarse", "entre", "congruente", "paralelo" y "continuo". La descripción exacta de estas relaciones se da por medio de 20 axiomas.[46] Las reglas para la conclusión de este sistema se formaliza con ayuda del cálculo de predicados con igualdad.

Si nos referimos a cualquier ciencia empírica veremos que desde los propios comienzos opera con un gran número de conceptos y términos cuyas relaciones son con frecuencia tan complejas y confusas que no permiten una expresión precisa con ayuda de axioma o, por lo menos, exigiría una gran cantidad de ellos. Es por eso que en estos casos se renuncia a los métodos matemáticos formales de investigación y se apela a las consideraciones intuitivas y a los métodos heurísticos de razonamiento que se apoyan en la experiencia y en el arte del investigador. Incluso en los casos relativamente poco numerosos de utilización de métodos formales en la biología, la medicina y las ciencias sociales destinados a la obtención de conclusiones prácticas, es menester emplear los métodos probabilísticos y, lo que es más importante, las máquinas computadoras. Como ejemplo se puede señalar el intento de emplear el lenguaje formal del cálculo de enunciados y los métodos de la teoría de toma de decisiones para la elaboración de los problemas del diagnóstico médico.[47] En la forma más general y esquemática dicho enfoque se reduce a establecer un diagnóstico probable a partir de los síntomas que presenta el enfermo. Con este fin se analizan todas las combinaciones posibles de síntomas y enfermedades, algunas se consideran irreales desde el punto de vista de la medicina. De todas formas, el número de combinaciones admisibles sigue siendo tan grande que, para establecer un diagnóstico, hay que utilizar una computadora. Esto se presenta condicionado por la circunstancia de que las conclusiones a partir de las premisas en lenguajes tan complejos como los de la biología, la medicina y la sociología, resultan muy largas, por lo que son irrealizables sin computadoras.

Según la opinión del académico V. M. Glúshkov, es precisamente el empleo de computadoras lo que amplía considerablemente las posibilidades de formalizar los lenguajes de las mencionadas ciencias. "El hecho de que hayamos entrado en el siglo de la automatización de los procesos del conocimiento —subraya— nos permite considerar que han sido traspasadas las fronteras que detenían artificialmente las posibilidades de la matematización."[48] Debe tenerse también presente que, con el perfeccionamiento de las computadoras y, en especial, con la elaboración de métodos más complejos y flexibles de programación —la llamada programación heurística—, se abren posibilidades para la modelación matemática de los procesos dinámicos complejos, incluyendo la conducta de los seres vivos y la investigación de los problemas referentes al intelecto artificial.

El intelecto artificial está ligado habitualmente a la solución de las llamadas tareas intelectuales con ayuda de métodos automáticos y mediante el empleo de computadoras.

La primera dificultad con que nos tropezamos aquí consiste en comprender con claridad cuáles son los problemas y tareas que deben considerarse intelectuales. Puede parecer a primera vista que la solución de complicadas tareas de cálculo, como el hallazgo de raíces en ecuaciones y sus sistemas, constituye el ejemplo más típico de tarea intelectual. Sin embargo, para la solución de muchas de esas tareas existen, como es sabido, algoritmos muy bien elaborados, por medio de los cuales el cálculo se reduce a la realización de una secuencia de operaciones de cierto tipo. Esta secuencia, expresada en un lenguaje "comprensible" a la máquina, no es otra cosa que el programa para la solución de una tarea de cálculo que puede realizarse con ayuda de una computadora.

Por otro lado, existen muchas tareas del tipo de rompecabezas, juegos, así como un conjunto de problemas prácticamente importantes de reconocimiento de imágenes, traducción de un idioma a otro, búsqueda de demostraciones, los que se someten con dificultad a la algoritmización y exigen, indudablemente, la participación del intelecto en su solución. Todavía más, son precisamente esas tareas las que figuran con frecuencia en las investigaciones sobre el intelecto artificial, ya que se considera que nuestro intelecto funciona de forma más compleja y económica que por los rígidos cánones de los algoritmos.

El objetivo fundamental de las investigaciones sobre el intelecto artificial se reduce a encontrar los métodos efectivos para la solución de tareas que no puedan ser resueltas por medio de cualesquiera de los métodos existentes. En principio, esas tareas pueden ser resueltas por medio del examen de todas las variantes posibles y la selección de la mejor entre ellas. Por supuesto, el número de tales variantes debe ser finito. Pero incluso en este caso, el número de variantes puede ser tan grande que ni siquiera las computadoras rápidas son de utilidad. Por ello surge el problema de encontrar aquellos métodos para la búsqueda de soluciones capaces de satisfacer ciertas condiciones de optimalidad.

Entre estos métodos hay que señalar, en primer lugar, los de la búsqueda heurística.[49] La idea que les sirve de base es muy simple. Para limitar el volumen de examen de las diferentes variantes, es necesario disponer en una cierta información sobre la tarea planteada. En el ejemplo sobre el establecimiento de un diagnóstico por medio de la combinación de síntomas y enfermedades que vimos antes, la exclusión de las combinaciones irreales se lograba con ayuda de la teoría médica. En otros casos puede usarse la información empírica, ligada, por ejemplo, a una determinada función valorativa, como sucede, por ejemplo, en las tareas de programación óptima. Cualquiera que sea el carácter de semejante información, su objetivo no es otro que facilitar el procedimiento de búsqueda. De ahí que dicha información se denomina heurística, y los métodos que se basan en su empleo, métodos heurísticos de búsqueda.[50]

Cualesquiera métodos de búsqueda dependen, en grado sumo, de la forma de representación de la tarea misma. La aplicación de modernas teorías matemáticas brinda con frecuencia la posibilidad de formular más precisa y adecuadamente la tarea y facilitar su solución. Por ejemplo, en el método muy difundido de búsqueda, en la solución de una tarea en cierto espacio de posibles soluciones o estados, cada nuevo estado puede obtenerse con ayuda de un operador.[51] A su vez, el espacio de situaciones que surge del estado inicial se representa habitualmente en forma de un grafo cuyos vértices concuerdan con estos estados y con los operadores que transforman un estado en otro. En el caso de una formulación semejante, la tarea de búsqueda de solución adquiere la evidencia y claridad necesarias. Por tal razón, el lenguaje de la

teoría de los grafos resultó muy útil para la descripción de las estrategias efectivas de seleccionar en el espacio los estados posibles.

En realidad, si el vértice inicial del grafo corresponde a la descripción del estado inicial, entonces todos los vértices siguientes se obtendrán por medio de la aplicación de un operador hasta tanto no se halle el vértice final, que corresponde a la descripción del estado coincidente con el logro del objetivo propuesto. En el caso de un examen a ciegas de las diferentes variantes, es decir, en ausencia de cualquier información de carácter heurístico, la disposición de los objetivos no influye sobre el orden de creación de los vértices del grafo correspondiente. La obtención de dicha información encamina la búsqueda del lado del objetivo. Con estas palabras, en este caso se crearán primeramente los vértices de más perspectivas. La información heurística sirve aquí para el ordenamiento del examen en forma de función valorativa. El papel de dicha función, independientemente de cómo se ofrezca, se reduce a seleccionar aquel vértice del grafo cuya probabilidad de hallazgo, en el mejor camino hacia la final, es la mayor.

Los métodos de la teoría de los grafos resultan útiles también al comparar entre sí las distintas variantes de búsqueda. De hecho, es suficiente atribuir a los arcos del grafo valores que correspondan a los de la aplicación del operador representado por ellos para obtener los criterios de optimización. Resulta óptimo el camino entre dos vértices que tenga el valor mínimo.

Los métodos de la búsqueda heurística representan, en esencia, la primera aproximación a la solución de los problemas relacionados con el intelecto artificial. Es por ello que resultan insuficientemente efectivos para la solución de tareas intelectuales muy complejas.

Las investigaciones modernas de este problema se valen de métodos sofisticados y complejos, los que, en grado considerable, están relacionados con la aplicación de novísimas ideas y teorías matemáticas y, en ocasiones, con el rechazo de representaciones teóricas de conjuntos tradicionales.

4. Significación y perspectivas de la matematización del conocimiento científico

Una vez expuestas las formas y métodos fundamentales de matematización de la ciencia, examinaremos, como conclusión, algunos problemas gnoseológicos generales relacionados con este proceso. Algunos de ellos han sido tratados en el curso de la exposición precedente, aunque parece oportuno volver a orientar la atención del lector hacia ellos.

Ante todo, surge la interrogante: ¿qué es lo que ha provocado esta vasta penetración de los métodos matemáticos en todas las ramas del conocimiento científico, incluyendo aquéllas que antes parecían muy lejanas de la matemática? ¿Cuál es la causa de la matematización creciente del conocimiento científico? Una respuesta definitiva exige un cuidadoso análisis de todo un conjunto de factores diversos, incluyendo algunos de carácter socioeconómico y sociocultural. Sólo nos detendremos en aquellos que están directamente relacionados con el desarrollo de la ciencia misma, aquéllos que dictan, por así decir, la lógica del movimiento del pensamiento científico.

Sin duda, las posibilidades de matematización de una ciencia dependen, en grado considerable, de su nivel de desarrollo. De hecho, antes de expresar la dependencia entre las propiedades y magnitudes de los procesos investigados en una forma matemática exacta, hay que expresarlas en forma cualitativa. Ese análisis puede mostrar que propiedades y magnitudes dependen concretamente de otras, aunque no pueda expresar estas dependencias en forma cualitativa, exacta. La opción de métodos cuantitativos de investigación significa, en principio, el tránsito a un conocimiento más profundo de los objetos y fenómenos. Pero el grado de esa penetración puede ser muy diferente y, en todo caso, no permanece inmutable en el proceso del conocimiento. En realidad, los métodos matemáticos pueden ser empleados para expresar dependencias empíricas entre propiedades sensorialmente detectables y magnitudes, como sucede, por ejemplo, en las leyes de Boyle-Mariotte y Gay-Lussac. Sin embargo, este tipo de leyes exige una explicación científica. Pero para ello hace falta volver a referirse a los métodos cualitativos y construir hipótesis sobre el mecanismo interior del transcurso de los procesos. Para comprobar la hipótesis correspondiente hay que utilizar métodos cuan-

titativos exactos de pronóstico, es decir, regresar a los métodos matemáticos. A medida que se profundiza el grado de conocimiento de los fenómenos es preciso aplicar conceptos y teorías más abstractos y apelar entonces a la matemática. El paso a la investigación de las particularidades y mecanismos más profundos de ocurrencia de los procesos estudiados está indisolublemente ligado a la adopción cada vez más extensa de medios y métodos matemáticos de conocimiento.

Al analizar las particularidades de la revolución en la física de fines del siglo XIX y comienzos del XX, V. I. Lenin insistía en la importancia que adquiere la matematización con el desenvolvimiento de la ciencia. En *Materialismo y empiriocriticismo* señala que el progreso en la física tiene que ver, en particular, con "el acercamiento a elementos homogéneos y simples de la materia que tienen leyes de movimiento susceptibles de procesamiento matemático".[52]

Por consiguiente, la primera causa de la amplia matematización de la ciencia contemporánea estriba en que muchas de sus ramas se han visto sometidas a un nivel cualitativamente nuevo de investigación relacionado con el estudio de los mecanismos y leyes más profundas del transcurso de los fenómenos. El surgimiento y exitoso desarrollo de ciencias como la física de las partículas elementales, la química cuántica, la biología molecular y muchas más, es testimonio de los avances revolucionarios que caracterizan las ciencias naturales modernas. Es posible que todavía en mayor medida, estas transformaciones revolucionarias hayan alcanzado a muchas ciencias aplicadas y teóricas relacionadas con los procesos de dirección y regulación, después de la aparición de la cibernética. Todo ello nos permite afirmar que la intensiva matematización del conocimiento moderno está en buena parte condicionada por las demandas y particularidades de la revolución científico-técnica que se despliega ante nuestros ojos.

Sin embargo, ninguna matematización sería posible si la propia matemática, sus conceptos, teorías y métodos no hubieran sufrido transformaciones cualitativas, radicales. Como señalamos en la primera sección del artículo, el paso al estudio de estructuras matemáticas abstractas contribuyó, en gran medida, a la ampliación del campo de aplicación de modernos métodos matemáticos. Algunos de ellos, como la teoría de los grupos y de las estructuras algebraicas o análisis funcional son, en esencia, un ulterior desarrollo y generalización de los

conceptos e ideas de la matemática clásica; otros, como la teoría de los juegos, la toma de decisiones, se han creado en respuesta a las demandas, sobre todo, de las ciencias sociales. Aunque la posibilidad de una aplicación más extensa y sistemática de los métodos matemáticos está objetivamente condicionada por el nivel de desarrollo de la rama correspondiente del conocimiento científico, esta posibilidad sólo se convierte en realidad a condición de un determinado grado de madurez de la propia matemática. Por consiguiente, la matematización de la ciencia constituye un proceso doble de crecimiento y desarrollo de las ciencias concretas y de la matemática misma. Por supuesto, el éxito en la aplicación de los métodos matemáticos está determinado, en grado sumo, por las posibilidades que se abren con relación a la utilización de computadoras rápidas y de otros equipos cibernéticos. Ya hemos señalado lo efectiva que resulta la aplicación de computadoras, incluso con la formalización del lenguaje de la ciencia, para no mencionar el empleo directo de estas máquinas en los cálculos. Por ello, estamos de acuerdo con V. M. Glushkov en que el desarrollo de la cibernética y de la técnica de computación constituye una de las más importantes causas de la matematización de la ciencia contemporánea.[53]

Un segundo problema, estrechamente vinculado con el primero, tiene que ver con las perspectivas y posibilidades de la ulterior matematización de la ciencia. ¿Puede considerarse que la matematización es un episodio casual en el desarrollo de la ciencia o constituye en realidad un fenómeno sujeto a ley de su historia?

El hecho mismo del indudable crecimiento del papel de los métodos matemáticos en las diferentes etapas de la investigación científica, a partir de la elaboración de los datos empíricos hasta la creación de teorías, evidencia que la matematización constituye un momento necesario en el proceso de desarrollo del conocimiento científico. Todas las ciencias, más tarde o más temprano, en mayor o menor medida, comienzan a utilizar los métodos matemáticos, su lenguaje y, en ciertos casos, el estilo propiamente matemático de pensamiento.

Hace casi un siglo, al analizar la utilización de la matemática en las ciencias naturales de entonces, Engels señaló que su aplicación en la mecánica de los sólidos era absoluta; en la mecánica de los gases, aproximada, y más difícil en la mecánica de los líquidos; en la física, sobre todo en la forma de

intentos y con un carácter relativo; en la química, por medio de ecuaciones simple de primer grado; en la biología, igual a cero.[54]

Durante el último siglo la situación se modificó radicalmente. La matemática se convirtió en arma cotidiana en las manos del físico, el químico y el ingeniero. Sus métodos penetran con profundidad no sólo en la biología, sino en diferentes ciencias sociales y, ante todo, en la economía. En este caso es importante prestar atención a que en todas estas ciencias no se trata ahora de su empleo para cálculos y procesamiento de datos de las observaciones y experimentos, como de su aplicación a la búsqueda heurística y la creación de teorías.

Para comprender las causas de tan profunda penetración de los métodos matemáticos en todas las ramas de las ciencias naturales y sociales, es necesario revelar los fundamentos teórico-cognoscitivos más importantes de este proceso. Sabemos que la aplicación de la matemática al estudio de la realidad se basa, en última instancia, en que los objetos y fenómenos, a pesar de sus diferencias cualitativas, resultan cuantitativamente comparables. Por ejemplo, cuando en economía política se investiga el proceso de intercambio de mercancías se observa que aunque estas mercancías poseen diferentes valores de uso se igualan en una determinada proporción, lo que evidencia que todas ellas contienen algo general, que no es otra cosa que el valor, determinado por el trabajo socialmente necesario para su producción.

Algo semejante sucede con los elementos químicos, cuyas propiedades, aunque se diferencian mucho entre sí, están condicionadas por algo general: la magnitud del número atómico del elemento. Estos ejemplos, cuyo número sería fácil elevar, demuestran claramente que la influencia de algo sustancialmente general en las cosas y fenómenos sirve de base a la comparación cuantitativa y a su ulterior investigación matemática. "...Para que las magnitudes de objetos distintos puedan ser cuantitativamente comparables entre sí, es necesario ante todo reducirlas a la misma unidad. Sólo representándonoslas como expresiones de la misma unidad podremos ver en ellas magnitudes de signo igual y, por tanto conmensurables."[55]

Es evidente que el descubrimiento de lo sustancialmente general en las cosas y fenómenos conforma la tarea de la investigación concreta y se resuelve dentro de los marcos de una determinada ciencia especial. Pero tan pronto como lo general es revelado, se hace posible la aplicación de los méto-

dos exactos de la matemática, como los modos y procedimientos métricos o no métricos. Esto vuelve a indicarnos la gran importancia de la investigación previa de los fenómenos por métodos cuantitativos propios de la ciencia especial de que se trate.

En el proceso de investigación en las ciencias naturales y sociales se descubren también vínculos y relaciones estables repetibles e invariantes entre los objetos y procesos del mundo real, es decir, las leyes de su funcionamiento y desarrollo.

El descubrimiento de lo esencialmente general en los fenómenos, y la formación sobre esta base de conceptos científicos contribuye en grado sumo al establecimiento y a la formulación de leyes. Con ayuda del concepto de valor se expresa la ley del valor en economía política, mientras que el concepto de número atómico —antes, peso atómico— sirve a la formulación de la ley periódica de los elementos químicos.

El análisis de las propiedades, relaciones y magnitudes específicas que figuran en una ley o teoría científica, al igual el descubrimiento del mecanismo interior que dirige el fenómeno es de la competencia de la investigación concreta. La matemática, como hemos visto, hace abstracción del carácter concreto de las magnitudes y de la naturaleza específica de las dependencias establecidas en la ley o teoría. Examina la ley como un vínculo funcional entre magnitudes variables. Los números sirven de valores de estas variables, aunque en principio pueden servir otros objetos matemáticos. Sin embargo, en este caso, hay que tratar ya con la generalización de funciones, es decir, con una funcional o un operador.

El análisis matemático de distintos tipos de funciones, al igual que el de funcionales y operadores, descubre particularidades muy importantes de los fenómenos, los cuales se orientan por las leyes correspondientes. Por ejemplo, si conocemos el tipo de vínculo funcional entre dos magnitudes, podemos encontrar, con ayuda de la diferenciación, la velocidad de modificación de la función en dependencia del argumento, y mediante una integración calcularemos entonces el área, el volumen y otras magnitudes.

Si las ciencias naturales y de otro tipo entregan a la matemática un material para su posterior elaboración, la matemática, a su vez, les ofrece un método minuciosamente elaborado para la investigación de las leyes cuantitativas. Por consiguiente, el vínculo entre la matemática y las ciencias especiales resulta mutuo, tan necesario al desarrollo de una como de las

otras. Esta idea, con relación a la física, fue muy bien expresada por el prominente físico inglés Maxwell: "Si el arte del matemático permitió al experimentador observar que las cantidades que medía estaban relacionadas por medio de relaciones necesarias, por su parte, los descubrimientos físicos mostraron al matemático nuevas formas de cantidades que nunca se habría imaginado."[56]

Al poner énfasis en la relación de la matemática con las ciencias naturales y otras, no debe simplificarse excesivamente el carácter de esa relación. Los intereses del matemático no se limitan a servir las demandas de otras ciencias pues como toda ciencia teórica posee su propio objeto de investigación y su desarrollo transcurre por leyes específicas, determinadas por la lógica interna del movimiento de sus conceptos y teorías. La matemática extrae su material de partida de la experiencia y los problemas que le plantean las ciencias naturales, la técnica y las ciencias sociales y, ese material, lo somete a un procesamiento lógico cuidadoso, lo analiza, generaliza y esquematiza creando nuevos conceptos y teorías, los que gracias a su carácter general y abstracto resultan luego aplicables no sólo en la investigación de los problemas y situaciones concretos que provocaron la aparición de nuevas ideas, sino también a problemas completamente diferentes en cuanto a su contenido concreto.

Una vez que nacen, los conceptos y teorías de la matemática tienen su propia vida y se desarrollan según las leyes internas del pensamiento matemático. Esta independencia relativa del desarrollo de la teoría matemática, determinada por principios, leyes y juicios lógicos, con frecuencia conduce a la formulación de nuevas ideas y métodos que encuentran aplicación en otras ciencias tiempo después de su surgimiento. Se sabe que la teoría de las secciones cónicas, que apareció ya en la matemática antigua, fue utilizada por primera vez por Kepler para la descripción de los movimientos de los cuerpos celestes casi dos mil años después de su descubrimiento. Se pensaba que las geometrías no euclidianas poseían solamente un significado matemático interno, hasta que Einstein utilizó la geometría general de Riemann en calidad de aparato matemático para su teoría general de la relatividad. Este y otros ejemplos semejantes son testimonio de que la aplicación fructífera de los métodos matemáticos está vinculada a la solución de los problemas planteados a la matemática por otras ciencias, aunque

también a aquéllos que surgen en su interior. La solución exitosa de estos últimos libera en el futuro las posibilidades de su utilización por otras ciencias.

Los propios intereses de las ciencias concretas coinciden, en última instancia, con la exigencia de la matemática para desarrollar y perfeccionar su aparato conceptual, ya que los conceptos más generales y abstractos resultan más adecuados para el análisis de los nuevos campos de aplicación de la matemática. Como brillantemente ha indicado el académico B. V. Gnedenko, las posibilidades aplicadas de la matemática se amplían debido a que esta ciencia no se detiene, sino que cambia continuamente su contenido y asimila nuevos conceptos, ideas, métodos y objetos de investigación.[57] De ahí que, con el desarrollo de la propia matemática, aparecen posibilidades para la matematización de nuevos y nuevos campos del conocimiento científico, por lo que ese proceso no debe contemplarse como un episodio casual en el desarrollo del conocimiento científico.

Lo antes expuesto nos permite esperar que el proceso de penetración de los métodos matemáticos en otras ciencias se hará más amplio y profundo. En realidad, el paso al estudio de la estructura de la materia a nivel subatómico, el descubrimiento de los secretos de la aparición de lo vivo, los intentos por comprender los mecanismos en que se basan los procesos pensantes, exigen la creación de conceptos y teorías aún más profundos y abstractos, los que al parecer resultarán tan poco habituales que daremos la razón a Bohr por haberlos denominado "ideas locas". Como muestra la historia de la ciencia, el dominio de dichas ideas se logrará mucho mejor con la ayuda de los métodos abstractos de la matemática.

La etapa actual de la matematización de las ciencia se ve obstaculizada en determinados casos por la ausencia de métodos matemáticos adecuados para las ciencias que estudian los procesos que tienen lugar en los organismos vivos, y, sobre todo, los fenómenos sociales. Una parte considerable de los métodos matemáticos existentes surgió, como es sabido, bajo la influencia de las demandas de las ciencias que estudian la naturaleza inorgánica y, en particular, los fenómenos astronómicos, mecánicos y físico-químicos. La efectividad de la utilización de los métodos tradicionales de la matemática en estas ciencias posibilitó, en buena medida, su traslado al estudio de los procesos biológicos y, parcialmente, de los sociales. Sin

embargo, aquí resultaron inadecuados en su conjunto. En el mejor de los casos con ellos sólo podían resolverse —de forma bastante esquemática por cierto— problemas particulares. Es por eso que en los últimos decenios de nuestro siglo se llevan a cabo investigaciones intensivas para la elaboración de un aparato matemático adecuado tanto para las ciencias biológicas como para las sociales. Es cierto que todavía es demasiado temprano para hablar de cualquier teoría o método general fructífero.

Uno de los intentos más interesantes por enfocar de distinta manera la matematización de los sistemas complejos lo constituye el trabajo de Lotfi A. Zadeh, en el cual el autor parte de la suposición de que los elementos del pensamiento del hombre no los forman los números, sino los elementos de conjunto o clases de objetos imprecisos, para los cuales el paso de la "pertenencia a la clase" y a la "no pertenencia" no se produce a saltos, sino que es continuo.[58] "Los métodos tradicionales del análisis de sistemas —señala el autor— son insuficientemente apropiados para el análisis de los sistemas humanísticos, porque no están aptos para abarcar la imprecisión del pensamiento y la conducta humanos."[59] Es por esto que propone buscar aquellos métodos en los cuales el rigor matemático y la formalización no son absolutamente necesarios. Según dicho enfoque son admisibles las imprecisiones y las verdades parciales. Para ello, el autor introduce junto a las variables numéricas las llamadas variables "lingüísticas", así como enunciados y algoritmos imprecisos. Por supuesto, tiene conciencia de que su enfoque sólo es un "paso de prueba" en la aplicación de nuevos métodos al análisis de los sistemas humanísticos. De todas formas, lo considera útil para la solución aproximada de ciertas tareas prácticas en la economía, la ciencia sobre la dirección, la psicología, la medicina y la biología.

Sin duda, la búsqueda de nuevos caminos, medios y métodos de matematización seguirá realizándose con fuerza indeclinable en el futuro. ¿No conducirá este proceso a que las ciencias concretas sean absorbidas por la matemática? Ese peligro, como lo demuestra toda la historia del conocimiento científico, carece de fundamento. Ya vimos que el proceso real del conocimiento constituye una unidad dialéctica de los métodos cuantitativos y cualitativos de investigación, según la cual la penetración más profunda en las particularidades cualitativas

de los procesos exige la aplicación de métodos matemáticos más perfeccionados —en el amplio sentido de la palabra.

Toda ciencia concreta que utiliza los métodos matemáticos no pierde ni su objeto ni sus métodos específicos de investigación. La matemática brinda la posibilidad para expresar con precisión las dependencias y relaciones concretas halladas en el proceso de la investigación, y en muchos casos ayuda a encontrarlas. Este papel heurístico de la matemática se revela con frecuencia en el desarrollo de las ciencias naturales modernas. El enfoque abstracto, extremadamente general e inherente a la moderna matemática, asegura, en última instancia, la mejor comprensión de los fenómenos investigados y descubre posibilidades para un pronóstico más preciso y fiable, de fenómenos nuevos, desconocidos. Pero para lograr esto, la rama de la ciencia de que se trate debe ser lo suficientemente madura y disponer de un aparato conceptual establecido y de teorías desarrolladas. Por esa razón, y en una conversación con Lafargue, Marx observa que la ciencia alcanza su perfección cuando comienza a utilizar la matemática.

[1] Tenemos en cuenta la estática fundada por Arquímedes.

[2] Hilbert, D.: "Sobre el concepto de número", en *Fundamentos de la geometría*, p. 316, OGIZ, Moscú-Leningrado, 1948.

[3] Bourbaki, N.: "La arquitectura de la matemática", en *Ensayos sobre historia de la matemática*, p. 259, Ed. I. L., Moscú, 1963.

[4] Lenin, V. I.: *Materialismo y empiriocriticismo*, p. 292, Editorial Progreso, Moscú.

[5] Lenin, V. I.: *Obras completas*, t. XXXVIII, p. 364, Editora Política, La Habana, 1964.

[6] Ver Einstein, A.: *Recopilación de trabajos científicos*, t. III, p. 604, Moscú, 1966; Bohr, N.: *Recopilación de trabajos científicos*, t. II, p. 180, Moscú, 1971.

[7] El propio Maxwell suponía que se orientaba por el modelo mecánico del éter pero, las ilusiones, bajo ciertas condiciones, constituyen con frecuencia algo real.

[8] Ver Podgorestski, M. I. e Y. A. Smorodinski: "Sobre la estructura axiomática de las teorías físicas", en *Problemas de la teoría del conocimiento*, No. 1, p. 74, Moscú, 1969.

[9] Ver Newton, I.: *Óptica*, p. 303, Moscú, 1954.

[10] En este caso, existe un magnífico material en el trabajo de Fok, V. A.: "Importancia de principio de los métodos aproximativos en la física teórica", en *Uspieji Fizicheskij Nauk*, No. 8, t. XVI, 1936.

[11] Einstein, A.: "Sobre la teoría especial y la general de la relatividad", en *La realidad física*, p. 199, Moscú, 1965.

[12] *Ibid*, pp. 249-250.

[13] Ventsel, E. S.: *Teoría de las probabilidades*, p. 18, Moscú, 1964.

[14] Ver Marx, C. y F. Engels: *Obras completas*, ed. cit., t. 20, pp. 535-536.

[5] En relación con esto, ver el trabajo colectivo *La síntesis del conocimiento científico contemporáneo*, Moscú, 1973.

[16] Wiener, N.: *Cibernética y sociedad*, p. 27, Moscú, 1958.

[17] Ver, por ejemplo, el trabajo colectivo *El determinismo actual. Las leyes de la naturaleza*, ed. en ruso, Moscú, 1973.

[18] Para más detalles, ver Kravtsev, A. S.: *Probabilidad y sistemas*, Voronezh, 1970; Sachkov, Iu. V.: *Introducción al mundo probabilístico*, Moscú, 1971.

[19] Jauch, I. M.: "The Quantum Probability Calculus", *Fundamenta-Scientiae*, No. 27, pp. 2-3, University Louis Pasteur, Strasbourg, 1975.

[20] Fok, V. A.: "La física cuántica y la estructura de la materia", en *Estructura y formas de la materia*, p. 173, Moscú, 1967.

[21] Omelianovski, M. E.: *La dialéctica en la física moderna*, p. 120, Moscú, 1973.

[22] Feinman, R. y A. Hibs: *La mecánica cuántica y las integrales de trayectorias*, p. 13, Moscú, 1968.

[23] Weizsäcker, C. F. von: "Probability and Quantum Mechanics", en *The British Journal for the Philosophy of Science*, vol. XXIV, No. 4, p. 334, 1973.

[24] Maxwell, J.: *Artículos y discursos*, p. 108, Moscú, 1968.

[25] Holbach, P.: *Obras antirreligiosas escogidas*, t. I, pp. 34-35, Moscú, 1934.

[26] Smolujovski, M.: *Sobre el concepto de casualidad y el origen de las leyes de probabilidad en la física*, 5ª ed. en ruso, t. VII, p. 332, UFN, 1927.

[27] Ver, por ejemplo, Omelianovski, M. E.: *op. cit.* p. 142 *y ss.*

[28] Ver Jinchin, A. Ia.: *Fundamentación matemática de la mecánica estadística*, Moscú-Leningrado, 1943; Jinchin, A. Ia.: *Fundamentación matemática de la estadística cuántica*, Moscú-Leningrado, 1951.

[29] Uhlenbeck, G. E.: *Problemas fundamentales de la mecánica estadística*, 2a. ed., t. CIII, p. 275, UFN, 1971; Uhlenbeck, G. E.: "Problems of Statistical Physics", en *The Physics' Conception of Nature*, editado por J. Mehra, p. 501, Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holland.

[30] Loev, M.: *Teoría de las probabilidades*, p. 183, Moscú, 1962.

[31] Ver, por ejemplo, Jinchin, A. Ia.: *op. cit.*, p. 36.

[32] Fok, V. A.: "La física cuántica y los problemas filosóficos", en *Lenin y las ciencias naturales modernas*, p. 194, Moscú, 1969.

[33] *Ibid.*, pp. 195-196.

[34] Mandelshtam, L. I.: *Lecciones de óptica, teoría de la relatividad y mecánica cuántica*, pp. 332-333, Moscú.

[35] Heisenberg, W.: *Física y filosofía*, p. 153, Moscú, 1963.

[36] Fok, V. A.: "Sobre la interpretación de la mecánica cuántica", en *Problemas filosóficos de las ciencias naturales contemporáneas*, p. 227, Moscú, 1959.

[37] Fok, V. A.: "La física cuántica y los problemas filosóficos", en *Lenin y las ciencias naturales modernas*, p. 194, Moscú, 1969.

[38] Ver Ursul, A. D:: *El problema de la información en la ciencia moderna*, Moscú, 1975.

[39] Ver Ashby, W. R.: *Introducción a la cibernética*, p. 2, cap. VII, Moscú, 1959.

[40] *Ibid.*, p. 3.

[41] Kolgomorov, A. N.: "Tres enfoques para la definición del concepto 'cantidad de información'", en *Problemas de trasmisión de información*, t. I, No. 1, p. 4, Moscú, 1965.

[42] Kolgomorov, A. N.: "Problemas de la teoría de las probabilidades y la estadística matemática", en *Viestnik Akademii Nauk SSSR*, No. 5, p. 95, 1965.

[43] Kolgomorov, A. N.: "Hacia un fundamento lógico de la teoría de la información y de la teoría de las probabilidades", en *Problemas de transmisión de información*, pp. 3-7, Moscú, 1969.

[44] Rashevski, N.: "Fundamentos matemáticos de la biología general", en *Modelación matemática de los procesos vitales*, p. 277, Moscú, 1968.

[45] Shanin, N. A.: "Números sustanciales constructivos y espacios funcionales constructivos", en *Trabajos del Instituto Matemático V. A. Steklov*, t. LXVII, p. 22.

[46] Ver Shanin, N. A.: "Sobre la crítica de la matemática clásica", en *Trabajos del Instituto Matemático V. A. Steklov*, t. LXVII, p. 285, 1962.

[47] Kolmogorov, A. N.: *op. cit.*, p. 6.

CAPÍTULO V

LOS MÈTODOS AXIOMÁTICOS Y PROBABILÍSTICOS DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO

1. La axiomática y el problema de la búsqueda de los conceptos básicos de la ciencia

La idea del materialismo dialéctico de que la naturaleza es única en su diversidad y es materia en desarrollo, se convirtió en concepción general de la ciencia contemporánea y encuentra expresión, no sólo en su contenido, sino en su metodología y su lógica. Los principios del desarrollo y de la unidad de la naturaleza son utilizados fructíferamente por toda la ciencia en la búsqueda de nuevos fenómenos y leyes.

La concepción general que la ciencia ha tenido sobre la naturaleza —problema de la concepción del mundo— en una u otra época de su desarrollo histórico, siempre ha estado internamente relacionada con la lógica de la investigación, con el problema metodológico, que la caracterizaba en esa misma época. Si tenemos en cuenta la filosofía antigua, vemos que el conocimiento científico se basaba en la observación cotidiana y carecía, con algunas excepciones,[1] de métodos sistemáticos de investigación, respondiendo por completo a concepciones muy generales e indeterminadas de los filósofos de aquellos mismos tiempos, concepciones en las que, a menudo, encontramos —si tenemos en cuenta el nivel de desarrollo de la filosofía antigua— geniales conjeturas filosófico-naturales. Sucede así que más tarde, por ejemplo, en la física clásica, el método de investigación propuesto por Newton, llamado posteriormente método de los principios, no fue más que una modificación de la axiomática de Euclides que correspondía a la concepción atomística sobre la naturaleza, la cual compartía Newton.

En la unidad del conocimiento se refleja la unidad de la naturaleza. La unidad del conocimiento encontró su forma primaria en la axiomática, mientras que el conocimiento geo-

métrico —el primero que existió en su tiempo— devino científico al ser elaborado axiomáticamente por Euclides.

El sistema acabado o condicionalmente cerrado de una u otra teoría científica —por ejemplo, la geometría y la mecánica clásicas— fueron las primeras en afirmarse por ese camino, está compuesto de conceptos y principios básicos, que en el lenguaje geométrico se denominan axiomas, y que vinculan estos conceptos mediante determinadas correlaciones, así como por consecuencias que se deducen de ellos por medio de la deducción lógica. Son precisamente estas consecuencias las que deben corresponder a los datos experimentales, es decir, confirmados en la práctica. Sin ella la teoría científica no puede aspirar a tal, pues la práctica y sólo la práctica es el criterio de la verdad del conocimiento teórico; o sea, solamente la experiencia confirma, a fin de cuentas, el que la teoría refleje objetivamente la realidad y compruebe la utilidad del aparato matemático —del formalismo— de esta teoría.

A cada sistema de conceptos y principios físicos le corresponde un aparato matemático —formalismo— que le es propio; el sistema describe un determinado campo de fenómenos físicos, de los cuales habla la experiencia, y por un camino también experimental, se establecen las fronteras de aplicación de los conceptos del sistema en lo que respecta a su correspondencia con la naturaleza.

El método axiomático ha sufrido modificaciones desde la época de Euclides al enriquecerse con nuevas posibilidades de explicación y predicción de los fenómenos investigados. Si podemos hablar de este método en su forma inicial o euclidiana como una "axiomática material" o "de contenido", utilizando la expresión de M. Kline en la actualidad, después de los trabajos del reputado matemático Hilbert y de las investigaciones sobre lógica matemática, la axiomática figura tanto como axiomática formal como "formalizada". Estas dos se diferencian de la axiomática material por el hecho de que sus conceptos y correlaciones actúan al parecer en forma pura, privados de contenido empírico, y en la axiomática formalizada, en lugar de un lenguaje verbal, se aplica otro simbólico —formalismo—, mientras que en la axiomática material la deducción no se separa prácticamente de la empiria y la evidencia.

Esto es válido *mutatis mutandi* para las elaboraciones axiomáticas en física. En los axiomas o principios, también se llaman leyes fundamentales, de la mecánica de Newton se habla de masa inerte y fuerza de aceleración del espacio y el tiempo

y de correlaciones entre los conceptos mencionados. Estas correlaciones y conceptos son los de partida en los límites de la mecánica de Newton y constituyen expresiones idealizadas de datos experimentales. Expuestos por primera vez en los *Principia* de Newton, pueden servir de ejemplo de la axiomática de contenido en la física clásica.

El desarrollo del método axiomático en la física repite en lo fundamental su desarrollo en la geometría. En la física moderna, poseedora de un aparato matemático muy ramificado y complejo, podemos afirmar con todo derecho que existe una axiomática formal y particularmente formalizada, la cual, en cierto sentido, constituye el punto supremo del desarrollo del método axiomático. En particular, esto se manifestó del todo a partir de la afirmación y construcción de la teoría de la física no clásica. Un análisis riguroso y en parte completo de los problemas nos llevaría mucho más allá de los marcos de nuestro tema, por lo que intentaremos ofrecer exclusivamente una idea de la esencia de la cuestión.

Veamos la ecuación

$$F = \frac{d\ (m\ v)}{d\ t}$$

La anterior ecuación expresa la segunda ley de la mecánica de Newton, que parte de la condición de que la masa de un cuerpo es una magnitud constante. Pero esta ecuación puede examinarse como una expresión de la ley de la teoría especial de la relatividad; en este caso m designará

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

donde, m_0 masa del cuerpo inmóvil —"masa de reposo"—, v velocidad del cuerpo y c velocidad de la luz.

Esta ecuación expresa entonces la ley de la mecánica relativista que supone que la masa de un cuerpo se modifica con la velocidad.

La ecuación examinada puede expresar también la ley del movimiento en la mecánica cuántica. Es sabido que las magnitudes de la mecánica cuántica y la clásica están relacionadas

por las mismas ecuaciones, aunque en la mecánica cuántica, en estas ecuaciones figuran operadores, es decir, magnitudes de otra naturaleza matemática que las magnitudes de la mecánica clásica.

El lector está en su derecho de preguntar: ¿sobre qué base se lleva a cabo semejante "sustitución" en las ecuaciones —es decir, el uso de operadores, una expresión más compleja *m*—, y qué significan por su sentido lógico? Dar una respuesta implica hablar del contenido mismo de la mecánica clásica, relativista y cuántica, del paso de una teoría particular con sus conceptos a otra más general y profunda, con conceptos de mayor contenido que los de la teoría particular. En otras palabras, y para volver a lo expuesto, hay que hablar de la comprensión de la masa en la mecánica relativista y de cómo se formó, de que los operadores en la mecánica cuántica representan matemáticamente datos físicos que no se encuentran en la teoría clásica, de la lógica misma del surgimiento de la teoría especial de la relatividad, de la mecánica cuántica.

Deseamos subrayar que la construcción axiomática formal y formalizada de la ciencia física abarca el desarrollo de su contenido permitiendo un conocimiento más profundo de la naturaleza. Es preciso señalar que en la física tiene particular importancia el problema de la interpretación de sus formalismos en comparación con un problema análogo en la matemática; esto lo examinaremos más adelante.

¿Por qué el método axiomático es tan esencial para la física? En sus aspectos lógico y metodológico la significación de este método en la física, tanto en forma de axiomática material como en sus manifestaciones superiores formal y formalizada, no es sólo inmensa, sino como intentaremos demostrar, tan sustancial que es difícil de exagerar. Si lo comparamos con otros métodos de investigación, no se puede dejar de coincidir con la siguiente referencia que hace Hilbert al método axiomático en la matemática: "A pesar de que el método genético posee una gran importancia pedagógica y heurística, el método axiomático es preferible para la conformación definitiva y la total fundamentación lógica del contenido de nuestro conocimiento."[2]

Insistimos en que lo que Hilbert dijo para el método axiomático en matemática es aplicable, en nuestra opinión, a la axiomática física. Por supuesto, tanto en este caso como en todos no hay que llegar a los extremos e hipertrofiar el profundo pensamiento de Hilbert.

Empecemos con el *método genético*, el cual recuerda Hilbert en la cita referida al método axiomático. Tratemos su contenido, aunque de forma algo diferente a lo expuesto por Hilbert. Hablaremos del papel del método genético en el conocimiento y, al mismo tiempo, a diferencia de Hilbert, enfatizaremos que este método "entra", a su manera, en el axiomático.

¿Cómo se introduce el concepto de número? A partir de la admisión de la existencia del cero y del hecho de que en el proceso de aumentar un número con la unidad surge el número que le sigue; se obtiene entonces un conjunto de números naturales y desarrollamos con ellos las leyes de cálculo. Si tomamos el número natural a y le añadimos b como unidad, obtendremos el número $a + b$ y con ello definiremos —introduciremos— la operación de formación de los números naturales —junto con su resultado, denominado suma.

Si sumamos ahora los números a, de los cuales b es un número, definiremos —introduciremos— entonces la operación de multiplicación de los números naturales y llamaremos al resultado de esta operación, multiplicación de a por b, designándolo ab. Por un camino semejante —dejaremos a un lado la explicación— definimos la operación de elevación a potencia y la potencia misma.

Veamos las llamadas operaciones inversas en relación con la suma, la multiplicación y la elevación a potencia. Supongamos que tenemos los números a y b y necesitamos encontrar el número x que satisface las ecuaciones $a + b = b$, $a x = b$, $x^a = b$. Si $a + x = b$, entonces x se obtendrá por medio de una operación de resta: $x = b - a$, cuyo resultado se denomina diferencia. De la misma forma se introducen las operaciones de división, radicación y logaritmo —estas últimas son dos operaciones inversas respecto a la elevación a potencia.

Apoyándonos en estas definiciones se puede construir una axiomática de los números naturales. Los axiomas correspondientes se unen en grupos: a) axiomas de unión, b) axiomas de cálculo, c) axiomas de orden y d) axiomas de continuidad.

Así llegamos al punto de empalme de nuestros razonamientos. La práctica de la búsqueda de soluciones a ecuaciones, en la cual figuran los números antes examinados, nos hablan de que las operaciones inversas: resta, división y radicación, no se realizan en todos los casos. Supongamos ahora que esas operaciones se realizan en todos los casos. En particular, esta admisión ha sido realizada por la aritmética en el transcurso de su desarrollo histórico y, en conclusión, como peculiar resu-

men lógico de este desarrollo, aparecieron los números positivos y *negativos*, los números enteros y los *quebrados*, los racionales e *irracionales*.

Semejante tipo de distinción de los números naturales en los contrarios señalados y de interrelaciones entre estos contrarios, condujo a los conceptos de número relativo, de número como relaciones y de número real; este último se desarrolló a partir del concepto simple de número natural por medio de consecuentes generalizaciones. El concepto de número real en la aritniética moderna se sigue desarrollando, aunque lo dicho es suficiente para nuestros objetivos.

La aplicación del método axiomático, por su esencia, subraya, que la axiomática no excluye en general el reconocimiento de la modificación de sus conceptos básicos y de las teorías lógicamente cerradas, sino que, por el contrario, supone la necesidad de que aparezcan nuevos conceptos y principios básicos. Todo lo que hace tan valioso al método axiomático para la conformación lógica y la total fundamentación lógica de las teorías científicas, encuentra en semejante aplicación de la axiomática un acabado auténtico, aunque no lógico-formal, y una expresión adecuada a la realidad.

Sobre esto, N. Bourbaki expresó con gran brillantez:

> La unidad que el método axiomático suministra a la matemática, no es la armazón de la lógica formal, ni tampoco la unidad que brinda un esqueleto carente de vida. Es el jugo nutriente del organismo en pleno desarrollo, un instrumento de investigación flexible y fructífero que han utilizado en sus trabajos todos los grandes matemáticos a partir de Gauss, todos aquellos que, siguiendo fórmula de Legendre-Dirichlet, aspiraron siempre a "sustituir las ideas con cálculos".[3]

En la física, el cuadro es parecido. El principio de relatividad, consecuencia de los principios de la mecánica de Newton, es decir, el principio de relatividad en la forma que le dio Galileo, no se cumplía en los casos de la propagación de la luz. Este fenómeno estaba subordinado a los principios de la teoría del electromagnetismo. Se planteó entonces la tarea de ampliar el campo de aplicación de los principios de la mecánica e incluir en él los fenómenos electromagnéticos. Pero esto implicaba que los principios de la mecánica de Newton debían formar un sistema único e integral con los de la teo-

ría del electromagnetismo. Tal combinación condujo al surgimiento de nuevos conceptos, más amplios y de mayor contenido, que los de la mecánica clásica. Fueron modificados, ante todo, los conceptos de espacio y tiempo; desaparecieron los de espacio y tiempo absolutos; aparecieron los conceptos de espacio y tiempo relativos, que resultaron ser aspectos del *continuum* espacio-temporal de cuatro dimensiones. La transformación de Galileo, que vinculaba en la mecánica de Newton los sistemas inerciales de referencia y proponía un espacio y tiempo absolutos, fue sustituida por la de Lorentz, la que, al relacionar los sistemas inerciales de referencia supone un espacio y un tiempo relativos. El principio de relatividad apareció entonces en su forma generalizada por Einstein; surgió la mecánica relativista.

La mecánica cuántica puede servirnos de segundo ejemplo. En esta teoría —la tratamos porque tenemos en cuenta su forma lógicamente cerrada— existe un postulado básico: a cada magnitud física —variable dinámica— de la mecánica clásica corresponde en la mecánica cuántica un determinado operador lineal que actúa sobre la función ondulatoria, y se admite que entre estos operadores lineales existen las mismas correlaciones que tienen lugar en la mecánica clásica, entre magnitudes correspondientes. En la mecánica cuántica tiene también un papel básico el postulado que establece el vínculo entre el operador y el valor de la magnitud que caracteriza la indicación del instrumento de medición —por medio del cual sabemos del microobjeto.

Nuestros dos ejemplos son un peculiar resumen lógico de la situación creada en la teoría de la mecánica cuántica y la teoría de la relatividad cuando ambas teorías fueron elaboradas. Como resumen, no ofrece toda la diversidad de situaciones lógicas y fácticas que se produjeron durante el nacimiento de estas teorías, ni ofrece los detalles de la combinación de razonamientos y experimentos que engendraron los principios de estas teorías directrices de la física contemporánea. Para evitar las incomprensiones posibles al explicar el procedimiento de hallazgo de nuevos conceptos por medio de la axiomática, de lo cual hablamos, es preciso prestar interés especial a la circunstancia de que los axiomas deducidos mediante la definición de ciertos conceptos básicos, se convierten a su vez en un apoyo para deducir conceptos básicos de más amplitud y contenido que los iniciales. Las ecuaciones que expresan axiomas contienen ahora símbolos carentes de significado real.

Toda la esencia de la cuestión radica en el hallazgo de estos significados reales, en el descubrimiento de nuevos conceptos y, por consiguiente, en la construcción de una nueva teoría. El método de la hipótesis matemática, el de observabilidad de principio y otros métodos teóricos de la física moderna resuelven, como es sabido, esta tarea.

Si tenemos en cuenta semejantes circunstancias, resultará claro que aunque la estructura de los axiomas de los números relativos y reales es igual a la de los números naturales —ofreceremos un conocido ejemplo—, es imposible saber, partiendo exclusivamente de este isomorfismo, digamos, cómo se suman o multiplican los números negativos. De forma análoga, la igualdad de la estructura de los principios de la mecánica clásica, relativista y cuántica no garantiza por sí misma el conocimiento de las leyes fundamentales de la mecánica relativista y la cuántica cuando conocemos las de la mecánica clásica. No está de más recordar aquí la observación de Engels sobre la ley de la negación de la negación. Con conocer solamente que esta ley de la dialéctica abarca el desarrollo del grano y el cálculo infinitesimal "no seré capaz —dice Engels— ni de cultivar con éxito la cebada, ni de diferenciar e integrar". Lo mismo pasa con la axiomática, sin que por ello disminuya el fructífero papel metodológico de las leyes de la dialéctica, y de la axiomática.

Se considera, con todo derecho, que la posibilidad de expresar teorías por medio de un sistema de axiomas es índice de la perfección lógica de la teoría —carácter cerrado—, pero en la historia del conocimiento y la ciencia, la perfección lógica de las teorías casi siempre se examinaba como sinónimo de su universalidad e invariancia. Esto estuvo justificado, digamos, por la existencia durante dos milenios —hasta mediados del siglo XIX— de la geometría de Euclides como único sistema geométrico y por el reinado de dos siglos —hasta el XX— de la mecánica de Newton como sistema teórico definitivo e inapelable en la física. Tratamos de demostrar lo ilusorio de semejante concepción al examinar las ideas axiomáticas en el plano de la lógica. La armonía lógica de la teoría no excluye su desarrollo sino, por el contrario, lo presupone.

La teoría electromagnética de Maxwell, asestó el primer golpe al ideal de la comprensión clásica de la elaboración axiomática. Sin embargo, de hecho, la axiomática no modificó la esencia de esta comprensión: durante el florecimiento del cuadro electromagnético del mundo muchos físicos situaron en el lu-

gar de los cuerpos de la mecánica y los axiomas de Newton, el campo electromagnético y las ecuaciones de Maxwell (la propia mecánica de Newton pareció ser refutada, se creyó que no tenía relación con los fundamentos del mundo). El punto de vista del materialismo dialéctico sobre esta cuestión fue expresado en su tiempo por Lenin. Cuando tomó forma el cuadro electromagnético del mundo, Lenin señaló la inconsistencia de la aseveración acerca de que el materialismo concibe un "cuadro del universo, en tanto que *materia en movimiento*, que ha de ser forzosamente mecánico, y no electromagnético o de cualquiera otra índole incomparablemente más compleja".[4]

La teoría de la relatividad y, sobre todo, la mecánica cuántica, al adoptar su forma actual, dieron el golpe de gracia a la concepción clásica sobre la axiomática en la física.

Resultó claro que la mecánica newtoniana —esta circunstancia fue señalada antes en otro sentido— impone fronteras al campo de los fenómenos que debe explicar y prever, que no son otros que los límites de su aplicabilidad: los fenómenos electromagnéticos de cuerpos en movimientos y los de nivel atómico no pueden ser descritos ni explicados con ayuda de los conceptos y principios de la mecánica de Newton. Las investigaciones experimentales de los fenómenos correspondientes, junto con el análisis de las situaciones teóricas surgidas en la física, condujeron, por un lado, a la teoría de la relatividad, y por otro, a la mecánica cuántica. Es conocido que hoy los físicos están acostumbrados a la idea de que ninguna teoría física cerrada constituye un absoluto, pues su aplicación tiene límites y puede ser sólo aproximada.

Pero, ¿cómo encontrar el límite de aplicabilidad de la teoría y cuál es este límite? Empezaremos por el final. Existen fenómenos que no pueden ser descritos con los conceptos de una teoría, y si pueden serlo, no son explicados en ella. Semejante teoría deja de lado la esfera de estos fenómenos su campo de aplicación, es decir, el campo de los fenómenos que explica o puede explicar. En otras palabras, más allá de los límites de aplicación de una teoría debe funcionar —es decir, describir, explicar y, por consiguiente, predecir— otra teoría por principio diferente.

No deseamos profundizar en el problema del límite de aplicación de la teoría. Pero nos detendremos en un aspecto de él. Con frecuencia se usa la expresión que parece ser, con todo

derecho, lógica, "límite de desarrollo de la teoría". ¿Qué significa esta expresión y qué relación tiene con la de "límite de aplicabilidad de la teoría" que acabamos de ver?

Esta interrogante puede parecer artificial. Es costumbre afirmar que no tiene sentido hablar del desarrollo del sistema axiomático. De hecho, todos los teoremas del sistema axiomático pueden considerarse contenidos, en forma imprecisa, en los axiomas y reglas de las conclusiones; sólo la actividad de la matemática, o del aparato correspondiente, puede hacer cualquier teorema contenido en ella, y semejantes teoremas de diferente grado de ordenamiento se contienen de forma infinita en el sistema axiomático. Al propio tiempo, quien no sabe que en la realidad la inferencia —deducción— de teoremas a partir de axiomas es algo que está muy lejos de constituir una norma y que, digamos, la obtención de un dato geométrico, o mecánico, y de una proposición a partir del correspondiente sistema de axiomas es, como en todo conocimiento, la solución al problema de la búsqueda de lo desconocido a partir de datos conocidos. Incluso Engels señaló que *la lógica formal es un método para la búsqueda de nuevos resultados.*

El método deductivo, que incluye el axiomático, como cualquier otro método que aplica las proposiciones de la lógica formal y la dialéctica, no puede tratarse sin fantasías. Hará falta recordar que, según Lenin, *"incluso en la generalización más sencilla, en la idea general más elemental hay cierta parte de fantasía".*[5] Por supuesto, el papel de la fantasía aumenta considerablemente cuando tratamos con generalizaciones cada vez más extensas y profundas con las cuales opera la ciencia y dejaría de ser tal si no lo hiciera. La investigación de este papel constituye una tarea remuneradora.

Por tanto, debido a que el método deductivo o, para tener en cuenta su forma superior, el axiomático, conduce de lo conocido a lo desconocido y multiplica el conocimiento científico, el sistema axiomático debe ser considerado capaz de desarrollarse como sistema teórico y en presencia de las correspondientes condiciones. El desarrollo de una teoría axiomatizada es la obtención de nuevas afirmaciones y proposiciones en los marcos de su aplicabilidad. Este desarrollo de la teoría, como resulta evidente de su definición, transcurre, por así decir, dentro de ella misma; en ese desarrollo, la teoría no traspasa sus límites y, desde el punto de vista de sus fundamen-

tos —del sistema de axiomas— se mantiene tal cual es. ¿Cómo encontrar el límite de aplicabilidad o el de desarrollo de una teoría axiomatizada?

Naturalmente, la respuesta no puede consistir en mostrar que una teoría construida contiene en sí a otra, en cuyo caso la primera encuentra a la que le es inherente por medio del límite de aplicabilidad de la segunda teoría, y demuestra que la última constituye su caso extremo. Éste no es el modo de resolver el problema, pues en este caso más bien se presupone dicha solución.

¿Se pueden encontrar por vía empírica los límites de aplicabilidad de una teoría o las fronteras del campo de fenómenos que ella explica?

Depende de las circunstancias. Los fenómenos fijados por la experiencia de Michelson o la llamada "catástrofe ultravioleta" se convirtieron realmente en los puntos extremos de aplicación de la mecánica clásica: de estas dos "nubes" en el límpido cielo de la física clásica —como se decía— surgieron la teoría de la relatividad, especial, y la mecánica cuántica. Sin embargo, desde hace relativamente mucho tiempo se sabe del movimiento del perihelio de Mercurio no abarcado por la teoría de la gravitación de Newton, aunque no se convirtió en punto extremo de esta teoría. La teoría de la gravitación de Einstein, que fijó los límites de aplicación de la de Newton, no se formó por el mismo camino metodológico por el que surgieron la teoría de la relatividad y la mecánica cuántica. En la creación de la teoría de la gravitación de Einstein, desempeñó un papel fundamental el principio de equivalencia que suponía la identidad entre inercia y gravitación, es decir, en esencia, el dato experimental de que todos los cuerpos caen en el vacío con una misma aceleración, hecho que aunque era conocido por Newton, no lo incluyó en el contenido teórico de su teoría, sino que solamente lo admitió empíricamente.

Por tanto, sucede que la teoría establecida no explica ciertos datos experimentales conocidos, tiende a ello, pero su interpretación teórica o explicación, fundamentación, se sale de los marcos de la teoría establecida, y esto, sólo es capaz de comprenderlo a veces un genio. De esta forma fue creada la teoría general de la relatividad o la teoría de la gravitación de Einstein, la cual, cuando fue fundada, se apoyaba en el mismo material experimental, en la misma base experimental, que la teoría de Newton... aunque la complementó con un complejo de nuevas ideas, extrañas a las concepciones clásicas.

La teoría lógicamente construida o el sistema teórico axiomático que funciona correctamente en los marcos de su aplicabilidad, debe ser completo y no contradictorio. La no contradicción y completitud del sistema, como mostró K. Gödel, no pueden ser demostradas con los propios medios teóricos de ese sistema. Habitualmente, cuando se trata de teorías físicas, se acepta sin demostración —cuando no se exige lo contrario— que esa teoría es no contradictoria y completa, de la misma forma que se acepta sin demostración —cuando a ello no se oponen los datos— que una determinada teoría es universal.

De esta última afirmación se desprende que si un fenómeno que debe ser explicado por una teoría, no sólo no lo es, sino que, por el contrario, surgen contradicciones o paradojas en el proceso de esa explicación que no pueden ser resueltas por la teoría, en ese caso, tendremos derecho a considerar la presencia de semejantes paradojas como síntoma de que la teoría se acerca a su límite.

Por supuesto, es posible que después de los razonamientos provocados por la contradicción se precisen ciertas formulaciones y conceptos de la teoría, y que la misma sea resuelta a partir de la teoría en cuestión. En este caso, la contradicción y su solución sirven sólo de perfeccionamiento lógico de la teoría sobre la base de sus principios. Lo mismo, *mutatis mutandi*, es válido para el problema de la completitud de la teoría. Einstein, Rosen y Podolski formularon en su tiempo la proposición de la cual se desprendía la no completitud de la mecánica cuántica en la comprensión probabilística de Bohr. Sin embargo, se aclaró —Bohr lo demostró— que Einstein no tenía razón: su proposición de partida en la paradoja aplicada a los problemas de la mecánica cuántica no era unívoca.[6] Estos casos no nos interesan ahora, pues se refieren al problema del perfeccionamiento lógico de la teoría en cuestión de acuerdo con su axiomática y no al de las fronteras de su aplicabilidad.

El movimiento de la física clásica a la moderna, transcurrió como resultado de la aparición en la teoría clásica de una serie de paradojas. Esta particularidad es característica, hasta cierto punto, de la teoría electromagnética de Maxwell, la más cercana predecesora de las teorías no clásicas. Maxwell, al unificar todos los datos experimentales sobre electricidad y el magnetismo hallados por Faraday y expresarlos en el lenguaje de los conceptos matemáticos, encontró cierta contradicción entre las ecuaciones obtenidas. Para enmendar la situación adicionó, sin fundamentación experimental —ésta se realizó luego—, una nue-

va expresión a la ecuación, y nació así la teoría del electromagnetismo. El método de la hipótesis matemática aplicado por Maxwell, resultó después muy fructífero.

Como ejemplo nos puede servir también la teoría especial de la relatividad de Einstein. Esta teoría nació en las fronteras de la mecánica clásica y la electrodinámica clásica como resultado de solucionar las paradojas, las contradicciones entre el principio de relatividad de Galileo y el principio de independencia de la velocidad de la luz en el vacio respecto al movimiento de la fuente emisora, examinados de conjunto. M. I. Podgorietski y Y. A. Smorodinski llamaron a esas paradojas "fronterizas", "contradicciones del encuentro".[8] En la solución de estas paradojas, es decir, en la creación de la teoría de la relatividad, desempeñó un gran papel el método de observabilidad de principio.

La mecánica cuántica apareció también, hasta cierto punto, como resultado de la solución a una "contradicción del encuentro", en este caso, entre la mecánica *corpuscular* clásica —la misma mecánica de Newton— y la teoría *ondulatoria* clásica. Pero el papel de teoría ondulatoria no lo desempeñó en este caso la correspondiente teoría de la *sustancia,* sino la electromagnética, por lo que el "encuentro" estuvo muy lejos de ser tan "simple" como en el caso del nacimiento de la teoría especial de la relatividad. La mecánica cuántica apareció como solución, no a una "contradicción del encuentro", sino a varias otras. Es importante consignar que la teoría que surgió era, respecto a la inicial —lo que tiene que ver también con la teoría de la relatividad— y para decirlo con el lenguaje de la lógica moderna, una especie de metateoría.

Para comprender cómo nació la mecánica cuántica tiene primordial importancia el problema que podemos llamar problema de la estabilidad de la estructura de los cuerpos, moléculas, y corpúsculos comunes, o de aquellos átomos que, desde el punto de vista de la mecánica de Newton se encuentran en el fundamento de la materia y el movimiento y determinan, a fin de cuentas, todos los cambios universales. Newton "salió de la situación" al postular la *"firmeza infinita* del origen divino de los átomos primarios.[9] Este problema se planteó con toda claridad cuando se supo que el átomo "primigenio" se había convertido en un sistema compuesto de partículas eléctricamente cargadas —un núcleo positivo y los electrones negativos— y hubo que resolver el problema de su estabilidad desde el punto de vista de la teoría clásica del electromagne-

tismo. Es conocido que el "átomo de Rutherford" no debía tanto su "estabilidad" a las leyes de la física de entonces como al optimismo del propio científico y de sus seguidores, a su convicción de que ese problema sería resuelto positivamente. Y realmente lo fue por el entonces joven físico danés (1913) Niels Bohr, quien construyó un modelo atómico, complementando el "átomo de Rutherford" con la hipótesis de los cuantos de Planck. El "átomo de Bohr" resultó realmente un átomo estable, y esta estabilidad fue explicada por las leyes de la naturaleza, es decir, el árbol del átomo "adquirió", por fin, estabilidad, y no porque alguien se haya convencido o convenciera a otros a nombre del Ser Supremo, sino porque así lo establecían las leyes cuánticas del movimiento de la materia.

Por cierto, si pensamos profundamente en la forma en que fue resuelto el problema de la estructura de las partículas atómicas de la materia, parecerá incluso extraño que hubiera podido solucionarse de otra manera. En esencia, se pueden explicar las propiedades y el movimiento de los macroobjetos por medio de las leyes del movimiento y las propiedades de los microobjetos que los componen, sin caer en un *regresus ad infinitum*, sólo a condición de que no se atribuyan a estos últimos las propiedades y el movimiento de los primeros. Esto es lo que hizo la mecánica cuántica, la que mostró brillantemente que los microobjetos no están subordinados en forma alguna a las mismas leyes que los macroobjetos. Pero entonces la firmeza de los macrocuerpos, la constancia de los patrones de longitud y tiempo, es decir, las características físicas de los macroobjetos, sin las cuales son imposibles las mediciones y, por consiguiente, el conocimiento físico, deben recibir, y realmente reciben, su fundamentación en la mecánica cuántica como mecánica de los objetos en el nivel atómico.

Por otro lado, permítasenos afirmar que el hombre es un ser macroscópico; conoce el micromundo sólo a condición de que los microobjetos actúen sobre los macroobjetos, los cuales el hombre adiciona a sus órganos sensoriales; estos macroobjetos (para el hombre se convierten en instrumentos) brindan la posibilidad al hombre de conocer el micromundo por vía indirecta. Por tanto, al conocer los microobjetos, el hombre no puede dejar de utilizar los conceptos clásicos, pues sólo mediante ellos describe las indicaciones de los instrumentos, es decir, debido a que al medir no puede dejar de aplicar la teoría clásica.

Tal es, brevemente, la interrelación entre la mecánica clásica y la cuántica que nos conduce a la comprensión de la correlación que existe entre los fundamentos de las teorías de la física, situación que, nos parece, caracteriza la física del siglo XX.

Señalaremos primeramente que la mecánica del mundo atómico —la cuántica— no se reduce a la mecánica de los macrocuerpos, es decir, a la mecánica clásica —de la misma forma que la teoría del electromagnetismo no puede reducirse a la mecánica clásica, aunque tampoco la absorbe—, la correlación entre ellas contiene algo más. La mecánica cuántica, como se dijo antes, es, en cierto sentido, la fundamentación de la clásica; fundamenta algunos conceptos básicos de ésta que reflejan las propiedades de los objetos macroscópicos, por lo que, respecto a estos conceptos, actúa de forma análoga a la mecánica clásica, en la cual los conceptos derivados se fundamentan mediante axiomas.

El sistema de axiomas de una teoría contiene, en sus relaciones, conceptos que no se fundamentan lógicamente en ese sistema, sino que se postulan sobre la base de determinadas consideraciones convincentes que son tomadas en cuenta al construir el sistema. En ese sentido, la teoría se denomina incompleta, y abierta, aunque esta incompletitud es, por principio, de otro carácter que, digamos, la incompletitud de la mecánica cuántica que tuvo en cuenta Einstein cuando discutía con Bohr. Los conceptos fundamentales en sus vínculos, que forman el sistema axiomático de la teoría, pueden ser fundamentados con los medios de una teoría más profunda y amplia que la examinada, con una nueva axiomática. En el plano de la lógica, el *status* de "fundamentación" de los conceptos básicos en sus relaciones, es semejante en la axiomática de la teoría, al *status* de "no contradictoriedad", "completitud", del sistema axiomático, cuyos conceptos, como demostró Gödel, "no pueden ser fundamentados con los medios de este sistema". O, en forma más general: las proposiciones básicas no pueden obtenerse con sus *medios lógicos*, aunque pueden hallarse con los de una teoría más amplia y profunda.[10] Si utilizamos la misma terminología lógica, puede afirmarse que la mecánica cuántica es una especie de metateoría de la mecánica clásica.

Por ejemplo, la teoría gravitacional de Newton, al igual que la mecánica clásica, no "pensó" en la proporcionalidad o —cuando se eligen las unidades apropiadas— igualdad de la masa inerte y pesada del cuerpo: la mecánica clásica solamente constató, adoptó como dato experimental, la igualdad de

las aceleraciones de los diferentes cuerpos en el campo gravitacional. El hallazgo de la fundamentación de la igualdad de las masas pesadas e inertes o, para decirlo mejor, la fundamentación del postulado de que la masa pesada y la inerte del cuerpo son iguales, significó sobrepasar los marcos de la teoría de la gravitación de Newton y fundar una teoría que resultaba ser una peculiar metateoría en relación con la de la gravitación. Esto fue lo que hizo Einstein al crear una nueva teoría de la gravitación o, como la llamaba, la teoría general de la relatividad. Hablaremos de esto con las palabras de Einstein, mostrando ciertas citas de sus trabajos, aunque para nuestro objetivo es suficiente limitarnos a alusiones.

Respecto a la proposición "la masa pesada y la inerte de un cuerpo son iguales", Einstein dice que la mecánica clásica la "constató", pero no la "interpretó" —en este caso nosotros utilizamos la siguiente expresión: la mecánica clásica no la *fundamentó*, no encontró los fundamentos. Y Einstein termina: "Puede ofrecerse una interpretación satisfactoria de la forma siguiente: en dependencia de las circunstancias, una y la misma cualidad del cuerpo puede manifestarse, bien como 'inercia', bien como gravitación."[11] Al formular esta idea, Einstein ofreció una fundamentación de la igualdad de la masa pesada e inerte constatada por la teoría clásica, y al mismo tiempo sentó las bases de su teoría de la gravitación. La cita siguiente del trabajo de Einstein *¿Qué es la teoría de la relatividad?* puede servir de ilustración de su idea fundadora:

> Consideremos un sistema de coordenadas que gira uniformemente en relación con un sistema inercial (en el sentido newtoniano). Las fuerzas centrífugas que se manifiestan respecto a este sistema deben ser atribuidas, según Newton, a la inercia. Pero estas fuerzas centrífugas, al igual que las gravitacionales, son proporcionales a las masas del cuerpo. ¿No es posible examinar en este caso nuestro sistema de coordenadas como si estuviera en reposo y las fuerzas centrífugas como gravitacionales? Tal punto de vista parece evidente, pero la mecánica clásica no lo admite.[12]

Si unimos todo lo dicho y hablamos condicionalmente de la teoría y su metateoría, se impone la siguiente conclusión. Las paradojas que surgen en una teoría y que *no pueden ser resueltas con sus medios lógicos* son una evidencia de que esa

teoría alcanza los límites de su significación y su axiomática —la construcción axiomática— el acabado lógico superior, posible, desde el punto de vista del contenido real de la teoría y de su forma axiomática. Tales paradojas se diferencian, por principio, de las que aparecen en la teoría y *son resueltas con sus medios lógicos*, es decir, de aquellas paradojas que hablan de la imperfección lógica de la teoría, sobre la incorrección de los razonamientos o la imprecisión de las premisas. La existencia de paradojas en la teoría, que no son resueltas por sus medios lógicos, evidencia la necesidad de buscar teorías más generales y profundas, con cuyos medios puedan solucionarse estas paradojas; la solución de las mismas coincide casi siempre con la construcción de la teoría general buscada.

En resumen, la existencia de este tipo de paradojas significa, en esencia, que el conocimiento físico de los objetos no se detiene en el nivel de una u otra teoría, sino que se desarrolla y abarca nuevos aspectos de la realidad material, sin rechazar el conocimiento alcanzado por la teoría en cuestión. La existencia de estas paradojas implica que la teoría que las contiene, pero que no resuelve con sus propios medios, encierra en potencia otra teoría más general y profunda que ella. Desde esta posición, cada teoría axiomatizada contiene necesaria y obligatoriamente conocimientos que no pueden ser fundamentados por sus medios. De no ser así, el conocimiento se estancaría en un determinado punto y lo logrado se convertiría en un absoluto metafísico.

El desarrollo de las teorías de la física moderna está asegurado por la serie genética de sistemas teóricos que constituyen estructuras axiomáticas cerradas relacionadas por determinadas correlaciones o lógicamente construidas, de las cuales, en la serie genética, el sistema teórico más general surge del más particular. Por lo tanto, el sistema axiomático único de toda la física, en el espíritu de los ideales mecanicistas de los siglos XVII y XIX, fue enterrado por el desarrollo de la ciencia física. Como en esencia mostraron los teoremas de Gödel, semejante sistema resultaba imposible desde el punto de vista de la lógica: el desarrollo lógico de la teoría y de la ciencia física se expresa, de conjunto, por la jerarquía genética de los sistemas axiomáticos, que combina la tendencia hacia la estabilidad y la tendencia al cambio, las que son inherentes a los sistemas axiomáticos y a sus conjuntos.

Aunque el sistema —estructura— axiomático único en el espíritu de la física clásica llegó a su fin, en el campo de las ideas, en mayor medida que en cualquier otro, lo muerto abarca lo vivo. El sistema axiomático único renace también en la física moderna, en forma, es cierto, que parece estar lejos de su imagen "clásica". En nuestros días podemos encontrar en la literatura la siguiente concepción sobre la ciencia física: la física se construye como sistema por principio riguroso, no contradictorio y axiomático que envuelve a todas sus secciones, en el cual la teoría más temprana históricamente, con su axiomática, constituye un caso particular limitador de una teoría más tardía debido a que ésta resultó más amplia que la primera. Con el tiempo, sucede lo mismo con la última teoría, y así sucesivamente.

Cuando se generaliza una teoría, es decir, cuando se produce el tránsito de una teoría particular a otra general, la primera no se extingue simple y llanamente en la segunda, ni la general se convierte en el único sistema válido en la física, como se desprende de la concepción sobre una axiomática única en la ciencia física. De hecho, la teoría particular se conserva en la general, aunque en forma modificada; esto se refiere también a determinados conceptos de la teoría particular: la misma permanece en la teoría general como teoría aproximativa, y sus conceptos se conservan también como tales. Desde este punto de vista puede hablarse de la simultaneidad absoluta en la teoría de la relatividad de Einstein. Luego entonces, la teoría no es rechazada cuando pasa a una más general, sino que se mantiene como verdad relativa, o sea, como verdad absoluta dentro de ciertos límites.

Con todo lo expuesto está relacionada la solución de las siguientes interrogantes: ¿por qué en la búsqueda de lo "no euclidiano" de una determinada forma espacial, es menester utilizar la geometría de Euclides? ¿Por qué sabemos de las propiedades de un *continuum temporo-espacial* a partir de las mediciones de un espacio y tiempo locales? ¿Por qué los conceptos de la mecánica clásica se utilizan para describir experimentos que constituyen la base experimental de la mecánica cuántica?

En resumen, estamos convencidos de que la contradicción dialéctica —fuente de todo desarrollo y vitalidad— actúa también en la axiomática.

2. El concepto de probabilidad y los métodos probabilísticos en la ciencia contemporánea

Una de las particularidades más importantes y determinantes del desarrollo de la ciencia contemporánea es la aplicación intensiva y el desarrollo de las ideas y métodos probabilísticos de investigación. Los métodos probabilísticos son métodos de la investigación teórica y la expresión de una clase especial de leyes del mundo material. El fundamento de estos métodos lo constituye la aplicación y el desarrollo de las ideas de la teoría de probabilidades como una de las disciplinas matemáticas modernas más importantes. Lo específico de dicha clase de leyes se determina habitualmente mediante el concepto de casualidad: se trata de la ley de los fenómenos casuales o, para ser más exactos, de las leyes que por principio, de forma insuperable, incluyen la casualidad.

La teoría de las probabilidades se desarrolló bajo la influencia directa de las exigencias de la práctica. Las tareas y problemas que ejercieron una influencia decisiva para el establecimiento de los métodos probabilísticos surgieron de las necesidades de elaborar y generalizar un voluminoso material estadístico, ante todo, durante la elaboración de los resultados de las mediciones físicas y en las tareas relacionadas con los seguros. Sin embargo, debe observarse que el lenguaje de la teoría de las probabilidades y sus conceptos de partida se formaron, en lo fundamental, sobre un material excesivamente simple, como fueron históricamente los denominados juegos de azar. "Los esquemas de los juegos de azar —según palabras de E. S. Ventsel—, ofrecen modelos extraordinarios en cuanto a simpleza y transparencia de los fenómenos casuales, cuyos modelos permiten observar y estudiar de la forma más clara las leyes específicas que los dirigen..."[13] Esto es un ejemplo de la autonomía relativa del desarrollo de la matemática la que selecciona independientemente modelos simples para trabajos de expresión matemática.

En las ciencias naturales, ante todo en sus líneas fundamentales de investigación, los métodos probabilísticos comenzaron a aplicarse de manera sustancial a partir de la segunda mitad del siglo pasado.

La primera teoría científica que introdujo el espíritu probabilístico de pensamiento en las investigaciones fundamentales puede considerarse la teoría de la evolución de Darwin.

Es cierto que en ella no encontramos aún una formulación analítica del problema; pero incluso en la actualidad no existe un modelo matemático riguroso de ella. El problema de la evolución del mundo orgánico es extremadamente complejo, y en la teoría de Darwin sólo están formulados los conceptos fenoménicos iniciales, sobre todo, los de mutabilidad, herencia y selección. Pero ya el análisis de las correlaciones entre estos conceptos no se puede concebir fuera de lo que se denomina el modo probabilístico de pensar. Los fundamentos de semejante enfoque de la teoría de Darwin son visibles ya en las conocidas valoraciones hechas por Engels desde el punto de vista de la concepción dialéctica acerca del vínculo interno entre la necesidad y la casualidad.[14]

El desarrollo posterior de los métodos probabilísticos en la biología está relacionado con el establecimiento y desenvolvimiento de la teoría de los genes, en la cual se introduce y continúa perfeccionándose el lenguaje de la teoría de las probabilidades como disciplina matemática. Por su fundamento, las leyes de la genética son leyes probabilísticas. Las investigaciones modernas de los problemas de la evolución y organización de los sistemas vivos en calidad de problemas rectores de la biología son inconcebibles fuera de las representaciones probabilísticas.

La eficacia de los métodos probabilísticos se manifestó en mayor grado en el curso de su aplicación a la física, como ciencia que investiga los problemas más profundos del mundo material, y que revolucionó el desarrollo de todo el conjunto de ciencias naturales. Las representaciones probabilísticas se introdujeron en la física durante la segunda mitad del siglo pasado, en el transcurso de la elaboración de los fundamentos de la física estadística clásica. En los caminos del desarrollo de esta rama de la física se produjo la afirmación definitiva del atomismo físico: se obtuvieron demostraciones directas de la realidad de los átomos, así como los primeros datos sobre los parámetros de su estructura. De acuerdo con ello puede afirmarse que fueron precisamente los métodos probabilísticos los que confirmaron el átomo en la ciencia y lo llevaron a la esfera de las investigaciones físicas directas.

En la física contemporánea la idea de probabilidad ha adquirido una significación aún mayor. La física moderna es entre otras cosas la física de los microprocesos, la física del átomo y las partículas elementales. La sujeción a leyes de los microprocesos se expresa con mayor plenitud en la teoría cuántica,

la que incluye como principio el concepto de probabilidad. Si bien en la física clásica la probabilidad se trataba a veces como algo secundario, como un elemento extraño a la estructura de la propia teoría física, que alteraba su armonía y belleza interior, en la física contemporánea el concepto de probabilidad se considera, desde el primer momento, como una de las fundamentaciones sustanciales de la estructura de la teoría física.

En el desarrollo de la ciencia contemporánea tiene importancia de primer orden la elaboración de la orientación científica que recibió el nombre de cibernética. Las ideas de la cibernética, en mucho, determinaron la faz de las ciencias naturales de mitad del siglo XX y estimularon considerablemente la síntesis moderna de los conocimientos.[15] En la elaboración de la cibernética las ideas probabilísticas resultaron básicas y primarias y muchas de las concepciones principales de aquélla, sobre todo la teoría de la información, constituyen, en esencia, un ulterior desarrollo de las concepciones de la teoría de las probabilidades. Norbert Wiener, exponiendo en forma accesible las ideas primordiales de la cibernética, escribió: "Este libro está consagrado al examen de la influencia del punto de vista de Gibbs sobre la vida moderna, tanto mediante las transformaciones directas provocadas por él en la ciencia creadora, como por medio de las modificaciones que de forma indirecta provocó en nuestra actitud hacia la vida en general."[16] Wiener relaciona precisamente el nombre de Gibbs con la instauración y desarrollo radicales del punto de vista probabilístico sobre la organización del mundo y la fundamentación del conocimiento contemporáneo, aunque, naturalmente, el establecimiento de la probabilidad en las ciencias naturales está muy lejos de relacionarse exclusivamente con el nombre de Gibbs.

La etapa moderna del desarrollo de la ciencia se caracteriza por la instauración intensiva de teorías que sirven a las exigencias directas del desarrollo de la técnica contemporánea, como es el caso, por ejemplo, de la teoría del control automático y de la fiabilidad. Aquí también los métodos de la teoría de las probabilidades constituyen la savia que alimenta su desarrollo actual.

La importancia de la teoría de las probabilidades se ha elevado considerablemente dentro de la estructura general de la matemática moderna y se ha reforzado su influencia sobre toda la estructura del conocimiento matemático. El crecimiento del papel de las ideas probabilísticas en la matemática misma

implica la presencia de transformaciones esenciales en la estructura y el contenido de las formas más abstractas del pensamiento.

Lo expuesto significa también que los métodos probabilísticos expresan una de las particularidades básicas y determinantes de la etapa moderna del desenvolvimiento de la ciencia, sobre todo de las ciencias naturales. La teoría y orientaciones fundamentales de las investigaciones se apoyan, en sus fundamentos mismos, en las ideas y métodos de la teoría de las probabilidades. Entre esas teorías y orientaciones se encuentran, en primer término, la teoría cuántica, la física estadística, la concepción evolutiva, la genética, la cibernética y la teoría del pronóstico. En otras palabras, las ideas y métodos probabilísticos tienen un importantísimo sentido científico general y caracterizan una determinada etapa en el desarrollo del pensamiento teórico, además de constituir la base para la elaboración de métodos de investigación muy efectivos en los campos más diversos de la ciencia contemporánea. A partir de la introducción de las ideas y métodos probabilísticos en las ciencias naturales surgieron enconadas discusiones filosóficas sobre su fundamentación. Basándose en ellas se descubrió la limitación del esquema de determinación rígida, del determinismo clásico laplaciano.[17] Se produjeron modificaciones radicales en los modos de plantear las tareas de investigación y en la lógica de construcción de los sistemas teóricos. La elaboración de los métodos probabilísticos de investigación condujo a una nueva visión del mundo en la ciencia.

La importancia de principio de los métodos probabilísticos en el desarrollo del conocimiento contemporáneo goza en la actualidad de amplio reconocimiento. Al mismo tiempo, en cuanto a la fundamentación de los métodos probabilísticos y su carácter científico general, no existe aún suficiente claridad, cosa que se pone en evidencia en las continuas discusiones acerca de estos problemas. Entendemos por fundamentación la explicación de la necesidad de los métodos y la posibilidad de su aplicación desde las posiciones de las concepciones filosóficas más generales sobre la naturaleza del ser y el conocimiento. Es decir, la fundamentación consecuente de los métodos probabilísticos se erige sobre la base de todo el aparato categorial de la filosofía. Pero, ¿cómo es posible semejante sistema? La historia del desarrollo del conocimiento científico natural evidencia que la premisa necesaria para la fundamentación de lo que en la ciencia es, por principio, nuevo, es la

elaboración de representaciones generales sobre la organización estructural de la materia. De acuerdo con ello, el establecimiento de los métodos probabilísticos en la ciencia y su fundamentación primaria tuvieron como base inicial el atomismo como doctrina de las ciencias naturales clásicas acerca de los principios de la organización estructural de la materia.

Así, por ejemplo, el desarrollo de la física estadística clásica y de sus concepciones fundamentales se apoyó en las ideas del atomismo, al tiempo que constituyó un triunfo de éste. El desarrollo de la física se vio acompañado de agudas discusiones filosóficas; la historia de la ciencia recuerda la lucha apasionada y tortuosa de Luis Boltzmann en favor del materialismo y el atomismo en las ciencias, como condición necesaria para la aplicación y eficiencia de los métodos probabilísticos en la física. La elaboración de la física estadística clásica condujo a un desarrollo intensivo de las concepciones sobre la estructura interna de la sustancia. En el transcurso de dicho desarrollo el atomismo clásico sufrió transformaciones esenciales y sus ideas y proposiciones básicas se enriquecieron considerablemente. De igual forma puede decirse que el descubrimiento de la naturaleza de las ideas probabilísticas debe relacionarse, ante todo, con el análisis de los problemas cardinales actuales del atomismo como doctrina general sobre los principios de la organización estructural de la materia.

Ahora veremos algunos ejemplos en otras ciencias.

En la doctrina moderna sobre los principios de la organización estructural de la materia adquieren importante significación aquellas generalizaciones que se forman en el curso del establecimiento de los métodos sistémico-estructurales de investigación, sobre todo, en el camino del conocimiento de los sistemas vivos y los sistemas de control en general. De la forma más concentrada se manifiestan en el proceso de elaboración de las concepciones teóricas generales sobre los sistemas de control complejos. Dichos sistemas se denominan sistemas con una conducta relativamente independiente o autónoma de los subsistemas, en condiciones de una elevada actividad interior, selectividad y finalidad de la conducta del sistema en su conjunto. Se trata de sistemas abiertos, que se encuentran en permanente interacción con el medio circundante y son en principio capaces de resolver las más diversas clases de tareas, actuando bajo circunstancias cambiantes muy distintas.

Por supuesto, en la actualidad no puede hablarse todavía de una doctrina suficientemente formada sobre los sistemas de control complejos. Disponemos más bien de un programa de investigación general, del planteamiento de multitud de tareas que permiten investigar distintos aspectos del problema en su conjunto. Al mismo tiempo, en estas investigaciones se han obtenido sustanciales resultados positivos, poseedores de un significado teórico general, metodológico. Entre estos resultados importantes se encuentran el establecimiento y la elaboración de las ideas sobre la existencia de niveles relativamente autónomos y cualitativamente diferentes de la organización estructural interior, de niveles de regulación y determinación de dichos sistemas. Los problemas de la fundamentación actual de la probabilidad están indisolublemente ligados al análisis de las ideas generalizadoras fundamentales, formadas en el transcurso de la elaboración de las representaciones generales acerca de los sistemas de control complejos.[18] En otras palabras, la premisa necesaria para la fundamentación de los métodos probabilísticos de investigación en la ciencia es el establecimiento de sus vínculos con las concepciones modernas sobre los principios de la organización estructural de la materia.

Además, para elaborar exitosamente los problemas de la fundamentación de los métodos probabilísticos se requiere un análisis general de sus aplicaciones más interesantes e importantes. Aunque los métodos probabilísticos se aplican ampliamente en la ciencia contemporánea, hasta llegar a la biología y la sociología, durante el análisis de sus fundamentos filosóficos se presta atención primordial al conocimiento físico, a las teorías que le corresponden. En este caso debe observarse que, en el análisis filosófico-metodológico de la probabilidad, se pone especial énfasis al análisis comparativo de la fundamentación de la probabilidad en la física cuántica y en la clásica. Es natural suponer que el desarrollo de la física, su paso de la clásica a la cuántica, permite descubrir más ampliamente la fundamentación de la aplicación de los métodos probabilísticos por cuanto este tránsito se apoyó en concepciones probabilísticas. Sin embargo, existen pronunciamientos bien diferentes sobre los problemas de la comparación de la probabilidad en la física cuántica y en la clásica. Está muy difundido el punto de vista expresado en los siguientes planteamientos de I. M. Jauch:

Las probabilidades que tienen lugar en la física clásica se interpretan como condicionadas por la falta de detalles de los sistemas investigados, provocada por la presencia de limitaciones en nuestro conocimiento sobre los pormenores de la estructura y el desarrollo de estos sistemas. Por tanto, estas probabilidades deben interpretarse como poseedoras de una naturaleza *subjetiva*.

En la mecánica cuántica, esta interpretación de las afirmaciones probabilísticas pierde fuerza en cualesquiera de sus comprensiones, debido a que no existen posibilidades de determinar la infraestructura cuyo conocimiento explicaría la aparición de probabilidades a nivel de las observaciones. Aunque semejantes teorías con "parámetros ocultos" han sido examinadas por muchos físicos, sus intentos no brindaron ningún resultado útil. Por consiguiente, adoptamos aquí el punto de vista contrario, según el cual, en la mecánica cuántica, las probabilidades poseen un carácter fundamental, enraizado profundamente en la estructura objetiva del mundo real. Por esta razón podemos calificarlas de probabilidades *objetivas*.[19]

En los trabajos de V. A. Fok y M. E. Omelianovski se subraya la diferencia de principio que posee la fundamentación de la probabilidad en la física clásica y en la cuántica, aunque con otro análisis de sus causas.

El concepto de probabilidad fue examinado también en la física clásica —escribe V. A. Fok—, aunque tenía en ella otro sentido. Las probabilidades se introducían en la física clásica cuando las condiciones de la tarea eran conocidas de forma incompleta, por lo que había que obtener la medida en base a parámetros desconocidos...

En la física cuántica las probabilidades poseen un carácter totalmente diferente. Allí son necesarias por esencia y su introducción no refleja la falta de condiciones, sino las posibilidades potenciales que existen objetivamente bajo determinadas condiciones.[20]

En esta formulación nos encontramos en presencia de una clara contraposición de la probabilidad, respecto a su "sentido", en la física clásica y en la cuántica, y a la vinculación de

esta última con las concepciones sobre las posibilidades potenciales. Este punto de vista ha sido desarrollado por M. E. Omelianovski:

> Las probabilidades en la mecánica cuántica se diferencian radicalmente de las de las teorías clásicas. En éstas expresan la existencia de circunstancias casuales respecto a los fenómenos investigados, por lo que no entran directamente en las leyes de estos fenómenos (...). En la mecánica cuántica las cosas son de otro modo: en ella las probabilidades se examinan como parte de las principales leyes de la naturaleza (ecuaciones de Schrödinger) y su introducción refleja lo potencialmente posible que existe objetivamente bajo determinadas circunstancias reales.[21]

También debe señalarse que sobre los problemas relacionados con la confrontación de la probabilidad en la física clásica y en la cuántica se han formulado opiniones muy diferentes.

> El concepto mismo de probabilidad —escriben Feinmann y Gibbs— no se modifica en la mecánica cuántica. Cuando decimos que la probabilidad de un determinado resultado de una experiencia es *P*, introducimos aquí un sentido habitual: si repetimos muchas veces el experimento esperaremos que el número relativo de experiencias con el resultado que nos interesa, será aproximadamente *P*. No entraremos en los detalles de esta definición: no necesitamos modificación alguna del concepto de probalidad adoptado en la estadística clásica. No obstante, es menester modificar radicalmente el modo de calcular las probabilidades.[22]

Un punto de vista muy radical es el expuesto por C. von Weizsäcker: "...la teoría cuántica no es más que la teoría general de las probabilidades".[23]

En resumen, la clave para la comprensión de la naturaleza de los métodos probabilísticos, yace en el análisis de sus vínculos con las representaciones modernas de los principios de la organización estructural de la materia. En este caso reviste especial importancia el análisis de la aplicación de estos métodos durante el desarrollo del conocimiento físico.

3. Los métodos probabilísticos en la física

¿Cuáles son los fundamentos de la introducción de la probabilidad en la física clásica? ¿De qué forma, desde las posiciones más generales —desde el ángulo visual de la concepción sobre la naturaleza del ser y el conocimiento—, puede comprenderse y explicarse la significación de los métodos probabilísticos en la física clásica?

Para responder a estas interrogantes se necesita examinar la estructura general de la física estadística clásica, así como la formulación básica de las tareas solucionadas con sus métodos. En este caso, para la comprensión de la tarea básica de la física estadística, es importante la historia de su establecimiento.

Las ideas de la física estadística comenzaron a elaborarse durante el conocimiento de la naturaleza de los fenómenos térmicos, ante todo, de los gases. Las concepciones generales sobre la estructura molecular de la sustancia, de los gases en primer lugar, fueron formuladas hace mucho tiempo en la historia de la ciencia. Su desarrollo puede seguirse en los trabajos de Boyle, Newton, Bernoulli, Lomonósov y otros científicos del período de elaboración de la física clásica. Sin embargo, el establecimiento de las representaciones estadísticas en la física, en tanto que ideas físicas "que trabajan", está sobre todo relacionado con los nombres de Clausius, Maxwell, Boltzmann y Gibbs. Al elaborar la teoría cinética de los gases y considerar el gas como un sistema compuesto por un número gigantesco de partículas, Clausius de hecho comprendió que estas investigaciones exigían una transformación de los métodos. De esto nos hablan las concepciones introducidas por él sobre las "medias" para caracterizar el estado de movimiento de las moléculas de los gases. Ello dio la posibilidad de pasar de la mecánica de los sistemas de partículas a la investigación del estado físico de los sistemas formados por un número inmenso de moléculas. Según palabras de Maxwell, el mérito principal de Clausius "consiste en que descubrió el nuevo campo de la física matemática, demostrando cómo pueden tratarse matemáticamente los sistemas en movimiento de una cantidad innumerable de moléculas".[24] Sin embargo, fue precisamente Maxwell quien tomó clara conciencia de que, en el curso de la elaboración de la teoría cinético-molecular de los gases, tiene lugar el tránsito de los métodos rigurosamente dinámicos de la mecánica a los teórico-probabilísticos. El paso de las concepciones sobre los

valores medios de las magnitudes que caracterizan el movimiento de las moléculas en los macrosistemas a las de las distribuciones probabilísticas de los valores de estas magnitudes. Para representar las propiedades y leyes de los sistemas materiales se comenzó a utilizar el concepto de distribución probabilística, a partir de lo cual dicho concepto ocupa un lugar central en las innumerables y diversas aplicaciones de la teoría de las probabilidades.

La física estadística clásica encontró su forma de expresión relativamente acabada e íntegra en los trabajos de Boltzmann y Gibbs. Gracias a los trabajos de Boltzmann —a su famoso teorema H— obtuvo tratamiento estadístico la ley fundamental de la termodinámica, es decir, su segundo principio. En las obras de Gibbs, la mecánica estadística encontró una forma abstracto-generalizada de expresión, apropiada para la investigación de sistemas de diferente naturaleza física.

De lo expuesto se desprende que la física estadística comenzó a elaborarse históricamente —genéticamente— como mecánica de un número inmenso de partículas. Así se formuló la tarea investigativa en los primeros trabajos. Debido a que, en este caso, se renunció a la solución directa de las correspondientes ecuaciones de la mecánica y se introdujeron concepciones sobre los valores medios de las magnitudes que caracterizan el movimiento de las partículas para pasar después a los métodos propiamente probabilísticos, se afirmó que los métodos probabilísticos son el resultado de una simplificación, vulgarización, etcétera, en la formulación de las tareas de investigación. De acuerdo con ello, durante la elaboración de la física estadística aparecieron de inmediato las concepciones de que la ciencia tenía que apelar, por obligación, a las ideas y métodos de la teoría de las probabilidades como resultado de la imposibilidad de solucionar rigurosamente diferentes tareas complejas, o sea, que la probabilidad en la física era consecuencia de la insuficiencia de nuestros conocimientos.

Semejante caracterización de la fundamentación de los métodos probabilísticos obtuvo un basamento filosófico aún más sólido. Lo específico de los sistemas estadísticos comenzó a vincularse y caracterizarse por medio de la categoría de casualidad. Naturalmente, el tratamiento filosófico amplio de los métodos probabilísticos dependía del enfoque de esta categoría. En el período clásico de desarrollo de las ciencias naturales, la categoría de casualidad era considerada de forma puramente

subjetiva, como caracterización de aquellos fenómenos y procesos cuyas causas y relaciones necesarias simplemente desconocemos.

> Nada en la naturaleza —escribió Holbach— puede ocurrir casualmente, todo sigue determinadas leyes; éstas leyes no son más que la relación necesaria de determinados efectos con sus causas (...). Hablar del encadenamiento casual de los átomos o atribuir determinados efectos a la casualidad, equivale a hablar de la ignorancia de las leyes según las cuales los cuerpos actúan, se encuentran, se unen o desunen.[25]

Conforme a lo expuesto, la fundamentación de la utilización de métodos probabilísticos se apoyaba exclusivamente en la insuficiencia de nuestros conocimientos; es decir, que allí donde los procesos investigados resultan complejos y no somos capaces de develar el encadenamiento de todas las causas o simplemente las desconocemos, apelaremos entonces a la ayuda de los métodos probabilísticos. A estos métodos se les asignaba un *status* temporal, de reducido valor, secundario. Sin embargo, a medida que se desarrollaba la aplicación de los métodos probabilísticos, sobre todo en la física, se reveló cada vez más su carácter objetivo y su valor independiente. Dicho enfoque fue ofrecido por los filósofos materialistas y por los propios científicos que aplicaban los métodos probabilísticos.

> Debido a que se trata de aplicaciones en la física teórica —escribió, por ejemplo, M. Smolujovski—, todas las teorías de probabilidades que consideren la casualidad como causa parcial desconocida deben considerarse de antemano insatisfactorias. La probabilidad física de los acontecimientos sólo puede depender de las condiciones que influyen sobre su aparición, pero no del grado de nuestro conocimiento.[26]

La inconsistencia de las opiniones acerca de que la aplicación de la probabilidad en la ciencia y, sobre todo, en las ciencias naturales, depende de la insuficiencia de nuestros conocimientos, ha sido suficientemente fundamentada y expuesta en la actualidad.[27]

La categoría de casualidad posee una importante significación en el tratamiento de los métodos probabilísticos. Casua-

lidad y probabilidad se hicieron prácticamente indisolubles en las concepciones de los científicos. En base a la categoría de casualidad se fundamenta y revela lo específico de los métodos probabilísticos en las correspondientes teorías científicas. Dicho enfoque se ha difundido ampliamente, de hecho en todos los casos en que se aplican métodos probabilísticos, con exclusión de la teoría cuántica, donde se reconoce su insuficiencia. Al mismo tiempo, en el tratamiento mismo de la categoría de casualidad —esta importantísima categoría de la dialéctica— existen muchas imprecisiones y, con frecuencia, prejuicios, lo que no hace más que dificultar el conocimiento de la esencia de los métodos teórico-probabilísticos y actuar negativamente sobre el desarrollo de sus aplicaciones.

En nuestra literatura filosófica está bien establecido que la categoría de casualidad caracteriza, sobre todo, una determinada clase, un tipo de vínculos que existen en el mundo material. En este caso, el sentido y la dificultad principales tienen que ver con la interrogante siguiente: ¿qué es lo específico, lo peculiar de esta clase de vínculos? Con frecuencia, lo específico de los vínculos caracterizados como casuales se define como algo externo, suplementario, secundario, incompatible como la esencia interna del proceso investigado. Por el contrario, los vínculos internos que determinan la esencia del proceso se caracterizan siempre por medio de la categoría de necesidad.

La afirmación de que la casualidad no está relacionada con la esencia y solamente se refiere a los aspectos externos, no esenciales y secundarios de los procesos investigados, equivale a las afirmaciones sobre la insuficiencia y el carácter temporal de las ideas y métodos de la teoría de las probabilidades. No obstante, ésta, como ya se señaló, no se corresponde absolutamente con la realidad: la teoría de las probabilidades se encuentra en el "camino real" del desarrollo de las representaciones e ideas generalizadoras de las ciencias naturales contemporáneas.

¿Cuáles son las insuficiencias de la definición de casualidad que examinamos, cuando se afirma que ella no está relacionada con la esencia interna del proceso investigado y caracteriza sus rasgos externos, secundarios e inesenciales? ¿Es errónea acaso semejante definición? Cualquier juicio debe emitirse cuidadosamente. Cuando valoramos numerosos resultados científicos y, sobre todo, en nuestro lenguaje cotidiano, utilizamos el concepto de casualidad precisamente en ese sentido. Pero

vayamos con cuidado, ¿qué caracterizamos mediante la representación de la casualidad en las aplicaciones más sencillas de la física estadística clásica, es decir, en el análisis de las propiedades y leyes de los gases? En los gases se utiliza la idea de casualidad para caracterizar la relación mutua entre moléculas, o sea, para definir su estructura interna. En otras palabras, aquí usamos la representación de casualidad para expresar la esencia interna de esos sistemas materiales y no algo externo, suplementario, secundario. De forma análoga, también en otros casos de aplicación de la teoría de las probabilidades, se utiliza la casualidad para descubrir lo específico y, por consiguiente, la esencia de los procesos investigados. Por ejemplo, en genética, la idea de casualidad sirve para mostrar la interacción entre mutaciones en sus sistemas determinados, es decir, para caracterizar la estructura interna del proceso de mutación.

Con el desarrollo de la ciencia se amplía y enriquece nuestra comprensión de la categoría de casualidad. Para descubrir entonces su esencia tiene gran importancia el análisis de los fenómenos más desarrollados, de las ideas generalizadoras de la ciencia contemporánea. En este sentido, en nuestro tiempo, como ya indicamos, tiene un significado importante el establecimiento de la doctrina —representación— general sobre los sistemas complejos de control. De acuerdo con ello, la comprensión actual del contenido y el significado de la categoría de casualidad, se revela adecuadamente a partir del análisis de las principales ideas generalizadoras que se forman durante el desarrollo de la doctrina indicada. En particular, para la comprensión moderna de la casualidad resultan vitales tales ideas generalizadoras como la de independencia o autonomía relativa en la conducta de los sistemas materiales y la de niveles en su estructura y organización. Esta comprensión de la casualidad está indisolublemente vinculada al papel y la significación de las distribuciones probabilísticas como concepto fundamental en la estructura de la teoría de la probabilidad y sus aplicaciones.

El descubrimiento de la naturaleza de la casualidad está sobre todo relacionado con el análisis del papel y el significado de las representaciones acerca de la independencia en el conocimiento. Se consideran casuales aquellas interacciones entre objetos, acontecimientos o elementos de un conjunto, cuando las dependencias y vínculos directos, mutuamente condicionados entre elementos, están prácticamente ausentes o no desempe

ñan ningún papel esencial. La independencia significa que el estado, el comportamiento de un determinado objeto, bajo ciertas condiciones, no depende ni está condicionado por el estado y el comportamiento de otros objetos que le son "afines" o que los circundan. Los vínculos definidos como casuales son inestables, cambiantes y, en un orden obligatorio, variables. Pero, ¿cómo es posible semejante independencia? ¿Cómo es posible la independencia en un mundo donde el surgimiento y la existencia mismas de cada objeto y fenómeno es inconcebible fuera de sus interacciones y vínculos con el medio material circundante?

El concepto de independencia caracteriza, en primer lugar, ciertos fenómenos masivos, determinados sistemas formados por un número inmenso de objetos y expresa la estructura específica de estos sistemas. Sin embargo, estos mismos fenómenos masivos dependen de las condiciones de su existencia u origen. O sea, la independencia misma sólo tiene sentido en presencia de determinadas características integrales de los sistemas que expresan la unidad de ellos. Es importante subrayar que al hablar de la unidad de los sistemas examinados, de hecho caracterizamos un nivel de su estructuración y organización. La consideración de la independencia y de las representaciones sobre los niveles nos habla del profundo contenido dialéctico de la categoría de casualidad.

La comprensión de la casualidad que hemos visto, se apoya directamente en el tratamiento de conceptos tan importantes de la teoría de las probabilidades como los de acontecimiento casual y magnitud casual. Sin este análisis es imposible ofrecer una definición lo suficientemente completa de lo casual.

La concepción expuesta de la casualidad permite descubrir con mayor profundidad el papel y el significado de la probabilidad en la física clásica; con cuyo desarrollo evolucionan también las representaciones sobre la tarea fundamental que se resuelve con los métodos probabilísticos en la física estadística. Esta tarea comenzó a relacionarse con las representaciones sobre investigaciones sistémico-estructurales, con el problema de la síntesis de los diferentes enfoques en las investigaciones de sistemas complejos. Fue bien establecido que, históricamente, la elaboración de la teoría estadística de los gases precedió, por un lado, a la creación de los fundamentos de la termodinámica de los gases, es decir, a la teoría macroscópica —independiente de las representaciones atomísticas— de los gases y, por otro, a la elaboración de la teoría del movi-

miento mecánico de los objetos más simples, la elaboración de la mecánica clásica. El desarrollo de las ideas del atomismo en las doctrinas sobre los gases, planteó el problema de la síntesis peculiar de las leyes macroscópicas del gas y de la mecánica clásica, o sea, la cuestión acerca de las investigaciones de las propiedades y leyes de los gases considerando sus diferencias internas e integraciones. Para la comprensión de la esencia de esta síntesis resulta primordial el que ella fue posible gracias a la utilización de los métodos probabilísticos en la física. La probabilidad, por consiguiente, fue el concepto científico que por primera vez permitió unificar, sobre una rigurosa base matemática, dos orientaciones fundamentales e independientes en la investigación de los sistemas correspondientes: la que va de las propiedades del sistema en su conjunto a las de los elementos y la que pasa de las propiedades de los elementos a las propiedades generales del sistema.

Semejante enfoque de los objetos investigados es característico de los métodos sistémico-estructurales de investigación. La base objetiva de dicha síntesis es la estructura de los sistemas, mientras que la elaboración de los caminos y métodos de la síntesis implica el conocimiento de la estructura. Ésta expresa las particularidades de la composición y el modo o las leyes de las interrelaciones de los elementos en los sistemas integrales. La tarea de las investigaciones estructurales consiste entonces en revelar la interdependencia e influencia mutua de las características del sistema y sus componentes.

De acuerdo a lo expuesto, la significación de los métodos probabilísticos en la física clásica consiste en que representan métodos de investigación y expresión de la estructura de una determinada clase de sistema, como los del tipo gaseoso. De esa forma caracterizan la interrelación entre las micro y macro-características de los sistemas investigados, entre los aspectos de los átomos y las moléculas, por un lado, y las de los sistemas específicos formados por ellos, por otro. Dicha formulación de la tarea principal de la física estadística clásica puede observarse en muchos trabajos, en particular, en los de A. Ia. Jinchin.[28] En los últimos tiempos, en las formulaciones de G. E. Uhlenbeck se subraya un enfoque semejante al precisar la tarea fundamental de la física estadística. En los trabajos dedicados a los problemas principales de la mecánica estadística se ha enfatizado especialmente que "la tarea de la mecánica estadística consiste siempre en revelar la correspondencia entre el mundo microscópico o atómico y el mundo macroscópico".[29]

En el descubrimiento de la estructura de los sistemas estadísticos ocupan un lugar central las ideas sobre distribuciones probabilísticas. El concepto de distribución probabilística o distribución, simplemente, es central en la teoría de las probabilidades. Constituye la caracterización estructural del sistema teórico-probabilístico de fenómenos casuales, expresa la presencia de un ordenamiento interno en ese sistema, y el carácter de la síntesis de los aspectos diferencial e integral en su estructura. A partir del concepto de distribución se unifican otros conceptos de la teoría de las probabilidades que poseen una significación de principio para la comprensión y el descubrimiento del contenido de toda la teoría.

Las ideas sobre distribuciones desempeñan un papel central en las más diversas aplicaciones de la teoría de las probabilidades. Sobre ese fundamento obtienen expresión las leyes de la naturaleza estudiadas con los métodos de la teoría de las probabilidades. "Ciertas propiedades —subraya M. Loev— son teórico-probabilísticas única y exclusivamente cuando son descritas con ayuda de la distribución."[30]

En la física estadística, repetimos, se investigan cuerpos macroscópicos compuestos de un número inmenso de partículas, es decir, macrocuerpos con calidad de sistemas materiales precisos. No obstante, debe subrayarse que aquí no se trata, en general, de macrocuerpos, sino de sus sistemas determinados. La física estadística logró resultados sustanciales ante todo al estudiar los gases y los sistemas que les son semejantes. En la investigación de cuerpos líquidos y sólidos, los métodos estadísticos comenzaron a desempeñar un papel decisivo no hace mucho. Por ello es muy importante tener en cuenta lo específico de los sistemas estudiados mediante métodos probabilísticos en la física clásica. Los sistemas de objetos cuyo estudio sentó los principios de la elaboración de la mecánica estadística, poseen una particularidad muy esencial: las interacciones entre los objetos que aseguran su relación dentro del sistema son relativamente insignificantes por su magnitud, por lo que se desprecian en el aparato de la teoría. Se dice que la física estadística parte del estudio de sistemas de partículas que no interactúan, no relacionadas, independientes, "libres". Esto condiciona una conocida paradoja metodológica: en la física estadística se reconoce y no se reconoce a un mismo tiempo la existencia de interacciones entre los elementos de los sistemas investigados.[31] Para la fundamentación de principio de la física estadística, el reconocimiento de la interacción entre los elementos resulta necesario. En el estudio matemá-

tico de los métodos estadísticos se desprecian estas interacciones y la existencia de una comunidad en el comportamiento de las partículas del sistema. En esencia, son importantes estas interacciones. Se caracterizan mediante los macroparámetros del sistema y las condiciones externas de su existencia. En otras palabras, la estructura de los sistemas estadísticos es tal que el estado, el comportamiento de las diferentes partículas no dependen ni se determinan mutuamente. La comunidad de comportamiento de dichos elementos, que permite unificarlos en determinados sistemas, está dada por la comunidad de su existencia, que habitualmente se caracteriza por medio de las condiciones externas. Ésta encuentra expresión en las definiciones tradicionales de probabilidad, cuando se especifican especialmente las condiciones de formación de los sistemas masivos analizados. El tipo de estructura examinado y el carácter de las interrelaciones entre los elementos en esos sistemas, se definen también como casuales. Vemos entonces que la comprensión actual de casualidad, que se apoya en la idea de independencia, complementa y fundamenta el planteamiento principal de las tareas de investigación en la física estadística clásica.

Debido a que la tarea principal de los métodos probabilísticos en la física estadística está relacionada con tareas de síntesis, resultan inexactas las afirmaciones acerca de que la base de aplicación de los métodos probabilísticos es la insuficiencia de conocimientos sobre los sistemas investigados. Por supuesto, cualquiera investigación teórica de procesos materiales constituye una simplificación, un empobrecimiento de la situación real. Y mientras más complejos (relativamente) sean los objetos investigados, con mayor fuerza se siente la presencia de tales simplificaciones y, en algunos casos, las mismas pueden ser responsables de la aplicación de métodos probabilísticos. No obstante, no son estas peculiaridades del conocimiento las responsables de la existencia de los métodos probabilísticos, pues las simplificaciones son inherentes a cualquier línea de investigación. La "finalidad", el sentido de los métodos probabilísticos posee un gran valor, que supera su función como "andamios constructivos". La razón de ser de los métodos probabilísticos encuentra un reflejo cada vez más definido en las propias formulaciones de la tarea principal de la física estadística.

A diferencia de la física clásica, el carácter básico de las representaciones probabilísticas en la física cuántica fue

prácticamente reconocido de inmediato con suficiente amplitud. Esto estuvo relacionado con las modificaciones en la formulación de la tarea principal de la investigación: en la teoría cuántica los métodos probabilísticos se utilizan, sobre todo, para el conocimiento de las propiedades y leyes de partículas individuales, separadas: los microobjetos. El paso del estudio de los sistemas formados por un inmenso número de partículas a la investigación de partículas separadas, habla de la extraordinaria flexibilidad y eficacia de los métodos probabilísticos. Este paso fue posible a partir de las modificaciones existentes en los modos de formular —expresar, caracterizar— las representaciones probabilísticas. En la física clásica las propiedades y leyes de los sistemas físicos se expresaban directamente en el lenguaje de las distribuciones probabilísticas. En la física cuántica los estados de las micropartículas se expresan mediante un tipo especial de caracterización: las funciones ondulatorias, en primer lugar.

Las funciones ondulatorias poseen un carácter bastante abstracto por lo que con frecuencia se afirma que no poseen un sentido físico directo. Históricamente, las funciones ondulatorias fueron introducidas en la teoría cuántica de manera puramente formal y sólo se enraizaron en la física cuando fue posible relacionarlas con las distribuciones probabilísticas: el cuadrado del módulo de la función ondulatoria determina, en ciertas representaciones, la probabilidad de la magnitud física correspondiente. La relación de las funciones ondulatorias con la probabilidad constituye, en términos generales, la justificación de la utilización de ellas en la teoría cuántica. El establecimiento de esta relación permitió colmar de profundo sentido real todo el aparato matemático de la mecánica cuántica, lo que se realizó después de la elaboración del mismo.

La utilización de las funciones ondulatorias para caracterizar sistemas cuánticos sólo permitió descubrir teóricamente la naturaleza corpuscular-ondulatoria de los microobjetos y reflejar otras propiedades internas de ellos. El empleo directo de las distribuciones probabilísticas para definir estas importantísimas propiedades de los microobjetos y, sobre todo, de su naturaleza corpuscular-ondulatoria, no puede resultar exitosa por el hecho de que la superposición de las distribuciones probabilísticas, que poseen en todo lugar valores positivos, no permite explicar la aparición de los mínimos interferenciales. Las representaciones sobre funciones ondulatorias resultaron más flexibles que las caracterizaciones directas, antes elabora-

das, de las distribuciones probabilísticas y para la expresión de las interrelaciones sujetas a ley entre las propias distribuciones probabilísticas en la teoría cuántica.

Las modificaciones en la formulación de las tareas principales de investigación en condiciones del paso a la mecánica cuántica plantean el siguiente problema: ¿cómo es posible estudiar a partir de los métodos probabilísticos las propiedades y leyes de partículas separadas, individuales? ¿Acaso la teoría de las probabilidades, por su propia definición, es la ciencia sobre los fenómenos masivos —casuales—?

Los métodos probabilísticos en la teoría cuántica se fundamentan también en fenómenos masivos. Sin embargo, esta masividad tiene un carácter totalmente distinto al de la física clásica. En la física cuántica se parte de la estadística —masividad— de las observaciones, de la manifestación de las propiedades del microobjeto investigado en ciertas condiciones *standard*. A partir de la presencia de una diversidad estable en los resultados de estas observaciones se sacan, entonces, conclusiones sobre las propiedades del objeto correspondiente. De forma análoga, a partir de la existencia de una estabilidad en las diversas acciones de una u otra persona en diferentes situaciones cotidianas, se llega a conclusiones sobre su carácter.

> El microobjeto —escribe V. A. Fok— se manifiesta en su interacción con el instrumento (. . .). El resultado de la interacción del objeto atómico con el instrumento, clásicamente descrito, constituye el elemento experimental principal, cuya sistematización, fundamentada en unas u otras proposiciones sobre las propiedades del objeto, constituye la tarea de la teoría: del examen de tales interacciones se deducen las propiedades del objeto atómico, y las predicciones de la teoría se formulan como resultados esperados de las interacciones.[32]

Más adelante agrega:

> . . . Bajo ciertas condiciones externas, el resultado de la interacción del objeto con el instrumento no está, en términos generales, predeterminado unívocamente, sino posee exclusivamente una cierta probabilidad. La serie de semejantes interacciones conduce a la estadística, que corresponde a una determinada distribución de probabilidades. Esta distribución de las probabilidades refleja las

posibilidades potenciales que existen objetivamente bajo esas condiciones (...). La distribución de probabilidades se somete a comprobación experimental.[33]

Al hablar de series (colectivos o conjuntos) de observaciones —manifestación de las propiedades de los microobjetos— debe subrayarse que poseen las características principales inherentes a los sistemas probabilísticos de la física clásica. Ante todo, los resultados de observaciones separadas no dependen mutuamente: el resultado de una observación no determina el de otra observación —la siguiente—; o sea, la estructura interior de los fenómenos masivos formados por los resultados de las observaciones, posee un carácter casual y se determina por medio de la categoría de casualidad.

Por otro lado, en la física clásica, cualquier colectivo estadístico poseía determinadas características integrales, pues de otra forma sería imposible aplicar métodos probabilísticos a estos sistemas. Semejantes categorías integrales son inherentes también a las series o colectivos de observaciones en la teoría cuántica.

La mecánica ondulatoria —observa L. I. Mandelshtam— es una teoría estadística. Pero sólo se puede hablar de estadística y probabilidades cuando se posee un determinado conjunto de elementos a los cuales se refiere esa estadística. En la mecánica ondulatoria, dicho conjunto lo constituyen las experiencias repetidas —cada una de las experiencias individuales es su elemento—, en cuyo caso la repetición debe transcurrir bajo las mismas condiciones...

Hemos arribado a lo que considero más esencial e importante: Precisamente, la mecánica ondulatoria afirma que, para la definición del colectivo micromecánico al cual se refiere la función, es suficiente indicar —fijar— los parámetros macroscópicos.[34]

Con la existencia de características integrales de los colectivos micromecánicos —de conjuntos de experiencias repetidas— está directamente relacionada la existencia de condiciones limitantes naturales impuestas a las funciones ondulatorias. Entre estas condiciones se encuentran la normabilidad

de las funciones ondulatorias, su carácter finito, univocidad y continuidad en todo el espacio. El cumplimiento de estas condiciones limitantes resulta necesario al aparato de la mecánica cuántica.

En resumen, aquellos rasgos generales y la fundamentación de la probabilidad, que eran propios de la física clásica, conservan también su sentido en la fundamentación de los colectivos estadísticos de observaciones —experiencias— en la mecánica cuántica. Sin embargo, en la teoría cuántica no se investigan simplemente los resultados de dichas observaciones por sí mismos. A partir de dichas observaciones se sacan conclusiones sobre las propiedades, estructura y leyes de las micropartículas. De acuerdo con esto, para la fundamentación de la probabilidad en la teoría cuántica son insuficientes las categorías de necesidad y casualidad, siendo necesario utilizar para ello también la categoría de lo potencialmente posible. Apoyándose en las observaciones se definen las propiedades de los microobjetos; cuyo estado físico es caracterizado por la función ondulatoria. Pero ésta es una característica que permite determinar también todas las posibles manifestaciones de estas propiedades que pueden observarse en una u otras condiciones. Por ello se dice que la función ondulatoria, y, en general, la mecánica cuántica, caracteriza las posibilidades potenciales del comportamiento del objeto en determinadas condiciones. La categoría de posibilidad contribuyó mucho a descubrir y fundamentar la utilización del lenguaje probabilístico en la física cuántica.

> Considero —escribe Heisenberg— que el lenguaje utilizado por los físicos cuando hablan de procesos atómicos, produce en sus mentes las mismas representaciones que el concepto "potencia". Los físicos, en realidad, se acostumbran gradualmente a considerar las trayectorias de los electrones y conceptos similares, no como una realidad, sino más bien como una variedad de la "potencia". El lenguaje, por lo menos hasta un cierto grado, ya se ha adaptado al estado real de cosas (...). Este lenguaje provoca en nuestra mente imágenes y, simultáneamente con ellas, la impresión de que estas imágenes poseen una insuficiente relación evidente con la realidad y que reflejan solamente las tendencias del desarrollo de la realidad.[35]

Esta opinión en el tratamiento de la teoría cuántica se relaciona directamente con la definición del concepto mismo de probabilidad.

> La probabilidad de uno u otro comportamiento del objeto en condiciones exteriores dadas —escribe V. A. Fok— se determina por las propiedades interiores del objeto individual en cuestión y por esas condiciones exteriores; esto es, la valoración numérica de las posibilidades potenciales de uno u otro comportamiento del objeto. Esta probabilidad se manifiesta en el número relativo de casos realizados de un comportamiento dado del objeto; este número constituye su medida. Por lo tanto, la probabilidad se refiere al objeto particular y caracteriza sus posibilidades potenciales . . .[36]

En la ciencia de hoy, madura cada vez más la idea de que la teoría cuántica, que caracteriza las posibilidades potenciales del comportamiento de los microobjetos, no expresa todavía la verdad con suficiente amplitud. Al examinar el espectro de posibilidades de comportamiento de los microobjetos, la mecánica cuántica permite representar la presencia de determinados ordenamientos, o regularidades en la "masa" de estas posibilidades y, basándose en el hecho de la existencia de tales ordenamientos, se fundamentan sus principales postulados. Pero resulta que las propias leyes están condicionadas en el espectro de posibilidades por las propiedades profundas de los microobjetos y de ellos trata, ante todo, lo teoría cuántica. Resulta esencial que en la teoría estas mismas características profundas no se definen, como posibilidades potenciales, cuando el resultado de la observación no está determinado unívocamente ni depende sólo del objeto, sino del macromedio circundante. La formulación de la tarea cuántico-mecánica, señala V. A. Fok,

> . . .admite totalmente la introducción de magnitudes que caracterizan el objeto mismo con independencia del instrumento —carga, masa, *spin* de la partícula, así como otras propiedades del objeto descritas mediante operadores cuánticos—, aunque admiten al mismo tiempo un enfoque multilateral del objeto: el objeto puede caracterizarse desde aquél de sus lados, por ejemplo, corpuscular

u ondulatorio, cuya manifestación está condicionada por la construcción del instrumento y por las condiciones exteriores creadas por él.[37]

Esto último significa que no todas las características del objeto en los marcos de la mecánica cuántica pueden referirse al rango de las potencialmente posibles. Esto indica las particularidades de la construcción y de la estructura lógica del conocimiento físico en la mecánica cuántica. Para descubrir aquélla es muy importante que los conceptos utilizados en la teoría cuántica se dividan, en su base misma, en dos clases: la primera clase la integran las magnitudes denominadas "directamente observables" en la experiencia, las cuales se contemplan en la teoría como típicamente casuales —en el sentido teórico-probabilístico—; la segunda clase, la componen los números cuánticos, del tipo del *spin*. Las diferencias entre estas clases de conceptos consisten, ante todo, en el "grado de cercanía" a lo directamente dado en la experiencia física. La primera expresa las características más externas de los microobjetos, mientras que la segunda expresa las más profundas e internas. La primera permite individualizar los procesos cuánticos, mientras que la segunda posee un carácter generalizado. La primera, por su naturaleza, se inclina a los conceptos clásicos; la segunda expresa, sobre todo, lo específico de los fenómenos cuánticos. La primera se modifica incesantemente, la segunda es más estable. Las primeras están más relacionadas con el fenómeno; las segundas con la esencia aunque, indudablemente, la esencia se manifiesta y el fenómeno es esencial. Por supuesto, la completitud de la expresión teórica de los procesos cuánticos se alcanza mediante la utilización de ambas clases referentes a diferentes niveles lógicos. Resulta esencial que el establecimiento de interrelaciones, de una síntesis en los marcos de una teoría única de estas dos clases de magnitudes a partir de su diferente naturaleza, resultó posible sobre la base de las representaciones probabilísticas en primer lugar, sobre la base de las funciones ondulatorias como forma especial de caracterización de las distribuciones probabilísticas.

La división de los conceptos de la mecánica cuántica en clases, modifica sustancialmente los modos de expresar los estados de las micropartículas. Al definir estos estados se comenzó a otorgar importancia fundamental a los conceptos de la segunda clase —números cuánticos— como expresión de la

esencia más profunda de los microobjetos. Estas características determinan con total rigor y unívocamente cada uno de los tipos de partículas elementales, y sobre su base tiene lugar, ante todo, la identificación de uno u otro tipo de partículas en las investigaciones experimentales. El señalamiento de estas magnitudes —valores numéricos— no determina de forma unívoca los valores de los parámetros de la primera clase —de partida—; por el contrario, mediante aquéllas se determina todo el campo de posibles manifestaciones de éstos. Análogamente, al determinar el carácter de uno u otro hombre no determinamos su comportamiento concreto en una situación dada, sino el campo de sus posibles conductas en diferentes situaciones cotidianas.

La utilización de conceptos de diferentes clases en los marcos de una teoría única constituye la modificación más seria en la lógica de la construcción de las teorías científicas. Los conceptos que expresan la esencia más profunda de los objetos en particular, lo específico de los procesos cuánticos, se pueden denominar integral-generalizados. La significación de semejantes conceptos se revela en dependencia a su papel en los sistemas teóricos relativamente cerrados: no sólo se adicionan a otros, a los primarios de estos mismos sistemas, sino que expresan un determinado ordenamiento en las relaciones entre esos conceptos "primarios". La elaboración de dichos conceptos comenzó ya en los sistemas teóricos de la física clásica —centro de las masas y momento de inercia en la mecánica, rotor del campo vectorial en electrodinámica—. La esencia de los conceptos integral-generalizados está directamente relacionada con la naturaleza de lo general: lo general no es una unión mecánica de lo particular, sino la expresión de la organización estructural por medio de la cual cada objeto particular se incluye en el sistema. Con otras palabras, las dependencias entre estas dos clases de conceptos, no se revelan ya en el plano de las coordinaciones, sino en el de las subordinaciones. En este caso la subordinación implica una determinada independencia, una "autonomía": las características del nivel superior no determinan unívocamente los valores de las características del "inferior", del nivel de partida, sino exclusivamente el espectro de sus valores admisibles.

Lo antes expuesto nos permite llegar a la conclusión de que el significado de los métodos probabilísticos en la física cuántica consiste, primordialmente, en que permiten investigar y expresar teóricamente las leyes de objetos que poseen una complicada estructura "de dos niveles", la cual presupone determi-

nados rasgos de independencia, de "autonomía". En la física clasica, como ya señalamos, la aplicación de los métodos probabilísticos encuentra justificación en sus relaciones con la estructura, con la idea de niveles y de independencia del comportamiento de los elementos en la composición de los sistemas integrales. En la teoría cuántica, estas fundamentaciones de los métodos probabilísticos encontraron ulterior desarrollo: la probabilidad no sólo está relacionada con el análisis y la expresión de la estructura del sistema de objetos, sino también de objetos aislados. El conocimiento de los sistemas y los elementos se coimplementan y condicionan mutuamente. Dicho paso exigió la elaboración de formas teóricas nuevas de las representaciones probabilísticas: el tránsito del lenguaje de las distribuciones directamente probabilísticas al de las funciones ondulatorias. De esa forma, se logró realizar la síntesis de lo continuo y lo discreto, lo estable y lo cambiante, el rígido condicionamiento y la independencia, lo elemental y lo integral, es decir, descubrir y expresar la profunda dialéctica interna del mundo de los procesos atómicos. En este desarrollo de la flexibilidad y la amplitud del pensamiento físico estriba la función metodológica y de concepción del mundo de los métodos probabilísticos en la física cuántica y su significado científico general.

A partir del tratamiento examinado de los métodos probabilísticos se puede formular una determinada relación hacia la diversidad de juicios sobre el papel de la probabilidad en física, que aparecen en la segunda sección de este capítulo. Cuando Feinman y Gibbs dicen que en el paso de la física clásica a la cuántica el concepto de probabilidad no sufrió modificaciones, se tiene en cuenta el tratamiento de la probabilidad a un nivel empírico primario. En el nivel de las "observaciones directas" actúa la interpretación frecuencial de la probabilidad, por lo que, en este sentido, el tránsito de la física estadística clásica a la cuántica no introdujo cambios de consideración en el tratamiento de la probabilidad. Sin embargo, el significado de las representaciones teóricas no consiste simplemente en describir y hacer coincidir los datos experimentales directos, como afirma el programa positivista de análisis del conocimiento. Los conceptos y categorías generales de la ciencia, que constituyen la médula de las representaciones teóricas, expresan un determinado aspecto, cierto corte de la realidad material relacionado con el descubrimiento de la esencia interior de sus objetos. Y como

nos muestra el análisis, el concepto de probabilidad está relacionado con el descubrimiento y la expresión de la estructura, de la esencia interior de los sistemas físicos investigados. La complejidad de la situación, las principales dificultades y discusiones están primordialmente relacionadas con el descubrimiento de la naturaleza, con la fundamentación de la probabilidad en el nivel teórico. Limitarse al análisis de la probabilidad en el nivel empírico es insuficiente, lo que reconoce prácticamente la mayoría de los participantes en la polémica sobre la naturaleza y los fundamentos de la aplicación de los métodos probabilísticos.

El análisis de la probabilidad en el nivel teórico es más interesante y complejo; fue precisamente aquí donde se produjeron cambios sustanciales durante el paso de la física clásica a la cuántica, de lo que se habla en las citas anteriores de V. A. Fok y M. E. Omelianovski. En la física clásica, la probabilidad está relacionada con el análisis de la estructura de los sistemas formados por un número inmenso de partículas que "no interactúan entre sí". En la física cuántica el concepto de probabilidad ya está relacionado con el análisis y la expresión de la estructura de determinadas micropartículas, lo que permitió la penetración de la física en el nivel del átomo y las partículas elementales. Durante este proceso se produjeron cambios esenciales en el lenguaje: las leyes de los microprocesos comenzaron a expresarse en el lenguaje de las distribuciones probabilísticas y no por medio de las funciones ondulatorias. Un rasgo fundamental de la probabilidad en la teoría cuántica es la "interferencia de probabilidades", lo que condujo a que sus leyes comenzaran a expresarse por medio de "amplitudes de probabilidades". La teoría cuántica mostró con evidencia que la fuerza y la significación de los métodos probabilísticos consisten en sus vínculos con ideas y representaciones generalizadoras de las ciencias naturales contemporáneas como son: las de sistemas y estructuras, niveles de estructuración interior y organización de los sistemas materiales, independencia —autonomía— y vinculación de los elementos en la composición de los sistemas integrales. Es decir, en el transcurso del desarrollo de la física cuántica se produce un enriquecimiento de nuestra comprensión sobre la naturaleza de la probabilidad y no sólo la modificación del modo de calcularla.

La formulación de C. F. von Weizsäcker es interesante porque enfoca la atención sobre la importancia de la retroalimentación en las relaciones mutuas entre probabilidad y sus aplicaciones.

Con frecuencia se propone, en voz baja, que el desarrollo de los métodos probabilísticos de investigación y la ampliación del campo de "aplicaciones" de la probabilidad no se hace sentir de manera sustancial sobre la comprensión misma de la naturaleza, del tratamiento de la probabilidad. Sin embargo, el desarrollo de las aplicaciones no deja afectar la propia comprensión de la probabilidad. Es precisamente en la física cuántica donde la probabilidad toma parte, sobre la base de un amplio reconocimiento, de la forma más natural e inmanente. Al mismo tiempo, los datos de la física cuántica y el análisis lógico de su estructura, se utilizan todavía muy débilmente para descubrir el sentido científico general de la probabilidad.

El pronunciamiento de Jauch no sólo es interesante porque enfatiza la presencia de una diferencia sustancial entre las probabilidades en la física clásica y en la cuántica. Esto se reconoce ampliamente de forma intuitiva. Pero es claro que resulta sumamente limitado. La afirmación de que las probabilidades en la física clásica poseen un carácter subjetivo se ha convertido ya en una especie de prejuicio que se adopta a la manera de una fe. El planteamiento de que las probabilidades en la mecánica cuántica tienen un carácter objetivo, está profundamente enraizado en la estructura misma del mundo material, por lo que posee una inmensa fuerza heurística.

4. La información, la probabilidad y las perspectivas de su conocimiento

El desarrollo actual de las representaciones probabilísticas y de acuerdo con él, la revelación de su naturaleza, no solamente está relacionado con la teoría cuántica. La teoría de la información constituye una importantísima generalización moderna de las concepciones probabilísticas. La elaboración de esta teoría provocó de inmediato un desarrollo intensivo de las concepciones abstracto-generales del modelo conceptual sobre la estructura del ser y el conocimiento, que se formaron como resultado del desarrollo precedente de la teoría de las probabilidades. De acuerdo con ello, se amplió considerablemente el campo de las aplicaciones concretas de las concepciones probabilísticas.

Para comprender la esencia de las generalizaciones en la doctrina de la probabilidad que están relacionadas con la teoría de la información, es necesario examinar las tareas fundamentales de cuya investigación brotó esta teoría.[38] Ella surgió en los años cuarenta de nuestro siglo, a partir de la solución de tareas concretas de la teoría de la comunicación. Una tarea típica, primaria, de la teoría de la comunicación, consiste en la investigación de las leyes entre los siguientes componentes básicos:

a) clase de mensaje que ha de trasmitirse;

b) clase de señales —procesos materiales— por medio de las cuales se realiza la trasmisión en cuestión;

c) canales de comunicación mediante los cuales se trasmiten los flujos de mensajes.

El establecimiento de estas leyes permite elaborar los métodos más efectivos para la codificación y trasmisión de mensajes y asentar sobre una base teórica científica la elaboración misma de los medios de comunicación.

La solución de la tarea inicial en la teoría de la comunicación se basa en la elaboración de las características rigurosas, poseedoras de formas de expresión matemática de los flujos de mensajes, señales y canales de comunicación. Desde los comienzos mismos esta tarea se apoyó en el lenguaje de la teoría de las probabilidades, lo que se desprende de lo siguiente: la trasmisión de mensajes, en términos generales, posee un carácter masivo. Los sistemas de comunicación se proyectan habitualmente y se destinan a la trasmisión de considerables flujos de mensajes y no con el objetivo de trasmitir determinados mensajes aislados. Cada mensaje transmitido por un determinado canal de comunicaciones se contempla como un mensaje seleccionado entre un conjunto de posibles. No existe una ley rígida en la secuencia de transmisión de mensajes: la transmisión de un mensaje por un canal de comunicación en determinado momento del tiempo no significa, en términos generales, que predetermine la transmisión posterior de otro totalmente determinado. Por el contrario, después de la transmisión de un mensaje, por principio, puede transmitirse cualquier otro. Las dependencias entre los mensajes separados no poseen un carácter directo sino mediatizado

por ciertos fundamentos más profundos. Todo esto significa que en la teoría de la comunicación, el caracterizar los flujos —conjuntos— de mensajes se parte de que estos conjuntos poseen una estructura estadística, probabilística. En este caso la teoría se abstrae de los aspectos semánticos de los mensajes mismos.

Como ya se dijo, en la teoría de las probabilidades, las distribuciones de probabilidades constituyen su característica fundamental. Sin embargo, a pesar del papel central en todo el desarrollo precedente de dicha teoría y sus aplicaciones, esa característica resultó insuficiente para los objetivos de la teoría de la información. Surgió aquí la necesidad de comparar unas distribuciones con otras, unas estructuras probabilísticas con otras. En la teoría de la comunicación se plantean tareas como: qué tipo de distribución de señales —cuál estructura de su fuente— corresponde a la trasmisión más efectiva de la clase de mensajes dadas. La elaboración de rigurosos medios matemáticos para la "ponderación" de las distribuciones fue la premisa para la solución de estas tareas, para lo cual se crearon conceptos sustancialmente nuevos: entropía y cantidad de información.

Al comparar las distribuciones entre sí es fácil observar que una de ellas puede distinguirse de las demás, ante todo, por el número de los diferentes valores posibles que pueden adoptar las correspondientes magnitudes casuales. Además, cuando el número de valores posibles de una magnitud casual es igual, las distribuciones pueden diferenciarse por los valores de las probabilidades que se comparan con cada uno de estos valores de la magnitud casual.

Naturalmente, el criterio general que permite comparar las distribuciones debe reflejar las diferencias entre ellas. Estas consideraciones, así como otras de orden físico y matemático, han conducido a que, en calidad de criterio general, abstracto, que permite comparar cuantitativamente unas distribuciones con otras, "ponderarlas", se utilice en la teoría de la información el de entropía de las distribuciones (entropía del sistema probabilístico, entropía de la magnitud casual o entropía de la experiencia para medir la magnitud casual correspondiente).

La entropía de la distribución H de una determinada magnitud casual X se determina por medio de la suma de los productos de las probabilidades de todos los valores posibles de la magnitud casual (n = número de valores posibles) por el logaritmo de estas probabilidades tomado con signo inverso:

$$H(X) = -\sum_{i=1}^{n} P_i \log P_i$$

La entropía se caracteriza mediante una serie de propiedades que condicionan su aplicación en las investigaciones. Ante todo, se convierte en cero cuando no existe diversidad, es decir, cuando está ausente la formulación teórico-probabilística de la tarea —la magnitud casual parece caracterizarse por un valor posible—. Además, al aumentar el número de valores posibles de la magnitud casual la entropía aumenta y en condiciones del número dado de valores posibles alcanza el máximo si se confrontan probabilidades iguales con cada valor de la magnitud.

Resulta esencial que la entropía posee la propiedad de la aditividad, es decir, cuando se unifican sistemas probabilísticos independientes en uno, sus entropías se suman. Por último, la entropía de la distribución se determina de forma tal que puede establecerse el aporte hecho por cada valor posible de la magnitud casual a la entropía general.

En el aspecto lógico, la concepción sobre la entropía sirve de base a la definición de los conceptos de información y de cantidad de ésta. En la teoría de la información estos conceptos se definen por medio de la entropía, de sus modificaciones en el paso de unas distribuciones a otras. Al mismo tiempo, los conceptos de entropía e información son tan semejantes que el valor real de la entropía se determina habitualmente en relación con el concepto de información.

De acuerdo con lo expresado, el concepto de información actúa como característica muy esencial de las distribuciones probabilísticas, de los sistemas probabilísticos. Debido a que el concepto de información, por su naturaleza, constituye una nueva característica personificadora de una etapa superior en el desarrollo de la teoría de las probabilidades, no puede deducirse lógicamente de otras características más simples que se formaron antes en la teoría de las probabilidades. Para la definición de semejantes conceptos se utilizan analogías, por ejemplo, consideraciones de carácter intuitivo que tienen como objetivo expresar teóricamente la nueva característica. Para descubrir el contenido del concepto de información se utilizan ampliamente las consideraciones de carácter combinatorio.

Apelemos a un ejemplo. Imaginemos que se nos plantea una tarea muy simple de la teoría de la comunicación: trasmitir

determinados mensajes con ayuda de un determinado conjunto de piedrecitas. Las condiciones de la tarea pueden cambiar para formar dos casos extremos. En el primero disponemos de un conjunto de piedrecitas que no se diferencian entre sí. Es natural entonces que bajo estas condiciones los distintos mensajes sólo pueden correlacionarse mediante un número diferente de piedrecitas o una configuración distinta de ellas. Por ejemplo, dos piedrecitas pueden significar que la persona que nos interesa se encuentra en el trabajo, mientras que tres indican que está ausente; en este caso, si las tres piedrecitas están en línea ello pudiera significar que la persona en cuestión se encuentra de vacaciones y si están distribuidas en forma de triángulo, que realiza una breve prestación de servicios. Es claro también que la simple sustitución de una piedrecita por cualquier otra no introduce en el estado inicial de cualquiera de sus conjuntos ninguna distinción necesaria para la trasmisión de los diferentes mensajes.

El otro caso extremo está dado por un conjunto de piedrecitas en el cual cada una se diferencia de cualquiera otra. Es fácil observar que este conjunto de piedrecitas puede formar el número máximo de diversidades con las cuales se pueden relacionar los distintos mensajes, diferentes entre sí. En este caso, al trasmitir el mensaje, cualquiera piedrecita separada y cualquiera de sus combinaciones, portará un sentido independiente y, por consiguiente, con ayuda de este conjunto podremos trasmitir más mensajes.

Podrían multiplicarse ejemplos semejantes que caracterizan la estructura interior de ciertos conjuntos desde el punto de vista de la riqueza de los elementos y la diversidad de matices. Supongamos que nos encontramos ante un determinado colectivo de hombres. Si nos abstraemos de la tarea específica planteada a este colectivo podremos hablar de sus diferentes formas de organización. Si los miembros del mismo están unidos de manera tal que cada uno de ellos complementa orgánicamente a otro pero no lo repite, es decir, "posee" un valor independiente, diremos que este colectivo se caracteriza por grandes posibilidades potenciales internas en comparación con un colectivo de igual tamaño donde sus miembros se "repiten" mutuamente y están desprovistos de individualidad. De forma análoga, si los artículos de una determinada problemática se miden por el mismo rasero, serán menos efectivos y más tediosos que aquellos artículos en los cuales se conserva la individualidad del autor.

Los ejemplos expuestos son intencionadamente simples y elementales. No obstante, en nuestra opinión, permiten comprender, con mayor claridad, el enfoque del análisis de los parámetros estructurales internos que se utilizan en la teoría de la información para evaluar y comparar las distribuciones probabilísticas. La estructura interna de los conjuntos, la reserva potencial de los diferentes estados interiores condicionados por esta estructura, es justamente lo que condiciona la información —que corresponde a la entropía— de los sistemas probabilísticos. En este caso, se le presta especial atención al análisis de los modos y las fundamentaciones de la inclusión de elementos en el sistema probabilístico. La experiencia muestra que es habitual que los mensajes que son más esporádicos para el conjunto investigado poseen el mayor interés según unas u otras consideraciones y, conforme a ello, en la teoría de la información estas clases de mensajes se consideran poseedoras de la mayor capacidad informativa, es decir, se caracterizan por una mayor cantidad de información. Por ejemplo, el mensaje que afirma que un automóvil moderno desarrolla una velocidad del orden de los cien kilómetros por hora es portador de mucha menos información que el que indica que el automóvil desarrolla una velocidad superior a los trescientos kilómetros por hora.

Debe señalarse que, en términos generales, la división de los flujos de mensajes investigados en clases, como ha subrayado W. R. Ashby, no sólo está determinado por las propiedades internas de estos mismos conjuntos de mensajes posibles, sino por su destinatario: ciertos mensajes atribuidos por los especialistas o por personas competentes a la clase de importancia extrema pueden clasificarse por otras en la clase de las anécdotas.

La introducción en la teoría de la comunicación del concepto de cantidad de información, permitió avanzar considerablemente en la investigación de las tareas relacionadas con el análisis de las formas de expresión, trasmisión, procesamiento y conservación de la información. En particular, sobre la base de este concepto, resultó posible determinar la dependencia entre el conjunto de señales utilizado para la trasmisión de mensajes, el tipo de equipo trasmisor —capacidad de admisión del canal— y la clase de mensajes trasmitidos. La introducción de este concepto permitió a Shannon solucionar distintos problemas generales de la codificación óptima de los mensajes al trasmitirlos por un determinado canal de comunicación.

Como sucede con frecuencia en el desarrollo de la ciencia, lo que parece ser la solución de una tarea particular conduce a la elaboración de tales representaciones y conceptos nuevos que traspasan considerablemente el marco de los intereses de la tarea inicial y adquieren a menudo un significado teórico general. Así sucedió con el concepto de información. De lo expuesto queda claro que sirve para caracterizar e investigar una clase muy amplia de conjuntos independientemente de su naturaleza concreta, trátese de un conjunto de mensajes o de esencias y objetos materiales. En los fundamentos del desarrollo de la teoría de la información yace el análisis de los conjuntos poseedores de una estructura probabilística, por lo que actúa, sobre todo, como un "cálculo" peculiar de las estructuras probabilísticas. Se descubrió una nueva propiedad de los sistemas probabilísticos que permite caracterizarlos desde el punto de vista de la riqueza de las gradaciones y posibilidades internas contenidas en ellos que se manifiestan durante su funcionamiento. De acuerdo con ello, la información se define en forma general a partir de las concepciones de la diversidad[39] y la heterogeneidad en la organización y movimiento de la materia.[40]

El reconocimiento de la naturaleza abstracta del concepto de información, tal como se formó en la teoría de la información, plantea la necesidad de precisar la terminología. La fuerza de los conceptos abstractos reside en que se abstraen de la naturaleza concreta de las cosas. No hay necesidad de vincular exclusiva y rígidamente el concepto de información a los mensajes habituales, por importante que esto sea. Al mismo tiempo, el concepto de información se considera con excesiva frecuencia sinónimo del concepto de conocimientos en general y nada más. Por ello es menester trazar una rigurosa demarcación entre el concepto de información en el sentido de diversidad combinatoria —información-I— y el de información en el sentido de conocimientos —información-II.

Por supuesto, entre estos dos tipos de información no existe una rígida línea divisoria. Las concepciones sobre la información-I fueron engendradas durante el análisis de los procesos de trasmisión de información-II por canales de comunicación, al tiempo que se utilizan extensamente para el análisis de esta última. Por otro lado, las concepciones existentes acerca de la información-II son mucho más amplias y ricas en posibilidades interiores, pues su estructura incluye características tales como valor, significación, niveles de generalización, etcétera. Como las representaciones del valor de la información —y los análo-

gos a ellas— están relacionadas con la concepción de diversidad, es perfectamente admisible que el análisis mismo de este problema habrá de apoyarse en el desarrollo de la idea de diversidad.

Todo lo dicho significa que la fuerza de la influencia que ejerce la teoría de la información sobre el pensamiento científico contemporáneo, está, ante todo, condicionada por la circunstancia de representar un ulterior desarrollo de las concepciones teórico-probabilísticas. A su vez, la teoría de la información es una generalización tan poderosa de la teoría de las probabilidades que sobrepasa considerablemente sus marcos. Ya los primeros intentos por descubrir la esencia del concepto de información —información-I—, como dijimos, condujeron a consideraciones de orden combinatorio. Al examinar el contenido del enfoque combinatorio en la teoría de la información, A. N. Kolmogorov presta especial atención a su "independencia lógica de cualesquiera admisiones probabilísticas".[41]

El reconocimiento del significado fundamental del concepto información en la estructura del conocimiento moderno y de su independencia lógica de las concepciones generalizadoras antes elaboradas que se relacionaban con el concepto de probabilidad, permitió a A. N. Kolmogorov formular un nuevo programa de investigación orientado al ulterior desarrollo de la teoría de la información. La esencia de este programa se expresa en las siguientes formulaciones:

> La información, por su naturaleza, no es un concepto especialmente probabilístico. La representación primaria de la información como número de signos dobles necesarios para distinguir a un determinado objeto de un conjunto finito de objetos, nada tiene de común con la teoría de las probabilidades. Los métodos probabilísticos sólo dominan en los sectores más elevados de la teoría de la información. Es posible, sin embargo, que la correlación entre la teoría de la información y la de las probabilidades se modifique radicalmente. No deseo desarrollar aquí la concepción —que personalmente me atrae cada vez más— según la cual estas relaciones pueden ser inversas a las actuales y donde la teoría de las probabilidades no será el fundamento de los sectores superiores de la teoría de la información, sino que, en la base de la teoría de las probabilidades, estarán los conceptos de la teoría de la información.[42]

Kolmogorov señala que, a pesar de lo fructífero del enfoque probabilístico de la definición de la cantidad de información, resulta de todas formas muy limitado y se caracteriza por un campo muy estrecho de aplicación. Esto es más evidente al examinar objetos de investigación muy complejos y desarrollados, como los que trata la ciencia actual. Para definir la cantidad de información de un determinado objeto por los caminos del enfoque probabilístico es menester examinar este objeto, bien como elemento de un determinado conjunto estadístico con una distribución de probabilidades, o considerar que está formado por un determinado conjunto de elementos muy débilmente relacionados entre sí. Por ejemplo, observa Kolmogorov, en la actualidad está de moda la expresión "cantidad de información heredada", necesaria para la reproducción de las particularidades de un determinado tipo. El enfoque probabilístico de la definición de esa cantidad de información conduce a dos modelos primarios posibles. En el primer caso es necesario examinar el conjunto de todos los "tipos posibles" con la distribución de probabilidades dada para el conjunto en cuestión. Pero lo que significa esa distribución y cómo se determina, permanece aún poco claro. En el segundo caso, es necesario admitir que el tipo se caracteriza por un conjunto simple de variables débilmente relacionadas y prácticamente independientes entre sí. Esta admisión tampoco debe considerarse válida si tenemos en cuenta, como hace la ciencia moderna, que el tipo está caracterizado por el sistema de rasgos esenciales coordinados que surge como resultado de la selección natural.

Análogamente, en los marcos del enfoque probabilístico resulta absurdo formular problemas como, por ejemplo, el de la cantidad de información contenida en el libro *La guerra y la paz*. En este caso el enfoque probabilístico presupone, bien examinar la novela mencionada dentro de un cierto conjunto de "novelas posibles" donde existe una distribución estable de probabilidades, o considerar que las distintas escenas de la novela no están prácticamente interrelacionadas ni se caracterizan por ninguna unidad esencial del objetivo del autor. Cualesquiera de estas posibilidades es inconcebible ya en sus premisas de partida.

En contraposición al planteamiento probabilístico de la tarea, añade Kolmogorov, nos interesa cada vez más el problema de la cantidad de información en un objeto individual separado. La realización del nuevo programa lo vincula Kol-

mogorov a la elaboración del enfoque algorítmico en las investigaciones sobre teoría de la información. En este plano se desarrollan las definiciones de los conceptos básicos de la teoría de la información: entropía y cantidad de información y de sus correlaciones primarias. Se otorga gran significación a un método universal de programación, de construcción de uno u otro objeto investigado. Se introduce la evaluación del programa por medio de su longitud y de acuerdo a ello el concepto de complejidad relativa del objeto investigado.[43]

Sin entrar en cuestiones especiales, señalaremos algunas particularidades de este enfoque, las cuales muestran que posee un carácter generalizador y abre nuevas posibilidades al análisis de los problemas de la teoría de la información. El enfoque algorítmico del problema de la información, al igual que el probabilístico, presta especial atención al análisis y la comparación de las estructuras de los objetos investigados, a la valoración de la calidad de aquellos programas que determinan la reproducción teórica de estos objetos, a partir de ciertos datos. Estos son, precisamente, los objetivos que persiguen las concepciones introducidas por Kolmogorov sobre la complejidad relativa del objeto. Es de gran valor que sobre esa base resulte por principio posible la comparación y evaluación de una clase de estructuras mucho más amplia. Las estructuras probabilísticas poseen un carácter particular en los marcos de las nuevas concepciones que corresponde a un nivel muy débil del desarrollo de los métodos de "programación", de los métodos para la creación de objetos suficientemente desarrollados.

Es interesante examinar la siguiente analogía. Supongamos que se nos plantea la tarea de reproducir teóricamente un objeto en el lenguaje de una determinada clase de conceptos y representaciones. Si en esa reproducción del objeto se utiliza un número máximo de representaciones y conceptos independientes, ello significará que entre los elementos de la descripción están, de hecho, ausentes los vínculos lógicos, ya que los vínculos entre estos elementos poseen un carácter casual. El descubrimiento de los vínculos lógicos conduce al de la estructura del correspondiente sistema teórico y a la disminución en él, de parte de lo casual.

La naturaleza generalizadora del nuevo enfoque en la teoría de la información se manifiesta no sólo en el análisis de la naturaleza de lo casual. En términos generales, está relacionada con las posibilidades inherentes a la teoría general

de los algoritmos. Las ideas de la teoría de los algoritmos gozan de una atención cada vez mayor en la ciencia moderna. Con frecuencia creciente se señala que, precisamente, por los caminos de esta teoría, tiene lugar hoy la penetración de los métodos matemáticos en la biología, la economía, la lingüística y en otros estadíos "superiores" del conocimiento científico. El peso específico de la teoría de los algoritmos en la estructura de la propia matemática ha crecido abruptamente.

Todo esto significa que las ideas de la teoría de los algoritmos responden a determinadas exigencias internas del desarrollo de la ciencia actual, que se caracteriza por el tránsito a las investigaciones de objetos muy complejos y desarrollados. Esto se refiere, ante todo, a los caminos del desenvolvimiento de las formas matemáticas del conocimiento y al reflejo de los fenómenos de la vida. Por ejemplo, N. Rashevski presta especial atención a la elaboración de los métodos del conocimiento de la dinámica de la vida, en el curso de la cual tiene lugar la transformación y renovación continuas de las estructuras materiales. Subraya el carácter en forma de procesos de las acciones algorítmicas y observa la presencia de una analogía lógica entre los procesos biológicos y los algoritmos. Rashevski supone que "el ulterior desarrollo de la teoría de los algoritmos conducirá probablemente a ciertas formas de los mismos que pudieran resultar isomorfas a los procesos biológicos. Y si esto se produjera, entonces los teoremas sobre algoritmos podrían transformarse en afirmaciones sobre procesos biológicos".[44]

En las investigaciones metodológicas modernas adquiere una significación sintetizadora importante la elaboración de representaciones generales sobre los sistemas complejos de control. En el establecimiento de estas ideas tiene gran importancia el desarrollo de la concepción sobre los niveles en la estructura interna y la determinación de los sistemas, lo que constituye la premisa del descubrimiento de su actividad interna y control. La teoría de los algoritmos abre nuevas perspectivas al desarrollo de esta idea. La elaboración de concepciones sobre los niveles estructurales se apoya sustancialmente en el análisis de las leyes de las interrelaciones entre "unidades" vecinas de la organización estructural de la materia, en el análisis de los caminos y procedimientos para la formación de unos objetos a partir de otros primarios. En el plano teórico esto se manifiesta, ante todo, en la elaboración de conceptos nuevos, más abstractos.

Debe mencionarse que se presta especial atención a los problemas de la abstracción y la idealización cuando se examinan los fundamentos de la línea constructiva en matemática, cuyo núcleo lo compone la teoría de los algoritmos. Los representantes de la línea constructiva señalan cierta limitación a los métodos de abstracción e idealización ya formados, que se manifiesta al estudiar nuevos conceptos y concepciones que surgieron como resultado de los actos de abstracción consecutivamente escalonados.[45] En general, debe señalarse que "la orientación general de la matemática constructiva consiste en la creación de tales teorías matemáticas para las cuales el camino del pensamiento abstracto a los objetos reales y de los vínculos entre ellos al material experimental, resultaría menos indirecto y más visible que en las teorías correspondientes de la matemática clásica".[46]

En la teoría de los algoritmos los principales objetos de investigación se examinan de forma constructiva, es decir, como formados —construidos— a partir de otros primarios. Esto significa que ya las representaciones primarias de la teoría de los algoritmos incluyen determinadas ideas y modos de representar los diferentes niveles en la estructura de los sistemas teóricos. Con el desarrollo de la teoría de los algoritmos se formulan los teoremas fundamentales que reflejan las leyes de creación de objetos "constructivos" bastante complejos a partir de otros fijados. Es lógico y lícito suponer que tales teoremas habrán de corresponder —en cierto grado serán isomorfos— a las leyes generales de las interrelaciones entre niveles estructurales dentro de los sistemas complejos de control.

Puede anticiparse que el enfoque algorítmico en la teoría de la información permitirá también avanzar en este campo. Si en la teoría moderna de la información se examinan propiedades de conjuntos con una estructura probabilística bastante simple, el desarrollo del enfoque algorítmico en dicha teoría aspira a atraer a la esfera de sus investigaciones los sistemas con niveles claramente expresados de estructuración y determinación interna y con transformaciones en sus estructuras. El perfeccionamiento de los métodos de estudio de sistemas tan complejos está relacionado, por su esencia, con los procesos de generalización en el conocimiento moderno.

En resumen, el concepto de información nació en los caminos de las generalizaciones modernas de la teoría de las probabilidades. Sin embargo, muy pronto se puso de manifiesto que

era lógicamente independiente del concepto de probabilidad y que poseía incluso una naturaleza más fundamental. Entonces fue planteado el problema del análisis de los fundamentos de la teoría de las probabilidades sobre la base de concepciones teórico informativas. En el curso de ese análisis se produce una amplia discusión de los fundamentos de las ideas científicas modernas y se somete a examen a todo el aparato categorial de la ciencia. En particular, como señala Kolmogorov, los nuevos conceptos introducidos "pueden servir de base a la nueva concepción de lo casual, que corresponde al pensamiento natural de que la casualidad es la ausencia de leyes".[17] Semejante enfoque del descubrimiento de la naturaleza de lo casual está en profunda armonía con lo examinado antes.

En la revelación de la naturaleza de los métodos probabilísticos, de sus posibilidades y necesidad, tiene decisiva importancia el análisis de su efectividad, es decir, el análisis de las aplicaciones de la teoría de las probabilidades durante el desarrollo del conocimiento científico. Esta revelación de la naturaleza de los métodos probabilísticos transcurre sobre la base del establecimiento de su correspondencia con las concepciones generales sobre los sistemas complejos de control. Estos constituyen el corazón de la doctrina moderna de la filosofía materialista sobre los principios de organización estructural de la materia como base más amplia para la síntesis del conocimiento. De acuerdo con lo dicho, el desarrollo y el porvenir de los métodos probabilísticos depende del desarrollo de la doctrina sobre los sistemas complejos de control. Y resulta sorprendente que prácticamente cada rama de la ciencia moderna hace su aporte al desarrollo de nuevas concepciones sobre los sistemas complejos y los métodos para su investigación. Pero es la biología contemporánea la que ofrece el material de más datos y particularmente científico para el desarrollo de la doctrina general sobre los sistemas complejos. En términos generales, el desarrollo de la doctrina sobre los sistemas complejos se ve estimulada, sobre todo, por la investigación de los problemas básicos del conocimiento de los sistemas altamente organizados, de su estructuración y evolución. Estos problemas vienen a coronar las ciencias naturales modernas y, con ello, los métodos de investigación de los sistemas altamente organizados sienten los resultados más sustanciales obtenidos en el desarrollo de todo el complejo de las ciencias naturales.

El análisis de las aplicaciones de los métodos probabilísticos en el conocimiento de las formas superiores de la materia

permite descubrir con mayor profundidad su fundamentación. De la misma forma, la vida revela su esencia y manifiesta toda su riqueza de organización en sus formas superiores. Sólo conociendo estas formas descubrimos más ampliamente la naturaleza de lo vivo. No obstante, los rasgos específicos que distinguen los sistemas vivos de los no vivos, y que hacen asombrosamente peculiar la organización estructural y el comportamiento de los sistemas vivos, son ya característicos de los organismos inferiores. Lo superior explica lo inferior, aunque históricamente el conocimiento penetra en la esencia de la vida por medio de la asimilación de sus formas más simples. De forma análoga, en la física se manifestó toda la peculiaridad del modo probabilístico de pensamiento, que implica la idea de niveles, la independencia de los elementos y la mediación de las condiciones de su unificación en sistemas.

El desarrollo de los métodos probabilísticos está indisolublemente relacionado con el desarrollo de las investigaciones de los sistemas complejos. La idea de probabilidad entra en la investigación cuando adquiere sustancial significación la presencia de una determinada subordinación entre conceptos en el marco de una teoría. Sin embargo, la simple constatación de la existencia de jerarquías en los sistemas probabilísticos es muy insuficiente. Por sí misma, la idea de subordinación es bastante antigua, pero hay subordinación y subordinación. La existencia de subordinaciones entre conceptos siempre se reconoció de manera general, pero de hecho, en los marcos de la teoría aislada esta subordinación se investigaba débilmente, mientras que las dependencias entre conceptos específicos se examinaba, fundamentalmente, en el plano de las coordinaciones. La teoría de las probabilidades constituye el primer desarrollo de los fundamentos matemáticos de la "teoría de la subordinación" de sistemas con un nivel superior de organización, es decir, con organización autónoma. Para ser más precisos, es todavía temprano para hablar de autonomía, de comportamiento autónomo de los elementos en los marcos de un todo: en el caso de los métodos probabilísticos más bien tratamos con las condiciones, las premisas necesarias de la autonomía, expresadas mediante conceptos como los de independencia, indeterminación, irregularidad. Hay que subrayar además que el empleo de la teoría de las probabilidades en las investigaciones de los procesos materiales no rechaza de plano el tipo rígido de vínculos, la univocidad de las interde-

pendencias, como se afirma frecuentemente, sino traslada su acción a las dependencias entre características más esenciales.

El desarrollo de los métodos teórico-probabilísticos de investigación condujo a transformaciones radicales de las formas lógicas de expresión teórica de los conocimientos. La forma más fundamental y perfeccionada, de más contenido en la expresión de los conocimientos —sobre cierto campo de la realidad— es la teoría científica en tanto que sistema conceptual relativamente cerrado —sistema de conceptos—. Las ciencias físico-matemáticas adoptaron hace tiempo esa forma de expresión de los conocimientos. Dichas ciencias forman la parte más estable y desarrollada, el núcleo de las ciencias naturales teóricas, por lo que sus análisis nos ofrecen un esbozo bastante íntegro del desarrollo del conocimiento en general.

El desarrollo de los conocimientos se nos presenta no sólo como sustitución de teorías —unas por otras—; en el curso de este desarrollo se modifican los principios mismos de la construcción lógica de las teorías. Por estructura lógica de las teorías, entendemos las peculiaridades de la composición de conceptos y del carácter de sus interrelaciones en sistemas integrales. Las primeras teorías científicas, que forman la base de la física clásica, se caracterizan por una estructura lógica más simple. La composición de los conceptos es homogénea en el aspecto lógico. En el lenguaje filosófico tradicional esto significa que todos los conceptos sólo se refieren a la clase de los necesarios y, debido a ello, las relaciones entre conceptos son siempre mutuamente unívocas. La no univocidad o indeterminación en las relaciones testimonia en cada caso la incorrección del planteamiento de la tarea. Semejantes sistemas teóricos recibieron el nombre de sistemas de determinación rígida.

Con el desarrollo de los métodos probabilísticos, las modificaciones en la estructura de las teorías científicas se produjeron fundamentalmente en las particularidades de la composición de los conceptos: comenzaron a separarse en dos clases que se diferencian por el grado de generalidad, por la profundidad del reflejo de la esencia y por su papel en la estructura de la teoría. En el lenguaje filosófico tradicional lo expuesto significa que la casualidad se introdujo en la estructura de la teoría. Por tanto, la estructura lógica de las concepciones probabilísticas es más general y de más contenido en comparación con la estructura lógica de los sistemas de determinación

rígida. Las estructuras probabilísticas del conocimiento se caracterizan por grandes posibilidades internas para expresar las propiedades y leyes de los procesos materiales. La existencia de niveles dentro de los sistemas teóricos hace más flexibles las estructuras probabilísticas. Basta tan sólo separar en las estructuras probabilísticas la flexibilidad en los vínculos entre niveles, la "movilidad" de un nivel respecto a otro para regresar a las estructuras de determinación rígida.

Por supuesto, del desarrollo futuro de la ciencia pueden esperarse ulteriores transformaciones en la estructura lógica de los sistemas teóricos. Los sistemas altamente organizados, como por ejemplo, los biológicos, se caracterizan por una diversidad mucho mayor de niveles estructurales y de formas de subordinación e interacción entre ellas. No obstante, el conocimiento teórico aún no ha elaborado para ellas sistemas lógicamente cerrados. Los avances sustanciales en la construcción lógica de los sistemas teóricos se producen en el curso del desarrollo de las investigaciones actuales sobre el problema del control.

Lo expuesto también nos permite concluir que en los últimos tiempos se ha producido un avance esencial en la propia formulación de los problemas metodológicos del conocimiento científico. El análisis metodológico de la naturaleza de las ideas y métodos probabilísticos se relacionaba fundamentalmente, hasta hace poco tiempo, con los problemas del análisis del conocimiento físico, en particular, con los planteados por el paso de la física clásica a la moderna. En la actualidad, el análisis de la naturaleza de la probabilidad comienza a vincularse más definidamente con los problemas de metodología que se plantean en el curso del desarrollo de las ideas y métodos teóricos para la investigación de los sistemas altamente organizados. La particularidad del planteamiento actual de los problemas metodológicos del conocimiento científico es, en términos generales, la penetración triunfal en ellos del espíritu de la biología, del espíritu de investigación de los sistemas altamente organizados.

De acuerdo con esta tendencia general, el análisis metodológico de los métodos probabilísticos comenzó a determinarse, con mayor fuerza, por los problemas de la dialéctica del conocimiento de la organización interior de los sistemas materiales complejos y de su evolución, por los problemas de la penetración y condicionamiento mutuo de los principios rígido y amorfo-plástico de las estructuras materiales, de los de

subordinación y coordinación, autonomía e integridad, continuo y discreto, conservación y renovación verdadera, etcétera. De esta forma, los métodos probabilísticos al desempeñar un papel fundamental en la estructura de las investigaciones modernas, adquieren gran significación para el desarrollo de los problemas de la dialéctica materialista, que constituye la metodología más general de la ciencia de nuestros días.

[1] Marx, C. y F. Engels: *Obras completas*, ed. cit., t. XX, p. 573.

[2] Ver Voss, A.: *La esencia de la matemática*, p. 15, Moscú-Leningrado, 1923.

[3] Ver Hilbert, D.: *Fundamentación de la geometría*, p. 56, Moscú-Leningrado, 1948.

[4] En los últimos años se han hecho intentos por fundamentar la matemática con ayuda de la teoría algebraica de las categorías. El concepto de categoría, desarrollado por Eilenberg y MacLane, incluye como caso particular la categoría de todos los conjuntos, en la que actúan como objetos todos los conjuntos posibles y como morfismos las representaciones de significado único de un conjunto en otro.

Este enfoque no sólo es más general que el teórico de conjuntos, sino que subraya el aspecto constructivo de la actividad matemática relacionada con el análisis de los morfismos. Ver MacLane, S.: *Categorial Algebra and Set Theory Foundations*, American Mathematical Society, Providence, 1971.

[5] Ver Bourbaki, N.: *Ensayos sobre la historia de la matemática*, p. 258, Moscú, 1963.

[6] *Ibid.*, p. 258.

[7] Engels, F.: *Anti-Dühring*, ed. cit., p. 52.

[8] Marx, C.: *Miseria de la filosofía*, p. 102, Editora Política, La Habana, 1963.

[9] Alexandrov, A. D.: "Matemática", en *Enciclopedia filosófica*, t. III, p. 329.

[10] Kolmogorov, A. N.: "Matemática", en *Gran enciclopedia soviética*, 3a. ed., t. XV, p. 476, Moscú.

[11] Ver Morozov, K. E.: *La modelación matemática en el conocimiento científico*, pp. 51-52, Moscú, 1969.

[12] De esto se tratará detalladamente más adelante.

[13] Ver Marx, C.: "Manuscritos matemáticos", Ed. *Naúka*, p. 57, 1968.

[14] Ver Sobolev, S. L.: "La matemática en la escuela superior", en *La educación matemática hoy*, p. 17, Moscú, 1974.

[15] Ver Kemeny, J. G. y J. L. Snell: *La modelación cibernética*, p. 12, Moscú, 1972.

[16] Ver Glushkov, V. M.: *Sobre los fundamentos gnoseológicos de la matematización de las ciencias*, p. 3, Moscú, 1965.

[17] A esta circunstancia se le presta siempre atención cuando se caracteriza la teoría matemática de los modelos. "La teoría de los modelos constituye una investigación de las relaciones entre los lenguajes y el mundo o, para ser más exactos, entre los lenguajes formales y las interpretaciones de los lenguajes formales." Ver Crossley, J. N. y otros.: *What is Mathematical Logic*, p. 20, Ed. Oxford University Press, 1972.

[18] Krilov, A. N.: *La matemática aplicada y su significación para la técnica*, p. 3, Moscú-Leningrado, 1931.

[19] Por supuesto, la práctica real para el establecimiento de unidades de medición, como muestra la metrología, es mucho más compleja, pero aquí sólo nos interesa el aspecto principal del problema y no los detalles.

[20] Ver Struik, Dirk J.: "Mathematics", en *Philosophy for the Future*, p. 126, Nueva York, 1949.

[21] Leibnitz arribó a estas mismas ideas resolviendo problemas puramente matemáticos e independientemente de Newton.

[22] Laplace, P.: *Experiencia de la filosofía sobre la teoría de las probabilidades*, p. 3, Moscú, 1908.

[23] Lenin, V. I.: *Obras completas*, ed. en ruso, t. XIX, p. 334.

[24] Kolmogorov, A. N.: Prólogo a la edición rusa del libro de Ashby, W. R.: *Introducción a la cibernética*, p. 8, Moscú, 1959.

[25] Gnedenko, B. V.: "Sobre los métodos estadísticos en las ciencias sociales", en *La matematización del conocimiento científico*, p. 55, Moscú, 1972.

[26] Dayson, F. J.: "La matemática en las ciencias físicas", en *La matemática en el mundo moderno*, p. 121, Moscú, 1967.

[27] Lenin, V. I.: *op. cit.* t. XXXVIII, p. 165.

[28] Dayson, F. J.: *op. cit.*, p. 112.

[29] Vavílov, S. I.: *Obras escogidas*, t. III, p. 79, Moscú, 1956.

[30] Ver Bocher, S.: *The Role of Mathematics in the Rise of Science*, p. 58, Nueva Jersey, 1966.

[31] Moore, E. F.: "La matemática en las investigaciones biológicas", en *La matemática en el mundo moderno*, p. 130, Moscú, 1967.

[32] Luce y Raifa. P.: *Juegos y soluciones*, p. 31, Moscú, 1961.

[33] Para más detalle, ver Kantorovich, L. V. y A. B. Gorstko: *Decisiones óptimas en economía*, p. 9-12, Moscú, 1972.

[34] Ver Pontriaguin, L. S. y V. G. Boltianski: *Teoría matemática de los procesos óptimos*, Moscú, 1969.

[35] Boltianski, V. G.: *Dirección óptima*, p. 16, Ed. Znanie, Moscú, 1974.

[36] Ver Woodger, I. H.: *The Axiomatic Method in Biology*, p. 7, Ed. Cambridge University Press, 1937.

[37] Bourbaki, N.: *op. cit.*, p. 32.

[38] Wang, Hao: "Toward Mechanical Mathematics", en *Logic, Computers and Sets*, p. 226, New York, 1970.

[39] *Ibid.*, p. 256.

[40] Wang, Hao: "Proceso y existencia", en *La lógica matemática y sus aplicaciones*, p. 321, Moscú, 1965.

[41] *Viestnik Akademii Nauk SSSR*, No. 3, p. 24, 1975.

[42] Ver Chuch, A.: *Introducción a la lógica matemática*, p. 17, Moscú, 1960.

[43] Ver Carry, J.: *Fundamentos de la lógica matemática*, p. 58, Moscú, 1969.

[44] Se tiene en cuenta a la pizarra de cálculo de entonces: el ábaco.

[45] Cita por el libro *Nuevas ideas en matemática*, Antología, No. 1, p. 87, Petrogrado, 1917.

[46] Ver Hilbert, D.: *op. cit.*, p. 56.

[47] Ver Ledly, P. y L. Lasted: "El diagnóstico médico y los métodos de elección de decisión", en *Problemas matemáticos en la biología*, pp. 142-198, Moscú, 1966.

[48] Glushkov, V. M.: *Fundamentos gnoseológicos de la matematización de la ciencia*, p. 20, Kiev, 1965.

[49] Nilson, N.: *El intelecto artificial*, pp. 63-89, Ed. Mir, Moscú, 1973.

[50] *Ibid.*, pp. 63-64.

[51] *Ibid.*, p. 14.

[52] Lenin, V. I.: *Materialismo y empiriocriticismo*, p. 321, Editorial Progreso.

[53] Glushkov, V. M.: *op. cit.*, p. 3.

[54] Engels, F.: "Dialéctica de la naturaleza", en Marx, C. y F. Engels: *Obras completas*, t. 20.

[55] Marx, C.: *El capital*, t. I, p. 17, Ed. de Ciencias Sociales, Instituto Cubano del Libro, La Habana, 1973.

[56] Maxwell, J. K.: *Discursos y artículos*, p. 12, Moscú, 1940.

[57] Gnedenko, B. V.: "Sobre la matematización del conocimiento científico", en *Komunist*, No. 3, p. 76, 1975.

[58] Zadeh, Lotfi A.: "Fundamentos de un nuevo enfoque del análisis de los sistemas complejos y de los procesos de toma de decisiones", en *La matemática hoy*, Ed. Znanie, Moscú, 1974.

[59] *Ibid.*, p. 8.

CAPÍTULO VI

LA MODELACIÓN Y EL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO

En nuestro tiempo, la modelación ha adquirido el carácter de método científico general que, en esencia, penetra todas las esferas de la actividad cognoscitiva y transformadora del hombre: desde la sociología y el arte hasta la teoría de las partículas elementales y los trabajos de ingeniería aplicada. Enriquecido por las conquistas de la matemática, la cibernética y el enfoque sistémico, la modelación posibilita la profundización de nuestros conocimientos sobre el mundo circundante y se convierte en medio de dirección de sistemas técnicos y de toma de decisiones racionales sobre problemas de utilización de la naturaleza, la economía, el aparato estatal y muchos otros.

El crecimiento del papel del método de la modelación en el conocimiento científico está determinado, ante todo, por la lógica interna del desarrollo de la ciencia; en particular, por la frecuente necesidad de un reflejo mediatizado de la realidad objetiva. En la difusión de la modelación han tenido una importancia sustancial las consideraciones económicas relacionadas con el aumento de la efectividad de las investigaciones científicas y la optimización de la actividad humana, en términos generales.

Debe señalarse que, a pesar de que en los últimos años ha aumentado la intensidad de las investigaciones filosóficas en el campo de la modelación, la problemática metodológica de este importante método del conocimiento científico moderno está muy lejos de haber sido agotada. Importantísimos problemas gnoseológicos de la modelación deben ser estudiados minuciosamente a la luz de los datos de la ciencia de nuestros días. Esta situación puede explicarse por la circunstancia de que el método de la modelación en la ciencia actual es muy complicado y diverso y, lo que es fundamental, se encuentra en un estado de permanente enriquecimiento y desarrollo.

En este capítulo examinaremos solamente aquellos aspectos del problema que muestran el carácter científico general del método de la modelación.

1. La modelación. Historia de su desarrollo y definiciones

Desde el inicio, en el análisis del método de la modelación nos encontramos con que, entre nosotros y el objeto que nos interesa, situamos un eslabón intermedio: el modelo. Sin referirnos todavía a toda la peculiaridad y complejidad de este proceso, podemos señalar que la modelación es una forma especial de mediación. En el proceso de modelación, el eslabón mediato, el modelo, actúa como representante —sustituto— del objeto. El fundamento objetivo de la mediación del modelo lo constituye cierta semejanza del modelo —eslabón mediato— y el objeto sobre el cual se orientan los intereses del sujeto.

La palabra "modelo" proviene del latín *modulus:* medida, ritmo, magnitud, y está relacionada con la palabra *modus:* copia, imagen. Las raíces de este término llegan hasta los trabajos de Vitruvio sobre el arte de la construcción.

Durante siglos, los modelos fueron utilizados, sin fundamentación teórica especial, en la arquitectura, la escultura y, parcialmente, en la técnica. Esta etapa en el desarrollo del método de la modelación puede, condicionalmente, denominarse preteórica.

El modelo, incluso antes de la toma de conciencia teórica del método basado en él, se nos muestra como algo semejante al propio objeto investigado, como algo que lo copia en una determinada relación. En la geometría, por ejemplo, utilizamos este método cuando establecemos que todos los triángulos con ángulos iguales son semejantes, independientemente de las longitudes de sus lados. Y, cuando se determinan ciertas dependencias en uno de dichos triángulos —modelos— puede juzgarse sobre las dependencias en otro de estos triángulos —objeto modelado.

La primera forma de la comprensión teórica de la modelación basada en la semejanza mecánica de los fenómenos, fue elaborada por la física clásica de los siglos XVII y XVIII. El desarrollo de los fundamentos científicos de las dos ramas fundamentales de la modelación —la técnico experimental y la teórica— en las ciencias naturales de los tiempos modernos, está relacionada con la actividad de Isaac Newton.

La sección séptima del segundo libro *Principios matemáticos de filosofía natu al,* que lleva el título de "Sobre el movimien-

to de los líquidos y la resistencia de los cuerpos lanzados", comienza con dos teoremas sobre la semejanza. En ella se señala cómo pueden trasladarse los resultados de las experiencias sobre la resistencia de cuerpos que se mueven en un medio líquido a otros casos diferentes. Estos teoremas poseen una forma muy general, por lo que, con pleno fundamento, pueden ser referidos a cualesquiera procesos físicos.

Con la actividad creadora de Newton está relacionada la elaboración de las premisas de la segunda rama del desarrollo de la modelación como método del conocimiento teórico. Debe señalarse aquí la aspiración newtoniana de construir un modelo mecánico visual de los fenómenos luminosos y realizar lo que constituía una auténtica revolución en la física: la modelación matemática del proceso de la gravedad.

En la doctrina de Newton sobre la semejanza está generalizada la idea de similitud geométrica. Apoyándose en la idea de semejanza mecánica como una especie de generalización de la geométrica, Newton sienta las bases de la modelación técnico-empírica y elabora algunas premisas de la teórica. En Newton, esta forma de modelación tiene dos modalidades. En una de ellas, un fenómeno —la luz— se representa mediante el movimiento mecánico de corpúsculos, mientras que en la otra se expresan las leyes de la gravedad por medios matemáticos abstractos sin explicar su sustrato sensible.

En el siglo XIX, el descubrimiento de la ley de conservación y transformación de la energía ejerce influencia sobre la idea de la modelación, ya que en el fundamento de esta ley de las ciencias naturales, se encuentra la idea de la unidad de las fuerzas naturales, que fue transformado, de concepción filosófica, en un principio científico natural. Con otras palabras, mientras más completa sea la forma en que se revela la comunidad objetiva —en ciertas relaciones, analogía— de los diferentes procesos de la naturaleza, mayor aplicación encuentran los razonamientos basados en la analogía.

En la segunda mitad del siglo XIX, las dos ramas del proceso de modelación, que provienen de Newton y que se basan en el principio de semejanza, continúan su desarrollo. Una de éstas, trata la modelación como procedimiento técnico experimental; la otra, examina la modelación como una determinada forma del conocimiento teórico.

El desarrollo y la generalización de los procedimientos técnicos experimentales de la modelación tuvo que ver con el

perfeccionamiento de la teoría de la semejanza y la elaboración de la teoría de las dimensiones.

La teoría de la semejanza tiene como premisa básica la afirmación de que dos fenómenos son semejantes cuando por medio de la característica de un fenómeno se puede obtener la característica de otro. Esto se realiza mediante un simple traslado de los cálculos, análogo al paso de un sistema de unidades de medición a otro. La relación entre la teoría de la semejanza y la de las dimensiones fue fundamentada a comienzos del siglo XX por T. Ehrenfest-Afanassjewa.[1]

La modelación técnica se apoya en la teoría de la semejanza y las dimensiones. Para establecer los vínculos entre el modelo y el original en la teoría de la semejanza se aplican diferentes métodos: el análisis de ecuaciones, que describen la conducta del objeto y del proceso modelado; la investigación de las dimensiones de las magnitudes físicas, que forman parte de estas ecuaciones; la aplicación de sistemas de unidades relativas, en las cuales, para cada fenómeno concreto, los procesos reales se describen con ayuda de magnitudes correlativas adimensionales.

En la actualidad las formas de la modelación técnica se caracterizan por una ampliación del tratamiento de la semejanza, que adquiere un carácter cada vez más general. Por ejemplo, durante la modelación puede tener lugar una modificación de las escalas del original; en lugar de la semejanza geométrica, todas las medidas del objeto se reducen en una escala; pueden ser utilizadas diferentes escalas de reducción para las distintas coordenadas, lo que se conoce como semejanza afín. Se ha emprendido también la creación de una teoría generalizada de la modelación o de semejanza integral. En este caso, se establecen relaciones entre ciertas funciones del proceso, sin necesidad de mostrar cómo pueden relacionarse los parámetros del proceso en el modelo y en el original.

La teoría de la semejanza constituye un instrumento efectivo para comparar el modelo con su original. Hay que subrayar una peculiaridad muy interesante en el plano metodológico: en presencia de una similitud de los parámetros esenciales resultarán también similares otros parámetros que permanecen fuera del examen especial. Esta circunstancia ofrece una considerable libertad al investigador cuando opera con diferentes sistemas técnicos.

El desarrollo de la modelación como método del conocimiento teórico está vinculado al fundador de la teoría clásica del campo, James C. Maxwell.

Maxwell prestó en sus trabajos gran atención al problema de la construcción de modelos mecánicos visibles, de fenómenos electromagnéticos no visibles. Con este objetivo utilizó un modelo mecánico del éter, semejante a un líquido incomprimible. Maxwell consideraba que su modelo, basado en una analogía con el líquido incomprimible, permitía "representar visualmente las leyes de atracción y acciones inductivas de los magnetos y las corrientes".[2]

En el plano de la perspectiva histórica, los intentos de Maxwell por lograr la modelación mecánica del campo electromagnético no fueron, por supuesto, infructuosos. Sin embargo, debe señalarse una equivocación lógica justificada, no obstante, desde un punto de vista histórico. Se trata de que, en la física del siglo XIX, los fenómenos electromagnéticos se consideraban menos fundamentales que los mecánicos. Es por ello que se consumieron considerables esfuerzos en reducir los primeros a los segundos, es decir, se trataba de explicar el campo electromagnético de forma mecánica.

Los trabajos de Maxwell, a mediados del siglo XIX, mostraron el gran papel de la modelación en el conocimiento teórico. Sin embargo, su total desarrollo como método del conocimiento teórico, sólo se produjo en las ciencias naturales del siglo XX. La generalización del método de la modelación está, primordialmente, relacionada con cuatro grandes conquistas de la ciencia: la investigación experimental del micromundo, la matematización de toda la ciencia natural contemporánea, la elaboración del enfoque cibernético de los sistemas complejos y el desarrollo de líneas científicas como la teoría general de los sistemas y la semiótica.

El problema de las partículas elementales estimuló considerablemente el desarrollo del método de la modelación. Puede afirmarse, sin exagerar, que la utilización de la modelación en la física de las partículas elementales, permitió descubrir la increíble fuerza heurística de la modelación.

El impetuoso desarrollo de la modelación logico-matemática constituyó el aporte fundamental de la física contemporánea a la modelación. Se produjo una modificación radical del papel del aparato matemático en el conocimiento del mundo. Estas

modificaciones también están relacionadas con la toma de conciencia del papel que juega la categoría de relación en el conocimiento de la realidad objetiva.

La estructura de las relaciones de los objetos del micromundo carece de evidencia sustancial; por lo que, mediante la modelación lógico-matemática, pudo la mecánica cuántica, por primera vez, conocer el mundo objetivo, utilizando modelos no evidentes. El camino dialéctico del conocimiento lógico de lo abstracto a lo concreto se presenta con frecuencia en la física moderna como el camino que va del modelo matemático abstracto a la teoría física. Esta teoría ofrece una interpretación concreta del modelo y expresa, en un lenguaje físico, la esencia misma del proceso, captado, aún antes de éste, en las particularidades del modelo matemático.

La modelación cibernética de los sistemas complejos posee sus predecesores históricos. Puede señalarse cierta similitud metodológica entre los modelos de la cibernética y los de la física del micromundo. Esta comunidad tiene una base muy profunda: tanto en la microfísica como en la cibernética las ideas de la física estadística del siglo XIX desempeñan un papel fundamental. Esta circunstancia fue especialmente subrayada por Norbert Wiener.[3]

La cibernética, desde sus primeros pasos, se formó como una disciplina científica que se ocupaba de la modelación de procesos técnicos, biológicos, psíquicos y sociales. La cibernética sitúa como fundamento del método de los modelos la idea de una comunidad entre los sistemas inorgánicos, orgánicos y sociales. Esta comunidad tiene que ver, en primer término, con las funciones de dichos sistemas.

La modelación cibernética se apoya en el principio según el cual entre la función y la estructura no existe una relación rígida ni unívoca. Aquí se utiliza el hecho de la pertenencia de la función investigada a toda una clase de objetos, diferentes en cuanto a su composición sustancial y vínculos interiores. El carácter estadístico de la estructura interna de los sistemas complejos concuerda con lo estadístico de sus funciones de comportamiento externo. El carácter funcional del enfoque cibernético y la utilización de la técnica de computación incrementó considerablemente las posibilidades de la modelación. Gracias al uso de máquinas computadoras, el conocimiento científico ha obtenido poderoso medio para la realización de ensayos de modelos.

La modelación cibernética, que se perfecciona continuamente en el plano lógico-matemático, se extiende cada vez más a nuevos campos del conocimiento. En este sentido hay que señalar que uno de los resultados más importantes de la cibernética, que tiene un significado de primer orden para el progreso del conocimiento científico contemporáneo, es la difusión de los métodos del enfoque funcional, formalizado a un campo de fenómenos y procesos, cuya caracterización cuantitativa se realizaba antes en marcos extremadamente limitados.

El desarrollo de los medios cibernéticos y los procedimientos de modelación, sobre todo de las computadoras, permite llevar a cabo la modelación compleja. Algunas de las dificultades con que se tropieza al crear esos modelos, están relacionadas con la ausencia de fundamentos axiomáticos de la modelación de la interacción de factores de naturaleza diferente, y esas dificultades se superan gracias al enfoque sistémico. Y si antes era prácticamente difícil el análisis metodológico y el "enfoque multilateral" de los objetos complejos, en la actualidad esto resulta realizable totalmente. Los principios del enfoque sistémico y las computadoras rápidas permiten modelar la interacción de determinados elementos del objeto, y de todo el objeto, con el medio.

Las posibilidades que ofrecen a la modelación el enfoque sistémico,[4] el desarrollo acelerado de la técnica de la computación, hacer totalmente real la amplia difusión, en un futuro cercano, de un nuevo método del conocimiento: la modelación sistémica.

Es importante señalar que diferentes tipos y formas que ofrece el método de modelación en su desarrollo histórico, no se sustituye gradualmente, sino que aumentan la diversidad de las modificaciones concretas coexistentes de este método general de la ciencia. En el arsenal de los procedimientos y métodos de las ciencias naturales actuales, observamos, tanto la teoría de la semejanza en la técnica —cuyas raíces llegan hasta los teoremas newtonianos de similitud—, como los modelos de representaciones visuales, que se construyen según el tipo de los modelos maxwellianos del campo electromagnético. Al mismo tiempo se difunden, cada vez más, formas nuevas de modelación, relacionadas con el desarrollo de la física del micromundo, la matemática moderna, la cibernética, la teoría general de los sistemas y la semiótica.

El desarrollo de las concepciones sobre la modelación como método científico general es un factor muy significativo de la

ciencia contemporánea que tiene como resultado el crecimiento ininterrumpido de la diversidad de formas y tipos de los modelos.

El proceso de generalización de la modelación, que transcurre durante toda la historia de la ciencia, tiene una importancia básica para la comprensión de las tendencias del desarrollo de todo el conocimiento científico contemporáneo. Y si es justa la observación de A. Salama, acerca de que "la historia de la ciencia es la historia de la búsqueda de representaciones universales",[5] hay que añadir que uno de los instrumentos más importantes de esa búsqueda puede ser, sin duda, el método de la modelación.

Como se desprende de la exposición anterior, la modelación es uno de los métodos más antiguos de investigación, que tiene una sólida tradición en las ciencias naturales. Para poder ver la manifestación de esta tradición en los tipos actuales de modelación es menester descubrir la peculiaridad de los procedimientos modernos de modelación.

Como señalamos antes, llama la atención la extraordinaria diversidad de formas y tipos de modelación. Por ejemplo, para construir una instalación técnica —una represa, una turbina de vapor—, se crea, previamente, un modelo reducido de la misma. En el transcurso de su investigación se realizan diferentes cálculos y, más tarde, mediante las fórmulas de la teoría de la semejanza y las dimensiones, se realiza el tránsito al propio objeto en construcción. Esa es la estructura de la modelación técnica. Imaginemos que se necesita estudiar la congelación perpetua; con este fin se crea el modelo matemático de estos fenómenos en una computadora analógica. Aquí nos enfrentamos a la modelación experimental. Si la investigación lógico-matemática de un modelo matemático —simbólico— permite obtener un determinado conocimiento, se tratará entonces de una de las formas de la modelación teórica.

El conocimiento de un objeto biológico, por medio de otro objeto biológico, constituye una modelación bio-biológica o natural. Podríamos continuar con otros ejemplos, ya que la modelación encuentra aplicación en las esferas más importantes de la actividad: la técnica, el experimento y el conocimiento teórico. Sin embargo, independientemente de las formas de su organización y del carácter de los campos del mundo objetivo, que se reproducen en los modelos, el procedimiento de la modelación se mantiene totalmente igual. Esta circunstancia permite afirmar que la modelación tiene un carácter

científico general y que todas sus formas tienen una unidad orgánica. Por ello, para lograr la definición general de la modelación hay que descubrir en ella aquellos rasgos universales que tienen validez para todas las formas de modelación.

En todas las esferas de la actividad, la modelación actúa, —y esto ya se señaló—, como cierto tipo de mediación, en la cual, la asimilación práctica o teórica del objeto, se realiza por medio de un eslabón intermedio especial: el modelo. Esta conclusión plantea el problema de las condiciones que permiten realizar el proceso de conocimiento de un determinado objeto por mediación de su modelo. En este caso es perfectamente comprensible que la modelación, como cualquier otro procedimiento cognoscitivo, no constituye un acto subjetivo puramente arbitrario, realizado a voluntad del sujeto cognoscente. En el enfoque materialista de la modelación tiene un significado decisivo el descubrimiento del fundamento objetivo de las operaciones modeladoras. Este fundamento es la correspondencia objetiva entre el modelo y el objeto modelado. Correspondencia que no depende del sujeto.

En el concepto de correspondencia se revela la unidad de lo objetivo y lo subjetivo, en el cual, lo objetivo de su contenido, se relaciona con una comunidad de estructuras del modelo y el original en una determinada relación, mientras que el elemento subjetivo está vinculado, como es de suponer, no con la arbitrariedad del sujeto, sino con una necesidad práctica real. Hay que distinguir también el aspecto, el punto de vista que resulta necesario en la tarea concreta en cuestión.

A medida que se desarrolla el método de la modelación, lo común del modelo y del objeto modelado, se modifica, cambiando también su interpretación. Pero se mantiene siempre una comunidad objetiva entre el modelo y el objeto modelado, de forma que este proceso tenga un sentido racional. Es por ello que la condición fundamental de la modelación es la presencia de una comunidad, en determinada relación, entre el modelo y el objeto modelado —aspecto objetivo de la fundamentación de la modelación—. Al mismo tiempo, es importante tener presente que la medida y la forma de la comunidad de que se trate están dadas por la necesidad práctica para la cual se ejecuta la operación de modelación —aspecto práctico-subjetivo de la fundamentación de la modelación.

Es natural que la condición de una comunidad entre el modelo y el original encuentre expresión en la definición general de modelación, como su elemento más importante.

En la definición general de la modelación hay que tomar en cuenta la condición gnoseológica de la misma, condicionada por el hecho de que el modelo —objeto independiente de la investigación—, es, al mismo tiempo, un tipo de reflejo —imagen gnoseológica— del objeto original.

Durante la investigación, el modelo elaborado actúa como "objeto-sustituto", relativamente independiente del original investigado, y es algo así como una "segunda" realidad, por medio de la cual percibimos el objeto que nos interesa. En este caso, pasa a primer plano la "objetividad" del modelo, su capacidad de servir de objeto de investigación que sustituye, dentro de ciertos límites, al propio objeto que se estudia.

Sin embargo, en términos generales, en la modelación tiene lugar la unidad de los elementos de la "imagen" y el "objeto". Esto significa que el punto de vista que trata al modelo sólo como un objeto independiente, sin admitir en él el elemento de imagen —en el sentido de la teoría del reflejo—, resulta unilateral y limita las posibilidades de la modelación. Es evidente que esta unilateralidad está relacionada con la tesis de que el modelo es solamente un medio de obtención de conocimientos sobre los objetos, pero no los conocimientos mismos. Este extremismo no está justificado en lo que respecta al modelo. Por ejemplo, el conocimiento sobre la existencia en el átomo, de un núcleo, expresada en el modelo planetario de Rutherford, sirvió de medio para la concepción del modelo de átomo más profundo de N. Bohr.

Por lo tanto, en la definición general de modelación hay que tomar en consideración, como fundamental, la condición ontológica de la modelación, así como la unidad de los aspectos "imagen" y "objeto" del modelo, es decir, la condición gnoseológica de la misma. Teniendo en cuenta esta circunstancia se puede formular la siguiente definición: la modelación es el método que opera en forma práctica o teórica, con un objeto, no en forma directa sino utilizando cierto sistema intermedio auxiliar, natural o artificial, el cual:

a) se encuentra en una determinada correspondencia objetiva con el objeto mismo del conocimiento;

b) en ciertas etapas del conocimiento, está en condiciones de sustituir, en determinadas relaciones, al objeto mismo que se estudia;

c) en el proceso de su investigación, ofrece en última instancia, información sobre el objeto que nos interesa.

Este sistema auxiliar intermediario —el modelo— puede ser tanto un sistema material o ideal —un agregado o un sistema de signos.

De esta definición se desprenden los cuatro rasgos fundamentales del modelo: la correspondencia objetiva con el objeto modelado; la capacidad para sustituir el objeto que se conoce, en determinadas etapas de la investigación; la capacidad para ofrecer, en el curso de la investigación, una determinada información suceptible de comprobación experimental; la existencia de reglas precisas para pasar de la información que nos ofrece el modelo a la información sobre el propio objeto modelado.

Estos planteamientos permiten distinguir el rasgo principal que caracteriza la modelación y la diferencia de los demás métodos y procedimientos del conocimiento: en el proceso de modelación el conocimiento parece ser trasladado temporalmente del objeto que nos interesa a la investigación de un "cuasi-objeto" intermedio, auxiliar: el modelo.

La definición general de modelación permite descubrir la naturaleza de este tipo de relación indirecta con el objeto real y, al mismo tiempo, señala las funciones gnoseológicas principales científico-generales de este método.

2. Principales funciones y universalidad del método de modelos

De conformidad con la diversidad de formas de la modelación, el papel de los modelos en el conocimiento tiene también un carácter multifacético. Ante todo, hay que señalar que éstos cumplen una función *ilustrativa*. Por ser la más simple, hemos considerado posible examinarla como punto de partida. Cuando el conocimiento científico penetra en una esfera de la realidad, surge la exigencia metodológica de representar las propiedades nuevas, desconocidas, en una forma ya conocida —sensorial-evidente—. Tales son los múltiples e ingeniosos modelos mecánicos que describen el campo electromagnético en la ciencia clásica. En nuestros días, con el fin de ilustrar el funcionamiento de un acelerador de micropartículas, se ofrece el siguiente ejemplo: en la arena de un circo corre un caballo,

y cada vez que pasa por un determinado punto, el domador acelera su carrera golpeándolo con un látigo. Los modelos ilustrativos pueden desempeñar un determinado papel en la asimilación de las nuevas representaciones científicas.

La función del modelo, que puede denominarse *traslativa*, tiene un significado especial y consiste en el traslado de la información obtenida en una esfera de la realidad relativamente estudiada a otra aún desconocida. Este tipo de modelo es capaz de suministrarnos una descripción primaria de fenómenos nuevos, no en los términos que le son inmanentes —debido a que el lenguaje del original no existe todavía o está muy poco desarrollado—, sino en los del modelo.

Durante el análisis gnoseológico de las funciones de la modelación es muy importante tener en cuenta que en el proceso cognoscitivo este método desempeña un doble papel: de una parte, con ayuda de los modelos se simplifica la teoría ya surgida —a lo que contribuyen las funciones ilustrativa y traslativa del modelo—; de otra, el modelo puede servir de medio para la construcción de una teoría nueva. Este rasgo, el más importante de la modelación, se plasma fundamentalmente gracias a las funciones *sustitutivo-heurística, aproximativa* y *extrapolativo-pronosticadora,* de los modelos.

En el conocimiento científico contemporáneo la importancia de la función sustitutivo-heurística es sumamente grande. Cuando cumple esta función, el modelo ofrece una explicación previa del fenómeno que se conoce y, debido a ello, sirve de importante etapa en el curso de la elaboración de una teoría más completa y profunda sobre el objeto del conocimiento. La creación de un nuevo modelo colocado en determinada correspondencia con el objeto y su investigación, conduce frecuentemente a un avance cardinal en las representaciones científicas sobre este mismo objeto, a una profundización en su conocimiento.

En el transcurso del establecimiento histórico de las concepciones científicas sobre los diferentes fenómenos, el papel de la función aproximativa de la modelación es considerable. En esta aproximación un lugar importante lo ocupan los métodos y procedimientos de simplificación, que hoy día son objetos de un estudio profundo, desde el punto de vista gnoseológico y metodológico.

Al elaborar el modelo tenemos la posibilidad de simplificar radicalmente el fenómeno modelado. Esta simplificación realizada en las primeras etapas del conocimiento puede ser

más tarde complementada según lo exijan las tareas cognoscitivas planteadas. La simplificación del objeto que modela no se contrapone a una información ideal que sirve de patrón acerca del objeto modelado —como verdadera en última instancia—, sino a las posibilidades y exigencias reales y concretas de la etapa del conocimiento en cuestión. Y si el momento de simplificación es adecuado a estas posibilidades y exigencias reales, no sólo estará históricamente justificado, sino que será históricamente necesario.

La función aproximativa de la modelación está indisolublemente vinculada al carácter activo del conocimiento. El conocimiento se desplaza desde los primeros modelos, que simplifican el cuadro del fenómeno, hacia otros más adecuados a éste y, por último, hacia una teoría consecuente con este fenómeno.

En el plano gnoseológico, la función *extrapolativo-pronosticadora* de los modelos es también fundamental. La conclusión que se desprende de las particularidades estructurales del modelo, al ser extrapoladas al objeto que se modela, permite elaborar un pronóstico sobre su estructura.

Por ejemplo, es muy conocido el siguiente hecho fundamental de la historia del desarrollo de la física del micromundo: cuando se estableció que en las ecuaciones de Dirac existían raíces de signos contrarios, se pronosticó, al extrapolar esta conclusión a los objetos mismos, que además del electrón cargado negativamente debía existir una partícula simétrica al electrón con carga positiva, un antielectrón, el positrón. Esta partícula hipotética, como se sabe, fue descubierta experimentalmente por Anderson. Actualmente, la idea de que a cada partícula le corresponde una determinada antipartícula es decisiva en el desarrollo de la física del micromundo.

El método de extrapolar los datos obtenidos durante el estudio del modelo al propio objeto-original, se difunde cada vez más debido a la profusa aplicación de las computadoras en muchos campos de la actividad humana.

Es perfectamente comprensible que las funciones enumeradas no sean alternativas, sino que se dan conjuntamente en los modelos. Al propio tiempo, no es obligatorio que todas estas funciones estén presentes en cada modelo. Por el contrario, no se excluye que en algunos modelos puedan manifestarse otras funciones que no aparecen en la enumeración anterior.

Por ejemplo, en la actualidad adquiere importancia la *función transformadora* de la modelación, según la cual el modelo se convierte en instrumento de optimización en la actividad práctica del hombre. Es más, las funciones examinadas no sólo son inherentes a los modelos. Por ejemplo, el momento de simplificación está presente en todos los procedimientos cognoscitivos. Sin embargo, en su conjunto, nos parece que estas funciones caracterizan, en su unidad dialéctica, el papel gnoseológico general del método de la modelación en el conocimiento científico.

La propagación de la modelación en los diferentes campos de la actividad humana, y la diversidad de sus funciones en la ciencia, han motivado la afirmación de un posible "fraccionamiento" de la modelación en multitud de métodos independientes de investigación. Es por ello que la orientación general de la modelación, que bajo condiciones y aplicaciones concretas modifica sus formas en virtud de las peculiaridades de las tareas de investigación, exige ahora una explicación metodológica general que muestra los fundamentos gnoseológicos, ontológicos y lógicos de una teoría general sobre la modelación y sus métodos. En otras palabras, es necesario fundamentar que la universalización de la modelación y su difusión ampliada, en nada contradice la integridad de este método.

La modelación es un procedimiento gnoseológico que se utiliza para limitar la diversidad en los fenómenos que se conocen. Ésta es necesaria para organizar la cantidad de información que llega al sujeto. Si consideramos la información como "diversidad reflejada",[6] el modelo aparecerá en la relación sujeto-objeto como retrasmisor de información. La modelación permite distinguir en cada momento histórico, sin alterar el cuadro objetivo de la diversidad del objeto, un determinado "corte" del fenómeno, cuyo conocimiento está dictado por la lógica del desarrollo de la ciencia. Debido a que "la información no puede transmitirse en una cantidad mayor que la que permite la cantidad de diversidad",[7] la limitación de ésta disminuye, como es natural, la cantidad de información recibida por el sujeto. En la modelación, el sujeto, sin entrometerse en la diversidad o variedad objetiva inherente al original, regula sus posibilidades reflexivas. Modifica lo que parece ser "el aspecto dinámico, actual" del criterio informativo del desarrollo de los sistemas materiales, sin alterar su "aspecto estático-estructural". Por ello, no es casual que, cuando se analizan los conceptos más difundidos de modelo, se llegue

a la concepción del modelo como sistema, cuya investigación constituye un *medio* para la *obtención de información sobre otro sistema.* Esta definición abarca casi todos los rasgos comunes a todos los conceptos de modelo.[8]

Se puede, por tanto, llegar a la conclusión de que cualquier tipo de modelación, por constituir un eslabón entre el sujeto y el objeto, es un retrasmisor del movimiento de la información desde el fenómeno que se estudia hasta el investigador. Desde un punto de vista gnoseológico, la integridad del método de la modelación se define por medio de esta característica, ya que todos sus tipos se apoyan en determinadas formas de la medición teórica y práctica. En un plano práctico, esta integridad del método de la modelación se determina por el hecho de que todos sus tipos tienen como misión la racionalización de una u otra actividad teórica por medio de la orientación de esta actividad hacia el objeto intermediario que imita el objeto de actividad dado.

Para fundamentar el carácter científico general de la modelación tiene importancia primordial la unidad de las bases ontológicas de las distintas variedades del método de los modelos. Todos los tipos de modelación, como ya se señaló, se basan en la presencia de una determinada correspondencia objetiva entre el modelo y el original. Cualquier tipo de dicha correspondencia parte de la unidad material del mundo.

Es importante subrayar que el materialismo dialéctico sintetiza en sus leyes y categorías los aspectos ontológicos y gnoseológicos del mundo objetivo. La investigación de cualquier problema gnoseológico es imposible si se desvincula de las principales propiedades y leyes del movimiento de la materia. La unidad dialéctica de estos dos aspectos permite utilizar el potencial heurístico de los principios filosóficos que han sido confirmados y concretados cada vez más por el desarrollo de las ciencias naturales.

Las concepciones científicas dialéctico-materialistas del monismo y el determinismo, que resumen lo más positivo de la multisecular cultura filosófica y que se han visto enriquecidas por la ciencia moderna, sirven de bases fundamentales a la explicación dialéctico-materialista de las posibilidades que tiene el hombre de conocer el mundo objetivo. Apoyándose en estas concepciones se puede sentar la base filosófica única del método de la modelación.

Según el monismo dialéctico-materialista, las cosas y fenómenos del mundo objetivo no existen caóticamente, sino inte-

rrelacionados y mutuamente condicionados. Este reconocimiento de la existencia de determinadas relaciones y del condicionamiento mutuo de las cosas y fenómenos, confirmado por la práctica, constituye, a su vez, uno de los rasgos necesarios del pensamiento dialéctico en general. El dilema entre lo unívoco o no unívoco de la causalidad, que apareció con la mecánica cuántica y el establecimiento de la objetividad de la correlación de incertidumbre de Heisenberg, no cambian la esencia del asunto. Sucedió simplemente que en la mecánica cuántica surgió de la forma más precisa un nuevo tipo de relación determinística, que se expresó en vínculos que no se pueden reducir. El reconocimiento del determinismo estadístico es uno de los aportes más importantes hechos por la mecánica cuántica al pensamiento filosófico, aporte que permitió una visión totalmente nueva del orden del universo único.

Pero en la filosofía apareció, junto a la idea de la unidad del mundo, la de infinitud. Al seguir el complicado camino que va desde las representaciones iniciales ingenuas sobre la infinitud como finitud ilimitadamente incrementada, se fue logrando una comprensión más profunda que incluye el reconocimiento de la posibilidad de una heterogeneidad cualitativa de la infinitud, de la existencia en el mundo de multitud de diferentes niveles estructurales de la materia.

La concepción dialéctico-materialista de la sustancia material en autodesarrollo como fundamento de todo lo existente, presupone, como es natural, el determinismo. En los *Cuadernos filosóficos*, Lenin subrayó que "...el principio universal del desarrollo tiene que ser combinado, vinculado, unido al principio universal de la *unidad del mundo*, de la naturaleza, del movimiento, de la materia, etcétera...".[9] Esta comparación metodológica de las dos concepciones directrices de la filosofía científica, es muy importante para explicar los fundamentos objetivos del método de la modelación, ya que las formas descubiertas de la unidad del mundo constituyen la base del conocimiento por medio del método de los modelos. El pensamiento humano, formado en el nivel del macromundo, sólo gracias a las manifestaciones de la unidad material del mundo, puede modelar y conocer otros niveles de organización de la materia.

El establecimiento de leyes universales, válidas para distintos niveles de organización de la materia, es tarea que resuelven, conscientemente o no, todas las ciencias.

Las formas de manifestación de la unidad del mundo son muy diversas. Esta unidad se revela en la comunidad de la composición, organización y propiedades de sus objetos, en la comunidad de leyes y formas de su manifestación, en la comunidad de origen de los distintos objetos y la presencia de transiciones entre ellos. En la literatura se han generalizado tres niveles de la unidad material del mundo: substrato-sustancia, funcional y atributivo.[10] En este caso se considera que la unidad substrato-sustancia y funcional del mundo, a diferencia de la atributiva, aunque no es absolutamente, es universal en determinadas escalas témporo-espaciales.

Para revelar los fundamentos ontológicos de la modelación es esencial la definición de los límites de la existencia espacio-temporal de las formas concretas de manifestación de la materia. En esencia, este problema no es más que una transformación del viejo problema filosófico de la "búsqueda" de la sustancia en las cosas concretas, el cual se reduce a mostrar "el paso de la sustancia a través de la causalidad y la interacción"[11] de las cosas que nos rodean. Lenin señaló las dificultades que surgen cuando este problema se examina partiendo de los criterios metafísicos de la sustancia. No es casual, por ello, que en los *Cuadernos filosóficos* destacara el siguiente pensamiento de Hegel: "En Parménides, como en Spinoza, no puede haber tránsito del ser, o de la sustancia absoluta, a lo negativo o a lo finito."[12] Los atomistas Leucipo, Demócrito y Epicuro intentaron poner de acuerdo la unidad del ser de Parménides con la evidencia del mundo físico. En este sentido los atomistas trataron de descubrir en toda su extensión el contenido fundamental de la idea de indivisibilidad, como base esencial de la naturaleza. Heisenberg, refiriéndose a este problema, escribe: "...cuando se lleva hasta su fin lógico la idea acerca de la unidad de principio se llega al 'ser' no sustancial, inmutable e infinito, el cual no puede explicar por sí mismo toda la diversidad infinita de cosas, independientemente de que consideremos material o no a este ser."[13]

La comprensión dialéctico-materialista de la unidad del mundo material y las conquistas de la ciencia permiten abordar razonablemente la solución de este problema. El monismo y el determinismo dialéctico-materialista, cuando cumplen la función de concepción general del mundo, convierten las formas concretas en que se manifiesta la unidad del mundo en instrumentos metodológicos del conocimiento.

La unidad de las leyes, o unidad funcional del mundo, aunque se manifiesta en determinadas escalas espacio-temporales, desempeña un papel esencial en la modelación. La absolutización en el nivel filosófico de esta forma de manifestación de la unidad del mundo, tuvo lugar en los siglos XVII y XVIII, cuando se extrapolaron las leyes de la mecánica clásica a todos los procesos del mundo.

La unidad funcional, que se manifiesta en determinados niveles de organización de la materia, otorga sentido físico a casi todos los tipos de modelación. Esta unidad desempeña un papel en la transformación de la descripción matemática en modelo matemático del objeto. En este sentido merece atención la transformación de la descripción matemática de los objetos en un modelo cibernético con utilización de principios cibernéticos. Por ejemplo, los intentos de una descripción analítica de la dinámica de los organismos vivos datan de fines del siglo XIX. Sin embargo, la ausencia de un determinado principio físico, no permitió que estas descripciones adquirieran fuerza vital. Sólo la utilización de las ideas cibernéticas posibilitó aplicar estas descripciones —ecuaciones de Apple-Gridini— como modelo para el estudio de la dinámica de los dispositivos que imitan algunos rasgos de la conducta de los organismos vivos.[14]

En dependencia de las clases de leyes a las cuales se someten los objetos modelados, la modelación puede dividirse en tres tipos: a) Modelación de objetos sometidos a rígidas leyes deterministas. b) Modelación de objetos sometidos a leyes estadísticas. c) Modelación de objetos que no están sometidos a ninguna ley —situaciones indeterminadas.

Las diferencias entre estos tipos de modelación se manifiesta con mayor precisión en el aparato matemático utilizado por ellos. Así, el primer tipo de modelación, utiliza exitosamente los métodos de la teoría de las ecuaciones diferenciales. En el segundo tipo, las ecuaciones diferenciales "no funcionan", por lo que es necesario apelar al aparato de la teoría de las probabilidades. La teoría de los juegos refleja mejor el tercer tipo de modelación.

En la modelación tienen también importancia las formas descubiertas de la unidad substrato-sustancial de los sistemas materiales. Si la unidad funcional de éstos puede considerarse

como fundamento conceptual de la modelación, la substrato-sustancial constituye el medio necesario para la realización de muchos tipos de modelos. Durante la modelación ambas se complementan mutuamente.

Desde el punto de vista de la modelación, es necesario mostrar lo específico de la unidad de estructura de las relaciones entre sistemas materiales. Este enfoque, sin duda, supone la unidad de las propiedades y relaciones en las cosas.

Las estructuras de las cosas, en su unidad, gozan en cada nivel de cierta peculiaridad condicionada por su gradación jerárquica y de diversidad.

Esto se desprende de los siguientes postulados:

a) Las cosas, propiedades y relaciones son indivisibles.

b) La unidad substrato-material del mundo es válida en las escalas témporo-espaciales finitas.

c) El mundo es materialmente uno.

En nuestra opinión, de esta forma se explica la necesidad de utilizar estructuras matemáticas que se complementan mutuamente para el conocimiento de los diferentes niveles de organización de la materia, al igual que es imposible el conocimiento de todos esos niveles mediante una misma estructura matemática.

Si se tiene en cuenta que la matemática moderna[15] descubre los distintos tipos de ordenamientos, referentes no sólo a relaciones cuantitativas, sino también cualitativas, entonces la posibilidad, científicamente demostrada, de conocer los diferentes niveles de organización de la materia por medio de estructuras matemáticas, permite considerar el problema de lo específico de la unidad de estructura de las relaciones del mundo material como equiparable al problema de las particularidades de la unidad de las estructuras matemáticas. Precisamente gracias a que las estructuras matemáticas poseen una profunda gradación jerárquica y gran diversidad es que, en principio, siempre es posible hallar aquella estructura matemática que corresponde a la estructura de relaciones del sistema aislado, cuya investigación lógico-matemática ofrece información acerca de dicho sistema.

Por tanto, los diferentes tipos de modelos poseen un fundamento ontológico indivisible: la unidad material del mundo

que explica la semejanza de estructuras, leyes, funciones de comportamiento externo y procesos informativos en los objetos de diferente naturaleza.

La unidad de los aspectos ontológicos y gnoseológicos de la ontología y la gnoseología en la modelación se expresa claramente en la fundamentación de los basamentos lógicos de la traducción de información obtenida del modelo en información sobre el objeto original. En este caso se descubren las formas concretas de la correspondencia objetiva entre el modelo y el original y se ponen de manifiesto los fundamentos axiomáticos de uno u otro tipo de modelación.

A. I. Uemov, apoyándose en el hecho de que el concepto de modelación supone siempre la existencia de dos objetos, el modelo y el prototipo, de forma tal que la investigación de uno hace posible llegar a precisiones sobre el otro, llega a la conclusión de que en todas aquellas conclusiones en las que las premisas se refieren a un objeto y la conclusión a otro, pueden servir de fundamentos lógicos del método de la modelación. Debido a que dichas conclusiones constituyen una clase de juicio, que abarca las conclusiones tradicionales por analogía, ello implica que el traslado de información del modelo al prototipo será un juicio por analogía.[16]

La unidad de los fundamentos lógicos de los distintos tipos de modelación es, en esencia, la condición suficiente de la unidad del método de los modelos en general. Es evidente que la diferencia de los modelos debe buscarse no en la diferencia radical de sus fundamentos lógicos —si existiese esa diferencia el método de modelación no sería aplicable—, sino en la diferencia de las funciones heurísticas que realizan, en las peculiaridades de la información obtenida mediante los mismos.

Actualmente, en el método de la modelación se utilizan diferentes tipos de deducciones por analogía. Y en esta diversidad de formas de conclusiones por analogía, se determina, ante todo, el carácter de la información que se traslada del modelo al prototipo, así como por el carácter de la fundamentación que hace posible ese traslado. La analogía en la modelación se caracteriza frecuentemente por medio de la semejanza, el isomorfismo y el homomorfismo.

El isomorfismo es la exigencia de correspondencia más rigurosa entre el modelo y el original. Como se sabe, dos sistemas se consideran isomorfos cuando los elementos y los vínculos y relaciones entre ellos se encuentran en un sistema en correlación unívoca mutua con los elementos, vínculos y relaciones

de otro. Es por esta razón que los sistemas polimorfos pueden describirse por medio de estructuras matemáticas idénticas. Esta circunstancia ha adquirido ahora gran importancia para la modelación lógico-matemática y en la realizada por medio de computadoras.

Cuando se modela en una computadora, se realiza el polimorfismo entre la estructura matemática en cuestión del objeto investigado y el programa de la máquina, expresado en un algoritmo —el lenguaje de la programación— numérico. En principio, cualquier dependencia matemática puede representarse en forma de un determinado algoritmo numérico. Y el proceso de cálculo con la programación correspondiente, se hace isomorfo a cualquier sistema dinámico.

En base al isomorfismo de la estructura de las relaciones y por medio de la modelación lógico-matemática, se pueden conocer diferentes niveles de organización de la materia. Como bien ha demostrado Iu. A. Urmantsev, cualquier objeto de la naturaleza en principio es, por un lado, un representante de cierto conjunto polimórfico y, por otro, isomorfo respecto a la serie de objetos de otros conjuntos polimórficos.[17]

Esta conclusión, sin duda, abre grandes posibilidades a la búsqueda científica de modelos, a partir de la convicción objetiva sobre la existencia de un determinado isomorfismo —correspondencia, simetría— entre los diferentes sistemas de la naturaleza.

En la modelación es muy frecuente, sobre todo después de la aparición del método funcional de la cibernética, la utilización de una exigencia menos rigurosa de comunidad entre el modelo y el original: la relación de homomorfismo.

En el caso del homomorfismo, las relaciones entre dos sistemas no son mutuamente unívocas. El matemático G. Polya, ha dado una definición original de homomorfismo:

> El homomorfismo es una especie de traducción sistemática abreviada. El original no sólo se traduce a otro lenguaje, sino que se abrevia, de forma que, en última instancia, lo que se obtiene después de la traducción y lo abreviado, resulta sistemáticamente igual a una mitad o una tercera parte comprimida o a cualquier otra parte de la extensión inicial. En esta reducción pueden perderse las sutilezas, pero todo lo que está en el original aparece de alguna forma en la traducción, mientras que las correlaciones se conservan aunque a escala reducida.[18]

Como señalamos antes, la modelación cibernética se basa en la semejanza entre las relaciones funcionales externas del modelo y las del objeto modelado y no la que existe entre los substratos sustanciales, ni entre las causas interiores de las relaciones. Para denominar este tipo de semejanza objetiva entre el modelo y el objeto modelado, se puede proponer el término "isofuncionalismo".[19] El isofuncionalismo caracteriza la aplicación del concepto isomorfismo de las relaciones en el campo de los vínculos funcionales exteriores del modelo y el objeto modelado con el medio, en condiciones de una semejanza no obligatoria entre sus relaciones interiores.

El homomorfismo de los modelos cibernéticos y el objeto muestra, con evidencia, que el descubrimiento de la verdad objetiva no es un acto único, sino un proceso dialéctico. Con frecuencia, la modelación pasa de los modelos unidimensionales y homomorfos a los multidimensionales e isomorfos.

Por consiguiente, a los modelos les son inherentes todos los tipos de analogía en dependencia del tipo de modelo, su finalidad y, fundamentalmente, del carácter del fenómeno modelado. Precisamente, en la posibilidad de variar en un amplio diapasón las formas de correspondencia objetiva entre el modelo y el prototipo reside una de las causas de la amplia difusión del método de la modelación en los diferentes campos del conocimiento. De ahí que no tenga ningún sentido la absolutización de un determinado tipo de analogía.

En resumen, puede afirmarse que todos los tipos de modelación tienen un fin único: servir de retrasmisor en el movimiento de la información del objeto al sujeto; una condición ontológica única: basada en la unidad del mundo material, en una comunidad objetiva entre el modelo y el original; un fundamento lógico único: las conclusiones por analogía. Todo esto permite considerar que los diferentes tipos de modelación constituyen un método único, por medio del cual se conocen los fenómenos en los distintos niveles de organización de la materia. Por supuesto, esto no significa que un mismo tipo de modelación puede ser aplicado en todos los niveles de organización de la materia. La modelación adquirió el *status* de categoría gnoseológica y es científico-general, en el sentido de que el hombre no puede conocer el mundo de otra forma que no sea utilizando de una u otra forma la mediación, pues entre el objeto y el sujeto debe haber, inevitablemente, un eslabón mediato, uno u otro modelo que transforme la información sobre el objeto a un nivel accesible al sujeto. Otra cosa es que la universalidad

de los tipos concretos del método de la modelación dependen, en su conjunto, de los límites de la acción de ciertas leyes y relaciones estructurales en el mundo material.

3. El modelo, el objeto y la teoría

El carácter de la modelación en los diferentes niveles de organización de la materia puede explicarse a partir de las representaciones teórico-informativas.

Como sabemos, la cantidad de información tomada en cuenta en el modelo, depende de los fines del sujeto y del grado de complejidad del objeto-original. En este caso, la complejidad de los objetos modelados adquiere un importante sentido metodológico. Semejante valoración nos permitiría definir no sólo la causa de la aplicación de un determinado tipo de modelación al investigar los objetos de diferente naturaleza, sino también efectuar el pronóstico metodológico de la utilización del método de los modelos.

La evaluación de la complejidad de los objetos modelados puede realizarse gracias a la medición del contenido informativo de los sistemas materiales de las diferentes formas del movimiento material: los objetos de la naturaleza inorgánica y orgánica, el pensamiento y la sociedad.

Sin embargo, en este caso hay que partir del hecho de que el enfoque utilizado para la medición del grado de complejidad de los diferentes objetos, resulta universal, si arrancamos de la comprensión, bastante general, de información en el plano de diversidad, y entendemos esto como diversidad de vínculos, relaciones, propiedades. Es más, al medir el grado de complejidad de los objetos de diferente naturaleza, no debemos limitarnos exclusivamente al aspecto "cuantitativo" es decir estadístico de la información, sino que es menester utilizar los aspectos semánticos y pragmáticos de la misma.[20]

Así, la cantidad de información en los objetos de la naturaleza inorgánica caracteriza con bastante precisión su organización, ordenamiento y complejidad. Sin embargo, para la valoración de los objetos de la naturaleza viva, es preciso tomar en cuenta tanto la cantidad de información como su valor, es decir, los aspectos pragmáticos. Esta diferencia en la metodología

de la valoración informativa de los objetos de la naturaleza orgánica y la inorgánica está relacionada con la ausencia de dirección, fines y valores en la naturaleza inorgánica.

Los cálculos comparativos del contenido informativo en estructuras bioquímicas, organismos unicelulares, el organismo humano, poblaciones y la sociedad, muestran el crecimiento, la acumulación de información. El aumento de la cantidad de información en los sistemas vivos está relacionado con la aparición de la ley de la diversidad necesaria, según la cual, el incremento de la diversidad interna de los sistemas, conduce a la elevación de su estabilidad.

La dificultad del conocimiento, en razón de la complejidad de las formas superiores del movimiento de la materia, encuentra solución en la utilización de los diferentes tipos del método de la modelación. Por supuesto, en este caso, desempeña un papel sustancial el objetivo concreto de la investigación. Por ejemplo, es muy frecuente que en determinadas etapas del proceso de conocimiento podamos ignorar la estructura interna o las funciones pragmáticas del objeto. Por el contrario, en otros momentos de la tarea cognoscitiva son éstos los indicadores que encuentran explicación.

En este sentido es muy fructífera la utilización del método funcional de la cibernética —el método de "caja negra"— para la modelación de sistemas vivos, procesos sociales u otros.

El modelo cibernético funcional abstracto puede expresarse en forma de cierta fijación de los estados correspondientes de las entradas y salidas del sistema. Supongamos que hay que investigar una neurona cuya estructura desconocemos. Sin embargo, si tenemos en cuenta que la función de la neurona se encuentra en uno de dos estados, excitada o no excitada, es decir, funciona según el principio de "sí o no", podremos entonces "disolver" la neurona real, durante la investigación teórica, en forma de un elemento del conjunto de todos los objetos capaces de actuar según el mencionado principio. Es comprensible que cualquier elemento de este conjunto —un relé, un diodo, una llave de agua— puede servir de modelo de la función que nos interesa de la neurona. Esta sería la modelación de sólo uno de los tipos de relación funcional, realizada en un modelo "unidimensional".

Como se señaló antes, el modelo funcional actúa como momento del complejo camino dialéctico de asimilación de la éstructura del objeto modelado. La infinita profundización en la esencia del objeto va, de la función a la estructura, y de ésta

a una función más profunda. Por ejemplo, en biología, el enfoque puramente funcional-formalizado de los sistemas vivos, es complementado, en medida creciente, por el análisis estructural-físico-químico-biológico y, en cierto sentido, se transforma en éste. Los métodos de investigación de los sistema vivos adquieren un carácter complejo cibernético-físico-químico-biológico cada vez más claramente expresado.

De ahí que la medida concreta de la abstracción, la diferencia entre el modelo y el objeto-original es, históricamente, transitoria, y como resultado de la realización de la línea estratégica del conocimiento que va del reflejo abstracto, unilateral de los fenómenos al reflejo de lo concreto, es decir, hacia lo más completo y multifacético, se realiza el tránsito del contenido del modelo inicial, relativamente pobre en información (del modelo r — mediciones) en otro más rico, pleno de información (modelo $r + 1$ mediciones)

Sin embargo, con el aumento de la cantidad de información del modelo, la función heurística de la modelación no crece en forma directamente proporcional a la cantidad de información considerada, sino según la ley extrema, es decir, con el aumento de la cantidad de información del modelo respecto al objeto-original, la efectividad de la modelación sólo crece hasta un cierto límite, después del cual disminuye abruptamente.

Esta propiedad de la modelación se manifiesta claramente en la modelación lógico-matemática, donde cada nivel de organización de la materia se refleja, óptimamente, por una determinada estructura matemática o por una combinación de tales estructuras. Esto tiene que ver con el hecho de que los objetos de diferente naturaleza pueden diferenciarse considerablemente en cuanto a sus diversidades témporo-espaciales,[21] razón por la cual la modelación de estos objetos exige la aplicación de aquellas estructuras matemáticas, que poseen capacidad informativa,[22] conmensurable con el objeto modelado.

Por ejemplo, en la modelación matemática de determinados aspectos de los objetos de la naturaleza inorgánica, a nivel del macromundo, se utiliza con efectividad el aparato clásico del análisis matemático. Sin embargo, la modelación de toda una serie de procesos biológicos, económicos, técnicos que poseen naturaleza cibernética, es decir, relacionados con flujos de información y dirección, resulta con frecuencia imposible sobre la base del aparato del análisis matemático clásico. Estas tareas estimulan el desarrollo de nuevas secciones de la matemática, de mayor "capacidad informativa", como la teoría de los autó-

matas, la teoría de los juegos, la teoría de sistemas de dirección. La peculiaridad de estas nuevas secciones de la matemática es su carácter discreto. Por ejemplo, si examinamos cuál es el principio por el cual se estructura el sistema jerárquico de los modelos matemáticos de la biología, no sería difícil observar que lo específico del aparato matemático se determina por el grado de complejidad de cada nivel.[23]

Las estructuras matemáticas aplicadas resultan adecuadas a los siguientes niveles de organización de la naturaleza viva:

a) La célula y la estructura subcelular.

b) El organismo, el sistema de sus órganos y su estructura.

c) Las poblaciones.

Resulta todavía más compleja la estructura jerárquica de los modelos de la biosfera, donde hay que contar con los procesos informativos que van desde los cuerpos biogeocenóticos hasta multitud de mediaciones entre la sociedad y la naturaleza.

En este sentido es interesante el problema de la modelación de sistemas del tipo "técnica-economía-biosfera", donde surgen tareas relacionadas con la utilización óptima de los recursos naturales, la disminución de la contaminación del medio ambiente. La utilización del aparato de ecuaciones diferenciales en casos semejantes encuentra considerables dificultades, tanto por la necesidad de computadoras de gran memoria para el análisis cuantitativo de dichos modelos, como por la imposibilidad de crear una descripción matemática aplicable. En este caso, se requiere un aparato matemático que asegure una especie de descripción de los objetos témporo-multidimensionales.

Podemos concluir que, en dependencia del grado de complejidad de los objetos, cambia sustancialmente el carácter de los modelos. Ya a nivel de macromundo, es necesario tomar en cuenta factores tales del objeto como su estructuración, la interrelación de diferentes procesos, la transmisión de información y la dirección, lo que conduce a toda una serie de modelos no clásicos. Su rasgo distintivo lo constituye la discreción del aparato matemático utilizado. Éste goza de ventajas fundamentales respecto a la matemática clásica continua, debido a su mayor capacidad informativa. Las dificultades inherentes a la

computación, a que había que enfrentarse antes, se superan con éxito en la actualidad gracias a la amplia utilización de las computadoras.

El brusco incremento de la capacidad informativa de los modelos exige el tránsito a modelos no evidentes. Por ejemplo, para la creación de modelos de movimiento en el submicromundo, donde aumenta la cantidad combinatoria de información, se utilizan espacios matemáticos cada vez más abstractos en relación a las estructuras topológicas y teóricas de grupo. Como se sabe, los espacios y las estructuras en este campo de la matemática no se miden, es decir, respecto a ellos no se emite proposición evidente alguna, lo que permite acercarse a una imagen adecuada de las relaciones del micromundo.

En este sentido, resulta clara la falta de una fundamentación para la deducción de la necesidad de utilizar modelos a partir de lo insuperable del lenguaje de imágenes evidentes, en el cuadro científico del mundo. Esta concepción es la modificación moderna de una ilusión muy viva que deduce una u otra forma de limitación del conocimiento como resultado de las posibilidades finitas de los órganos sensoriales del hombre. Para la razón, todas las capas de la realidad, desde el megamundo hasta el micromundo, son iguales. Considerar que la escala macroscópica es el sistema absoluto de referencia del proceso cognoscitivo no es más que una de las ilusiones del antropocentrismo. La propia infinitud cualitativa de la materia y la estructura misma del proceso cognoscitivo, como toda penetración profunda de la razón en la realidad, condicionan la necesidad de "traducir" los datos de la experiencia del lenguaje de una capa de la realidad a otro. Aquí reside un aspecto decisivo del proceso de mediación en el conocimiento científico. A medida que continúe desarrollándose este proceso, la modelación lógico-matemática desempeñará un papel esencial. Estos modelos están liberados de la evidencia sensorial, son extremadamente flexibles y, por ello, adaptables a este tipo de traducciones. La etapas de las transformaciones revolucionarias en las ciencias están relacionadas con este tipo de modelación.

En el análisis de la misión cognoscitiva del modelo, desempeñan un papel decisivo sus relaciones mutuas con la teoría científica. La correlación entre el modelo y la teoría es muy flexible. Las dificultades en el tratamiento de esta correlación están relacionadas, en nuestra opinión, con la ignorancia de su enfoque genético. En realidad, el examen del conocimiento como

un proceso conduce a la idea de una doble relación entre el modelo y la teoría. El modelo puede aparecer como la realización no lingüística de una teoría ya existente, por lo menos, en sus rasgos fundamentales. El modelo aparece aquí, genéticamente, como "posteoría" y cumple la "función realizadora" en la extrapolación y comprobación de la teoría en cuestión. Es evidente que esta concepción no abarca el importante caso, desde un punto de vista gnoseológico, que trata del conocimiento de aquella esfera de la realidad de una teoría consecuente, que todavía no existe. De aquí se desprende que el enfoque del modelo que pone el énfasis en la función realizadora de éste, si bien es válido en el aspecto científico, es insuficiente en el plano metodológico general.

Lo más frecuente es que se opere con el concepto de modelo cuando todavía no existe una teoría, en cuyas situaciones aquél aparece como el germen posible de la nueva teoría —de una nueva formación lingüística—, es decir, como "preteoría". En este caso, y respecto a la teoría futura del fenómeno modelado, el modelo realiza una "función constructiva".

Y como quiera, lo habitual en el conocimiento de los nuevos fenómenos es que inicialmente hay que operar con consideraciones teóricas poco definidas y a veces insuficientemente fundamentadas, es por lo que el modelo, ayudado aunque sea mediante una simplificación, actúa de forma parecida a una "abstracción evidente". En la simplificación hay un momento racional. Imaginemos el modelo de un pedazo de metal hiperconductor bajo la forma de un átomo gigante alrededor de cuyo núcleo los electrones se mueven sin resistencia. En este caso, la "evidencia" no aparece en su sentido clásico, sensorialmente perceptible, sino como la capacidad del modelo para entrelazar las nuevas concepciones con el potencial intelectual presente sostenido por construcciones teóricas.

El entrelazamiento de la teoría precedente con la siguiente, es una condición necesaria de la continuidad del conocimiento. En el desarrollo del conocimiento, la nueva teoría surge de multitud de modelos-hipótesis, en cuyo caso el modelo actúa como forma gnoseológica del paso de la vieja a la nueva teoría. Al mismo tiempo, respecto a la asimilación teórica de la nueva esfera de la realidad, el modelo es capaz de cumplir la misión de teoría que se surge.

La nueva teoría no aparece como la elevación simple, unívoca y directa del no conocimiento al conocimiento, sino como resultado estadístico de la interrelación de muchos modelos-

hipótesis. La teoría viene a ser el invariante relativo de las proyecciones de los modelos —de los cortes— de objetos hipercomplejos. La existencia de modelos constituye la condición y el medio más importante para la determinación del sistema teórico a partir de los resultados del experimento, de la práctica. Por supuesto, en la creación de una teoría desempeñan un papel determinado los principios reguladores: correspondencia, invariancia, observabilidad, falsificabilidad, simplicidad.[24] Sin embargo, los principios reguladores constituyen más bien indicadores heurísticos, los cuales brindan fundamentación teórica a las hipótesis por modelos existentes.

El examen de la correlación entre el modelo y la teoría, en el enfoque genético, arriba a un problema común a ambos: el de la naturaleza del surgimiento de determinadas construcciones teóricas cuando los investigadores operan con datos experimentales.

Las incorrectas concepciones sobre el conocimiento por modelo, que consideran a éste incompleto, poseedor de un carácter condicional y arbitrario, proviene de la apología metafísica del papel del sujeto en el conocimiento científico.

El proceso del conocimiento se basa en la interacción dialéctica entre el sujeto y el objeto. Esta interacción cambia como resultado de la complicación de la práctica históricosocial, así como por el reforzamiento de los medios cognoscitivos del sujeto. Se desarrolla entonces la comprensión misma de la interrelación entre sujeto y objeto: si en las concepciones de las ciencias naturales clásicas el sujeto y el objeto estaban rígidamente delimitados, lo característico de la presente etapa de desarrollo del conocimiento científico es la revelación de la unidad dialéctica entre sujeto y objeto.

Los procedimientos modernos y los medios del conocimiento por modelos, por ejemplo, el conocimiento de mundos no geocéntricos por medio de modelos lógico-matemáticos abstractos, se califican a veces de demostraciones indudables del carácter irracional del conocimiento científico, ya que sitúa en un primer plano lo activo del sujeto, su capacidad para plantear y seleccionar medios de investigación. Sin embargo, sólo puede llegarse a semejante conclusión, si se separa de aquellas fuentes históricas que motivan y controlan, de cierta forma, la actividad del sujeto y conducen a una asombrosa coincidencia, a la correspondencia entre los principios del pensamiento y las leyes de la naturaleza. El tratamiento dialéctico, relativo, del problema que nos ocupa, evidencia que por medio del reforzamiento

de la actividad del sujeto no nos movemos hacia la arbitrariedad subjetiva, sino hacia una mayor objetividad del conocimiento, hacia un reflejo más adecuado del objeto por el sujeto. Con otras palabras, aquí se realiza el principio de unidad de los contrarios sujeto y objeto.

Por tanto, consideramos totalmente infundada la mistificación del proceso de creación de modelos y la negación de la correspondencia entre el conocimiento por modelos y la realidad. En esencia, dicha negación conduce al rechazo de la objetividad del conocimiento científico en general. En la modelación se manifiesta claramente la ausencia de sujetos aislados de lo gnoseológico y social. Además, para fundar un modelo de uno u otro fenómeno deben conocerse el objetivo concreto de la investigación, determinados conocimientos sobre el objeto, "el conocimiento de lo no conocido", los principios y medios de la modelación. Es por ello que el modelo científico, prácticamente comprobado, no es un resultado psicológico individual, sino histórico-social de la creación intelectual, un determinado resultado objetivo del desarrollo de la ciencia.

El conocimiento es un proceso dialéctico integral del cual no pueden desmembrarse metafísicamente algunos eslabones y considerarlos como formas no válidas del mismo. Son totalmente inconsistentes los intentos por tratar de forma subjetivista a los modelos, por considerar al conocimiento por modelos como conocimiento deficiente, por absolutizar su contraposición a la teoría científica.

Todos los eslabones del proceso cognoscitivo —la sensación, el concepto, el modelo, la teoría— son igualmente necesarios en tanto que etapas de la penetración en la esencia de la realidad objetiva.

La presencia en todas las formas cognoscitivas de un contenido objetivo y su subordinación al criterio objetivo general de la práctica, emparentan todas las formas y métodos del conocimiento, los imbrican en un proceso único e integral, uno de cuyos aspectos primordiales es la modelación.

Como conclusión, podemos señalar tres tendencias en el acercamiento del modelo y la teoría dentro del conocimiento científico actual:

Primera, la presencia de un momento inevitable de simplificación, de incompletitud en cualquiera forma cognoscitiva liquida la rígida frontera entre el modelo relativamente simplificado y la teoría que explica este mismo círculo de fenómenos.

Segunda, el modelo supera el simple sistema descriptivo que fija la información sobre el objeto ya que puede servir, igual que la teoría, de instrumento para la predicción de acontecimientos que no han sido observados aún.

Tercera, el modelo no es un género exclusivamente experimental, sino que pertenece también al conocimiento teórico. Es, por esta razón, que a veces se utilizan los términos "modelo particular" y "modelo general", en lugar de los de "modelo y teoría".

El modelo particular nos ofrece una representación de la esencia empírica de un determinado fenómeno, mientras que el modelo general asimila teóricamente su naturaleza, aunque, como es de suponer, con una parte de simplificación.

4. La modelación y el problema de la síntesis del conocimiento

Uno de los motivos más profundos que regula, en cierta medida, todo el curso del proceso cognoscitivo, pudiéramos decir desde adentro, es la aspiración del hombre a explicar el mundo a partir de un principio material único. En la historia de las ciencias naturales esta tendencia se realiza en los múltiples intentos por abarcar toda la realidad en forma de una teoría que posea en sí la capacidad de ser cerrada como infinitud verdadera. Como escribió Max Planck: "Desde tiempos remotos, desde que existe el estudio de la naturaleza, éste se ha propuesto como ideal una misión suprema y final: unificar la abigarrada diversidad de los fenómenos físicos en un sistema único y, de ser posible, en una fórmula única."[25]

Los intentos por crear una teoría única, acabada, de la realidad, chocan con la diversidad cualitativa del mundo. Es por ello que los resultados reales de la creación de un cuadro único del mundo se materializan en la síntesis de los conocimientos.

La síntesis del conocimiento permite describir tanto el desarrollo de las teorías científicas como el establecimiento de la propia realidad objetiva desde los sistemas más simples a los más complejos. De esta forma, se pone de manifiesto la integridad del proceso histórico del conocimiento que se apoya en los principios de la unidad material del mundo y del desarrollo.

La diversidad cualitativa de los fenómenos, explicada por la síntesis de los conocimientos científicos, está expuesta en un único sistema genético integral, sin límites absolutos, aunque de transiciones relativamente diferenciadas.

La síntesis de los conocimientos, que condiciona la profundización de las concepciones sobre un contenido único de los fenómenos naturales cualitativamente diferentes, como se señala, conduce a la aparición de categorías científicas generales.

Otra importante consecuencia de la tendencia general hacia una síntesis genética de los conocimientos científicos es la interacción y el enriquecimiento mutuo de las ciencias. El intercambio de información entre las diferentes ciencias resulta muy productivo para el conocimiento científico en su conjunto.

El incremento creciente de los procesos de integración en el conocimiento científico contemporáneo va desde la síntesis conceptual a la síntesis teórica, genética, a la explicación profundizada de todos los fenómenos naturales sobre una base única, por medio del enriquecimiento mutuo de las ciencias.

El programa metodológico de la síntesis genética de los conocimientos científicos se apoya en la tentativa de describir los procesos "suprafísicos" —el quimismo, la vida— en forma de desarrollo y generalización de la ciencia física en el curso de su quimización, cibernetización y biologización.

Debe subrayarse que la síntesis de los conocimientos, condicionada por la lógica interna del desarrollo de la ciencia y por las exigencias de la práctica, constituye una premisa primordial del incremento intensivo de las investigaciones científicas. Gracias a esa síntesis es superada la división del proceso creador en subdivisiones más estrechas, surge el terreno real para la creación de un lenguaje científico general único, disminuyen las pérdidas de información y crece agudamente la efectividad de las investigaciones científicas. Además, en la actualidad, a la síntesis de los conocimientos se vincula la solución de muchos problemas globales, como por ejemplo, el de la optimización de las situaciones ecológicas en la época de la revolución científico-técnica.[26] Por ello no es casual que el problema de la síntesis se encuentre a la cabeza de las investigaciones metodológicas actuales.

El conocimiento multilateral de las tendencias hacia una síntesis del saber conduce a la necesidad de investigar también el papel integrador de los métodos científicos generales del conocimiento. Sin embargo, en este caso, está totalmente injustificado separar las fuentes objetivas de la síntesis de los cono-

cimientos, de los caminos para su realización. Este desacertado enfoque "aislador" se realiza, en particular, por la teoría neopositivista de la "ciencia única" y en la teoría de la "ciencia unificada" de Bertalanffy. En esas doctrinas no se trata nunca la causa de la tendencia hacia un conocimiento único, es decir, la unidad material del mundo que se expresa en la unidad de determinadas leyes, relaciones estructurales y otras propiedades de la materia en sus diferentes niveles de organización. El análisis de las tendencias a una síntesis del conocimiento mediante el prisma del trabajo del método de los modelos resulta productivo en la ciencia contemporánea gracias, precisamente, a que la modelación permite tomar en cuenta, tanto la unidad del conjunto de los conocimientos científicos como su diferencia.

En el transcurso de la anterior exposición señalamos que el método de la modelación, por penetrar las más diferentes esferas de la actividad cognoscitiva y transformadora, es un importantísimo instrumento para que las ideas y conceptos de una ciencia se introduzcan en otras. La identidad de estructura del pensamiento, al conocer los diferentes objetos, y la unidad de los mecanismos interiores de los procesos objetivos, condiciona la profunda interrelación entre el método de la modelación y las tendencias a una síntesis de los conocimientos. La modelación no sólo desempeña un papel fundamental en la síntesis conceptual, interdisciplinaria y teórica de los conocimientos, sino posibilita también la elaboración de procedimientos metodológicos únicos en el conocimiento y la formalización del lenguaje de la ciencia. El método de la modelación permite una especie de síntesis "bidimensional" de los conocimientos científicos, una de cuyas formas, la síntesis vertical, está relacionada con la profundización de las concepciones sobre el contenido único de fenómenos naturales cualitativamente diferentes; el otro componente es la "síntesis" horizontal, condicionada por la aplicación de procedimientos metodológicos únicos, por la caracterización formalizada de fenómenos de diferentes clases.

Examinemos minuciosamente estas importantísimas funciones integradoras de la modelación.

El papel de ésta en la síntesis teórica de los conocimientos parte, ante todo, de la indisoluble relación, examinada por nosotros, entre el modelo y la teoría. El modelo, constituido en teoría o por desempeñar el papel de teoría "esbozada", conduce a la consecuente explicación causal de los conocimientos empíricos separados del objeto investigado, es decir, a la síntesis de

los conocimientos. La aspiración a una ulterior explicación causal de las proposiciones de la teoría establecida lleva a una teoría más general, y así sucesivamente.

Con relación a lo expuesto hay que señalar el papel de los modelos lógico-matemáticos abstractos en la formación de un "puente" entre los fenómenos de la física, la química y la biología, a nivel de las partículas elementales. Actualmente goza de suficiente fundamentación metodológica el pronóstico de que determinadas estructuras matemáticas abstractas pueden permitir, por principio, la creación de un fundamento teórico único para la biología, la física y la química, por supuesto, en presencia de la necesaria explicación de contenido. Naturalmente, mediante modelos no sólo se crean teorías, sino se formulan también los fundamentos teóricos de todas las ciencias naturales.

La función traslativa de la modelación, que analizamos antes, desempeña un papel principal en el enriquecimiento intercientífico de la información y los métodos. Por ejemplo, una ciencia nueva como la biónica —complejo campo de investigación en las fronteras de la biología y la física— está totalmente fundamentada en la modelación. En la biónica, la información sobre los objetos biológicos y determinadas funciones técnicas de los sistemas vivos, se traslada a la técnica gracias al descubrimiento, mediante modelos, de la estructura y el mecanismo de esta función. No debe olvidarse el papel de la modelación en la difusión de los principios y métodos de la cibernética en casi todas las ramas de la ciencia. La cibernetización actúa ahora como un importantísimo instrumento de la integración interdisciplinaria de los conocimientos, en cuyo proceso la modelación cumple un papel decisivo. El problema de la propagación del enfoque cibernético a las distintas ciencias se presenta frecuentemente como el problema de la aplicación en las diferentes esferas de la indagación científica y de la actividad productiva del tipo de modelación elaborado en la cibernética.

Cuando se analiza la tendencia hacia la síntesis del conocimiento, por medio del "prisma" del funcionamiento del método de los modelos en la ciencia contemporánea, debe observarse el papel rector de la modelación en la formalización del lenguaje de la ciencia.

Ya hemos señalado, que la condición necesaria de la modelación es la exigencia de que el modelo sea una copia simplificada del original, y que el modelo, precisamente como abs-

tracción científica, es un importantísimo elemento intermedio que vincula al sujeto y al objeto. Esta tesis arranca de la diferencia de principio entre la capacidad informativa de los objetos y las posibilidades del hombre de reelaborar la información obtenida.

Cuando se limita la cantidad de información del objeto con el fin de crear su modelo, la abstracción desempeña un papel. Realiza simplificaciones, la distinción mental de las partes y su separación del todo y la abstracción del cambio y el desarrollo. El propio acto de la modelación se basa en la abstracción de identificación, la cual se realiza mediante la semejanza, el homomorfismo, el isomorfismo.

Al examinar el trabajo de las diferentes abstracciones en la modelación, V. A. Shtoff llega a la conclusión de que casi todos los tipos de abstracción y su proceso se realizan con ayuda de modelos y en forma de modelos.[27] Por supuesto, es imposible detectar en cualquier modelo todos los tipos de abstracciones, como resultado de la incompatibilidad mutua de algunos de ellos, aunque es un hecho la posibilidad de realizar semejantes abstracciones a nivel de los modelos.

En la modelación, la aplicación de la abstracción científica posee un carácter específico. Si para la formación de conceptos, de objetos idealizados, es suficiente un determinado tipo de abstracción, para la ejecución del proceso de modelación es menester realizar, por lo menos, una doble abstracción: en primer lugar, para la creación de un objeto abstracto o idealizado: el modelo; en segundo, para la ejecución de las abstracciones de identificación.

En este caso, adquieren una considerable fuerza integradora: 1) los principios únicos de la abstracción científica, los cuales permiten el paso "de la contemplación viva al pensamiento abstracto" en todos los objetos; 2) la teoría única de abstracción por identificación, es decir, la lógica única del traslado de conocimientos del modelo al original.

Los tipos de simplificación más difundidos en la modelación de sistemas complejos, son la aproximación y la discretización-cuantificación.

Con el aumento de la complejidad de los objetos investigados, crece inconmesurablemente la importancia del factor aproximación. Esto no significa, por supuesto, que por medio de ella se pueda conocer de inmediato un objeto de cualquier complejidad. La aproximación no se alcanza espontáneamente, sino que se introduce conscientemente en el acto cognoscitivo,

se planifica fundamentada en las propiedades objetivas del objeto y de la finalidad concreta del conocimiento.

En la teoría dialéctica del reflejo, en oposición a la "rigidez" del materialismo metafísico, se enfatiza el momento de simplificación del objeto en los conceptos y representaciones del sujeto. En este caso, la inevitabilidad del momento de incompletitud, de simplificación de nuestros conocimientos sobre el mundo real, desde el punto de vista de la teoría del conocimiento del materialismo dialéctico, no pone en duda la objetividad misma de nuestros conocimientos. Es por ello que la aproximación del conocimiento, a la realidad no debe tratarse como una arbitrariedad del mismo. La medida de la exactitud de uno u otro enfoque de un sistema complejo no es abstracta ni absoluta, sino concreta y relativa, o sea, depende de las condiciones de la tarea práctica de funcionamiento del sistema complejo.

La discreción se manifiesta, tanto en la acumulación de conocimientos, en la sustitución de un modelo de objeto por otro, como en la realización de la idea de la cuantificación al construir modelos. En particular, aquí se manifiesta el rasgo característico del clima intelectual del siglo XX: el examen de toda la realidad, en primer término, desde el punto de vista de la discreción, la discontinuidad. Este fructífero procedimiento metodológico permite analizar cuantitativamente la esencia continua, difícilmente sometible a formalización. Por supuesto, la división mental de los objetos y fenómenos en el proceso del conocimiento no es un acto arbitrario, circunstancia a la que se presta atención en los trabajos que tratan el problema de lo continuo y lo discontinuo en el proceso del conocimiento, desde las posiciones del materialismo dialéctico.[28] La posibilidad de dividir cualquier objeto en partes o elementos, supone la presencia de estas propias partes y elementos separados por procesos o relaciones objetivos. La divisibilidad sólo es expresión de una discreción objetivamente existente, por lo que la tarea no consiste en constatar su posibilidad o existencia, sino en descubrir la correlación entre la divisibilidad, la discreción de los objetos, fenómenos y procesos y su continuidad.

En caso contrario, es decir, cuando dividimos arbitrariamente los objetos en el pensamiento, corremos el riesgo de desfigurar la propiedadad de todo el objeto, de ser resultado de una deteminada interrelación de sus partes. La integridad del objeto surge como resultado de la interacción y el con-

dicionamiento mutuo de los elementos, es su producto, su resultado.[29] La cuantificación debe fundamentarse en la fijación de las propiedades y relaciones diferenciadoras del objeto, gracias a las cuales es una parte de determinado todo y posee importancia, al examinar las relaciones de coordinación de los objetos, dentro de este todo. Es evidente que el principio de cuantificación así comprendido coincide, en cierta medida, con el concepto de análisis en general.

La unidad de lo continuo y lo discontinuo penetra los más diferentes fenómenos de la naturaleza; podemos encontrar esta unidad en los mecanismos de percepción de la vista humana, en la naturaleza de la música, en el estudio de los átomos; se manifiesta también en la acumulación de los conocimientos por el hombre. Por ello, sin duda, tiene un interés independiente la elaboración de los principios únicos basados en la idea de la cuantificación, principios que podrían aclarar la relación mutua entre fenómenos de la más diversa naturaleza.[30]

La obtención de información sobre la realidad mediante un modelo aproximativo discreto, que en una determinada relación es adecuado al objeto investigado, deviene proceso universal de conocimiento en la ciencia y la técnica. En este plano se puede distinguir la modelación en un sentido especial, relacionada con la generalización y el desarrollo de los tipos de analogía, y la modelación en sentido general, que no constituye una forma cognoscitiva separada, coexistente con otras formas cognoscitivas como el concepto a la teoría. La modelación, en sentido general, actúa en calidad de cierto aspecto universal del proceso cognoscitivo tomado desde el punto de vista de la discretización, la aproximación. Por su amplitud, la modelación en este sentido abarca todo el conocimiento, aunque no lo agota en profundidad. Esta tendencia a la universalización del método general de los modelos, conduce al reforzamiento del factor de integridad sintética en el conocimiento científico, a la elaboración de un régimen conceptual único —lenguaje— para toda la ciencia.

La aproximación y la discretización desempeñan un papel sustancial en la formalización del lenguaje de la ciencia. Con frecuencia se acostumbra a identificar la formalización con la modelación, aunque no se trata de una misma cosa. La formalización, en su forma más general, es, en esencia, una precisión del contenido que se lleva a cabo por medio del descubrimiento de sus formas.

Desde un punto de vista metodológico, reviste interés cuando un determinado tipo de formalización, uno u otro conjunto de símbolos, puede considerarse modelo. La determinada comunidad del modelo y los símbolos reside, ante todo, en que cualquier tipo de formalización, al igual que cualquier modelo, se logra como resultado de la abstracción. Esto permite considerar que cualquier modelo es resultado de la formalización, si lo entendemos en el más amplio sentido. Sin embargo, para que un conjunto de símbolos devenga modelo, es necesario obtener una determinada estructura en el sistema de símbolos isomorfa, u homomorfa a la estructura del objeto mismo.

En la época actual, la formalización adquiere los rasgos de fenómeno científico general, que ejerce una influencia cada vez más sustancial sobre el carácter del desarrollo de todo el conocimiento científico. El brusco fortalecimiento de las tendencias a la formalización del conocimiento científico se explica por la aparición de modernos medios de computación y de los métodos de investigación matemáticos, desconocidos a comienzos de nuestro siglo. Un poderoso acelerador de las tendencias a la formalización de los conocimientos lo es la diseminación creciente de las modelaciones lógico-matemática y cibernética, en las ciencias.

Uno de los medios más importantes para la realización de la integración de los conocimientos lo constituyen los sistemas informativos en computadoras de gran memoria. En semejante sistema informativo se realiza la auténtica síntesis "formal" de conocimientos heterogéneos. En esos sistemas las computadoras constituyen una especie de enciclopedia que asimila conocimientos de diferentes campos. Los mismos se "conservan" e "intercambian" gracias a su formalización. Es perfectamente evidente que tales servicios de información, caso de que sean superadas las dificultades de la programación, podrán racionalizar, en grado sumo, las investigaciones científicas.

Podemos concluir que la elaboración de una lógica rigurosa de la aproximación constituye una de las orientaciones generales del progreso del pensamiento científico en el período examinado. En el curso de la precisión y profundización de los procedimientos de simplificación de sistemas cada vez más complejos, las diferentes disciplinas científicas habrán de integrarse con mayor profundidad. El desarrollo del método general de los modelos basados en la carcterización formalizada

de fenómenos de diferentes clases y en la metodología de la aproximación y la discretización, constituye una importante vía para la síntesis de los conocimientos científicos.

Es preciso señalar el papel heurístico de la síntesis de los conocimientos cuando se modelan sistemas complejos. La modelación compleja de los grandes sistemas se hace necesaria con frecuencia por la insuficiencia de información y la existencia de una indeterminación subjetiva.

La exigencia de integrar los conocimientos en la modelación compleja debe llevarse hasta la interrelación de las ciencias naturales y sociales. La violación de esta exigencia es un vicio metodológico muy difundido. Por ejemplo, se conocen principios metodológicos del pronóstico por modelos que examinan el futuro de la humanidad sin relacionarlo con el régimen social. Semejantes pronósticos globales del futuro han sido confeccionados por J. W. Forrester y por el grupo de D. Meadows.[31] Forrester y el grupo de Meadows, apoyándose en el enfoque sistémico y utilizando computadoras, han pronosticado el desarrollo posible de la sociedad al aplicar un modelo que simula, fundamentalmente, la interacción de los siguientes elementos: (crecimiento de la población) x (agotamiento de los recursos naturales) x (abastecimiento de víveres) x (inversiones) x (contaminación del medio ambiente).

El aparato matemático del mencionado modelo del "mundo" está compuesto de ecuaciones diferenciales que caracterizan el cambio exponencial de los diferentes elementos del sistema. Los investigadores intentaron definir la estabilidad de ese sistema en el tiempo. El modelo mostró que el sistema "naturaleza" — sociedad", en futuro cercano —ya en el siglo XXI—, perderá su estabilidad, es decir, la sociedad sufrirá una catástrofe ecológica universal, un colapso.

Sin embargo, el pronóstico obtenido por medio de dichos modelos resulta inconsistente por toda una serie de causas: en primer lugar, en el modelo no sólo no se consideran las tendencias modificadoras de la estructura socioeconómica de la sociedad, sino tampoco la existencia en nuestro planeta de dos sistemas totalmente diferentes de economía: el capitalista y el socialista; en segundo lugar, el modelo no toma en cuenta las inevitables transformaciones de la tecnología de producción, la creación de "tecnologías más bioesferocompatibles", el descubrimiento de nuevas fuentes de energía, la posibilidad de regular el crecimiento de la población. Es bien evidente que el espíritu pesimista de las conclusiones señaladas parte de

premisas metafísicas, las cuales son los cimientos de la creación del modelo "global" del sistema "naturaleza-sociedad", y de la ruptura del vínculo orgánico entre ciencias naturales y sociales.

En resumen, en la síntesis del conocimiento científico contemporáneo, determinada por la unidad del mundo material, desempeña un papel importante el método de la modelación. Puede observarse una función optimizadora de la modelación y de la síntesis de los conocimientos, en la actividad científica. Esta función se manifiesta, tanto en la creación de un lenguaje formalizado de la ciencia, único, que posibilita la profusa utilización de computadoras, y la automatización de muchas etapas de las investigaciones científicas, como en la eliminación de la indeterminación subjetiva durante el conocimiento de fenómenos interrelacionados.

Todo nuestro análisis demuestra que en la solución de los complejos problemas que enfrenta la ciencia moderna, un papel esencial, poseedor de secular tradición y en constante renovación, estará asignado al método —multifacético e integral— de la modelación.

[1] Ehrenfest-Afanssjewa, T.: *Mathematische Annalen*, Bd. LXXVII, H. 2, 1915.

[2] Maxwell, J. C.: *Obras escogidas sobre la teoría del campo electromagnético*, p. 17, Moscú, 1954.

[3] Wiener, N.: *La cibernética o la dirección y la comunicación en el animal y la máquina*, p. 121, Moscú, 1958.

[4] Los intentos más certeros por fundar una teoría general de los sistemas se deben a M. M. Mesarovich, A. I. Uemov y Iu. A. Urmantsev. Ver Mesarovich, I., D. Mako e I. Takajara: *Teoría de los sistemas jerárquicos de múltiples niveles*, Moscú, 1973; Uemov, A. I.: "Sistemas y parámetros sistémicos", en *Problemas del análisis formal de los sistemas*, Moscú, 1968; Urmantsev, Iu. A.: *La naturaleza de la simetría y la simetría de la naturaleza*, Moscú, 1974.

[5] *Uspieji Fizicheskij Nauk*, t. LXXIV, p. 1, p. 141, 1961.

[6] Ursul, A. D.: *Reflejo e información*, p. 248, Moscú, 1973.

[7] Ashby, W. R.: *Introducción a la cibernética*, p. 248, Moscú, 1959.

[8] Uemov, A. I.: *Fundamentos lógicos del método de la modelación*, p. 48, Moscú, 1971.

[9] Lenin, V. I.: *Obras completas*, ed. cit., t. XXXVIII, p. 248.

[10] Ver Meliujin, S. T.: *La materia en su unidad, infinitud y desarrollo*, Moscú, 1966.

[11] Hegel: *Obras completas*, t. I, p. 260, Moscú-Leningrado, 1930.

[12] Lenin, V. I.: *Obras completas*, ed. cit., t. XXXVIII, p. 100.

[13] Heisenberg, W.: *Física y filosofía*, p. 41, Moscú, 1963.

[14] Ver Kujtenko, A. I.: *Sobre la dinámica de los mecanismos que simulan organismos vivos*, Informe al Primer Congreso de la IFAK, Moscú, 1960.

[15] Ver Bourbaki, N.: *Ensayos del desarrollo de la matemática*, Moscú, 1963.

[16] Uemov, A. I.: *op. cit.*, p. 54.

[17] Urmantsev, Iu. A.: *La naturaleza de la simetrla y la simetrla en la naturaleza*, Moscú, 1974, pp. 94-96.

[18] Polya, G.: *La matemática y el razonamiento plausible*, p. 49, Moscú, 1957.

[19] Novik, I. B.: *Problemas filosóficos de la modelación de la siquis*, p. 46, Moscú, 1969.

[20] Ver Ursul, A. D.: *La información*, p. 179, Moscú, 1971.

[21] Ver Ursul, A. D.: *La naturaleza de la información*, p. 172, Moscú, 1968.

[22] La capacidad informativa caracteriza la cantidad combinatoria de información del espacio. A. N. Kolmogorov realizó el cálculo de la capacidad informativa de diferentes espacios matemáticos. Ver Kolmogorov, A. N.: *Sobre algunas caracterlsticas asintóticas de espacios métricos totalmente limitados*, Informes de la Academia de Ciencias de la URSS, t. CVIII, No. 3, Moscú.

[23] Liapunov, A. A. y G. P. Bagrinovskaia: "Sobre problemas metodológicos de la biología matemática", en *La modelación matemática en la biologla*, Moscú, 1975.

[24] Ver Mamchur, E. A. y S. V. Ilarionov: "Principios reguladores de la construcción de teorías", en *Síntesis del conocimiento científico contemporáneo*, Moscú, 1973.

[25] Planck, M.: *La unidad del cuadro flsico del mundo*, p. 23, Moscú, 1966.

[26] Ver *Aspectos metodológicos de la investigación de la biosfera*, Moscú, 1975.

[27] Shtoff, V. A.: *Modelación y filosofía*, p. 154, Leningrado, 1966.

[28] Ajundov, M. D. y Z. M. Orundzhev: "La unidad de lo continuo y lo discontinuo en el proceso del conocimiento", en *Análisis del conocimiento científico*, Moscú, 1970.

[29] Abramova, N. T.: *Integridad y dirección*, p. 139, Moscú, 1974.

[30] Ver Andrews, D. H.: *Quantization as an Integrativa Concent-Integrative Principles of Modern Thought*, p. 70, Nueva York, 1972.

[31] Ver Forrester, J. W.: *World Dynamics*, Cambridge, 1971; Meadows, D.: *The Limits of Growth*, Nueva York, 1972.

CAPÍTULO VII

EL PRONÓSTICO DE LA CIENCIA Y SUS MÉTODOS CIENTÍFICOS GENERALES

En la literatura científica moderna las publicaciones sobre pronósticos ocupan un importante lugar. Se editan numerosos libros, folletos y, en mayor medida aún, artículos. Este interés hacia el futuro y los métodos de su predicción, son perfectamente válidos en las condiciones del desarrollo vertiginoso del progreso social y científico-técnico, cuando, como nunca antes, se eleva el potencial transformador de la humanidad, mientras que las consecuencias de su desarrollo e interacción con el mundo circundante no resultan muy precisas. En cierto grado el pronóstico contribuye a disminuir la indeterminación de las representaciones del futuro y en algunos casos ayuda a orientarlo a través del presente, y es, en este sentido, que la realización de investigaciones pronosticadoras resultan necesarias para la sociedad; en particular, las referentes a pronósticos sociales generales y concretos.

El papel de los pronósticos se eleva particularmente en la elaboración de planes perspectivos a largo plazo para el desarrollo de la economía nacional en los países de la comunidad socialista. Por ejemplo, en la URSS se ha confeccionado un proyecto de programa complejo del progreso científico-técnico y de sus consecuencias económicas y sociales para el período de 1976 a 1990. Los trabajos sobre este programa serán prolongados pues es parte integrante y orgánica de la planificación a corto y largo plazo, además de que formula las orientaciones sin las cuales es imposible dirigir exitosamente la economía.[1]

La misión del pronóstico en general, y de la ciencia en particular, se eleva rápidamente al realizar el amplio programa de integración económica socialista. Bajo estas condiciones adquiere gran actualidad la fundamentación teórica de los pronósticos del progreso científico-técnico y económico-sociales, la aplicación de métodos de pronóstico más efectivos y la extensión de la utilización de los resultados de la pronosticación para la elaboración de los planes y programas de la economía nacional.

El aumento del significado del pronóstico del progreso científico-técnico plantea a la ciencia de la pronosticación nuevas exigencias que contribuyan a su desarrollo. En la etapa actual de desarrollo de las investigaciones sobre pronósticos es de suma importancia la elaboración de sus fundamentos filosófico-metodológicos. No obstante, es necesario señalar que este trabajo sólo se está iniciando, y las investigaciones filosóficas tienen ante sí la tarea de elaborar los fundamentos lógicos y teórico-cognoscitivas de la pronosticación a partir de la teoría de la dialéctica materialista.

La elaboración deficiente del fundamento metodológico del pronóstico conduce, a veces, a la utilización de metodologías destinadas a ser aplicadas en otras formaciones socioeconómicas. En todos estos casos, el análisis crítico marxista-leninista de las concepciones sobre el pronóstico debe revelar las capacidades o incapacidades, posibilidades y límites de utilización de estas teorías en las condiciones del socialismo, sobre todo, para los problemas del pronóstico social.[2]

En el presente capítulo intentamos realizar un análisis teórico de una serie de problemas del pronóstico científico relacionados con aquella, la metodología y métodos que poseen, en uno u otro sentido, un carácter científico general.

1. Un dilema metodológico: ¿futurología o pronóstico?

Al indagar el *status* científico de las investigaciones sobre pronósticos surge la interrogante: ¿existe una ciencia específica sobre el pronóstico? Y, si existe, ¿cuál es su objeto y método?

Sabemos que la concepción de la ciencia sobre el pronóstico como "ciencia sobre el futuro", es decir, la futurología, resultó en principio inaceptable. Y aunque los trabajos basados en esta concepción aún se publican, y poseen un indudable interés —como es el caso del original libro de Stanislav Lem *Summa tecnologica*—, no es menos cierto que la idea de que puede existir una ciencia del pronóstico, como ciencia particular sobre el futuro, tiene un carácter unilateral, pues la nueva disciplina carece de un objeto particular de investigación. En efecto, la futurología así concebida, de hecho, se desintegra en un conjunto de objetos generales y particulares estudiados por

otras ramas del conocimiento, toda vez que cada disciplina se ocupa del estudio del futuro de su propio objeto de investigación lo que, necesariamente, encierra una función pronosticadora que le resulta obligatoria, además de las funciones explicativas y descriptivas.[3]

Como reacción a la concepción futurológica de la ciencia, apareció otro punto de vista sobre el pronóstico, que afirma que no se puede estudiar el futuro en general, sino sólo los procedimientos, métodos y leyes de la pronosticación. Semejante opinión representa cierto adelanto respecto a la concepción de la pronosticación como ciencia sobre el futuro. Pero, a pesar de ello, ese punto de vista presenta algunas insuficiencias.

Si la concepción futurológica del pronóstico sólo presta atención al futuro como objeto de la investigación científica y pierde de vista los métodos de pronosticarlo, este otro punto de vista, el "pronosticardor", se abstrae del objeto de las ciencias y se convierte exclusivamente en una "disciplina sobre los métodos de pronóstico".[4] A continuación examinaremos cuáles son las consecuencias que se desprenden de la aplicación correcta de semejante opinión.

Es evidente que partiendo de este enfoque, la atención fundamental recae sobre el descubrimiento, descripción y generalización de los métodos y las metodologías del pronóstico. La importancia de estos trabajos es inobjetable y constituye sin duda una importante etapa en el desarrollo de los problemas sobre pronósticos; esos trabajos, que resumen y sistematizan los resultados de las ciencias particulares en la esfera del pronóstico, son naturalmente necesarios. En ellos se describen, por regla general procedimientos particulares, pero al hacerlo no se determina con claridad el campo de su aplicación. Este es precisamente uno de los puntos más débiles de la concepción que examinamos, pues, de hecho, con aisladas excepciones, en ella no se logra establecer la esfera de aplicación de los métodos del pronóstico —adaptación del método al objeto de pronosticación—, para considerar en forma indiscriminada que el método es aplicable en cualquier campo. Sin embargo, como muestra la experiencia, la aplicación de los procedimientos de pronóstico no se reduce a la utilización mecánica de todas las que pueden trasladarse a otro campo de objetos, pues, si respecto a algunas de ellas, de antemano, no se pueden establecer las posibilidades de su aplicación, respecto a otras es bien conocida su "incapacidad de trabajo" en unos u otros grupos de objetos. De aquí se puede concluir que la abstrac-

ción sobre el campo de aplicación de determinado método de pronóstico no resulta fructífera en muchos casos. Esta abstracción puede incluso conducirnos a ciertos errores en el caso de la pronosticación social, cuando injustificadamente nos abstraemos, a veces, de las estructuras organizativas contradictorias o del carácter de las relaciones de producción.

Es necesario señalar que el pronóstico no es simplemente el resultado de la actividad científica, sino un determinado tipo de actividad. Toda actividad está compuesta,por lo menos, de seis elementos: sujeto, objeto, medios —métodos—, objetivos, resultado y condiciones de la actividad. En la actividad pronosticadora, estos componentes, como es de suponer, están presentes y poseen un carácter específico, que analizaremos brevemente a continuación. Es evidente que el examen del problema de la pronosticación, incluso cuando enfatizamos la atención sobre los medios para obtener los pronósticos, no nos permite abstraernos totalmente de otros componentes de la actividad pronosticadora, o sea, del sujeto del pronóstico y de sus fines, de las condiciones de esa actividad.

Por ello, tanto la abstracción de los métodos de pronóstico en la concepción futurológica, así como del campo de objetos de aplicación de los procedimientos para prever el futuro, resultan unilaterales para la ciencia de la pronosticación. Estas insuficiencias de ambas concepciones han sido percibidas e intentado eliminar, hasta cierto grado, por otro punto de vista según el cual se debe hablar de una prognosis general y otra especial. La general debe investigar los métodos y leyes del pronóstico, mientras que las pronosticaciones especiales estudiarían el futuro de partes aisladas de la naturaleza y la sociedad. Resulta así, que en la prognosis general se realiza la concepción "pronosticadora", y en la especial, la "futurológica".

Se considera que la prognosis general debe ser una ciencia sobre los métodos de pronóstico en general de todos los fenómenos, por lo cual se abstrae de los objetos concretos de las ciencias. No obstante, en los libros sobre prognosis general, como regla, encontramos la descripción de métodos que se refieren fundamentalmente al pronóstico de fenómenos sociales: desarrollo de la economía, la ciencia, la técnica, las relaciones sociales entre otras. Pero, por su finalidad, la prognosis general plantea el estudio de los principios del pronóstico de todos los fenómenos que se presenten en otras formas del movimiento, y por esta razón, de todos los principios existentes en la organización de pronósticos deben separarse sólo aquéllos mé-

todos invariantes, que sean apropiados para pronosticar cualesquiera fenómenos. Carece de sentido aplicar, por ejemplo, el método de la evaluación pericial para pronosticar el transcurso de fenómenos físicos; lo mismo sucedería con los métodos basados en la información sobre patentes. Pero en ningún libro sobre prognosis general aparecen semejantes métodos invariantes y, en esencia, tratan exclusivamente de los métodos de la prognosis social y de los principios de la elaboración de pronósticos sociales particulares. Por tanto, la prognosis general actual se identifica en muchos trabajos con la prognosis social, lo que, al parecer, fue posible debido al crecimiento impetuoso de los métodos particulares del pronóstico y la ausencia de una comprensión filosófica y metodológica correcta de los problemas de la pronosticación moderna.

Supongamos, sin embargo, que sea posible distinguir un conjunto de métodos invariantes de pronósticos y que ellos constituyan el objeto de la prognosis general. Resulta que estos métodos —entre ellos se encuentran la modelación, la analogía, la extrapolación y algunos otros— tienen un carácter científico general, son aplicables en todas las ciencias, pero estos métodos no determinaron el carácter específico del objeto de la prognosis, pues fueron métodos que se utilizaron tanto para el análisis del presente como del pasado, y de esta manera no se podría establecer qué es lo que diferencia la prognosis de otras ciencias particulares que utilizan estos métodos provenientes de las matemáticas, o de la teoría del conocimiento.

El resultado es que, ni la concepción futurológica ni la pronosticadora sobre la ciencia del pronóstico, han sido capaces de revelar lo específico de esta orientación de las investigaciones científicas, ya que, en su conjunto, o por separado, ambas "diluyen" la disciplina sobre el pronóstico en otras ciencias. Parece ser que, para llegar a la conclusión acerca de la legitimidad de esta nueva ciencia, se requiere una fundamentación más argumentada sobre su objeto, su carácter específico y su diferencia de las demás ciencias; esto exige investigaciones metodológicas más profundas del problema del pronóstico. Las concepciones existentes no son satisfactorias en el aspecto metodológico y, en nuestra opinión, proclaman, sin la debida fundamentación, el nacimiento de una nueva ciencia donde, de hecho, no existe.

La respuesta negativa del análisis de las concepciones actuales sobre la ciencia del pronóstico no implica, por principio, que esa ciencia no pueda surgir. No obstante, en la actualidad,

es más adecuado hablar, no de una disciplina científica especial —la futurología o la prognosis—, sino de la existencia del problema científico general de la pronosticación y de la actividad en el campo de los pronósticos, problema que se deriva de la presencia de funciones de pronóstico en cualquier ciencia. Entre estas funciones, no sólo se encuentra la pronosticación, sino también la descripción y la explicación, y es bien sabido que no existen ciencias que estudien especialmente estas funciones.

En la actualidad, la utilización misma del término prognosis puede servir para designar un círculo de problemas relacionados con el pronóstico, sin pretender un *status* de ciencia particular. Por cierto, semejantes términos se utilizan para designar ciertos problemas científicos generales, complejos, como es el caso del problema de la conquista del cosmos relacionado con el concepto cosmonáutica, aunque en la realidad no existe ninguna ciencia particular denominada cosmonáutica. Habitualmente, aquello que llamamos cosmonáutica constituye un complejo de diferentes ciencias relacionadas con la solución de un mismo problema: la conquista del cosmos —y no sólo ciencias, sino también ramas de la técnica y medidas organizativas. Algo parecido pudiera decirse de la prognosis: se trata de una orientación de las investigaciones relacionadas con el problema de la pronosticación, pero que, por lo menos actualmente, no constituye una ciencia especial. El hecho de que ciertos métodos de pronóstico puedan aplicarse a todas o a un grupo de ciencias, no demuestra la existencia de una ciencia particular; se trata simplemente de una de las tendencias del conocimiento científico contemporáneo, caracterizado por el surgimiento y desarrollo de todo un conjunto de problemas, conceptos y métodos científicos generales complejos, que es precisamente el objeto del presente trabajo. El concepto científico general de pronóstico y los métodos relacionados con él, son también una manifestación de las tendencias científicas generales integradoras, pero no una ciencia especial ya formada, como es el caso, digamos, de la actividad científico-informativa —aunque el campo del conocimiento que estudia, la informática, todavía no ha precisado sus métodos especiales de conocimiento.

La prognosis no es una ciencia independiente, no sólo porque no haya precisado su objeto específico de investigación, sino porque no ha podido hacerlo tampoco con sus métodos.

En la literatura sobre prognosis se ha prestado una atención especial a la búsqueda de su objeto, el cual no ha podido ser descubierto con precisión.

La ausencia actual de una ciencia de la prognosis —y es posible que esta situación se mantenga en el futuro— no implica en términos generales, que haya que abandonar el estudio del problema del pronóstico. Esta es una de las funciones de la ciencia y una actividad especial en ella, por lo que todas las ciencias, tanto las tradicionales como las nuevas, tienen que comenzar inevitablemente a tratar el problema de la pronosticación como su objeto de investigación y como una necesidad de su propio autodesarrollo.

Parece posible desarrollar la concepción pronosticadora científica general teniendo en cuenta exclusivamente los métodos del pronóstico, sin considerar a la prognosis o la futurología, como ciencia especial, aunque sí consideramos que la pronosticación en general y la ciencia en particular constituyen un problema especial que posee *status* científico general.

No es difícil demostrar que todos los métodos existentes para el pronóstico de la ciencia, como sistema de conocimientos y como actividad encaminada a producirlos y aplicarlos, pueden dividirse en dos clases, poseedoras, en uno u otro sentido, de un carácter científico general.

En primer lugar, se trata de métodos como la modelación, la extrapolación, los enfoques sistémico e informativo, que pueden ser aplicados al pronóstico del desarrollo de procesos de cualquier forma de movimiento material. Con ayuda de esos métodos universales e invariantes pueden ser pronosticados tanto el curso de los procesos físico-químicos y biológicos como las transformaciones sociales y el desarrollo del conocimiento. El carácter general de estos métodos está relacionado con la circunstancia de que en la naturaleza, la sociedad y el pensamiento existen estructuras y leyes semejantes o idénticas que permiten utilizar aquéllos en cualquier campo científico. Esta clase de métodos de pronóstico puede calificarse como universales y científicos generales, en cuyo caso lo científico general es consecuencia de su universalidad, y posee una fundamentación ontológica y gnoseológica.

El segundo lugar, es una clase de métodos de carácter científico general en el sentido de que cada ciencia puede utilizarlos, no para pronosticar los procesos y fenómenos que estudia, sino para el pronóstico de su propio desarrollo. A su vez, esta clase de métodos se divide en subclases: amplia y limitada,

en dependencia del plano en que se pronostica una u otra rama de la ciencia, o bien a la ciencia en su conjunto. Si los métodos se utilizan sólo para pronosticar la ciencia como sistema de conocimientos, como producto, resultado de la actividad científica entonces se tratará de la subclase limitada de los métodos científicos generales de pronóstico, poseedores de una fundamentación lógico-gnoseológica, de su carácter científico general. La segunda y más amplia clase de métodos de pronóstico está formada por los métodos de predicción del futuro desarrollo de la ciencia aunque ya no como sistema de conocimientos, sino como actividad para la producción y utilización del sistema de conocimientos. La fundamentación del carácter científico general de estos métodos es socio-gnoseológica, por lo que este conjunto de métodos incluye el precedente, la subclase más limitada.

Además de las dos subclases de métodos científicos generales de pronóstico de la ciencia, puede distinguirse una tercera, que se diferencia de las anteriores pues no se aplica al desarrollo de cada rama científica, sino a toda la ciencia en su conjunto, como sistema único de conocimientos y como actividad mancomunada. La peculiaridad de esta subclase de métodos está relacionada con el efecto sistémico del desarrollo de la ciencia, en el cual el todo no es reducido a la suma de sus partes, sino se toma en cuenta la acción de los procesos integradores sistematizadores. Por ejemplo, para pronosticar el desarrollo de las tendencias científicas generales de la ciencia se pueden emplear los métodos existentes o crear métodos científicos generales de pronóstico.

Todos estos niveles, fundamentaciones y significados de lo científico general, inherentes a los medios pronosticadores del conocimiento, deben ser tomados en consideración al crear una concepción general del problema del pronóstico de la ciencia. Al mismo tiempo, si tenemos en cuenta que el pronóstico es una actividad, será menester detectar el vínculo entre los medios y métodos de pronosticación y los demás componentes de esta actividad. Esta dependencia se manifiesta en el carácter científico general de su *status*, el que posee un sentido de principio, potencial y se actualiza sólo bajo determinadas condiciones sociales.

La necesidad de elaboración del problema del pronóstico no implica que haya que concentrar la mayor parte de los medios, sólo esfuerzos y tiempo. Por cierto, semejante "*boom* del pro-

nóstico", o exageración de las posibilidades de la prognosis, fue característico del "movimiento pronosticador" en varios países capitalistas.

Recordemos la etapa inicial del desarrollo de la cibernética: ¿no se produjeron acaso declaraciones demasiado optimistas sobre las posibilidades de la técnica cibernética? Sin embargo, el ulterior despliegue de esta técnica mostró que sus capacidades son mucho más modestas, que en principio no puede desplazar al hombre de la actividad productiva e intelectual, y que sólo puede sustituirlo en la ejecución de operaciones laborales y formalizadas.

La prognosis y sus métodos también pueden ayudar al hombre a dirigir los procesos naturales y sociales, aunque ella no es el medio fundamental para sortear todos los males y dificultades del desarrollo social. Sin embargo, hay quienes proclaman que las investigaciones de pronóstico encaminadas a precisar los caminos para la optimización del balance de víveres, pueden desempeñar el papel rector en la lucha contra el hambre. Pero es claro que, tanto el hambre como otros fenómenos sociales negativos, son provocados por la existencia de relaciones sociales antagónicas en los países correspondientes, y no por el débil desarrollo de las investigaciones pronosticadoras. De otra forma podría crearse la impresión de que el pronóstico es el medio fundamental para solucionar, digamos, el problema del hambre.

Se escuchan opiniones semejantes en lo que respecta al problema del desarme y la paz; hay quienes suponen que los científicos ocupados en la elaboración de pronósticos sociales pueden desempeñar un papel básico en el logro del desarme y la paz. Pero es evidente que nos encontramos aquí, por un lado, con una absolutización del papel del pronóstico en la solución de los problemas mencionados y, por otro, con la ignorancia del hecho de que los futurólogos burgueses y los científicos marxistas ofrecen pronósticos totalmente diferentes del desarrollo de la sociedad.

Como ya señalamos, los pronósticos de desarrollo de la sociedad capitalista poseen una gran carga ideológica y tienen el objetivo de demostrar la vitalidad del régimen capitalista. La sociedad futura es pensada como la continuación del desarrollo capitalista, al tiempo que se ignoran las contradicciones radicales de esta sociedad y la contradicción fundamental de nuestra época; ciertas transformaciones de las relaciones sociales son interpretadas solamente como resultado del

desarrollo de la ciencia y la técnica; por ejemplo, esto puede verse claramente en las concepciones de Bell sobre la sociedad posindustrial.

Además de la función ideológica la pronosticación posee otras. Fueron precisamente estas funciones de dirección de los procesos sociales contemporáneos las que hicieron nacer la predicción del futuro y, en particular, el pronóstico del progreso científico-técnico, y es en este sentido que actúan como las causas primarias del desarrollo de las investigaciones sobre pronósticos.

I. V. Bestuzhev-Lada señala que las causas del desarrollo de la prognosis se reducen al descubrimiento de la considerable efectividad del pronóstico de los procesos sociales en sus aspectos económico, político-militar e ideológico.[5] Al discutir el problema de la efectividad del pronóstico en los procesos señalados, muchos autores lo hacen superficialmente, como si esta tesis fuera más que evidente y el pronóstico resultara siempre útil a la sociedad y por tanto habría que ocuparse de él. Sin embargo, la idea misma de la efectividad social del pronóstico de la ciencia exige una argumentación mucho más minuciosa.

De hecho, la idea de la efectividad socioeconómica del pronóstico de la ciencia se basa fundamentalmente en que algunas firmas norteamericanas supieron duplicar o triplicar sus ventas —y ganancias— gracias exclusivamente a determinados pronósticos, y en que algunos economistas occidentales afirmaran que cada dólar invertido en la confección de pronósticos se convierte, en poco tiempo, en cincuenta dólares de ganancia neta. Resulta así que a muchas corporaciones norteamericanas les es más beneficioso ocuparse de los pronósticos que de muchas otras esferas de la actividad económica y científico-técnica que producen menores ganancias. Por supuesto, los datos ofrecidos son exagerados y reflejan exclusivamente un aspecto de la verdad. Son conocidos otros casos en que las firmas que se orientan por determinados pronósticos invierten fondos en la elaboración de nuevas técnicas y tecnologías pero, como resultado de la aparición de máquinas y métodos de producción más perfeccionados, sufren grandes pérdidas.[6] Además, como demostraron algunas encuestas recientes entre firmas norteamericanas —en el campo de la electrónica, la química y la industria aerocósmica—, a muchas de ellas les es más ventajoso ocuparse del espionaje informativo y del perfecciona-

miento de la organización de la actividad científico-técnica que de las investigaciones de pronósticos.

En resumen, la organización de las investigaciones de pronóstico en Estados Unidos, no es simplemente una esfera de actividad científica, sino también socioeconómica, la cual está supeditada a las leyes del capitalismo monopolista de Estado. La pronosticación y la ciencia sólo son aplicadas en aquellos casos en que la compañía —o el Estado capitalista— desea obtener ganancias.

Es de lamentar que en la literatura sobre pronósticos de la ciencia no se aborde el problema de la efectividad concreta —y no abstracta— de esos pronósticos. El movimiento pronosticador se basa más bien en el axioma intuitivo de que el pronóstico de la ciencia es útil, aunque ahora es más que evidente que, además de ese principio rector, que desempeñó sin duda un importante papel en los comienzos de las investigaciones sobre pronósticos, es menester indicar dónde, cuándo y bajo cuáles circunstancias la pronosticación ofrece el correspondiente efecto socioeconómico, dónde optimiza los procesos de dirección de la actividad científica y otros de carácter social.

Es claro que el pronóstico es necesario para la dirección de los procesos sociales; que el pronóstico está llamado a ofrecer los datos necesarios para la adopción de directivas. Con frecuencia, el criterio de la efectividad de un pronóstico depende de su ulterior verificación, aunque los pronósticos son más importantes como medio para el perfeccionamiento de la efectividad de planes, programas, decisiones, es decir, influir activamente sobre unos u otros procesos con el fin de dirigirlos por el curso deseado. Sobre todo, lo afirmado es válido, para la pronosticación social, definida como la investigación, o elaboración, sistemática y continuamente realizada de las perspectivas de desarrollo de fenómenos sociales concretos, paralela a la planificación, programación, proyección y dirección y que tiene como objetivo elevar la fundamentación del nivel científico y la efectividad de estas últimas.[7]

En términos generales, la pronosticación constituye un momento en el incremento de la efectividad de la dirección social; este punto de vista es el más adecuado y, por ello, de más perspectiva, pues muestra el lugar real del pronóstico social y, en este plano, es una parte de la teoría sobre la dirección científica de la sociedad. Debe señalarse que, en ocasiones, la pronosticación se examina separada de la dirección. Sin embar-

go, si en principio la dirección es posible sin pronósticos (aunque en este caso puede no resultar óptima), no es menos cierto que la pronosticación, sin tener en cuenta los datos del pronóstico, carece de sentido para la dirección.

2. Fundamentos informativos del pronóstico y de sus métodos científicos generales

La comprensión de la pronosticación como uno de los momentos de la dirección óptima permite examinar el pronóstico como un tipo especial de información, y en el caso de la pronosticación científica, como uno de los tipos de la información científica. El enfoque informativo del pronóstico en los marcos de la prognosis se limitaba comúnmente al traslado de los conceptos propios de la teoría estadística de la transmisión de mensajes al proceso de pronóstico.

Sin embargo, semejante enfoque informativo posee una serie de insuficiencias que hacen que sus posibilidades resulten limitadas. Es comprensible que el pronóstico no deba examinarse exclusivamente en el plano de la trasmisión de información pues esta trasmisión está relacionada con la dirección, mientras que el objetivo del pronóstico, como acabamos de señalar, es el perfeccionamiento del proceso de dirección. Limitarse sólo a los aspectos estadísticos y, en este sentido, sintácticos de la información, es también algo que ofrece muy poco para el análisis del proceso de pronosticación,[8] pues se eliminan los aspectos semánticos y pragmáticos de la información que son los más importantes para el problema de la dirección. La superación de estas deficiencias condujo a la creación de un nuevo modelo informativo de la pronosticación, el semiótico, que parte de la interrelación entre los aspectos sintácticos, semánticos y pragmáticos de la información, es decir, de la concepción del pronóstico como uno de los momentos de la dirección.[9]

En el plano informativo, la "concepción semiótica" permite concebir el pronóstico como una limitación triple de la diversidad de los caminos posibles de desarrollo. La primera etapa

en la limitación de la diversidad es la distinción, dentro del conjunto de información científica, del objeto de pronóstico, de su estructura y propiedades —de sus rasgos y su concentración, frecuencia—. La elaboración lógico-matemática de la diversidad de posibilidades obtenidas, conduce a la revelación de las tendencias de desarrollo de algunas características que derivan del estado existente de la información y de los caminos posibles de su transformación en el futuro. En esta etapa, a partir de la diversidad limitada del conjunto de la información científico-técnica y por medios puramente sintácticos, lógico-matemáticos, se realiza la búsqueda de las estructuras posibles del futuro, la ampliación de la diversidad inicial, la creación de un cuadro del porvenir multidimensional, aunque sintáctico, en lo fundamental. El cuadro sintáctico del futuro es el material que sirve de punto de partida para los siguientes pasos del pronóstico. I. V. Bestuzhev-Lada ha señalado que "la tarea fundamental de la pronosticación es la creación, en el espectro de posibilidades, de las funciones de una distribución de probabilidades que tenga en cuenta una inmensa cantidad de factores de orden objetivo y subjetivo".[10] Esta distribución de probabilidades, de diversidad de probabilidades, se realiza en el modelo examinado, resultado de la utilización de factores semánticos y pragmáticos.

La segunda limitación de la diversidad —distribución— de posibilidades durante el pronóstico se realiza mediante un criterio de contenido —semántico— es decir, por la correlación entre las tendencias de desarrollo reveladas y los caminos esperados, obtenidos por medios puramente sintácticos, y el estado real de cosas. La limitación de la diversidad sintáctica se produce en este caso gracias a que ciertas posibilidades se encuentran en contradicción con la realidad, y, lo que es más importante, con las leyes de la naturaleza, mientras que otras resultan limitadas en su desarrollo debido a la acción de factores contradictorios. En pocas palabras, la correlación inversa entre el cuadro sintáctico del futuro elaborado y la realidad misma, es decir, la revelación del contenido fáctico, también conduce a la limitación de las variantes y al estrechamiento del espectro de posibilidades.

La limitación, que surge de la reducción de las posibilidades, se produce como consecuencia de la selección de las variantes optimales del cuadro semántico del futuro con el fin de poder realizar en éste, a partir de una acción sobre el presente, la

variante más óptima. La importancia del pronóstico no radica en contemplar pasivamente las variantes posibles del futuro, sino, sobre todo, para poder planificarlo y dirigirlo por medio del presente. Sin embargo, esta elección no se produce estadísticamente, sino en dependencia de las necesidades del sujeto del pronóstico. Semejante elección es realizable, aunque por supuesto, no totalmente en la pronosticación social, pero por ahora está excluida del pronóstico de algunos procesos naturales; por ejemplo, todavía no podemos influir sobre la trayectoria de los planetas.

En lo que respecta a las vías del desarrollo de la ciencia, el criterio del valor de la información funciona como el parámetro más efectivo, pues contiene las características sintácticas y semánticas de la información científica. La limitación semiótica de la diversidad en el proceso del pronóstico no tiene necesidad de pasar por las etapas que se describieron antes, siendo suficiente tener en cuenta que el criterio fundamental es precisamente el valor de la información, su utilidad, no para un determinado hombre aislado, para el sujeto individual, sino para el sujeto colectivo, es decir, para la ciencia en su conjunto. Al distinguir como parámetro determinante el valor de la información para el pronóstico de las direcciones perspectivas del desarrollo científico-técnico, nos orientamos simultáneamente, como es de suponer, por consideraciones sintácticas y semánticas, pues la información analizada se representa en forma de un sistema de signos, sujeto a determinadas reglas fomales, y la misma debe ser comprendida; en caso contrario, sería imposible utilizarla en la pronosticación.

El esquema descrito del aspecto informativo del pronóstico explica por qué al pronosticar las direcciones científicas perspectivas se presta atención primordial al valor de la información científica[11] y no a su cantidad, redundancia, ni incluso a su sentido —aunque todo esto es necesario—. Por tal razón, puede afirmarse que los procedimientos teórico-informativos del progreso científico-técnico que se orienta hacia el valor de la información, resulta con más perspectiva que las que se apoyan exclusivamente en las propiedades sintácticas de la información: cantidad de información, redundancia, evaluación de la exactitud del pronóstico.

En lo que respecta al pronóstico de las direcciones científicas perspectivas existen algunos criterios relacionados con el valor de la información (ver el trabajo mencionado de V. V. Kosolapov). También merece atención la proposición de un

pronóstico fundamentado en la frecuencia con que se citan las publicaciones sobre problemas y direcciones científicas. En esencia, ese método de pronostic ción de las investigaciones científicas se fundamenta en el criterio del valor, de la utilidad de la información, pues, como han señalado V. V. Nalimov y Z. M. Mulchenko, "la medida de utilidad de una publicación la constituye la frecuencia con que ésta es citada. Si un trabajo es citado, ello significa que ha ejercido influencia sobre el desarrollo de la ciencia como proceso informativo".[12]

El análisis del lenguaje de las referencias bibliográficas puede utilizarse como ilustración del modelo semiótico de pronóstico citado antes. Los indicadores obtenidos sobre la frecuencia de las citas constituyen una limitación sintáctica de la diversidad, una extracción del conjunto de la información científica, pero las evaluaciones cuantitativas, como han indicado los autores antes mencionados, deben someterse siempre a un análisis complementario de contenido. Este análisis habitualmente precede a la revelación de los datos estadísticos que interesan y, a su vez, la obtención de estos últimos exige nuevamente una correlación con el estado real de cosas, un análisis semántico. Pero, en este caso, tampoco debe olvidarse que en el comienzo mismo y durante todo el transcurso de esa investigación, se plantea un determinado objetivo con lo que se valora la información obtenida, por lo que se produce también una limitación del conjunto inicial de documentos. En última instancia, como resultado del análisis semiótico de la frecuencia en la citación, se llega a la conclusión de la efectividad y utilidad del trabajo tanto de cada científico como de los colectivos. Para decirlo brevemente, en el proceso de pronóstico, tengamos conciencia de ello o no, se utilizan mancomunadamente los aspectos sintáctico, semántico y pragmático de la información y, aunque cualquiera de ellos puede pasar a un primer plano en una determinada etapa de la investigación, podrá lograr un resultado sólo a condición de su utilización conjunta, que considere su unidad esencial.

El principio de la interrelación de los aspectos semióticos de la información en la prognosis, nos obliga a trazar rigurosamente las fronteras de uno u otro método concreto de previsión del futuro. Por ejemplo, el método antes tratado del pronóstico a partir de la mención en las publicaciones de otros autores está muy lejos de ser aplicable siempre. Su esfera se ve limitada por las referencias positivas asimiladas, pues sólo

en este caso su cantidad evidencia el valor del trabajo en cuestión, es decir, el valor se expresa aquí mediante la cantidad de información —puede considerarse como unidad o "cuanto de información" una referencia positiva—. Parece ser que una definición tan simple del valor de las publicaciones a través de la cantidad de citas sobre ella suele obtener la mayor difusión en el campo de las ciencias técnicas y naturales, donde esas citas poseen un carácter positivo en su mayor parte.

En lo que respecta a las ciencias sociales, la referencia a un determinado trabajo está muy lejos de evidenciar siempre el valor de éste, en razón de las posiciones ideológicas contrarias de sus autores. Por ejemplo, sería extraño hablar de la utilidad de los trabajos de los autores norteamericanos Brezezinski o Bell tomando en cuenta la frecuencia con que se citan en nuestra literatura. Existen otras consideraciones que muestran que el "método de las citas" sólo ofrece el mayor efecto en caso de que se tome en consideración el tipo concreto de ellas.[13] A. I. Uemov ha propuesto, clasificar estas referencias en: neutralmente informativas, críticas y creadoras, donde sólo estas últimas deben ser utilizadas para la determinación del valor de la publicación comprendida e incluidas en el proceso del pronóstico del desarrollo de la corriente científica a que se refiere la publicación en cuestión. La concepción del valor de la información científica, que considera la diversidad de las citas, resulta más complicada, sobre todo, si tiene en cuenta el problema de la comprensión y recepción de la información contenida en publicaciones, momentos coyunturales, etcétera.

La idea sobre la utilización racional de los criterios valorativos de la información en la pronosticación se ve confirmada por el análisis del papel de esta en la dirección. El pronóstico, como advertimos antes, no es importante por sí mismo, sino exclusivamente como eslabón necesario en el sistema de dirección. Como demostraron ya las investigaciones de N. A. Bernstein y P. K. Anojin y las de otros autores, la dirección efectiva sólo es posible en presencia de un reflejo anticipado, del "indispensable modelo del futuro", en los seres vivos. El reflejo anticipado adquiere su forma superior en la sociedad bajo la forma de pronóstico científico, que constituye uno de los elementos de la dirección científica —óptima— de la sociedad. En nuestros días, el interés tan acusado hacia el pronóstico se ve estimulado, ante todo, por la elaboración intensiva de los problemas de la dirección, la ciencia, la técnica, la producción

y otras esferas de la actividad humana; las causas del desarrollo de las investigaciones sobre pronósticos coinciden con las del desarrollo de los problemas de la dirección.

Sin embargo, para la dirección no toda información es importante, sino precisamente la útil y valiosa, lo que permite hablar de dirección y de información útil y no del vínculo indisoluble que, en términos generales, existe entre dirección e información. La dirección efectiva sólo es posible gracias a la utilización de la información útil y al bloqueo de la nociva —aunque existe también la información neutral además de la útil y la nociva—. Debido a esto, el pronóstico solamente puede resultar auténticamente científico cuando se toman en cuenta estos tres tipos de información, como resultado inevitable del desarrollo de la ciencia y de toda la sociedad. Por ello sería muy ingenuo considerar que el resultado del progreso de la ciencia es exclusivamente el conocimiento útil y auténtico, y que su obtención no se ve acompañada de cierto tipo de desinformación, de errores, confusiones, "ruidos", o que estos factores no ejercen ninguna influencia.

La consideración del valor de la información científica, de la magnitud y el signo, evidencia también la insuficiencia del examen de la pronosticación a nivel de la teoría moderna de la comunicación. Para que el pronóstico no pierda su especificidad debe formar parte de un sistema de mayor contenido, o sea, el sistema de dirección, donde los procesos comunicativos son necesarios, aunque insuficientes, para explicar la esencia del desarrollo de la ciencia como sistema informativo. Gracias a la unidad de la dirección, el pronóstico y el valor de la información, los correspondientes modelos informativos de previsión del futuro deben poseer un carácter semiótico-cibernético y un sentido científico general. Como vemos, el examen del aspecto informativo-semiótico de la pronosticación permite contemplarla como un tipo especial de los procesos informativos generales de la actividad científica.

La concepción del pronóstico, como proceso informativo especial, hace surgir la interrogante de cómo esta comprensión se vincula a la interpretación de la información en la teoría del reflejo de la filosofía marxista. Algunos autores consideran que el pronóstico no puede ser examinado como reflejo, en particular, como reflejo anticipado. Afirman que en la pronosticación no existe objeto del reflejo, pues éste surgirá en el futuro, por tanto el sujeto —el predictor— no puede interactuar con él. Sin embargo, tal opinión es errónea, pues con-

sidera que el objeto de conocimiento es exclusivamente el objeto material que existe en el presente. Pero, también pueden ser objeto del conocimiento sucesos que existieron en el pasado —la historia los estudia—, y fenómenos que aparecerán en el futuro; además, objeto de conocimiento, pueden ser tanto los objetos materiales como ideales: pensamientos, sentimientos, actos volitivos y muchos otros.

Es por ello que la pronosticación, en nuestra opinión, es reflejo, aunque reflejo de nuestros conocimientos sobre el desarrollo futuro de uno u otro objeto, es decir, un reflejo peculiar de nuestros conocimientos sobre el futuro, en el cual están entrelazados los componentes objetivos y subjetivos. Debido a que estos componentes subjetivos —los cuales no siempre son adecuados— y objetivos están vinculados en el pronóstico-reflejo, y al igual que sucede al analizar otro conocimiento, surge el problema de la reproducción del objeto de pronóstico en el conocimiento.

Si hablamos del objeto del pronóstico en un momento dado, el mismo existe, aunque no es un objeto real y objetivo, empírico, sino casi siempre un objeto ideal teórico, el modelo del objeto real objetivo futuro. En este sentido, la pronosticación se nos presenta como forma particular de la modelación —en el amplio sentido de la palabra—, pues la información sobre el objeto futuro se obtiene como resultado de la investigación, no del propio objeto —por principio, esto es imposible—, sino en su modelo ideal de pronóstico. Por ello carece de sentido la afirmación de que el pronóstico no tiene un objeto de reflejo de existencia real ya que se trata de un objeto ideal y no real objetivo. En este sentido la previsión aparece como una forma especial de reflejo del reflejo.

La interpretación del pronóstico basada en el concepto de información se apoya en la comprensión de ésta como aspecto del reflejo, en este caso, reflejo del reflejo. Por tanto, el enfoque del pronóstico como modelación informativa corresponde tanto a las proposiciones filosóficas como a las científicas especiales. Semejante enfoque es muy efectivo en la investigación de la ciencia que la considera como un sistema dinámico complejo que recibe, trasmite y procesa información, con el fin de incrementarla y utilizarla en la producción y otras esferas de la actividad del hombre, y optimizar así la dirección de éstas. El carácter científico general de la prognosis y sus métodos se deriva, en este caso, de lo científico general del enfoque informativo y la modelación.

Desde el punto de vista informativo, los tipos principales de pronóstico: normativo y prospectivo, pueden ser concebidos en calidad de información sobre el futuro, diferenciados por el carácter de las tareas, de los objetivos que se plantean al utilizarlos en la dirección. El momento directivo se expresa con mayor calidad en la pronosticación normativa, la cual parte de los objetivos, necesidades y el valor de la información científica. Aquí el pronóstico está dado, fijado en forma de objetivo, y se buscan las vías de su realización óptima, de la organización de la actividad para su ejecución. En el sistema de dirección se introduce entonces la información sobre el futuro, la cual se considera auténtica, es decir, que el pronóstico puede realizarla; esta información constituye la causa informativa principal que implica un determinado conjunto de decisiones directivas que optimizan la realización del pronóstico.

Si el pronóstico normativo y el objetivo de la dirección coinciden, en el caso del pronóstico prospectivo, el vínculo con la dirección resulta menos rígido, aunque no en el sentido de que el pronóstico no influya sobre la dirección. El pronóstico prospectivo no revela en calidad de norma una posibilidad única, sino a un espectro de ellas, tanto en relación con los objetivos y necesidades del sistema de dirección, como, relativamente, independientemente de ellos. Este alejamiento de los fines de la dirección no significa que la pronosticación prospectiva constituya una información sobre el futuro que no se utiliza en la dirección. El amplio espectro de variantes del pronóstico permite elegir con mayor adecuación la decisión directiva que más corresponde, por un lado, a los objetivos y necesidades del sistema de dirección y, por otro, a las leyes del objeto de ella.

De lo expuesto resulta claro que el pronóstico prospectivo debe preceder, en la mayoría de los casos, al normativo, por cuanto este último constituye un resumen de la previsión indagadora, una determinada elección de la decisión directiva. Pero, por otro lado, los pronósticos prospectivos se aceptan cuando existe una determinada necesidad de ellos y contribuyen a la realización de determinados fines, es decir, que existe ya un pronóstico normativo, aunque sea insuficiente. De lo dicho se desprende que la combinación de los pronósticos prospectivos y normativos es el medio complejo más efectivo de pronosticación y de su utilización en la dirección, es decir, en la elección de decisiones óptimas.

3. Algunos problemas metodológicos del pronóstico de la ciencia

La ciençia moderna se caracteriza por desarrollarse en estrecha unión con la técnica y la producción; es éste uno de los rasgos más característicos de la revolución científico-técnica que tiene lugar en la actualidad. En la literatura se habla con frecuencia de que la brecha temporal entre un descubrimiento científico y su introducción se ha reducido considerablemente en relación con el pasado y es en la actualidad de 10-15 años, como promedio. Al mismo tiempo, no debe perderse de vista que esto no es más que la manifestación de la tendencia general de vinculación de la ciencia con la producción: la producción plantea, en medida creciente y con mayor rapidez, nuevas tareas a la ciencia y, a su vez, introduce los descubrimientos científicos en mayor escala y durante períodos más cortos, o sea, la ciencia se convierte cada vez más en una fuerza productiva directa.

El proceso intensivo y complejo de unión de la ciencia con la producción y otras esferas de la práctica social es la causa fundamental que engendró el tempestuoso desarrollo de la pronosticación científico-técnica. El papel del pronóstico de desarrollo de la ciencia se hace cada vez más responsable de la realización de tareas de combinación orgánica de las conquistas de la revolución científico-técnica con las ventajas del sistema de la economía socialista.

Debido a que la ciencia se convierte cada vez más en una fuerza productiva directa, su pronóstico contribuye a dirigir con efectividad no sólo a la propia ciencia, sino la producción y otras ramas de la actividad vital del hombre. Entre el extenso conjunto de problemas relacionados con ese pronóstico, en nuestro trabajo examinaremos aquellos que están relacionados con el pronóstico del crecimiento de la información científica de toda la ciencia en su conjunto, así como algunas cuestiones metodológicas de las investigaciones de pronósticos en el campo de las ciencias fundamentales.

Es bien conocida la opinión del norteamericano D. Price, expresada en trabajos sobre la investigación de la ciencia y la informática, que afirma que en el transcurso de 30 a 50 años se producirá una reclinación del exponente de la acumulación de información científica en la curva logística.[14] En lo que se refiere a algunos componentes de la actividad científica es-

tamos de acuerdo con esta opinión, tal es el caso de las asignaciones y el aumento del número de científicos donde se puede prever una disminución de los ritmos de crecimiento, ya que los actuales, a comienzos del próximo siglo, toda la población del globo terráqueo tendría que convertirse en científicos, mientras que el volumen de las asignaciones alcanzaría el del ingreso nacional global.

Sin embargo, la conclusión, por analogía, sobre la posibilidad de un retardo en relación con lo expuesto y de una disminución de la información producida en la esfera de la ciencia, no nos parece correcta. Si en el caso de los trabajadores científicos y gastos monetarios pueden indicarse límites superiores imposibles de superar, no puede hacerse lo mismo con el tope superior de la cantidad de información científica.

La conclusión acerca de la posible reducción de los ritmos de acumulación de información científica se ha hecho teniendo en cuenta su dependencia con la magnitud de las asignaciones y del número de científicos. Pero estas dependencias, expresadas en el nivel de las leyes estadísticas y empíricas, no ofrecen basamentos para que sean extrapoladas a un futuro, de algunas decenas de años. Semejantes leyes sólo tienen en cuenta factores cuantitativos —ocupación y financiamiento—, pero no incluyen la acción de los factores cualitativos, en particular, la influencia de la revolución científico-técnica sobre el hombre, el equipamiento técnico de las ciencias, el perfeccionamiento de las relaciones sociales. Además, es preciso considerar que a diferencia de las leyes físicas, cuya acción es invariante en el tiempo, las leyes sociales investigadas actúan sólo bajo determinados intervalos de tiempo, históricamente transitorios, que van desde un salto cualitativo en el desarrollo a otro. Precisamente, en los próximos cincuenta años se vislumbra un salto semejante, pues el crecimiento puramente cuantitativo de la ciencia para este tiempo debe complementarse sustancialmente por modificaciones cualitativas. Todo nos habla de que sobre el ulterior desarrollo de la ciencia y la acumulación de información científica habrán de influir tanto factores extensivos como, fundamentalmente, intensivos.

Por último, debe señalarse que no se puede juzgar sobre las perspectivas del crecimiento cuantitativo de la información científica partiendo únicamente del número de publicaciones. Se trata de que las publicaciones, en tanto que forma de fijación del producto del trabajo científico, poseen ciertas imperfecciones, no satisfacen a los científicos y en el futuro no está excluida una modificación del portador material de los resul-

tados de la actividad científica. Por ello estamos de acuerdo con la opinión de que a cada forma —portador material— de fijación de información científica corresponde un determinado exponente.

Debido a lo expuesto, y a otras consideraciones ya aparecidas en la literatura científica, podemos solidarizarnos con la conclusión de Price acerca del tránsito posible a una curva logística de los indicadores cuantitativos del aumento del número de científicos y asignaciones, aunque no estamos de acuerdo con la derivación de esa conclusión que afirma que esta situación determina el paso de la ciencia, en su conjunto, a un período de madurez caracterizado por el desarrollo logístico de todos los parámetros, incluyendo el de la cantidad de información científica. Por ejemplo, la cantidad de publicaciones puede decrecer y pasar también a una curva logística, aunque semejante disminución puede ser una consecuencia de la reducción de redundancias. La cantidad de nueva información científica al igual que antes, puede aumentar de exponente bajo la forma de publicaciones u otros medios.

El crecimiento de la cantidad de información es una importante característica del desarrollo de la ciencia. En este caso, al igual que sucede con muchos otros procesos, es aplicable el criterio informativo del desarrollo. Mientras más información científica se acumule, más perfecto se considera el sistema en desarrollo, en particular, la ciencia. Sin embargo, esa información no es sólo la producida, sino la utilizada por la sociedad. Por ello, el criterio del desarrollo del conjunto de la ciencia no es tanto el fenómeno de la "explosión" informativa, como el logro de la liquidación de la crisis informativa. Por tanto, el criterio informativo del desarrollo de la ciencia es únicamente la cantidad de información científica utilizada.

En resumen, de las dos posibilidades imaginables de acumulación de información científica —la exponencial y la logística— no parece más real la primera de ellas. Su realización presupone un desarrollo posterior ilimitado de la ciencia y por ello, una utilización ilimitada de las conquistas de la ciencia en la producción material y en otras esferas prácticas. La ciencia no es el punto estrecho capaz de orientar todo el desarrollo de la sociedad por un camino logístico o provocar, incluso, un estado de estancamiento.

Un pronóstico tan general de acumulación de información científica influye sobre otros más particulares, aunque no presupone tomar en consideración la influencia de los factores informativos autolimitantes en los pronósticos a largo plazo.

Al hablar del pronóstico de la ciencia en su conjunto debe prestarse especial atención a la pronosticación en el campo de las ciencias fundamentales, pues es bien conocido que el progreso científico-técnico se apoya en las investigaciones fundamentales, depende de ellas, sobre todo en las condiciones de la revolución científico-técnica contemporánea, de la introducción cada vez más completa y extensa de nuevas ideas y descubrimientos científicos en la producción y en otros campos de la práctica social.

El problema del pronóstico del desarrollo de las investigaciones fundamentales, posee una gran significación para el examen del *status* científico general del problema de la pronosticación y de sus métodos científicos generales: en la actualidad, los métodos de pronóstico más desarrollados y difundidos son los de la ciencia aplicada. En lo que respecta a la ciencia fundamental, existe incluso la opinión de algunos prestigiosos científicos, como es el caso del presidente de la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos, F. Hendler, que opina que "los descubrimientos de la ciencia y su aplicación son impredecibles".[15]

El concepto "ciencias fundamentales" se utiliza, por lo menos, con tres sentidos diferentes.[16] En los últimos tiempos, el concepto más utilizado es el que concibe las ciencias fundamentales como conocimiento teórico que descubre las leyes básicas de la naturaleza, la sociedad y el pensamiento. En este sentido, lo fundamental del conocimiento teórico se manifiesta como conocimiento científico aplicado, que se ocupa de la ejecución práctica de las más importantes ideas teóricas. Según este punto de vista no sólo las ciencias naturales, sino, también, las humanístico-sociales son fundamentales, en el sentido de que revelan las leyes fundamentales del desarrollo social; por ejemplo, la economía política es una ciencia fundamental, mientras que las distintas secciones de la economía concreta se consideran como ciencia aplicada. Son fundamentales las investigaciones técnicas que descubren las nuevas leyes y caminos del desarrollo de la técnica.

El pronóstico del desarrollo de las investigaciones científicas fundamentales posee una serie de particularidades que se desprenden de la esencia de estas ciencias. Enumeraremos algunas de ellas. Ante todo, debe tenerse presente que las ciencias fundamentales se ocupan de la obtención de un nuevo conocimiento purificado al máximo de momentos subjetivos —en los aspectos gnoseológicos y aplicados—, es decir, suministran a la esfera del conocimiento humano nuevas e impor-

tantes verdades objetivas. Podemos decir de manera esquemática que las ciencias fundamentales conocen el mundo tal cual es, el mundo no influido por el sujeto. Debido a que los factores pragmáticos y normativos son aquí de menos peso que en otros campos científicos, es claro que el pronóstico de las investigaciones científicas fundamentales es, sobre todo, un pronóstico prospectivo.

Por otro lado, el conocimiento científico fundamental resulta indeterminado en grado sumo, lo que origina la opinión sobre la imposibilidad de pronosticar los descubrimientos científicos. Al mismo tiempo, otros pronosticadores defienden la idea de que los expertos, es decir, especialistas altamente calificados, pueden predecir los descubrimientos con muchos años de anticipación.

Aunque en la literatura se expresa con frecuencia la opinión de que pronosticar un descubrimiento científico equivale a realizarlo, no estamos de acuerdo con la misma. Puede indicarse la posibilidad de uno u otro descubrimiento como resultado de la solución de problemas científicos que ya enfrenta la ciencia, aunque se desconocen los caminos mismos y los mecanismos del descubrimiento en cuestión.

Aunque el pronóstico es la superación de la incertidumbre del sujeto de conocimiento, en el campo de las ciencias fundamentales, resulta imposible eliminarla plenamente, pues en caso contrario sostendríamos el punto de vista del carácter necesario del descubrimiento científico y no consideraríamos el aspecto casual, que se encuentra en relación dialéctica con la necesidad.[17] Por tal razón, en el campo de las ciencias fundamentales se le presta atención especial, no al pronóstico de los descubrimientos mismos —que pueden ser casuales—, sino a la predicción de las direcciones generales del movimiento del conocimiento científico fundamental, las cuales influyen sobre la toma de directivas, la organización de las investigaciones científicas, es decir, sobre su equipamiento técnico, distribución de las asignaciones, de los científicos, el tiempo.

Puede señalarse otra peculiaridad del pronóstico de las investigaciones científicas fundamentales que la diferencia del de las aplicadas, y sobre todo de las relativas a la producción. Si las investigaciones científicas aplicadas —y las elaboraciones experimental-constructivas— estuvieran insertas entre la producción y las investigaciones fundamentales, éstas últimas sólo tendrían fronteras con las aplicadas. Por ello, si el pronóstico de las aplicadas está orientado, por una parte hacia las necesidades de la producción y, por otra, son una apli-

cación de los conocimientos de la ciencia fundamental, no sucede así con la definición de las perspectivas de desarrollo de la física, la química, la astronomía, la biología y otras ciencias naturales y sociales fundamentales. En este caso, desempeñan un papel sólo las necesidades delas investigaciones científicas aplicadas, aunque este camino está muy lejos de ser el único, e incluso, no es el principal para determinar las orientaciones futuras del progreso de las ciencias fundamentales. Es bien conocido que la ciencia y, sobre todo, sus ramas fundamentales, poseen su propia lógica de desarrollo, por lo que cualquier componente de los pronósticos de la ciencia está relacionado con este autodesarrollo. Por último, la interrelación entre teoría y experimento desempeña un papel posiblemente decisivo en la etapa actual de las ciencias fundamentales naturales. La obtención de datos teóricos, en medida cada vez mayor, depende de los medios técnicos del conocimiento, del equipamiento matérial de la ciencia, casi tanto como la dependencia en que se encuentra la producción moderna del desarrollo de los medios de trabajo. Por tal razón, los factores señalados deben considerarse en el pronóstico de las investigaciones fundamentales, y de hecho se hace.

Como norma, el producto del trabajo de un científico que realiza investigaciones fundamentales no es una mercancía, incluso en el mundo capitalista, y por ello los aspectos económicos de la obtención y el pensamiento ulterior de este tipo de conocimiento científico se diferencia de las mercancías sustanciales habituales —en lo fundamental, productos de las investigaciones aplicadas— por su forma económica. Es por esta razón, que en su aspecto económico el pronóstico de las investigaciones fundamentales persigue el objetivo de seleccionar la estrategia óptima de conducción de las investigaciones teóricas y experimentales, lo que equivale a obtener el máximo de informaciones valiosas con gastos mínimos. Esto no quiere decir que la información obtenida produjo un determinado efecto económico. Esto es imposible de predecir en la etapa actual del pronóstico y la economía de la ciencia, e incluso hay quienes afirman que por principio ello es imposible debido a la elevada indeterminación inherente a la información, en el campo de las ciencias fundamentales. Luego, las evaluaciones y criterios económicos tradicionales de la efectividad, resultan habitualmente ineficaces para valorar la utilidad de las investigaciones científicas fundamentales.

Todas las particularidades indicadas del pronóstico y lo específico de la forma económica de conducir las investigaciones

fundamentales llevó a que entraran en la esfera de las investigaciones pronosticadoras después que las elaboraciones experimental-constructivas y los estudios científicos relacionados con la producción.

4. Principales métodos científicos generales del pronóstico

A continuación examinaremos algunos métodos de pronóstico del desarrollo científico que adquieren o poseen un carácter científico general. Comenzaremos nuestro examen con aquellos métodos que han sido denominados científicos generales universales. Es fácil ver que estos métodos son aplicables a la pronosticación por los métodos de la matemática, la modelación, el enfoque sistémico. Aquí reside uno de los aspectos de sus interrelaciones: un método de investigación puede ser utilizado en otros medios científicos generales del conocimiento.

El análisis sistémico

Para pronosticar el desarrollo de la ciencia y de sus ramas se utiliza el análisis sistémico-estructural. El pronóstico que aplica el análisis sistémico-estructural o sus modificaciones, por ejemplo, el análisis morfológico, consiste en que toda la ciencia es contemplada como un sistema complejo, compuesto de todo un conjunto de subsistemas: por la física, la química, la astronomía, la biología, la matemática. Cada uno de estos subsistemas puede ser examinado por separado como un determinado sistema que se desmembra en subsistemas más pequeños, y así sucesivamente. Para predecir el desarrollo de cualquier campo científico se construye la estructura y la matriz del desarrollo y después se eligen y ordenan en el tiempo las variantes posibles del desarrollo de la disciplina examinada. Por ejemplo, el análisis sistémico-estructural se utilizó en el pronóstico de desarrollo de la astronomía, donde se tomó en cuenta el progreso de sus distintas direcciones, y se confeccionó además el programa para la conducción de investigaciones astronómicas y experimentos cósmicos.

En una primera etapa, el grupo de astrónomos creó un modelo investigativo apoyado en el enfoque sistémico-estructural. Todo el campo de esa ciencia fue dividido en subcampos en conformidad con las clases de objetos estudiados —el sol, los planetas, las estrellas, etcétera—. Después, en cada subcampo, se separaron aquellos fenómenos y procesos que tenían interés para el estudio y, en la siguiente etapa, se elaboró un programa de observaciones.

El modelo para la realización de las observaciones adquirió estructura jerárquica, en la cual toda la astronomía fue dividida en astronomía de los planetas, del sol y de las estrellas; después cada uno de estos campos se dividió en subcampos, y así sucesivamente.

La estructura obtenida de esta forma refleja las concepciones modernas de la astronomía sobre el universo y dependen mucho de las ideas que tienen los astrónomos participantes en la elaboración de este modelo.

La expresión esquemática de una u otra disciplina científica, la astronomía en este caso, ofrece la posibilidad de mostrar la estructura del objeto de investigación, aunque aquí están ausentes los criterios valorativos que se tuvieron en cuenta para establecer las prioridades al realizarse las investigaciones. La siguiente etapa en la elaboración de la estrategia fue la definición de los fines de la investigación, para lo cual se utilizó el procedimiento de encuesta entre un grupo de astrónomos. Después de conciliar todas las opiniones se escogieron diez problemas, considerados como los más actuales. En forma general se formularon los siguientes campos investigativos: 1) sistema solar; 2) galaxias; 3) origen de los rayos cósmicos; 4) surgimiento de las fuentes de radiación; 5) naturaleza de los objetos extragalácticos; 6) naturaleza de las fuentes de rayos X; 7) región ultravioleta de radiación; 8) fuentes de radiaciones *gamma;* 9) surgimiento y desarrollo de cuasares; 10) naturaleza del espacio interestelar.

En la siguiente etapa de trabajo surgió la necesidad de definir el programa de experimentos y precisión de los instrumentos para realizar las investigaciones. Fue utilizado entonces el método del análisis morfológico: confección de matriz.

De acuerdo con la división de la disciplina en subcampos, en las columnas de la tabla se anotaron los objetos astronómicos —planetas, sol, estrellas, galaxias— sometidos a estudio. La tabla se dividió horizontalmente en los campos del espectro de las radiaciones electromagnéticas —rayos *gamma,* X, ultra-

violetas, visibles—. En cada célula de la tabla se introdujeron los parámetros fundamentales de los instrumentos con que se observaría cada objeto astronómico.

Por tanto, cada célula de la matriz ofreció una representación de la serie de observaciones y mediciones realizadas. Después de un examen minucioso de la tabla fue posible eliminar aquellas observaciones que se podían realizar exitosamente en nuestro planeta.

Además, utilizando las tablas se pudieron señalar los experimentos que no tenían valor científico. La utilización de las matrices permitió establecer los experimentos irrealizables, desde un punto de vista técnico. Ese fue el caso, por ejemplo, de la medición de la energía de radiación de las galaxias alejadas, en el campo de las ondas de radio largas, con ayuda de un telescopio con gran poder de separación angular.

Este método de planificación de las investigaciones perspectivas brindó la posibilidad de revelar numerosas variantes de experimentos y las condiciones de su realización. No obstante, en esta etapa de trabajo, gran número de experimentos posibles no se encontraba lógicamente interrelacionado con los problemas actuales de la astronomía moderna.

Para superar esa deficiencia se elaboró un modelo de redes de la astronomía en forma de árbol, compuesto de dos ramas: la teórica y la experimental. La rama teórica fue representada con una cadena lógica de ideas e hipótesis que se modificaba en dependencia de la revisión y precisión de las ideas a medida que se recibían nuevos conocimientos, obtenidos como resultado de las observaciones experimentales.

La rama experimental estaba compuesta de las cadenas de observaciones y experiencias astronómicas que debían realizarse en el futuro. Los distintos elementos de estas ramas, lógicamente vinculadas entre sí, permitieron considerar los nuevos datos experimentales, a veces inesperados, dentro de la rama teórica y, caso de ser necesario, pudieron ser realizados experimentos adicionales.

Este intento por pronosticar las investigaciones científicas por medio de la elaboración de un árbol de importancia relativa ha sido valorado positivamente por los pronosticadores y, como suponen sus mismos autores, no sólo puede ser aplicado al campo de la astronomía y las investigaciones cósmicas, a las cuales estaba destinado, sino también en otros campos científicos como la biología, la oceanología u otros.

El desarrollo de las investigaciones científicas puede pronosticarse en base al método estructural informativo obtenido como resultado de una nueva interpretación del aparato formal utilizado en las teorías estadísticas y semánticas de la información. Su esencia consiste en mostrar una determinada composición estructural formal del objeto pronosticado (supondremos que está formado por m componentes); después se buscan sus combinaciones posibles respecto a la posesión de los rasgos n. Se obtienen m^n combinaciones. Por ejemplo, para tres componentes de la estructura del objeto de pronóstico, en relación con dos rasgos que pudieran poseer, se pueden crear sólo $3^2 = 9$ combinaciones; para cuatro, $4^2 = 16$, etcétera, interpretadas como determinadas direcciones de desarrollo de las investigaciones científicas.

Ese método fue propuesto, ante todo, para el pronóstico de las direcciones de cosmización de la ciencia[19] y también para detectar las tendencias de constitución de la ciencia como una fuerza productiva directa.[20] Dicho método es, al igual que el propuesto por Gordon y Raffensberger, una de las variedades del análisis morfológico de los mundos futuros o posibles; permite mostrar tanto las líneas existentes como las no existentes de las investigaciones científicas fundamentales. Estas direcciones elaboradas por medios puramente formales exigen obligatoriamente un examen de contenido, pues, como en otras variantes del análisis morfológico, aquí aparecen combinaciones inconcebibles e incluso internamente contradictorias, que contradicen, por ejemplo, las leyes de la naturaleza. Por ello, a partir del espectro de las variantes formalmente posibles se lleva a cabo una selección, en el nivel del análisis de contenido, de aquéllas que tienen posibilidades de realización.

La siguiente etapa del pronóstico prospectivo de las investigaciones científicas incorpora, además del análisis semántico y axiológico, el pragmático; la elección de las variantes realmente posibles, más útiles en una determinada relación. Sin embargo, esta relación y los criterios de elección son demasiado indefinidos, lo que no permite elegir unívocamente una orientación, o aunque sea un número pequeño de ellas —no se excluye que la elección sea hecha en detrimento de las más importantes—, para la ulterior búsqueda científica.[21] Semejante elección se realiza, como regla, a partir de ciertos criterios tradicionales de concepciones y paradigmas antes justificados, por tanto transcurre en condiciones de incertidumbre.

Es imposible, por principio, eliminar la incertidumbre en el pronóstico de cualesquiera investigaciones científicas y de su planificación, y la misma es mucho más elevada que en la esfera de la producción. De todas formas, una parte de esta incertidumbre disminuye considerablemente como resultado del pronóstico, lo que permite adoptar decisiones mucho más fundamentadas para dirigir el desarrollo de la ciencia.

Modelación matemática del pronóstico

Otro método científico general ampliamente utilizado en la pronosticación es la modelación matemática, donde la evaluación y descripción del desarrollo futuro de la ciencia se apoya en la elaboración de series dinámicas estadísticas que describen la tendencia del desarrollo de uno u otro componente de la actividad científica. Los métodos de la modelación matemática se utilizan para pronosticar la modificación de los indicadores cuantitativos de la ciencia y están basados en la selección y elaboración estadística de las series dinámicas de los indicadores analizados, de la revelación de las leyes estadísticas y de la extrapolación en perspectiva de las tendencias detectadas.

Estos métodos se utilizan ampliamente en el pronóstico económico de la ciencia y pueden aplicarse para pronosticar el desarrollo en cada campo específico de ella. Componentes del potencial científico tales como los gastos de la ciencia, la cantidad de trabajadores científicos, las inversiones para el equipamiento informativo y técnico-material de la ciencia y también el crecimiento de la masa de información científico-técnica pueden investigarse en su dinámica y pronosticarse en perspectiva, tanto para la ciencia en su conjunto, como para sus diferentes ramas.

La tarea de la modelación matemática de los diferentes indicadores de la actividad científica consiste en elegir aquella función, aquel análogo matemático del proceso de modificación del parámetro científico investigado, que corresponde con mayor precisión a las modificaciones de este parámetro en el pasado —de las que se tienen datos estadísticos— y asegure una descripción aceptable del desarrollo futuro.

El método gráfico de la extrapolación de las tendencias es un método de pronóstico de una serie de indicadores cuantitativos de la ciencia, el cual se aplica ampliamente. La esencia de este método se reduce al estudio de la dinámica de los dis-

tintos parámetros de la ciencia, como regla, sin relación con otros, para un período de tiempo pasado y la definición de la importancia de esos parámetros en el momento de tiempo futuro que interesa.

Este enfoque del estudio de la ciencia, desde el ángulo visual de los indicadores cuantitativos, fue primeramente examinado por D. S. Price,[22] y se convirtió después en una de las secciones de cienciometría. El objeto de este estudio de la cienciometría es el análisis cuantitativo de los vínculos científicos, el crecimiento de la información científica y la orientación de los flujos informativos y de su estructura. Por reflejar la lógica del desarrollo de la ciencia, el sistema de esos vínculos permite crear un modelo matemático del movimiento hacia el nuevo conocimiento, y examinar los fenómenos concretos de distribución de los esfuerzos científicos y de la táctica para la solución de los problemas de la ciencia.

Price intentó estudiar cuantitativamente los flujos informativos. Aplicó métodos cuantitativos al análisis de toda la suma de resúmenes aparecidos en la revista *Physical Abstracts* desde el año 1900 a 1956. Investigaciones similares se llevaron a cabo, además de en la física, en la química en la revista *Chemical Abstracts*, y en la biología en *Biological Abstracts*, así como con otras disciplinas. El análisis del aumento de las publicaciones sobre estas materias permitió hacer conclusiones sobre los ritmos de desarrollo de los campos de la ciencia investigados y aplicar sus resultados en el pronóstico. La comparación de los ritmos de aumento de las publicaciones en ciertas direcciones de una misma disciplina, permite juzgar sobre el grado de intensidad de desarrollo de este campo científico tanto en el presente como en el futuro.

Además, la elevada rapidez del crecimiento de las publicaciones en una dirección científica evidencia frecuentemente la actualidad de la misma y permite prever intensos ritmos de desarrollo de la misma en el futuro, mientras que la disminución de esos ritmos habla de una pérdida del interés hacia la temática en cuestión.

El análisis estadístico realizado por el índice de las citas científicas del *Science Cittation Index*, propuesto por Garfield, permite seguir en el tiempo el desarrollo de determinadas direcciones, el comienzo de la publicación de ideas científicas, la tendencia de su elaboración, así como la geografía de los centros y organizaciones científicas donde se lleva a cabo.

Por ejemplo, el análisis de las curvas de citación de los trabajos de biología[23] confirmó que en el 1953 se produjo un importante descubrimiento científico, apareció una publicación que provocó muchas citas de la misma. Dicho trabajo estaba consagrado a la teoría de la organización del ácido desoxiribonucleico. Como sabemos, la elaboración de los problemas de la genética fue una de las direcciones fundamentales en la biología, durante los años 1950-1960 y sigue siendo muy actual hoy.

Por tanto, el análisis estadístico de las masas de información científica, por ejemplo, de citas bibliográficas, permite comprender la dinámica de diferentes orientaciones científicas, mientras que la extrapolación de las tendencias a corto plazo permite pronosticar la intensidad del desarrollo de estas direcciones científicas.

Una idea más completa de las modificaciones de cualquier indicador de la ciencia puede darla la combinación de modelos matemáticos que se complementan mutuamente y tienen en cuenta una serie de factores que influyen sobre la modificación del parámetro examinado, en el tiempo. La utilización de combinaciones de modelos matemáticos eleva la precisión del pronóstico, aunque ofrece distintas variantes evaluativas —máxima, mínima y media—, resulta insuficiente para obtener datos de pronóstico satisfactorios, ya que para lograr un modelo de comportamiento de cualquier indicador en el futuro, es necesario tener en cuenta factores tales, que puedan examinarse en relación al parámetro investigado, como condiciones.

Por ejemplo, para pronosticar un indicador del desarrollo de la ciencia como es la cantidad de cuadros científicos en el país, es necesario examinar todo el sistema ciencia como parte de un sistema más complejo: sociedad. Al pronosticar esa cantidad se supone que sobre su modificación influirán las tendencias generales de la política científica del Estado, las tendencias en el campo de la estructura y las dimensiones de los gastos en investigaciones científicas, las tendencias de los procesos demográficos y muchos otros factores. De todas estas causas dependerá el número global de la población activa del país en el futuro, así como la distribución de los recursos laborales en todas las esferas básicas de la producción social: en la ciencia, la producción material y las esferas de servicios.

Métodos de modelación que utilizan analogías

Estos métodos apelan a los de la modelación matemática, pues su esencia consiste en la elección de una función matemática que describa el curso de cualquier proceso, aunque la elección del análogo matemático se hace sobre la suposición de que el carácter de los fenómenos y procesos sociales puede ser igual al de los procesos biológicos o físicos. Por ejemplo, para describir los procesos de aumento de las publicaciones científico-técnicas pueden utilizarse los modelos del crecimiento de la drosofilia en un matraz o de las células de levadura en un medio nutriente.

La idea de que la ciencia se puede examinar como un sistema informativo complejo condujo a la elaboración de modelos matemáticos de la misma que permitieron describir los procesos que tienen lugar en ella, estudiar las redes de las relaciones informativas y su distribución cuantitativa. Como ejemplo, podemos tomar el modelo informativo de Hartman. Este modelo, utiliza una analogía física: la ciencia se representa en forma de un gas en el cual se encuentran en movimiento dos tipos de moléculas que son portadoras de la información científica: las moléculas-científicos y las moléculas-información.[24] Según la opinión de los creadores de este modelo, la velocidad de las moléculas-científicos es inferior a la de las moléculas-información. Hay que suponer que la acumulación de información transcurre en forma directamente proporcional a la cantidad de información ya acumulada, es decir, dI $(dt = kI)$. Esta proporción es válida en el caso de una interacción ideal entre todos los investigadores y todas las fuentes de información. Semejante modelo informativo tiene más interés teórico que práctico, ya que no permite abordar el pronóstico del desarrollo de los descubrimientos teóricos, sobre todo en el campo de las ciencias fundamentales. Los métodos de la modelación matemática con utilización de extrapolación de las tendencias, o de la analogía, permiten pronosticar las modificaciones futuras de los indicadores cuantitativos del potencial científico y describir algunos procesos que tienen lugar en la ciencia, aunque son claramente insuficientes para pronosticar las modificaciones cualitativas de la misma y predecir, por ejemplo, los futuros descubrimientos científicos.

Métodos heurísticos

Se utilizan para pronosticar las modificaciones cualitativas de la ciencia allí donde está limitada la esfera de aplicación de los métodos lógico-formales. El método heurístico de pronóstico más simple es la utilización de las apreciaciones del especialista sobre el desarrollo futuro de la ciencia o sobre los posibles descubrimientos futuros para confeccionar un pronóstico. Son más complicados los diferentes procedimientos de pronósticos fundados en la selección y elaboración de las opiniones de diferentes especialistas.

Estos procedimientos se reducen a la revelación de la opinión intuitiva de los especialistas que poseen considerables conocimientos en el campo en cuestión y a la sistematización de sus juicios. Las manifestaciones de los especialistas en las páginas de la prensa, la lista de opiniones sistematizadas de grupos de expertos, y los distintos informes, constituyen pronósticos. La encuesta de los especialistas puede ser abierta —discusión—, o cerrada, cuando las respuestas a las preguntas se ofrecen por escrito —método Délfico.

Se ha establecido que en el curso de las discusiones la forma negativa, abruptamente crítica, de las intervenciones, aplasta con frecuencia las nuevas ideas, produce un intento por evadir los errores de la crítica y conduce a que se renuncie a la emisión de nuevas ideas de interés cuando no existe suficiente convicción sobre su justeza.

Con el fin de obtener la cantidad máxima de información posible y eliminar estos fenómenos negativos han sido elaborados métodos para generar una gran cantidad de ideas y estimular su formulación por las personas que, como norma, se abstienen de intervenir. Las primeras experiencias de generación de ideas se realizaron durante los años cuarenta y recibieron el nombre de "ataque cerebral".

Un intento por evitar los factores psicológicos negativos al emitir un juicio intuitivo es el método de encuesta escrita a un grupo de expertos. La conciliación de las opiniones de varios expertos es alcanzada mediante la conducción de distintas encuestas seguidas y la elaboración estadística de los resultados de ellas.

Al experto se le propone una determinada hipótesis pronosticadora *(N)* y él participa en la elección de sus rasgos *(E)*, caracterizadores de la hipótesis. Basado en estos rasgos determina la probabilidad de la hipótesis en cuestión *P (N/E)*, lo que constituye la medida de veracidad de *N* en base a la veracidad *E* formulada por los expertos. Este método, llamado Délfico, fue elaborado hace más de veinte años y, en la actualidad, se aplica ampliamente para revelar las opiniones de los especialistas en uno u otro campo de la ciencia.

A partir de la encuesta a los expertos por medio del método Délfico fueron obtenidos pronósticos de desarrollo de las principales direcciones científicas y se predijeron los más importantes descubrimientos que se producirán en la ciencia a fines del siglo XX y comienzos del XXI. Los expertos señalaron las cincuenta direcciones más importantes de la búsqueda científica futura y los intervalos temporales de la realización de los descubrimientos científicos y de la solución de problemas actuales de la ciencia. Según el pronóstico, la humanidad resolverá los siguientes problemas científicos:

—control de la energía termonuclear;

—control de la gravitación por medio de la modificación orientada del campo gravitacional;

—creación de láseres en el diapasón x y *gamma* de la radiación electromagnética;

—racionalidad económica de la producción industrial de muchos elementos químicos de los componentes subatómicos;

—relación mutua con las civilizaciones extraterrestres;

—creación de un centro de información único;

—traducción automática maquinizada de un lenguaje a otro;

—pronósticos fiables del estado del tiempo y control parcial económicamente efectivo del mismo, en determinadas regiones del globo terráqueo;

—nuevos materiales sintéticos para construcciones hiperligeras;

—trasplante y prótesis de los órganos del cuerpo humano;

—introducción en el cuerpo humano de órganos artificiales de plástico y de instrumentos electrónicos;

—creación artificial de los órganos de la vida;

—inmunización general contra las enfermedades originadas por bacterias y virus por medios bioquímicos;

—eliminación de los defectos heredados por medios químicos, por ejemplo, como resultado de la modificación de los genes a nivel molecular;

—influencia sobre el proceso de envejecimiento con ayuda de preparados químicos que permitan aumentar la duración de la vida en 50 años;

—utilización de animales "racionales" —monos, delfines— en trabajos no calificados;

—explotación económicamente ventajosa del océano con el fin de satisfacer las necesidades humanas de alimentos y minerales.[25]

Como muestra la práctica del pronóstico, los más exitosos y precisos se obtienen al utilizar varios métodos de conjunto, ya que el diapasón de aplicación de un solo método está muy limitado. Por ejemplo, el cuadro de la dinámica de la cantidad de trabajadores científicos en un país será más completo si se toman en cuenta las modificaciones que pueden producirse en la estructura de los cuadros científicos, es decir, si el pronóstico de la cantidad total se complementa con el de la cantidad de científicos en las diferentes ramas de la ciencia. La utilización de los métodos cuantitativos de pronóstico será muy insuficiente por las siguientes razones. Se puede determinar la distribución porcentual de cantidad de científicos por las distintas ramas de la ciencia y extrapolar estas proporciones en perspectiva. Pero resulta evidente que, al utilizar exclu-

sivamente los métodos cuantitativos de pronóstico, no se tomarán en cuenta los posibles avances estructurales cuantitativos entre los cuadros científicos. Conforme a la opinión de los especialistas en el campo de las ciencias naturales, en los próximos decenios, debe producirse una modificación en la concentración de los esfuerzos científicos y, de acuerdo al método Délfico, se le prestará más atención que antes a la solución de problemas biológicos. Por tanto, puede esperarse que los ritmos de crecimiento del número de cuadros científicos en otras ramas científicas, por ejemplo, en la física y la química, habrán de disminuir. En base a esos mismos razonamientos se puede pronosticar un aumento de los ritmos de crecimiento de las inversiones e investigaciones biológicas, así como un rápido crecimiento de las publicaciones científicas sobre biología.

Los métodos científicos generales de pronóstico antes examinados están mutuamente relacionados, ninguno de ellos funciona en forma pura: el enfoque informativo está estrechamente vinculado con la modelación, las evaluaciones de expertos con la extrapolación de tendencias, los métodos del pronóstico prospectivo con el enfoque normativo. Las metódicas hoy existentes para el pronóstico complejo, por ejemplo, tales como PATTERN, SCORE, PROFILE, FAME, PEPT y otras utilizadas en Estados Unidos e Inglaterra, así como los métodos de planificación y dirección por redes, la metódica compleja de V. M. Glushkov y otras, utilizan ampliamente un complejo de métodos en los distintos niveles de la actividad pronosticadora. Esto conduce a la ulterior interacción efectiva; el aumento de la fiabilidad, precisión y efectividad del pronóstico, a su acción más lejana.

La complejización de los métodos de pronóstico de la ciencia no sólo transcurre en el interior de sus componentes científicos generales, sino también en otros métodos y procedimientos. Semejante complejización es necesaria debido al propio carácter complejo del sistema ciencia, por lo que cada método se complementa con otros. Cada uno de los métodos examinados posee sus ventajas y defectos, aunque estos últimos se eliminan, hasta cierto punto, sólo por medio de la combinación óptima con los sistemas de otros métodos de pronóstico.

La complejización del pronóstico no atañe sólo al reforzamiento de los vínculos entre enfoques y métodos, sino también a la interacción más estrecha entre todos los componentes de la actividad pronosticadora, es decir, del sujeto y el objeto

de pronóstico, de sus objetivos y condiciones; implica también la utilización de los resultados de la actividad pronosticadora en la elevación de la efectividad del conjunto de la ciencia, en la aceleración del progreso científico-técnico y en la dirección de la sociedad y la naturaleza.

[1] *Materiales del XXV Congreso del PCUS*, p. 48, Moscú, 1976.

[2] Para más detalles, ver el prólogo de D. M. Gvishián al libro de Jantsch, E.: *El pronóstico del progreso científico técnico*, Ed. Progreso, Moscú, 1970 (Jantsch, E.: *Technological Forecasting in Perspective*, París, 1967).

[3] Existe otra variante de concepción futurológica, por ejemplo, en el libro de Bestuzhev-Lada, I. V.: *Una ventana al futuro. Problemas actuales del pronóstico social*, p. 112, Ed. Misl, Moscú, 1970. No se entiende por futurología a la ciencia del futuro, sino "el conjunto de los aspectos pronosticadores de muchas ciencias, la dirección particular de las investigaciones científicas, una rama determinada de la ciencia moderna que viene a sintetizar los datos de los pronósticos de las diferentes ciencias y que contribuya así, a investigar multilateralmente las perspectivas concretas del desarrollo de la naturaleza y la sociedad".

[4] Ver Yampolski, S. M., F. M. Jiliuk y V. A. Lissichkin: *Problemas del pronóstico científico-técnico*, Ed. Ekonomika, Moscú, 1969.

[5] Bestuzhev-Lada, I. V.: *op. cit.*, p. 10.

[6] Para ejemplos de pronósticos acertados y equivocados ver el trabajo de Ivanov, I. D.: *Problemas del pronóstico del progreso científico-técnico en los países capitalistas*, Moscú, 1968.

[7] Bestuzhev-Lada, I. V.: *op. cit.*, p. 23.

[8] Es necesario destacar que las posibilidades de la teoría estadística de la información no quedan agotadas en la investigación del proceso de pronóstico. Por ejemplo, en el interesante enfoque informativo de los pronósticos, propuesto por el conocido economista holandés H. Theil, se utilizó la idea de que cuanto más información se contenga en la realización en comparación con los pronósticos hechos, tanto más inexactos serán estos pronósticos. Ver Theil, H.: *Applied Economic Forecasting*, Amsterdam, 1966. Y por el contrario, se considera que "el pronóstico es exacto si la información obtenida sobre los puntos de partida reales es poca". Ver la traducción en ruso, Theil, H.: *El pronóstico económico aplicado*, p. 280, Ed. Progreso, Moscú, 1970. Theil aplicó su propio método a la evaluación de la precisión del pronóstico de la estructura de gastos de quince ramas que entra-

ban en la tabla holandesa intersectorial para el período de 1948 a 1957. Ese enfoque puede utilizarse también para valorar la precisión de los pronósticos en el campo de la ciencia y para comparar la exactitud de los distintos métodos de pronosticación.

[9] Ver Ursul, A. D. y E. V. Kazantseva: "La información científica y el pronóstico", en *Nauchno-tejnicheskaya informatsia*, No. 1, serie 2, 1970.

[10] Bestuzhev-Lada, I. V.: "El pronóstico como una de las categorías del enfoque de los problemas del futuro", en *Problemas de la prognosis social y general*, No. 2, p. 22, Moscú, 1968.

[11] Ver Kosolapov, V. V.: *El análisis informativo-lógico de la investigación científica. Problemas metodológicos del procesamiento analítico-sintético de la información científica*, Kiev, 1968; Kosolapov, V. V.: "Análisis de los flujos informativos como medio de pronóstico de las direcciones científicas", en *Nauchno-tejnicheskaya informatsia*, serie 2, 1967; Kosolapov, V. V.: "El pronóstico de los flujos informativos en condiciones de situaciones problemáticas", en *Problemas del pronóstico científico*, No. 5, 1968.

[12] Nalimov, V. V. y E. M. Mulchenko: *La cienciometría. Un estudio del desarrollo de la ciencia como proceso informativo*, p. 116, Ed. Naúka, Moscú, 1969.

[13] Uemov, A. I.: "Consideración de la diversidad de citas en el análisis de la ciencia", en *Problemas de la ciencia de la dirección y aplicación de la técnica de computación para la automatización y mecanización del trabajo directivo. Tesis de los informes a la Conferencia científico-técnica republicana*, Sección 5, "Organización y dirección de las investigaciones científicas", P. I. Kiev, 1968.

[14] Ver Price, D.: "Pequeña ciencia, gran ciencia", en *La ciencia sobre la ciencia*, Moscú, 1968.

[15] *US News & World Report*, 18 de febrero de 1971, p. 16.

[16] Ver Kédrov, B. M.: "Correlación entre ciencias fundamentales y aplicadas", en *Voprosi Filosofii*, No. 2, pp. 43-45, 1972.

[17] Sobre la dialéctica de lo casual y lo necesario en la investigación científica, ver Pilipenko, N. V.: "Correlación de la necesidad y la casualidad en la creación científica", en *El descubrimiento científico y su percepción*, Ed. Naúka, Moscú, 1971; Ayres, R.: *El pronóstico científico-técnico y la planificación a largo plazo*, pp. 256-261, Ed. Mir, Moscú, 1971, o su original, *Technological Forecasting and Long-Range Planning*, Ed. McGraw-Hill Book Company, Nueva York, 1969.

[18] El trabajo fue complementado en la segunda conferencia anual para la dirección de la técnica en Washington, en 1968, por Gordon y

Raffensberg. Ver *Philosophy of Science*, 1969, t. XXXVI, No. 2, pp. 205-218. Ver también, Ayres, R.: *op. cit.*, pp. 269-275 (traducción en ruso).

[19] Ver Ursul, A. D.: "La aspiración cósmica del progreso", en *Priroda*, No. 7, 1970; Sevastianov, V. I. y A. D. Ursul: *La era del cosmos: sociedad y naturaleza*, pp. 44-60, Ed. Znanie, Moscú, 1972.

[20] Ver Ursul, A. D. y K. V. Kazantsev: "El movimiento de la información científico-técnica de la ciencia a la producción" en *Nauchno tejnicheskaya informatsia*, serie 2, No. 4, 1972.

[21] En relación con esto, ver la sección "Medidas de la utilidad" en Ayres, R.: *op. cit.*, pp. 261-268.

[22] Price, D.: "Calculus in Science", en *International Science & Technology*, marzo de 1963, p. 41.

[23] Asimov, I.: *The Genetic Gode*, Nueva York, 1963.

[24] Bright, J. (editor): *Technological Forecasting for Industry and Government*, Ed. Prentice-Hall, Nueva York, p. 150, 1968.

[25] Bestughev-Lada, I. V.: *Una ventana al futuro*, pp. 73-75.

Este libro ha sido procesado en el Combinado Poligráfico "Alfredo López" del Ministerio de Cultura, terminado en el mes de octubre de 1985. AÑO DEL TERCER CONGRESO. Ciudad de La Habana.
06-07