



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Bustamante, G. (1987). *Características de la Predicción Tecnológica*. [Tesis para optar el grado de Doctor en Filosofía]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Letras y Ciencias Humanas. Unidad de Posgrado.

REPOSITORIO DIGITAL DE TESIS DE LA BIBLIOTECA DE LETRAS DE LA UNMSM

Autor

Gilberto Bustamante Guerrero

Título

Características de la Predicción Tecnológica

**País de
publicación**

Perú

**Fecha de
publicación**

1987

**Tipo de
publicación**

Tesis de doctorado

Idioma

Español

Resumen

La presente tesis analiza a través de la filosofía la predicción en tecnología y la contrasta con la predicción científica. En los primeros capítulos, se exploran las metodologías y reflexiones filosóficas de la ciencia y tecnología. De este modo, se señala el escaso desarrollo de la Filosofía de la Tecnología y su metodología. En el tercer capítulo se aborda la predicción científica y se enfoca en su relación con las teorías y sus limitaciones. En el cuarto capítulo se analiza la predicción tecnológica, se destaca sus características y dificultades. Finalmente, el quinto capítulo discute la investigación tecnológica y se centra en la metodología y los modelos predictivos.

Palabras clave

Predicción; Filosofía; Tecnología; Metodología.

Campo del conocimiento del OCDE

Historia y filosofía de la ciencia y la tecnología

Tipo de trabajo de investigación

Tesis

Nombre del grado

Doctorado

Grado académico

Doctorado en Filosofía

Institución que otorga el grado

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

NO SE PRESTA
A DOMICILIO



Universidad Nacional
Mayor de San Marcos

Facultad de Letras y Ciencias Humanas



Características de la Predicción
Tecnológica

TESIS DE

Gilberto Bustamante Guerrero

para optar el Grado Académico de
DOCTOR EN FILOSOFIA

Lima - Perú

1987

CARACTERISTICAS DE LA PREDICCIÓN TECNOLÓGICA

AGRADECIMIENTOS
A mi esposa, padres,
maestros y amigos

I N D I C E

INTRODUCCION

5

CAPITULO I

LA REFLEXION FILOSOFICA ACERCA DE LA CIENCIA Y DE LA TECNOLOGIA

10

- La Filosofía de la Ciencia
o Epistemología

12

- La Filosofía de la Tecnología

19

CAPITULO II

PROBLEMATICA METODOLOGICA DE LA CIENCIA Y DE LA TECNOLOGIA

25

- La Metodología de la Ciencia

25

- La Metodología de la Tecnología

30

CAPITULO III

LA PREDICCION CIENTIFICA

36

- Sentido y fundamento de la
predicción científica

36

- Capacidad predictiva de las teorías

40

- Forma lógica de las predicciones
científicas

45

CAPITULO IV

LA PREDICCION TECNOLOGICA	50
- Sentido y fundamento de la predicción tecnológica	52
- Estrategia de la predicción tecnológica	60
- Capacidad predictiva de la tecnología	65
- Forma lógica de la predicción tecnológica	68

CAPITULO V

EL CONTEXTO PROBLEMATICO DE LA PREDICCION TECNOLOGICA	71
- El proceso científico - tecnológico. Metódica	72
- Uso de modelos predictivos en la Investigación de Operaciones	81

CONCLUSIONES	86
--------------	----

NOTAS	94
-------	----

BIBLIOGRAFIA	98
--------------	----

I N T R O D U C C I O N

La presente tesis, a la que denominamos "CARACTERISTICAS DE LA PREDICCIÓN TECNOLÓGICA" a borda un problema que originalmente inscrito como tema secundario de la ya ampliamente desarrollada Filosofía de la Ciencia, se reconoce actualmente como un tema propio del quehacer reflexivo de la germinal Filosofía de la Tecnología, entendida como el conjunto de conceptos e hipótesis filosóficas inherentes a la teoría y práctica de la tecnología.

Su principal objetivo es el de analizar filosóficamente los aspectos conceptuales, lógicos, metodológicos y prácticos de la predicción tecnológica en general, para los efectos de reconocer, en comparación con la predicción científica, algunas de sus características peculiares, alcances y limitaciones, en una primera aproximación que desarrollamos en cinco capítulos.

En los dos primeros capítulos tratamos acerca de las características de la reflexión filosófica en torno a la ciencia y a la tecnología y, también, las características de la metodología de la ciencia y de la tecnología, con el propósito de disponer de un marco conceptual que nos sirva para analizar las características de las proyecciones científicas y tecnológicas y reconocer sus diferencias.

Con tal propósito, entre otros aspectos, ponemos de relieve el incipiente desarrollo de la Filosofía de la Tecnología y, particularmente, al interior de ella, el escaso desarrollo de la Metodología de la Tecnología. Observamos el desarrollo asimétrico de los estudios epistemológicos, en general, y metodológicos, en particular, con respecto a la tecnología; y, señalemos también, entre otros asuntos, la dificultad de desarrollar estudios en torno a tal problema en un medio socio-cultural como el nuestro, signado entre otros rasgos, por la dependencia tecnológica que se expresa en la carencia de procesos reales de inves-

tigación tecnológica y en la escasa disponibilidad de información sobre los resultados de las investigaciones científicas y tecnológicas, especialmente de éstas últimas, realizadas en países desarrollados. Advertimos que tal situación concuerda con la política científica y tecnológica de los países dominantes del sistema capitalista y señalamos la coincidencia del desarrollo asimétrico de los estudios epistemológicos con tal política.

Dedicamos el tercer capítulo al análisis de la predicción científica en lo que se refiere a su sentido y fundamento en relación con las teorías científicas, las posiciones con respecto al concepto de predicibilidad, los criterios y procedimientos para reconocer la potencia proyectiva de las teorías así como la discusión en torno a sus limitaciones y fuentes de incertidumbre, para terminar haciendo referencia a la forma lógica de las predicciones científicas, y a su función contrastadora de las teorías.

En el cuarto capítulo abordamos el tema de la predicción tecnológica con el propósito general de identificar sus rasgos más importantes. Se comienza haciendo referencia al sentido en que se habla de predicción tecnológica y se pasa, luego, a analizar su fundamentación. En este punto se advierten las dificultades derivadas de la casi inexplorada relación entre las reglas tecnológicas y las teorías científicas, así como de problemas más generales como la desconcertante variedad de sentidos en que se conceptualiza a la tecnología, sus elementos componentes, los tipos de teorías, así como los tipos de investigación y sus correspondientes relaciones y diferencias en su metódica y resultados. Se expone descriptivamente la estrategia de la predicción o previsión tecnológica y se formulan algunas observaciones críticas; también se trata en torno a la capacidad o potencia previsoras o predictivas de la tecnología, para terminar haciendo una breve referencia a la forma lógica de la predicción tecnológica.

El quinto capítulo, finalmente, está dedicado a delinear, en una primera aproximación, el marco contextual de la investigación tecnológica en términos de referencia al proceso real del sistema científico-tecnológico, para los efectos de identificar la metódica propiamente tecnológica y de ubicar en ella formulaciones predictivas y su correspondiente contrastación empírica. Asimismo, con el propósito de particularizar la aproximación, aún cuando inevitablemente de un modo parcial y sumerio, formulamos algunas consideraciones con respecto al uso de modelos predictivos en la Investigación de Operaciones, a la que se reconoce como una tecnología operativa que se aplica al estudio y solución de los complejos problemas que surgen en la gerencia y en la administración de grandes sistemas de hombres, máquinas, materiales y dinero, en la sociedad industrial de nuestros días. Sabemos que una mayor comprensión de la naturaleza de la predicción tecnológica plantea la tarea de estudiar filosóficamente los procesos de investigación en otros tipos de tecnologías, cuya impresionante multiplicidad y complejidad nos ofrece una idea clara de la magnitud del problema.

C A P I T U L O I

LA REFLEXION FILOSOFICA ACERCA DE LA CIENCIA Y DE LA TECNOLOGIA

Como bien sabemos, la historia de la filosofía revela que ésta en el transcurso de milenios, ha consistido fundamentalmente en la reflexión crítica acerca de una gran variedad de temas constitutivos de una compleja problemática, cuyo estudio ha dado lugar al desarrollo de disciplinas filosóficas diversas. Una de tales disciplinas es la Filosofía de la Ciencia. En este respecto, la reflexión crítica en torno a la ciencia es históricamente fecunda y, como toda teorización filosófica, se caracteriza por su diversidad de enfoques y temas así como por la controvertibilidad de sus argumentos.

En su conjunto, la llamada Filosofía de la Ciencia o Epistemología se cultivó desde la época clásica del pensamiento griego, en términos del planteamiento de grandes problemas filosóficos acerca de la naturaleza, alcance y fundamento del conocimiento científico, de su distinción con respecto al conocimiento del sentido común, de la clasificación de las ciencias, así como de las características y fundamento de los métodos inductivo y deductivo en la construcción del conocimiento científico.

En nuestros días, el interés y reflexión por los

grandes problemas epistemológicos se mantiene, habiéndose incrementado con la discusión de otros problemas cuya diversidad e importancia responde tanto a la influencia de grupos o círculos de epistemólogos, que estudian a la ciencia, en función de un interés tributario de la problematización filosófica acerca de la realidad y del conocimiento de la misma, cuanto al hecho impresionante del desarrollo de la ciencia contemporánea, que impone la discusión filosófica acerca de las revoluciones científicas para llegar a comprenderlas racionalmente.

En un sentido general, se puede decir que la Filosofía de la Ciencia históricamente orientó su preferencia por la reflexión filosófica en torno a la ciencia pura y dejó de lado el cuestionamiento radical de la ciencia aplicada y de la tecnología, generando el consiguiente gran desconocimiento de ésta. Sin embargo, progresivamente se ha incrementado el interés filosófico por el tema de la técnica científica moderna o tecnología cuya problemática adquiere relevancia y demanda el desarrollo de la hoy llamada Filosofía de la Tecnología, cuyo campo de estudio, dada su complejidad de aspectos y relaciones, va siendo cada vez más nítido y diferenciado con respecto al que tradicionalmente corresponde a la Filosofía de la Ciencia; pero, no por ello exento de controversias.

Estamos, pues, ante dos áreas de reflexión filosófica cuya delimitación y relaciones es necesario esclarecer, en todo cuanto sea posible, a fin de disponer de un adecuado marco conceptual. Por tal motivo, en lo que sigue, ampliaremos las consideraciones que venimos formulando.

1. LA FILOSOFIA DE LA CIENCIA O EPISTEMOLOGIA

En relación con la Filosofía de la Ciencia o Epistemología, el primer gran problema típico es el que corresponde a la pregunta ¿Qué es la Ciencia? La respuesta es decisiva para determinar el conjunto problemático, pues debe delimitar ciencia y no-ciencia; se trata del problema generalizado de la demarcación que al parecer de Imre Lakatos⁽¹⁾ es el problema fundamental de la Filosofía de la Ciencia y se expresa en el problema tradicional de la evaluación de teorías científicas, problema en torno al cual, según el mismo autor, el escepticismo, el demarcacionismo y el elitismo se presentan, históricamente, como las tres principales escuelas de pensamiento.

El escepticismo, considera a las teorías científicas sólo como una familia de creencias que poseen el mismo rango epistemológico que miles de otras familias de creencias; esta escuela, conocida como "relativismo cultural" se remonta a la tradición griega del escepticismo

de Pirrón y tiene en el "anarquismo epistemológico" de Feyerabend su versión actual, de singular colorido. Desde esta perspectiva, es obvio el desinterés del escéptico por resolver el problema de la demarcación.

El demarcecionismo, que surge del propósito manifiesto de establecer una línea divisoria nítida entre ciencia y no-ciencia, tiene en su seno muchas diferencias -entre el inductivismo clásico, probabilismo, falsacionismo, convencionalismo, metodologías de programas de investigación científica- que se generan por diferencias en torno a dos aspectos: a la unidad más apropiada de evaluación y/o al criterio de evaluación. El planteamiento de Popper es su caso radical, en tanto afirma que los productos del conocimiento científico pueden ser evaluados y comparados sobre la base de ciertos criterios universales cuya teoría es, precisamente, el conocimiento metodológico. Si bien las diferencias entre demarcecionistas son importantes de tener en cuenta, nos interesa más resaltar sus acuerdos. En este sentido, todos los demarcecionistas están de acuerdo en sostener que el valor cognoscitivo de una teoría es independiente de su influencia psicológica -en términos de creencia, compromiso, comprensión, que son estados mentales- y, en consecuencia, comparten un respeto crítico hacia lo que hay de articula-

do en el conocimiento humano, porque en lo articulado, que es lo único que evalúan- reside la racionalidad. Además, los demarcacionistas coinciden en un "democrático respeto por el lego", al decir de Lakatos, al punto que estiman posible establecer un código legal o reglamento de evaluación racional útil para guiar el juicio de quienes no son científicos. Así, los demarcacionistas.-con mayor o menor flexibilidad y siguiendo sus particulares criterios que los diferencian- reconstruyen los criterios universales que los grandes científicos han aplicado al construir y evaluar teorías científicas o programas de investigación⁽²⁾.

El elitismo, que es la escuela de pensamiento tradicionalmente más influyente entre los científicos, sostiene que puede distinguirse la buena ciencia con respecto a la mala ciencia y a la pseudociencia, aún cuando afirmen, a diferencia de los demarcacionistas, que no existe ni puede existir un código legal universal y explícito de progreso y degeneración utilizable por los legos y que los únicos jueces son los científicos mismos. Polanyi y Kuhn suscriben este punto de vista. En esta línea de reflexión y en base a los resultados de la investigación científico-histórica de la ciencia, desarrollada por Kuhn, la Filosofía de la Ciencia asiste desde 1960 -al decir de

Ian Hacking⁽³⁾ - a una etapa en que su problemática ha sido impactada por una nueva imagen de la ciencia, que difiere en aspectos importantes de la que hasta entonces -aún cuando no uniformemente- era sostenida por filósofos como Karl Popper, Rudolf Carnap y Hans Reichenbach, todos ellos filósofos de gran influencia, que emigraron de Alemania y Austria durante los años treinta. Es así como a la problemática epistemológica anterior, signada por la discusión de tesis acerca del realismo, la demarcación y la acumulación del conocimiento científico; de la distinción entre observación y teoría; de la fundamentación de hipótesis y teorías mediante la observación y el experimento; de la estructura hipotético-deductiva de las teorías; de la precisión de conceptos y términos; de la existencia de contextos de descubrimiento y justificación; y, de la unidad de la ciencia acerca del mundo real, se suman novedosa y polémicamente tesis kuhnianas acerca de los períodos de ciencia normal, crisis y revolución; de la incommensurabilidad de los paradigmas; del carácter no estrictamente acumulativo del conocimiento científico; y, de la pluralidad de las representaciones científicas del mundo.

Desde otro punto de vista, que ilustra la pluralidad de enfoques que se pueden asumir acerca de la Filoso-

Ian Hacking⁽³⁾ - a una etapa en que su problemática ha sido impactada por una nueva imagen de la ciencia, que difiere en aspectos importantes de la que hasta entonces -aún cuando no uniformemente- era sostenida por filósofos como Karl Popper, Rudolf Carnap y Hans Reichenbach, todos ellos filósofos de gran influencia, que emigraron de Alemania y Austria durante los años treinta. Es así como a la problemática epistemológica anterior, signada por la discusión de tesis acerca del realismo, la demarcación y la acumulación del conocimiento científico; de la distinción entre observación y teoría; de la fundamentación de hipótesis y teorías mediante la observación y el experimento; de la estructura hipotético-deductiva de las teorías; de la precisión de conceptos y términos; de la existencia de contextos de descubrimiento y justificación; y, de la unidad de la ciencia acerca del mundo real, se suman novedosa y polémicamente tesis kuhnianas acerca de los períodos de ciencia normal, crisis y revolución; de la inconmensurabilidad de los paradigmas; del carácter no estrictamente acumulativo del conocimiento científico; y, de la pluralidad de las representaciones científicas del mundo.

Desde otro punto de vista, que ilustra la pluralidad de enfoques que se pueden asumir acerca de la Filoso-

fia de la Ciencia, Mario Bunge⁽⁴⁾, teniendo en cuenta el tipo de problemas que se eligen como objeto de estudio a sí como el tipo de formación y nivel de trabajo de los pensadores, afirma que la Epistemología tiene varias etapas. La primera, que él denomina "período clásico", que va desde Platón hasta Russell y que se caracteriza por haber sido cultivada por pensadores que no se dedicaron específica ni profesionalmente a la epistemología -pues, fueron investigadores científicos y matemáticos, pocos de los cuales poseyeron una visión filosófica de conjunto, o bien fueron filósofos sin gran preparación científica- pero que, no obstante ello, y acaso porque se ocuparon de "problemas auténticos, originales y de envergadura" son pensadores cuyo pensamiento epistemológico influye hasta nuestros días. Cita entre muchos otros a Comte, Mach, Engels, Duhem, Lenin, Poincaré, Russell, Whitehead.⁽⁵⁾

Otra etapa, prosigue, corresponde a un "período de profesionalización de la epistemología", que se inicia en 1927 con la fundación del Círculo de Viena, integrado por matemáticos, lógicos, filósofos, historiadores, científicos naturales y sociales entre los que cuentan los primeros epistemólogos profesionales, quienes, con un enfoque empirista lógico -continuador de la tradición empi

rista e inductivista de Bacon, Hume, Berkeley, Comte y Mach- pretendieron hacer una epistemología científica sin lograrlo porque según Bunge tal tradición era incompatible con la epistemología realista inherente al enfoque científico y porque por influencia de Wittgenstein y su dispersión como consecuencia de la guerra perdieron de vista sus objetivos iniciales e incurrieron en la práctica de una filosofía en torno al lenguaje de la ciencia y no de la ciencia misma, cuyas revoluciones pasan para ellos inadvertidas, deviniendo en una epistemología artificial, signada por un probabilismo exagerado que pretende elucidar en términos de probabilidad conceptos filosóficos como los de simplicidad, estructura, significado, verdad y confirmación; tal epistemología se ocupa de pequeños problemas sin interés para los científicos, de opiniones de otros filósofos en lugar de problemas filosóficos, o de pseudoproblemas que la convierten en un quehacer inútil que reclama un "renacimiento epistemológico".

Para lograr tal renacimiento, Bunge⁽⁵⁾ propone una epistemología que concierna a la ciencia misma; que se ocupe de problemas filosóficos que se presentan en el curso de la investigación científica y proponga soluciones claras a dichos problemas; que sea capaz de distin-

NO SE PRESTA
A DOMICILIO

044



guir la ciencia auténtica de la pseudociencia; y, que sea capaz de criticar programas, detectar resultados erróneos y sugerir nuevos enfoques.

Adviértase que con lo anteriormente expuesto asistimos al reconocimiento explícito de la existencia de la ciencia. La elección de problemas a estudiar resulta, ciertamente, controvertible, máxime si para tal elección es necesario poner en juego criterios que permitan determinar cuando un tema de estudio reúne los requisitos de autenticidad, originalidad y envergadura que lo conviertan en un genuino problema epistemológico. En todo caso, estimo que el conjunto multiforme de escuelas de pensamiento, enfoques, corrientes, períodos históricos, que hemos revisado, en forma inevitablemente sumaria e incompleta, ilustran la riqueza y complejidad de la problemática filosófica en torno a la ciencia.

La complejidad a la que acabamos de aludir creo que debe ser abordada con un previo trabajo taxonómico de los problemas epistemológicos, históricamente planteados, en función de las disciplinas filosóficas pertinentes (lógica, semántica, metodología, ontología, axiología, ética, estética) y de las diferentes disci-

plinas científicas (física, química, biología, matemática, etc.) para dar lugar, correspondientemente, a diversas ramas epistemológicas (Lógica de la ciencia, Semántica de la ciencia, Metodología de la Ciencia) y a tantas epistemologías regionales (Filosofía de la física, Filosofía de la química, Filosofía de la matemática) como disciplinas científicas haya. En este sentido es sugerente el planteamiento global de Bunge, aún cuando quepa la necesaria discrepancia con respecto a las especificidades que dicho autor plantea.

2. LA FILOSOFIA DE LA TECNOLOGIA

En relación con la Filosofía de la Tecnología, conceptualizamos a ésta como un quehacer problematizador de la tecnología que en los últimos decenios ha dado lugar a un vasto programa de investigación que, acaso, dado su incipiente desarrollo, no es todavía una disciplina filosófica propiamente dicha.

Ubicamos la génesis de la Filosofía de la Tecnología al interior de la Filosofía de la Ciencia, como un capítulo subsidiario de ésta; y, consideramos que su progresiva independización obedece tanto a la identificación de su problemática objeto de estudio cuanto a la necesidad social vigente de disponer de respuestas críticas y

sistemáticas a importantes cuestiones acerca de la técnica científica moderna o tecnología, cuya influencia en la vida individual y social es de particular importancia e impacto.

En razón de su origen, la Filosofía de la Tecnología comparte básicamente con la Filosofía de la Ciencia las características de su problemática, cuyo estudio da lugar a planteamientos, criterios y enfoques filosóficos diversos, siempre controvertibles y por ello no solamente complejos sino también fecundos en su particular desarrollo. Sin embargo, es necesario también señalar que la identificación de una problemática propia genera a su vez la necesidad de planteamientos y enfoques filosóficos peculiares. Nuestro estudio se inscribe, precisamente, en la búsqueda de estas particularidades.

La problemática de la Filosofía de la Tecnología, comienza, también, con la pregunta ¿Qué es la tecnología?, que demanda una respuesta en torno a su naturaleza, tarea que a su vez implica identificar sus dimensiones, ubicarla en el contexto de la cultura contemporánea, clasificar sus diversas ramas, delimitar y clasificar sus problemas en función de las disciplinas

filosóficas pertinentes (lógica, semántica, metodología, ontología, axiología, ética, estética, etc.) y de las diferentes ramas tecnológicas (tecnologías materiales, tecnologías sociales, tecnologías conceptuales). Estos tres géneros tecnológicos, que guardan correspondencia con los ámbitos de la realidad, además de un cuarto género, denominada tecnología general, constituyen el ámbito de la tecnología.

Entre las tecnologías materiales se encuentran: tecnologías físicas (ingeniería civil, eléctrica, electrónica, nuclear y espacial); tecnologías químicas (inorgánicas y orgánicas); tecnologías bioquímicas (farmacología, bromatología); tecnologías biológicas (agronomía, medicina, bioingeniería). Entre las tecnologías sociales se encuentran: tecnologías psicológicas (psiquiatría, pedagogía); tecnologías psicosociológicas (sociología y politología aplicadas, urbanismo, jurisprudencia); tecnologías económicas (ciencias de la administración, investigaciones operativas). Además entre las tecnologías conceptuales se ubica a la informática. Finalmente, entre las tecnologías generales se ubica a las teorías hipergenerales llamadas teorías de sistemas (v.gr. teoría de autómatas, teoría de la información, teoría de los sistemas lineales, teoría del control, teoría de la optimización, etc.).

Desde otra perspectiva todo lo anterior dará lugar a diversas ramas de la Filosofía de la Tecnología (Gnoseología de la tecnología, Ontología de la tecnología, Metodología de la tecnología, Axiología de la Tecnología, Tecnoética, Tecnopraxeología, etc.) y a tantas filosofías de la tecnología regionales como tecnologías haya (Filosofía de las tecnologías físicas, Filosofía de las tecnologías psicológicas, etc.)⁽⁷⁾.

Sin embargo, dado el incipiente desarrollo de la Filosofía de la Tecnología, la problemática planteada en el párrafo anterior no pasa de ser, todavía, un programa de trabajo.

Friedrich Rapp⁽⁸⁾ afirma que esta insuficiencia en el estudio sistemático acerca de la técnica científica moderna es el resultado de una reflexión teórica distanciante que al atenerse exclusivamente a la concepción filosófica tradicional del hombre como animal racional vió en la técnica moderna un objeto de estudio de reducida dignidad e importancia. En todo caso, esta distorsión se traduce, según Mario Bunge, en una falta de interés por la tecnología de que alardean casi todos los filósofos.⁽⁹⁾

Felizmente la situación que acabamos de describir tiende a cambiar, pues se observa un incremento del interés por el tema de la técnica científica moderna. Más aún, ocurre que este cambio favorable abarca una mayor amplitud temática, que supera la inicial en tanto no se limita a examinar aspectos externos de la tecnología, analizando ética y antropológicamente el impacto de ésta en la vida individual y social, sino que apertura nuevas áreas de exploración ontológica, axiológica, política, lógica, metodológica.

Finalizaremos este capítulo expresando que, particularmente, nos llamó la atención el significativo desarrollo asimétrico de los estudios epistemológicos -que dedican mayor interés al estudio de la investigación científica y no al de la investigación tecnológica- hecho que ocurre precisamente en sentido contrario al proceso real de investigación en el mundo desarrollado en el que el mayor interés, inversión y producción de conocimientos corresponde a la investigación tecnológica; sin embargo, tal asimetría es totalmente compatible y coincidente con con la política dominante de difusión de los resultados de la investigación, relativamente abundante en informa-

ción de ciencias básicas y en extremo restringida en información tecnológica. En este sentido, la filosofía estaría reflejando claramente los efectos de una política de dominación imperialista que, como bien sabemos ha impuesto en favor de sus intereses, una injusta división internacional del trabajo; por lo tanto, nos parecen insuficientes los argumentos dados por Rapp y Bunge, que aluden solamente variables filosóficas y psicológicas y omiten tener en cuenta el contexto económico y político.

C A P I T U L O I I

PROBLEMATICA METODOLOGICA DE LA CIENCIA Y DE LA TECNOLOGIA

En el capítulo primero hemos realizado una revisión panorámica de la problemática filosófica de la ciencia y de la tecnología, habiendo constatado su complejidad, diversidad y controvertibilidad. Un tipo de problema que algunos pensadores consideran relevante es el referido al método de investigación científica y al método de investigación tecnológica, tomados como objeto de estudio teórico-filosófico. Se trata propiamente de un área problemática al interior de la cual es posible identificar numerosos y novedosos problemas específicos. Para este efecto, a nuestro juicio, es necesario en primer lugar partir de un marco conceptual que ofrezca una clara definición de elementos constitutivos, propiedades, características y relaciones para, en seguida, lograr la identificación de temas cuya importancia, autenticidad y originalidad los conviertan en problemas de investigación cuyos resultados sean de interés y utilidad para científicos, tecnólogos y metodólogos, especialistas estos últimos que participan tanto en la investigación científica y/o tecnológica cuanto en la formación de investigadores.

1. LA METODOLOGIA DE LA CIENCIA

En general, se reconoce que a la Filosofía de la Ciencia le corresponde, por lo menos desde cierta pers-

pectiva, la tarea de cuestionar radical y reflexivamente los aspectos metódicos de la investigación científica. Sabemos que etimológicamente es entendida como teoría del método e históricamente se ha constituido en una rama importante de la Filosofía de la Ciencia.

Particularmente, Karl Popper afirma que la Epistemología -o la lógica de la investigación científica, como él suele denominarla- debería identificarse con la teoría del método científico en cuanto ésta se ocupa de la elección de las decisiones acerca del modo de habérselas con los enunciados científicos en relación muy estrecha con el criterio de demarcación⁽¹⁰⁾. Ahora Bien, si entendemos como método científico, en términos genéricos, a la estrategia o método general de la investigación, ya sea natural o social, pura o aplicada, formal o fáctica, estamos pues refiriéndonos a un proceso o curso de acción, constituido por un conjunto o ciclo de pasos u operaciones, cada uno de los cuales es realizado por los científicos teniendo en cuenta la particular naturaleza de su objeto de estudio y mediante específicos procedimientos técnicos expresables en reglas, que en este caso se conocen como las reglas del método científico.

Los epistemólogos, en primer término, se proponen un objetivo descriptivo, el cual implica ya serias dificultades sobre todo si no son también investigadores científicos; y, logrado éste, pretenden el logro de un objetivo normativo, de suerte que el epistemólogo, en tanto metodólogo, resulta erigiéndose en orientador y evaluador de la investigación científica y de sus resultados, las teorías científicas.

La metodología en su función descriptiva del método científico consiste principalmente en la reconstrucción racional de los procesos de operación de los científicos en cuanto investigadores, los criterios de elección entre procedimientos específicos y cursos de acción en competencia, la elección, uso y función de modelos, el uso de diseños experimentales, los objetivos y forma de la predicción científica, los criterios de justificación de las reglas del método, así como los criterios para la construcción de teorías científicas. Los logros en este campo han sido significativos; sin embargo, debemos recordar que asumir el concepto de método general de la ciencia implica ya una decisión discutible y que las reconstrucciones racionales logradas corresponden a investigaciones en algunos campos de ciencias muy conocidos y más bien tradicionales, habida cuenta la verti-

ginosa profundización y diversificación del conocimiento científico.

Por otro lado, la metodología de la ciencia en su función normativa, que como dijimos líneas arriba, pretende ser directora del proceso de investigación, cumple su tarea a partir de las limitaciones de los incompletos estudios descriptivos y, estimo, que solamente resulta de interés y utilidad para los científicos cuando alcanza a formular un sistema de reglas que no solamente ayudan a evitar errores en la investigación científica sino que superando la mera justificación pragmática que hasta ahora tienen, en tanto son útiles por sus resultados, alcanzan a integrar un sistema de reglas fundamentadas teóricamente, en la medida en que tal sistema de reglas está basado y sea compatible con las leyes de la lógica y las leyes de la ciencia.

Además, recordemos que la metodología, como rama de la epistemología, es un quehacer filosófico que necesita del acercamiento imprescindible a la experiencia científica en todo el proceso de investigación y producción y que sólo será capaz de sugerir nuevos enfoques promisorios en la investigación si los metodólogos, además de filósofos, tienen suficiente formación y experiencia en

la investigación científica. Recordemos también que, en un sentido, la historiografía de la ciencia nos permite conocer que las reglas del método son falibles y requieren perfeccionamiento; que, si bien ayudan a evitar errores, no aseguran originalidad; que la secuenciación de reglas producto del trabajo de reconstrucción racional que realizan los metodólogos es tan sólo un arreglo ya que en la práctica de la investigación los pasos orientados por reglas interactúan constantemente. Asimismo, en otro sentido y en términos kuhnianos, las normas metodólicas que se emplean en un momento dado son tan sólo elementos integrantes de un "paradigma", entendido como el "conjunto de valores compartidos" (métodos, nociones, generalizaciones) por los investigadores en un momento de "ciencia normal"; y, entendido también como "realización", es decir como forma acertada para resolver un problema que entonces sirve como modelo para futuros investigadores⁽¹¹⁾.

Finalmente, es del caso señalar, enfáticamente, que la variedad de escuelas, corrientes y planteamientos que caracterizan la controversia filosófica en torno a la ciencia se reproduce en la rama metodológica. Más aún, Lakatos no solamente afirma que hay varias metodologías a flote en la actual filosofía de la ciencia sino que "me-

metodología" actualmente -y a diferencia de lo que se pensaba en el siglo XVIII- ya no se entiende como un "libro de reglas fijas para resolver problemas" sino tan solamente como "un conjunto de reglas (a caso ni siquiera estrechamente entrelazadas, ya no digamos mecánicas) para la evaluación de teorías ya formadas y articuladas", añadiendo que a menudo estas reglas, o sistemas de evaluación, también sirven como "teorías de racionalidad científica", "normas de demarcación" de "definiciones de la ciencia", citando como ejemplo cuatro distintas metodologías: inductivismo, convencionalismo, falsacionismo, metodológico y metodología de los programas de investigación científica⁽¹²⁾.

2. LA METODOLOGIA DE LA TECNOLOGIA

Al referirnos a la Metodología de la Ciencia, digamos que el análisis del método científico, en términos genéricos abarca también el amplio campo de la tecnología; por lo tanto, analizar la estrategia o método de investigación tecnológica es, ciertamente, incursionar en el campo epistemológico. Adviértase que estamos postulando la existencia de un método de investigación tecnológica, entendido como el método general de investigación que cuando es aplicado en el campo de la tecnología adquiere ciertas peculiaridades que lo diferencian y lo convier-

ten en objeto de estudio metodológico. Precisamente ésta fue nuestra hipótesis de trabajo que confirmamos en un anterior trabajo de tesis⁽¹³⁾.

Ahora bien, consideramos pertinente señalar que si -como ya hemos expresado anteriormente- el amplio y complejo objeto de estudio de la Filosofía de la Tecnología apenas ha comenzado a ser investigado, entonces, al interior de ésta, la Metodología de la Tecnología también resulta un campo cuya problemática, por su variedad y envergadura, está casi inexplorado y su conocimiento teórico requerirá mucho tiempo, condiciones objetivas favorables y esfuerzo intelectual.

A la Metodología de la Tecnología le interesa conocer la lógica de la investigación tecnológica. Desde esta perspectiva, numerosos son los problemas que deben ser investigados; una idea de su variedad y magnitud nos la da el inventario, ciertamente incompleto, que formulamos en nuestra aludida tesis, y que reproducimos a continución por cuanto nos servirá como marco problemático referencial.

En efecto, acerca de la forma de plantear problemas tecnológicos es necesario estudiar el contexto de

descubrimiento; en lo referente a la propuesta de soluciones, cabe tipificar a las hipótesis tecnológicas, analizar su forma lógica; en cuanto a las técnicas de contrastación se requiere estudiar desde la concepción de éstas, su diseño, validación y aplicación hasta los criterios para estimar el grado de eficiencia de las propuestas. Muchas otras cuestiones específicas pueden ser planteadas. Al respecto hemos elaborado un listado de preguntas en torno a problemas metodológicos propios de la tecnología, adaptando otras tantas que Bunge⁽¹⁴⁾ plantea con respecto a otros problemas. Las mencionadas preguntas son las siguientes:

- ¿La investigación tecnológica es fundamentalmente empírica, intuitiva o racional?
- ¿Qué problemas filosóficos surgen de la investigación tecnológica?
- ¿Cuáles son los supuestos filosóficos de las ideas y prácticas de la investigación tecnológica?
- ¿Cuáles son las relaciones lógicas entre teorías científicas y teorías tecnológicas o sistemas tecnológicos?
- ¿Cuál es el status lógico de ciertos conceptos tecnológicos (primitivo o definido) en ciertos sistemas tecnológicos? ¿Cómo son manejados en la Investigación Tecnológica?
- ¿Cuáles son las pautas más comunes de inferencia en la Investigación Tecnológica que conducen a diagnósticos

(evaluaciones) y pronósticos?

¿Cuáles son los indicadores que se utilizan en la Investigación Tecnológica?

¿De qué tipo son las hipótesis de la Investigación Tecnológica?

¿En qué difiere un pronóstico (predicción) científico de una previsión tecnológica?

¿Cómo se ponen a prueba las teorías tecnológicas en Investigación Tecnológica?

¿Cuál es el feed back de la práctica tecnológica a la Investigación Tecnológica, en principio y en realidad?

¿En qué consiste un plan de acción; cuál es su estructura formal?

¿Cómo puede formalizarse la noción de grado de eficiencia de una acción?

¿El grado de éxito de un acto es igual a la probabilidad de su resultado?. Si no lo es ¿A qué es igual?

¿De qué manera participan la experiencia (conocimiento empírico), las teorías y las evaluaciones en la confección de un proyecto tecnológico?

¿Cómo puede caracterizarse el sistema compuesto por los decisores, los planeadores, los ejecutores y lo planeado?

¿Cómo se evalúa o debiera evaluarse un proyecto tecnológico: Por ciertas características intrínsecas (por ejemplo

plo solidez o elegancia), por los beneficios (individuales o sociales) que pueda acarrear o de qué otra manera? ¿Hay alguna manera general de generar planes flexibles que hagan lugar a ajustes sobre la marcha, considerando que todo plan revela fallas en el curso de su ejecución? ¿Cómo influyen las consideraciones axiológicas en la formulación de un plan, diseño y construcción de instrumentos en la Investigación Tecnológica?

Precisamente, a partir de la problemática que acabamos de inventariar el presente trabajo de tesis tiene como objetivo el analizar filosóficamente la predicción tecnológica para reconocer, en comparación con la predicción científica, algunas de sus características peculiares, alcances y limitaciones, para los efectos de acceder a una mayor comprensión de la capacidad predictiva de la tecnología, en relación con el planeamiento de la acción en la realidad.

Finalizaremos expresando que la Metodología de la Tecnología, en principio y como rama de la Epistemología, también se propone los mismos objetivos -descriptivo y normativo- que ya hemos explicitado al referirnos a la Metodo

logía de la Ciencia y que -mutatis mutandis- también es controvertible, al punto que en su seno es esperable la presencia de variedad de escuelas, corrientes y planteamientos que se expresen en una variedad de "metodologías rivales".

C A P I T U L O I I I

LA PREDICCIÓN CIENTÍFICA

Cuanto hemos venido tratando acerca del método científico y su teoría, la metodología de la ciencia, implícitamente se refiere a las ciencias fácticas; esta circunscripción temática es pertinente a la naturaleza y características del método general de la ciencia y, en particular, al tratamiento de la predicción científica, tema del presente capítulo.

SENTIDO Y FUNDAMENTO DE LA PREDICCIÓN CIENTÍFICA

En un sentido amplio y unidireccional, predicción es un término que se define "El proceso y la expresión de una inferencia hecha con respecto a un evento futuro"⁽¹⁵⁾. Sin embargo, como bien se tiene entendido en epistemología, las ciencias fácticas se desarrollan utilizando como soporte a la matemática; en el caso de la predicción tal relación de utilidad es clarísima, al punto que considero ilustrativo seguir la definición que aparece en la fuente que acabamos de citar, en donde se afirma que: "En teoría matemática, predicción es una inferencia con respecto a un evento desconocido o futuro, implicando cálculo de probabilidades y, en particular, el cómputo de correlaciones. Las predicciones estadísticas son hechas usualmente por medio de coeficientes de regresión y líneas de regresión, las cuales indican la cantidad dada del cambio de otra variable"⁽¹⁶⁾.

En el sentido expuesto, la predicción es entendida como previsión, es decir, visión previa o anterior con respecto a un evento futuro. Pero, ocurre que en la práctica de la investigación de ciertos problemas fácticos, los científicos también tienen la necesidad de visiones de eventos pasados, es decir de retrovisiones; con lo cual estamos señalando que, en realidad, los científicos proyectan visiones teóricas de eventos futuros, a las que conocemos como "predicciones", así como también proyectan visiones teóricas de eventos pasados, a las que se denomina "retrodicciones". En suma, en ambos casos, se trata de "proyecciones científicas"

En razón de lo que acabamos de exponer es que Bunge, al tratar de la predicción en la obra epistemológica que considero, ha elaborado con mayor rigor afirma que "... predicción (o retrodicción) científica, es una previsión (o retrovisión) basada en teorías, datos científicos (o tecnológicos)⁽¹⁷⁾. Adviértase que la base de las proyecciones científicas esté constituida por teorías y datos; y, que este fundamento es el que orienta el criterio que nos permita distinguirlo de otro tipo de proyecciones que también procesan y formulan los seres humanos: las proyecciones del sentido común, entre las que cuentan las conjeturas ordinarias, las profecías ordinarias y los pronósticos ordinarios. En este sen-

tido, se afirma, por ejemplo, que "... la predicción científica es tan condicional como la prognosis de sentido común, pero más afinada que ésta. En la predicción científica las generalizaciones usadas son explícitas, no tácitas, y son leyes o teorías; en cuanto a los datos pueden comprobarse y mejorarse si hace falta por medio de técnicas científicas. Las generalizaciones mismas pueden haber sido conjeturadas, pero los datos tienen que ser propiamente tales, generalmente además comprobados, y la derivación del enunciado predictivo tiene que ser una pieza de trabajo racional"⁽¹⁸⁾.

Siguiendo el razonamiento anterior, se está postulando implícitamente no solamente la diferencia entre proyecciones ordinarias y proyecciones científicas, sino también la superioridad epistémica de éstas, dadas las características de rigor, sistematicidad, objetividad y racionalidad que suele asignarse a las teorías científicas; características logradas, se supone, en parte debido al riguroso tratamiento metodológico de los datos científicos que comporta la intervención del trabajo metematizado en términos como los que hemos referido líneas arriba: cálculo de probabilidades y cómputo de correlaciones.

En el mismo sentido de destacar la importancia de la predicción científica y poner de relieve su relación con

las teorías científicas; hay pensadores como Agazzi, quien al tratar acerca del problema de fiabilidad de las teorías científicas, sostiene que la comprobación de predicciones nuevas y muy precisas es el argumento más llamativo en favor de la fiabilidad de las teorías⁽¹⁹⁾.

Todo lo anterior significa, que se está considerando dos posiciones: La primera, que sostiene que las predicciones son científicas si se fundamentan en teorías científicas; y, la segunda que afirma que las teorías son fiables, en el sentido de ser científicas si cuentan a su favor con la comprobación de predicciones nuevas y muy precisas.⁽²⁰⁾

A mi juicio las posiciones no son propiamente excluyentes. Ocurre que elegir una u otra genera asumir una posición débil; estimo que lo que se da ciertamente es una doble condicionalidad que reflejaría la relación interinfluente entre teoría y hechos.

Para ciertas filosofías, la predecibilidad es el principal desideratum de las teorías científicas; estas filosofías consideran la predecibilidad como un concepto primitivo que sirve para definir los conceptos de verdad, ley, causalidad y azar. Pero, tal posición genera una serie de paradojas que ponen en cuestión las teorías filosóficas de la verdad y la de la determinación; y, que muestran que no puede tomarse como primitivo el concepto de

predecibilidad .

CAPACIDAD PREDICTIVA DELAS TEORIAS

Un aspecto destacado de la discusión acerca de las teorías fácticas es el relacionado con su potencia proyectiva. Se afirma que las teorías acerca de hechos tienen que cumplir un requisito indispensable: contener proposiciones que tengan valor de contrastación o valor práctico, es decir, fórmulas proyectivas cuya potencia se exprese mediante proposiciones de probabilidad cuantificada, es decir que sean contrastables y medibles de suerte que: dependan de los hechos, sean traducibles a proposiciones observacionales, hagan referencias precisas y no eludan el riesgo ni el compromiso que propiamente debe asumir toda proyección propiamente científica. Consecuentemente, según Bunge, se tiene por teorías con gran potencia proyectiva aquellas que ofrecen un alto contenido informativo al predecir (o retrodecir) y además un alto grado de contrastabilidad⁽²¹⁾.

En términos de la relación entre capacidad proyectiva-predictiva de una teoría y el requisito de contrastación K. Popper afirma que para llevar a cabo la contrastación de una teoría se puede distinguir los siguientes cuatro procedimientos:

1. Comparación lógica de las conclusiones, unas con otras: con lo cual se somete a contraste la coherencia interna del sistema.
2. Estudio de las formas lógicas de las teorías, con objeto de determinar su carácter: si es una teoría empírica - científica, o si, por ejemplo, es tautológica.
3. Comparación con otras teorías... (para) averiguar si la teoría examinada constituiría un adelanto científico en caso de que sobreviviera a las diferentes contrastaciones a que la sometamos.
4. Contrastarla por medio de la aplicación empírica de las conclusiones que pueden deducirse de ella.

Luego, señala que lo que se pretende con el cuarto procedimiento mencionado es "... descubrir hasta qué punto satisfarán las nuevas consecuencias de la teoría ... a los requerimientos de la práctica ya provengan éstos de experimentos puramente científicos o de aplicaciones tecnológicas prácticas⁽²²⁾.

Al señalar el último procedimiento de contrastación Popper relleva que se trata de un procedimiento deductivo en el que nada hay que pueda asemejarse a la lógica inductiva. Como se verá, pronto se encuentra, de nuevo, la

controversia, esta vez entre el falsacionismo deductivista y el inductivismo, tesis que tiene en H. Reichenbach a uno de sus defensores, quien en cuanto a la predicción dice que "El concepto de proposición es la clave para conocer el conocimiento predictivo ... El conocimiento predictivo se explica, en consecuencia, cuando es posible justificar la inducción por enumeración. Esta justificación, que Hume consideraba imposible, puede darse cuando se considere la conclusión de la inferencia inductiva, no como verdad, sino en el sentido de una proposición"⁽²³⁾.

Volviendo al asunto de la capacidad proyectiva de las teorías, existen dos polos en términos del tipo de ciencia fáctica: Uno, la predicción física, basada en fórmulas nomológicas, leyes, que permiten sostener predicciones precisas; otro, las predicciones histórico-sociales, que dada la insuficiente base legal de las mismas correspondientes, condicionan predicciones vagas. Hull, basado en el conocimiento del desarrollo histórico de la ciencia, sostiene que "La capacidad de prever, que ayuda a someter al mundo físico al hombre, depende de un tipo de conocimiento especial, a saber, del conocimiento de las uniformidades o regularidades de la naturaleza. Algunas de esas regularidades son obvias; pero, otras son mas bien ocultas a la experiencia cotidiana, como por ejemplo el hecho de

que masas iguales en el mismo lugar tienen el mismo peso; o el hecho de que los planetas tienen órbitas elípticas. La seguridad de nuestras previsiones aumente con la sutileza de nuestro conocimiento de las uniformidades naturales" (24).

Hull adopte una posición optimista que se inscribe en ideas deterministas muy definidas pero que no reparan, por ejemplo, en las dificultades que el hombre afronta en el conocimiento de supuestas uniformidades en el microcosmos, dificultades que no se deben a limitaciones técnicas sino a la situación de "incertidumbre inherente a la naturaleza" en la que piensan los teóricos de la mecánica cuántica.

John Gribbin, aludiendo al significado del principio de incertidumbre, nos recuerda que Heisenberg escribe que "no podemos conocer, por principio, el presente en todos sus detalles" y que cuanto son más precisión se conozca la posición de una partícula, tanto más imprecisamente conoceremos su momento y viceversa.

Consecuentemente, distingue Gribbin, para la Física clásica (Newton) las ideas deterministas se expresan en la afirmación de que: sería posible predecir por comple

to el futuro si se conociera la posición y el momento de cada partícula del Universo; para los físicos modernos la idea de tan perfecta predicción no tiene sentido⁽²⁵⁾. Como se ve, una vez más, concepciones filosóficas rivales e incluso antagónicas, contienden e influyen en la investigación científica.

Finalmente, con otros criterios, la capacidad predictiva de las hipótesis o teorías varía según el tipo de predicción que fundamente; si la predicción derivada no agrega nada a la hipótesis o teoría, tal predicción es trivial y la hipótesis o teoría resulta acaso de estaso poder predictivo; si, en cambio, de ellas se deducen predicciones de hechos nuevos, que incrementan el contenido informativo de las hipótesis o teorías, entonces tales predicciones son relevantes y producen efectos espectaculares que ubican a las teorías de las que se deducen como teorías con poder previsor. Julio Sanz en su curso universitario de Introducción a la Ciencia cita al respecto que Newton a partir de la teoría de la gravitación había deducido que la tierra debería ser abultada en la línea ecuatorial y achatada en los polos y también había predicho la ocurrencia de las mareas altas cuando el sol y la luna estaban en conjunción (en el mismo lado con respecto a la tierra) y las mareas bajas cuando estaban en oposición (con el sol a un lado de la

tierra y la luna al otro lado); también cita la predicción de Einstein sobre la equivalencia de materia y energía; la curvatura de un rayo de luz en las proximidades del sol.

FORMA LÓGICA DE LAS PREDICCIONES CIENTÍFICAS

Mario Bunge afirma que siendo las previsiones respuestas a preguntas del tipo ¿Qué ocurrirá a x si se produce p ?, ¿Cuándo se producirá x si se cumple p ?, las previsiones en ciencia, es decir las predicciones científicas —que como hemos visto se consiguen mediante teorías y datos— tienen la forma: "Si x ocurre en el momento t , entonces ocurrirá y en el momento t' con la probabilidad p "(26).

Además, ilustrando la derivación de un enunciado predictivo a partir de teorías y datos dice: "Por ejemplo, para prever (o retrodecir) lo que ocurrirá (u ocurrió) con la presión de un gas al disminuir su volumen en la mitad, podemos apelar a la ley "presión + volumen = constante", para inferir que la presión aumentará (o aumentó) hasta el doble. La predicción (o retrodicción) será en este caso la argumentación siguiente: (27)

$$\{ p_1 v_1 = p_2 v_2, v_2 = v_1/2 \} \vdash (p_2 = 2p_1)$$

En este sentido, estamos analizando la forma de la predicción en su función contrastadora de la teoría. Al respecto, Popper, desde una perspectiva deductivista, afirma que el procedimiento para deducir consecuencias contrastables (predicciones) de las teorías. El procedimiento lógico es el siguiente: "Se deducen de la teoría a contrastar ciertos enunciados singulares - que podemos denominar "predicciones", en especial, predicciones que son fácilmente contrastables o aplicables. Se eligen entre estos enunciados los que no sean deductibles de la teoría vigente y, más en particular, los que se encuentran en contradicción con ella. A continuación tratamos de decidir en lo que se refiere a estos enunciados deducidos (y a otros), comparándolos con los resultados de las aplicaciones prácticas y de experimentos. Si la decisión es positiva, esto es, si las conclusiones singulares resultan ... verificadas, la teoría a que nos referimos ha pasado con éxito las contrastaciones..."(2).

Para mejor explicitar la lógica de la contrastación que implica a la lógica de la predicción, los ejemplos tomados de la ciencia real son deseables. Sin embargo, no encontramos suficiente variedad pues los ejemplos de predicciones científicas que aparecen en los tratados epistemológicos o metodológicos son frecuentemente los mismos;

desde el conocido ejemplo de la predicción de Semmelweis, cuya lógica Hempel analiza muy bien, hasta la referencia a predicciones espectaculares como la de la teoría de la relatividad expuesta por Albert Einstein, según la cual "cuando la luz emite por una estrella pasa muy próxima al Sol, sufrirá una deflexión gravitatoria, desviándose 1,75 segundos de arco". Agazzi nos refiere que "Einstein sugirió que se sometiera a prueba la predicción en un eclipse total, que permite fotografiar las estrellas visualmente próximas al sol. Así podría compararse su posición con la observada cuando el Sol está lejano. Con ocasión del eclipse acontecido el 29 de Mayo de 1919, cuya zona de totalidad iba de Brasil a Africa, la Royal Astronomical Society organizó dos expediciones, una a Sobral (Brasil) y otra a la isla Príncipe (Golfo de Guines). De vuelta a Inglaterra, los astrónomos estudiaron los resultados y el veredicto fue favorable: la media de las desviaciones observadas era 1,78 segundos. Esta comprobación significó un fuerte respaldo de la teoría y convirtió a Einstein en un personaje famoso. En la actualidad, pueden observarse este tipo de fenómenos en pleno día sin recurrir a eclipses, mediante radiotelescopios que captan radiaciones que caen fuera de la zona visible del espectro electromagnético"⁽²⁹⁾.

Otro ejemplo de predicción científica que me parece excelente desde el punto de vista del análisis lógico-metodológico es el ^{que} ofrecen J. Baker y G. Allen acerca de un experimento biológico⁽³⁰⁾ en el que claramente demuestran la relación entre una hipótesis (o teoría) y sus predicciones. El análisis lógico del ejemplo esclarece que las predicciones correctas (que se cumplen) no constituyen prueba segura de que las hipótesis sean verdaderas. Esta afirmación me parece de la mayor importancia porque explica por qué teorías que se tuvieron por verdaderas en tanto que a partir de ellas se derivaron predicciones acertadas, como la teoría geocéntrica de Tolomeo, resultaron más tarde falsas. Ocurre que, en el proceso de derivación de consecuencias contrastables (predicciones) de una hipótesis o teoría es frecuente el uso de una forma de razonamiento en el que se afirma el consecuente para afirmar el antecedente, incurriendo en una falacia formal. Es el caso que se razona en esta forma: Si la hipótesis o teoría (p) es verdadera entonces ocurrirá el hecho q (predicción); y, ocurre q (se cumple la predicción), entonces p (la hipótesis o teoría) es verdadera.

Formalizando la proposición $(p \supset q. \quad q. \supset .p)$ y aplicando la "tabla de verdad" se puede constatar que el tercer arreglo es falso y que, por lo tanto, desde un punto de vista formal es un razonamiento que contiene una probabilidad de ser falso.

Esta es una razón más, para afirmar, finalmente, que todas las predicciones son falibles, igual en ciencias naturales que en ciencias sociales.

Somos conscientes que el tema del presente capítulo por su amplitud y complejidad -debidas a su conexión con los principales problemas epistemológicos- requiere de un tratamiento más profundo; sin embargo, creemos que lo dicho es suficiente como caracterización que nos sea útil en el tratamiento del próximo capítulo, dedicado a la previsión tecnológica.

C A P I T U L O I V

LA PREDICCIÓN TECNOLÓGICA

En los dos primeros capítulos del presente trabajo hemos abordado las características de la reflexión filosófica en torno a la ciencia y a la tecnología y, también, las características de la metodología de la ciencia y de la tecnología con el propósito de disponer, como lo dijimos, de un marco conceptual que nos sirviera para analizar las características de las proyecciones científicas y tecnológicas y reconocer sus diferencias.

Con tal propósito, entre otros aspectos, pusimos de relieve el incipiente desarrollo de la Filosofía de la Tecnología y, particularmente, al interior de ella el escaso desarrollo de la Metodología de la Tecnología. Observamos el desarrollo asimétrico de los estudios epistemológicos, en general, y metodológicos, en particular, con respecto a la tecnología, y, señalemos también, entre otros asuntos, la dificultad de desarrollar estudios en torno a tal problema en un medio socio-cultural como el nuestro signado, entre otros rasgos, por la dependencia tecnológica que se expresa en la carencia de procesos reales de investigación tecnológica y en la escasa disponibilidad de información sobre los resultados de las investigaciones científicas y tecnológicas, especialmente de éstas últimas, realizadas

en países desarrollados. Advertimos que tal situación concuerda con la política científica y tecnológica de los países dominantes del sistema capitalista y señalemos la coincidencia del desarrollo asimétrico de los estudios epistemológicos con tal política.

La situación que hemos reseñado en el párrafo anterior tiene una primera expresión constatable: La confusión conceptual sobre la naturaleza de la tecnología, de sus dimensiones, componentes, método de investigación, ramas, ubicación en el contexto de la cultura contemporánea; y, especialmente el escaso y muy confuso conocimiento de su relación con la ciencia.

La confusión descrita constituye, para los efectos de desarrollar el tema del presente capítulo, una dificultad importante, que pensamos afrontar dentro de nuestras limitaciones ofreciendo en algunos casos aclaraciones, señalando, en otros, asuntos por esclarecer e investigar, también delimitando contextos y ubicando en éstos el aspecto temático que tratemos. Consecuentemente, el desarrollo del capítulo dedicado a la predicción tecnológica resultará justificadamente diferente al anterior, en el que dada la amplia información epistemológica disponible con respecto al método científico en relación con la pre

dicción científica, por lo demás bastante conocida, nos relevó de la necesidad de consignarla.

SENTIDO Y FUNDAMENTO DE LA PREDICCIÓN TECNOLÓGICA

"Predicción tecnológica" es una expresión que se usa en el mismo sentido general en que se usa la expresión "proyección científica", es decir, visión previa o anterior con respecto a un evento futuro, de tal suerte que, a mi juicio, en el mismo sentido, bien se puede hablar de "previsión tecnológica".

En la bibliografía consultada nada hemos encontrado acerca de retrovisiones o retrodicciones en tecnología y, por el momento, solamente queda abstenernos de tratar al respecto, por cuanto carecemos en nuestro medio de procesos reales de investigación tecnológica, pues su existencia constituiría una excelente y la más aconsejable alternativa de observación, consulta y estudio. Queda, pues, pendiente el estudio de la direccionalidad de las proyecciones tecnológicas. En todo caso las estudiaremos en uno de sus sentidos, hacia eventos futuros.

En cuanto a su fundamentación, en principio y tal como correspondió a las proyecciones científicas, la

predicción o previsión tecnológica se basa en teorías y datos. Esta afirmación sin embargo, dada su generalidad, requiere de precisiones acerca del tipo de teorías y datos que sirven de base. La tarea es difícil porque tales precisiones tocan un problema epistémico apenas explorado; pero, de todos modos es conveniente por lo menos señalar la necesidad de realizar ciertas precisiones, sin las cuales no se logrará una comprensión clara de este asunto. No obstante lo que acabamos de señalar, el afirmar que la predicción tecnológica se basa en teorías y datos serviría, desde ya, para distinguir a las predicciones tecnológicas de otro tipo de proyecciones del sentido común, tal como las conjeturas, profecías y pronósticos ordinarios; aún cuando creo que no sería suficiente para distinguir a la predicción tecnológica formulada por un investigador tecnológico con respecto al pronóstico de un especialista-tecnólogo en acción.

Las limitaciones a las que acabamos de aludir ocurren porque existe un gran problema para caracterizar a la tecnología; a mi juicio la tarea es difícil por el gran desconocimiento de los epistemólogos con respecto a un proceso real de gran complejidad y vertiginoso desarrollo. Es desconcertante la variedad de sentidos en que se conceptualiza a la tecnología. Mario Bunge es el epistemólogo que, hasta donde sabemos, más ha trabajado por su-

perar esta situación defectiva, ofreciéndonos análisis y propuestas muy interesantes; pero, desconcertándonos también por la combinación sorpresiva de rigor y ligereza, distinción clara y mención confusa que encontramos en sus obras. No obstante lo señalado, mi trabajo se apoya ampliamente en sus ideas, principalmente en el presente capítulo.

Como una primera aproximación al concepto de tecnología reconocemos en ella un aspecto instrumental y un aspecto cognoscitivo; este último es admitido generalmente como el más importante. Desde esta perspectiva la tecnología es definida como un conocimiento compuesto de teorías, reglas fundamentadas y datos.⁽³¹⁾ Bunge autor de la definición que acabamos de citar, afirma además que un cuerpo de conocimientos es una tecnología si y solo si: a) es compatible con la ciencia coetánea y controlable por el método científico; y, b) se le emplea para controlar, transformar o crear cosas o procesos, naturales o sociales⁽³²⁾.

En función de nuestro interés por comprender la fundamentación de la predicción tecnológica, analicemos la definición de Bunge en relación con los componentes del conocimiento tecnológico y tratemos de identificar sus

implicancias problemáticas. Examinemos pues, uno a uno, los referidos componentes.

- El primer componente, el elemento teórico, apertura el reconocimiento de las llamadas teorías tecnológicas⁽³³⁾, que difieren de las teorías científicas y son de dos tipos: a) Las teorías tecnológicas sustantivas, que se basan en la teoría científica sustantiva y suministran al que toma decisiones los instrumentos necesarios para planear y hacer; tal, por ejemplo, la hidráulica que se basa en la hidrodinámica, o la teoría del vuelo que es aplicación de la dinámica de fluidos; se trata de conocimientos sobre los objetos de la acción; y, b) Las teorías tecnológicas operativas que no utilizan el conocimiento científico sustantivo del cual no difieren grandemente sino el método de la ciencia y, por esto, pueden considerarse científicas y dirigidas al tema de la acción; se las llama tecnológicas con respecto al objetivo que es más práctico que cognoscitivo; tal, por ejemplo, la teoría de los juegos, útil para la planificación; la teoría de investigación de operaciones, que se usa para el estudio de las operaciones de las grandes y complejas organizaciones o actividades.

- El segundo componente, las reglas fundamentadas, en sentido estricto, corresponde al conjunto de normas que prescriben cursos de acción entendidos como secuencias finitas de operaciones concebidas en base a la información proporcionada por las leyes propias de las teorías científicas, y orientadas al logro exitoso de objetivos prácticos. Sin embargo, este sentido de regla fundamentada que Bunge nos propone y ejemplifica en una de sus obras⁽³⁴⁾ no es el único, pues el mismo autor en una obra posterior⁽³⁵⁾ al formular tres observaciones aclaratorias a la definición que él mismo propone sostiene: Primero, que una tecnología puede tener o no una intersección no vacía con alguna ciencia; segundo, que todas las tecnologías tradicionales (las ingenierías y las tecnologías biológicas) tienen algo en común con la ciencia aparte del método y que, en cambio, algunas de las tecnologías nuevas, tales como la investigación operativa y la informática, no comparten con la ciencia sino el método; y, tercero, que la definición dada contiene el concepto de método científico a veces mal entendido, en tanto erróneamente se cree que puede generar conocimiento por sí solo y a veces es rechazado como si fuera responsable del mal uso de la ciencia.

- El tercer componente del conocimiento tecnológico, los datos, constituyen un elemento del cual casi nada se dice. A nuestro juicio es un tema importante de investigación por cuanto los datos están estrechamente ligados con la práctica misma de la investigación. Téngase en cuenta que los datos en una investigación constituyen la información, expresada en proposiciones, que contiene el resultado de las observaciones sistemáticas de hechos objetivos investigados y que son interpretados e interpretables mediante teorías; por tal razón considero que, para los propósitos de nuestro análisis, los datos, en este caso datos tecnológicos, los concebiremos íntimamente vinculados con las teorías tecnológicas, sustantivas y operativas.

Examinados los componentes del conocimiento tecnológico, y teniendo en cuenta que el objetivo de la previsión tecnológica es el éxito en la acción y que para lograrlo requiere de elaborar cursos de acción eficientes de modo que el objetivo, también previsto, sea alcanzado, a mi juicio resulta que:

- Las reglas fundamentadas destacan como el principal de los componentes del conocimiento tecnológico porque tales reglas son las que, como dijimos, prescriben los cursos de acción y para hacerlo obviamente tienen la necesidad de predecir o prever. En otros términos, esto signifi-

ca que las reglas tecnológicas son las que mejor expresan la tarea previsora o predictora de la tecnología. La predicción tecnológica resulta así la presuposición necesaria para el logro del objetivo de la tecnología y su fundamentación es, en grado importante, la que tengan las reglas tecnológicas que la expresan. Ocurre, sin embargo, que el fundamento de las reglas resulta problemático porque se hace referencia a múltiples bases: las leyes propias de las teorías científicas; las teorías tecnológicas sustantivas que a su vez se basan en las teorías científicas sustantivas; y, también, las teorías tecnológicas operativas las que no utilizan el conocimiento científico teórico sustantivo sino tan solamente el método científico.

- El elemento teórico, que es el componente que por lo menos parcialmente o en algunos casos sirve de base a las reglas tecnológicas, por lo menos a algunas, también resulta problemático en su conceptualización. Es el caso que no se han establecido estipulaciones lo suficientemente claras para distinguir, como pretende distinguirse, ciencia básica o pura de ciencia aplicada, que a veces se entiende como sinónimo de tecnología y a veces se entiende diferente de ella (36).

- Los datos, por su naturaleza y estrecha relación con los procesos de investigación, resultan relevantes como fundamento de teorías y reglas. En este componente no pretendo extenderme, porque carezco de suficiente información, pero pienso que resultaría el menos problemático y más bien el más claro de los fundamentos de la predicción tecnológica, en especial de las reglas.

La carencia de un desarrollo conceptual riguroso, uno de cuyos indicadores es la falta de distinciones claras, afecta consecuentemente la comprensión de los procesos de investigación que serían tres diferentes: investigación científica pura, investigación científica aplicada e investigación tecnológica y también afecta la comprensión de sus resultantes: las teorías científicas puras, las teorías científicas aplicadas y las teorías tecnológicas (sustantivas y operativas) así como las reglas tecnológicas, fundamentadas en teorías diversas o en la práctica.

Además, si la confusión no solamente se da en el ámbito epistemológico sino que ocurre también entre el personal de investigadores e incluso de tecnólogos en acción, el hecho resulta ciertamente grave. En tal caso

los procesos de investigación se verían interferidos en su cabal desarrollo por errores metódicos. El análisis de esta problemática es asunto pendiente y en algo nos referiremos a ella en las líneas siguientes.

ESTRATEGIA DE LA PREDICCIÓN TECNOLÓGICA

Un sistema de previsión tecnológica, en tanto sistema predictivo, para lograr su objetivo de acción, tiene que elegir entre diversos objetivos posibles lo cual presupone, por un lado, cierta previsión de posibilidades y, por otro, su estimación a la luz de un conjunto de desiderata. Por tal motivo debe desarrollar una estrategia metódica que permita realizar un proceso autocorrector, basado en la realimentación del predictor por las predicciones hasta que sea despreciable la diferencia entre la predicción y el objetivo o fin. Esta estrategia puede requerir nueva información, nuevas hipótesis o hasta teorías inicialmente no presentes. Según Bunge⁽³⁷⁾, a quien estamos siguiendo en este punto, la estrategia de un predictor es la siguiente:

1. Con información relevante en el momento t (I_t) elabora y formule una predicción en un momento posterior t' ($P_{t'}$)

2. La predicción puede introducirse de nuevo en el sistema y compararse con el fin (F) establecido que controla todo el proceso, sin causarle ni suministrarle energía.
3. Si los datos son suficientemente parecidos, el sistema toma una decisión que puede llevarle a obrar para beneficiarse del curso de los acontecimientos. Si la predicción difiere considerablemente del fin, la diferencia desencadenará de nuevo el mecanismo teórico, que elaborará una nueva estrategia:

En el momento t'' se formula la nueva predicción Pt'' . Esta nueva predicción vuelve a alimentar el sistema y así, hasta que la diferencia entre objetivo (F) y predicción (P) sea despreciable.

Esta reconstrucción racional que hace Bunge es, de suyo, interesante; pero, requiere de algunas precisiones que tengan en cuenta el problema metódico en su conjunto.

- En primer lugar no está suficientemente claro si esta estrategia es la que usa un investigador tecnológico o un tecnólogo en acción. Ocurre que el paso 1 de la estrategia presupone la existencia de información relevante. Esto es admisible en el caso de un tecnólogo en ac

ción, digamos un ingeniero, pero no necesariamente en el caso de un investigador tecnológico, quien podría comenzar investigando para lograr elaborar información relevante.

- En segundo lugar, en el paso 3 de la estrategia se hace referencia a un mecanismo teórico que guía las decisiones, pero no especifica el tipo de teoría. Podría entenderse, siguiendo al mismo Bunge que "la previsión del especialista técnico que no usa teoría científica no es una actividad científica ..."⁽³⁸⁾; es decir, no sería tecnología y esta conclusión se aplicaría al especialista técnico que use teoría tecnológica operativa, la cual, como se ve, resulta incoherente.

- En tercer lugar, no distingue entre objetivos cognoscitivos y objetivos de acción. A mi juicio los objetivos cognoscitivos requieren de procedimientos y criterios propios del método de investigación científica; en cambio, los objetivos de acción, requieren de procedimientos y criterios diferentes y que son los que caracterizan al método de investigación tecnológica. Precisamente esta distinción y el señalamiento de las peculiaridades de este último método fueron el objetivo y resultado de mi anterior trabajo de tesis, citado en la nota 7 .

En relación con lo anteriormente ~~pretado~~, pero desde una perspectiva más amplia, considero conveniente formular las siguientes observaciones:

- La metódica de la investigación tecnológica es un área problemática casi inexplorada, de tal modo que la Metodología de la Tecnología tiene un importante trabajo. Creo que debe ser asumido teniendo como marco contextual el proceso real de investigación y desarrollo científico-tecnológico en el marco también real de la sociedad concreta. Hay que tener en cuenta los componentes y relaciones del sistema científico-técnico, distinguiéndolos.

- Una metódica de investigación, en función de la naturaleza de la problemática que investiga, contiene o puede contener estrategias y tácticas adecuadas a los objetivos pertinentes. En el caso de la metódica de investigación tecnológica, estimo que existe la necesidad de contar con estrategias y tácticas para lograr objetivos de acción que son reconocidos generalmente como los propiamente tecnológicos, pero también debe contar con estrategias y tácticas para lograr objetivos de conocimiento que guíen la acción; tales objetivos de conocimiento son también propios de la investigación tecnológica. En

este sentido, me parece totalmente pertinente la rectificación implícita que hace Bunge a una anterior posición suya que critiqué en mi aludida investigación acerca del método de investigación tecnológica. En efecto, en una de sus últimas obras admite que, en particular, la Metodica de la Tecnología consta de: a) el método científico (problema cognoscitivo - hipótesis - contrastación - corrección de la hipótesis o reformulación del problema); y, b) el método tecnológico (problema práctico - diseño - prototipo - prueba-corrección del diseño o reformulación del problema)⁽³⁹⁾.

- El esclarecimiento de la estrategia de la previsión tecnológica debe ampliarse, además, ubicándola en la etapa o etapas pertinentes, dentro del proceso de investigación y desarrollo. Siendo estas etapas: 1) Investigación científica básica; 2) Investigación científica aplicada; 3) Investigación tecnológica; y, 4) Desarrollo tecnológico productivo, pienso que la previsión tecnológica debe ser ubicada, particularmente en la etapa 3 y en tal sentido debe estudiarse su fundamento en 1 y 2. Reconocemos que la distinción de las tres primeras etapas es aún insatisfactoria; pero, existen ya propuestas que viabilizan un progresivo esclarecimiento⁽⁴⁰⁾.

CAPACIDAD PREDICTIVA DE LA TECNOLOGIA

Si consideramos que el objetivo de la tecnología es el logro de éxito en la acción, el desideratum de la tecnología resulta ser la seguridad o fiabilidad. En este sentido inicial lo esperable es una gran potencia predictiva, proyectiva o previsora de la tecnología. Sin embargo, si tenemos en cuenta que las reglas de la tecnología, que guían los cursos de acción, tienen o pretenden tener base en las teorías científicas y tecnológicas, entonces la potencia proyectiva de las reglas tecnológicas estarán afectadas, de algún modo, por similares limitaciones que las que tienen las teorías o leyes que les sirven de base. En este respecto hay que tener en cuenta que las limitaciones ocurren, como lo hemos señalado en el capítulo anterior, tanto para las teorías correspondientes a las ciencias físicas como para las teorías de las ciencias histórico-sociales, aunque en mayor grado en éstas. Consecuentemente, es esperable también que las tecnologías físicas y las tecnologías sociales se vean afectadas de modo parecido a como les ocurre a las ciencias que, por definición, les sirven de fundamento.

Refiriéndose a las fuentes de incertidumbre de la predicción tecnológica, Bunge afirma que la fiabilidad o seguridad, que es el desideratum, no es siempre conse-

guible por alguna de las tres siguientes fuentes de incertidumbre:

- a) falta de teoría (o de información) adecuada.
- b) "ruido" o variación casual de factores no controlados.
- c) La extrapolación cualitativa en cuya ejecución pueden descubrirse hechos imprevistos porque en el sistema real aparecerán variables desconocidas y de casi imposible control. Aquí el proceso requiere de auto-corrección; tal ocurre con la frecuente extrapolación modelo de avión y avión real⁽⁴¹⁾.

Refiriéndose a la necesidad de estudiar los problemas generales de la gestión de los procesos económico-sociales, V.G. Afansiev concibe el problema tecnológico de la gestión científica de la sociedad y reconoce que un grupo de problemas importantes "es el estudio de las posibilidades, límites y vías de empleo de los medios científico-técnicos modernos en la gestión: los métodos matemáticos, la simulación, los medios técnicos de organización y las calculadoras electrónicas, así como el estudio de las posibilidades de conjugación racional del hombre y la técnica en el proceso de gestión"⁽⁴²⁾ Adviértase aquí que el reconocimiento de las posibles limitaciones de los sistemas tecnológicos Afansiev suma el reconocimiento del rol del

hombre, e implícitamente de sus posibilidades y límites; creo que éste es un punto de vista importante no solamente en relación con las tecnologías sociales sino también en relación con las tecnologías materiales: estudiar la racionalidad tecnológica en armonía con los seres humanos.

Complementando las afirmaciones anteriores, N. Filipenko desde predios marxistas sostiene que la predicción se realiza con más éxito cuanto más se coordina con las demandas del proceso histórico objetivo. Al respecto especifica que "la planificación social, que se basa en los pronósticos de la evolución de la sociedad, así como en el estudio de las demandas colectivas e individuales... permite asegurar que dicha evolución sea regular y coordinada, evitar el subjetivismo y el voluntarismo"⁽⁴³⁾, especificando además que "La prognosis de los procesos sociales es probabilística y ofrece numerosas variantes. Un proceso o acontecimiento social se halla determinado por multitud de factores y su efecto global es una "resultante" en la que el valor de éste o el otro factor puede variar de modo considerable. Un conocimiento insuficiente de esta ligazón puede dar lugar a notables diferencias entre el pronóstico y la realidad"⁽⁴⁴⁾. Notemos que para Filipenko "previsión social" implica el sentido de "planificación social" basada en "prognosis" o "pronósticos" de

naturaleza probabilística; pero de alcance aún limitado por la complejidad de los fenómenos sociales, la escasa información organizada y el aún no muy alto desarrollo de investigaciones científico-sociales. Dicho autor resalta, sin embargo, que en la Unión Soviética, donde sabemos que la planificación social, es decir la previsión social, ha sido preferentemente cultivada, las limitaciones son menores en los aspectos de demografía, movimientos migratorios, demandas, etc., porque éstos han sido mejor estudiados. (45)

FORMA LOGICA DE LA PREDICCIÓN TECNOLÓGICA

Bunge, a quien hemos recurrido frecuentemente porque como ya hemos dicho es el epistemólogo que más esfuerzo ha dedicado a promover la reflexión filosófica en torno a la tecnología, refiriéndose a la forma lógica de la predicción o previsión tecnológica propone la siguiente fórmula: "Si hay que conseguir y en el momento t' con probabilidad p , entonces hay que hacer x en el momento t " e indica que al tecnólogo le corresponde elegir los medios adecuados para lograr el objetivo pues su previsión establece una relación medios-fin; más aún, teniendo en cuenta que el objetivo de la predicción tecnológica es el éxito en el logro del objetivo de acción x , no puede ser usada para contrastar hipótesis, porque una previsión

inicial puede ser falseada o confirmada por la fuerza en razón del interés personal del predictor, que en este caso se parcializa tratando de que su previsión tenga el éxito práctico que se propuso. Esta es una diferencia de la predicción tecnológica con respecto a la predicción científica, pero no es una diferencia lógica sino de actitud⁽⁴⁶⁾.

Una forma alternativa de analizar la forma lógica de la predicción tecnológica consiste en analizar la forma lógica de la regla tecnológica, que como dijimos en su momento, expresa propiamente la previsión. En efecto, las reglas tecnológicas- tienen la siguiente forma lógica: "Z per X" que puede leerse "para lograr Z hacer X" donde Z representa el objetivo predeterminado y X representa una serie finita y ordenada de actos mediante los cuales se alcanza el objetivo; podemos simbolizar esta serie de actos por la cadena de signos (1,2,3 ... n actos). "Para desimantar un cuerpo de hierro, caliéntesele por encima de 770° C" es un ejemplo de regla tecnológica, fundada en la ley científica cuyo enunciado, simplificado por comodidad expositiva, es el siguiente: "Si la temperatura de un cuerpo imantado rebasa su punto de Curie, entonces el cuerpo pierde su imantación". Para el hierro el punto de Curie es de 770° C⁽⁴⁷⁾.

Una regla tecnológica podrá ser más o menos eficiente en tanto prescribe realizar acciones que permitan acercarse en mayor o menor grado al logro de los resultados deseados en la tarea de operar cambios en el comportamiento de los hechos. Aquí no se puede hablar de norma o regla técnica verdadera o falsa, sino de norma o regla técnica eficiente o inoperante, en la medida en que permite alcanzar o no determinados objetivos. Corresponde a la investigación tecnológica el determinar el grado de eficiencia de las normas o reglas tecnológicas, es decir la capacidad previsoras de las mismas y el criterio será necesariamente pragmático; son los hechos de la realidad objetiva y de ningún modo la voluntad del investigador el factor decisivo.

C A P I T U L O V

EL CONTEXTO PROBLEMÁTICO DE LA PREDICCIÓN TECNOLÓGICA

En los dos últimos capítulos hemos realizado, principalmente, desde una perspectiva general, el análisis conceptual, lógico, metodológico y práctico de la predicción tecnológica, habiendo ya identificado, en principio, sus características, sin dejar de señalar por ello aspectos aún no estudiados y cuya investigación es importante para un mayor esclarecimiento, de suyo necesario. Por tal motivo, en la consideración de que nuestro principal objetivo es el de avanzar en la identificación y análisis de las características peculiares de la predicción tecnológica, advertimos que es conveniente ampliar la indagación, orientándola al estudio de su contexto. En este sentido, y como lo dijimos anteriormente, siendo que la Metodología de la Tecnología tiene un importante trabajo que cumplir en el estudio de la metódica de la investigación tecnológica, área problemática casi inexplorada, es pertinente considerar una aproximación a su marco contextual: el proceso real de investigación y desarrollo científico-tecnológico en el marco también real de la sociedad concreta.

EL PROCESO CIENTIFICO-TECNOLOGICO. METODICA

El proceso real de investigación y de desarrollo científico y tecnológico es un sistema complejo cuyo estudio resulta problemático. A nuestro juicio la dificultad consiste en la carencia de una clara distinción de sus diversos elementos componentes y de sus múltiples inter-relaciones, todo lo cual se traduce en confusión conceptual y terminológica, inmediatamente constatable al consultar la bibliografía correspondiente, inclusive dentro de la que pertenece a un mismo autor.

Esta situación nos obliga a tratar al respecto, con el propósito de precisar en lo posible nuestra opción conceptual de tal modo que en función de ella podamos esclarecer el sentido y limitaciones de nuestro lenguaje e identificar la etapa o etapas del proceso de investigación y desarrollo en las que se formulan y operan las predicciones tecnológicas.

A nivel macrosocial Bunge⁽⁴⁸⁾ habla de un gran "Sistema de producción y circulación de conocimientos, artefactos y servicios en la civilización industrial" entre cuyos componentes identifica y relaciona a los si-

güentes: 1) Ciencia Pura o Básica; 2) Ciencia Aplicada; 3) Tecnología; 4) Producción, Comercio, Servicios; 5) Filosofía; 6) Ideología. La propuesta a mi juicio resulta interesante y concuerda en lo que se refiere a los cuatro primeros componentes, a los que en la misma obra reconoce como componentes de lo que en tal caso denomina "Sistema científico-técnico"⁽⁴⁹⁾.

Hasta este punto hay varias distinciones; a dos de ellas nos interesa poner de relieve:

- La primera, entre Ciencia Pura o Básica y Ciencia Aplicada. Los criterios que el autor utiliza están referidos al objeto y objetivo de estudio así como al tipo y utilidad de los resultados; ilustrando su propuesta con ejemplos⁽⁵⁰⁾. Desde este punto de vista afirma que:
 - * La Ciencia Pura o Básica tiene un objeto de estudio general y su objetivo es conocer para comprender desinteresadamente el mundo, sin motivos prácticos. Su resultado se expresa en la fórmula "He descubierto X"; y, está constituido por un cuerpo de conocimientos que descubren propiedades profundas y leyes generales. Estos conocimientos encuen

tran a veces aplicación inmediata o mediata, amplia o restringida; y, otras veces no encuentran aplicación alguna. Son ejemplos entre otros: la Genética, la Teoría del Aprendizaje, la Sociología, la Química Teórica.

- * La Ciencia Aplicada tiene un objeto de estudio más restringido y su objetivo es conocer el mundo para controlarlo, siempre en el interés de una misión práctica, aún cuando sea a largo plazo. Su resultado se expresa en la fórmula "He descubierto que X puede servir para producir (o impedir) Y "; y, está constituido por un cuerpo de conocimientos que tiene aplicación inmediata, aunque es improbable que descubra propiedades profundas o leyes generales; sino que más bien se funda en los resultados de la Ciencia Pura o Básica. Son ejemplos: la Biología de plantas comestibles que se basa en la Genética; el Aprendizaje de una segunda lengua cuya base es la Teoría del Aprendizaje; la Sociología del Desarrollo cuya base es la Sociología; la Química de hidrocarburos cuya base es la Química.

Como se puede apreciar, los criterios de distinción que Bunge utiliza podrían ser calificados de no ser suficientes por implicar estimaciones subjetivas o apelar a la siempre dudosa determinación de posibilidades mediatas o inmediatas. Sin embargo, a falta de mejores criterios disponibles conocidos, proponemos seguir usándolos y eso es lo que hacemos en este trabajo. Ocurre así porque, además, el criterio de determinación de la magnitud de un área u objeto de estudio -amplio o restringido- si bien es relativo y varía históricamente, en tanto el objeto de estudio de las ciencias se amplía y restringe constantemente, resulta confiable en cada momento histórico como criterio de deslinde, e inclusive es criterio que fundamenta la necesaria flexibilidad en la tarea taxonómica de las disciplinas científicas.

- La segunda, entre Ciencia Aplicada y Tecnología. Esta distinción resulta de difícil comprensión y manejo, debido a que el mismo autor en una de sus más conocidas obras⁽⁵¹⁾ afirma, como la mayoría de epistemólogos conocidos, que la tecnología es Ciencia Aplicada en la medida que elabora reglas sobre la base de

teorías científicas; en otros términos, porque las reglas tecnológicas constituyen el medio de aplicación del conocimiento científico. En este mismo sentido, Rapp⁽⁵²⁾ considera que la Ciencia Básica o Teórica descubre nuevas conexiones y que la Técnica Científica -o Tecnología- crea resultados utilizables en la práctica sobre conexiones conocidas.

Sin embargo es conveniente reconocer que esta identificación entre Ciencia Aplicada y Tecnología está basada en la consideración de que ambas utilizan información científica básica o sustantiva; pero, tal consideración es en el mejor de los casos simplista y parcial, porque:

- Por un lado no considera que la Tecnología tiene diversos componentes -teorías tecnológicas, reglas de acción y datos- los que, como hemos visto y analizado en el capítulo IV revelan intersecciones vacías y no vacías tanto con las teorías de la Ciencia Básica o Pura como con las teorías de la Ciencia Aplicada, las que si no son tomadas en cuenta generan una identificación confusa y si son tomadas en cuenta fundamentan, según el caso, una identificación o una distinción consciente y tal vez explícita.

- Por otro lado no tiene en cuenta o no distingue el aspecto metódico. Recuérdese que en el mismo Capítulo IV estamos formulando observaciones y señalando posibles tareas y líneas de solución. Anteriormente también nos hemos referido al caso de tecnologías cuya única intersección con las ciencias es el uso del método científico; tal el caso de las tecnologías nuevas como la Investigación Operativa cuya distinción con respecto de las Ciencias Pura y Aplicada esté dada porque su naturaleza tecnológica no depende de relaciones de fundamentación cognoscitiva sino sólo metódica.

Más bien, la distinción entre Ciencia Aplicada y Tecnología tiene mejores puntos de apoyo en los avances de los estudios metodológicos. En efecto, es del caso relieves que el reconocimiento⁽⁵³⁾ de que la Metodología de la Tecnología consta de a) Método científico; y, b) Método tecnológico, es el resultado de una indagación sensata que para superar la confusión conceptual no insiste en rigorizar el análisis conceptual sino que se orienta al estudio de los procesos reales de investiga-

ción, en términos de sus pasos, etapas y criterios. Los resultados nos permiten afirmar que ésta es una vía adecuada para esclarecer conceptos e interpretaciones que no sean ya producto de especulaciones sino de un conocimiento de la realidad científico-técnica.

En esta perspectiva, en relación con el "sistema científico-técnico" referido al comenzar este capítulo el proceso real de "investigación y desarrollo" en una sociedad industrial concreta consta de las siguientes etapas:

1. Investigación científica básica, pura o sustantiva.
2. Investigación científica aplicada.
3. Investigación tecnológica.
4. Desarrollo tecnológico.

Las etapas 1 y 2 comparten el método científico y difieren en aquellos aspectos referidos por los criterios vigentes para distinguir Ciencia Pura o Básica y Ciencia Aplicada. La etapa 3, correspondiente a la investigación tecnológica, difiere de 1 y 2, particularmente de ésta última, en razón de que es una etapa nuclear-

mente de invento y consta, a su vez, de los siguientes pasos: 3.1) Diseño; 3.2) Construcción del prototipo; y, 3.3) Prueba. La etapa 4 consta de paso de producción y evaluación del artefacto o procedimiento.

Nos interesa destacar aquí la distinción entre investigación aplicada e investigación tecnológica, pues es en esta etapa del proceso real de investigación y desarrollo en la que ubicamos el rol principal de las predicciones o previsiones tecnológicas que se someten a prueba.

En esta etapa 3 entendemos que la previsión o predicción tecnológica lo es con respecto al "comportamiento" futuro de un artefacto o procedimiento que se inventa. Es claro que en el paso 3.1 del diseño, se predice el logro de ciertos objetivos prácticos o de acción; que el paso 3.2 de construcción del prototipo es un paso más del proceso de concretización del invento, que hace posible el paso 3.3 de contrastación o prueba empírica del artefacto o procedimiento y consecuentemente de las predicciones correspondientes. Adviértase que solamente si la prueba es positiva se pasará a la etapa 4 de desarrollo tecnológico que incluye la producción y comercialización de artefactos y servicios.

Lo que acabamos de exponer ilustra claramente que, a partir del análisis de las etapas del proceso real de investigación y desarrollo, queda identificada en su tercera etapa -de Investigación Tecnológica- una secuencia metódica propiamente tecnológica, en razón de sus objetivos, pasos y criterios; en este respecto destaca precisamente la ubicación de las operaciones de formulación y contrastación empírica de la predicción tecnológica como operaciones que forman parte de los pasos de diseño y prueba. Ahora bien, decimos que esta secuencia metódica es propiamente tecnológica porque en ella se reconocen peculiaridades tácticas, que hemos identificado en mi aludida tesis anterior, y que se expresan en términos de: la técnica específica para discernir el problema tecnológico de naturaleza práctica; las alternativas de solución, que se formulan en función de los parámetros eficiente-ineficiente, inherentes al campo del conocimiento para la acción; el nivel de concreción de sus puntos de partida; los elementos que se someten a contrastación y los objetivos de ésta.

USO DE MODELOS PREDICTIVOS EN LA INVESTIGACION DE OPERACIONES

Con el propósito de lograr una mayor comprensión de la naturaleza de la predicción tecnológica y de este modo poder esclarecer la identificación de sus características distintivas, consideramos pertinente a proximarnos a una tecnología en particular para los efectos de conocer algún aspecto de su metódica en la que se formulen predicciones. En este sentido hemos elegido a la Investigación Operativa (IO), a la que se le reconoce como una tecnología operativa que se aplica al estudio y solución de los complejos problemas que surgen en la gerencia y en la administración de grandes sistemas de hombres, máquinas, materiales y dinero, en la sociedad de nuestros días.

Para cumplir esta tarea hemos recurrido a los tratados de IO en los que se ofrece información especializada habiendo llegado a determinar, luego de consultar fuentes autorizadas, la obra de Stafford Beer⁽⁵⁴⁾ como básica por su excelente nivel metodológico.

El área de acción de la Investigación Operati-

va, como se ha dicho es el que corresponde a los grandes sistemas complejos cuyo problema administrativo se expresa en términos de problemas para la toma de decisiones y para el control debido a las dificultades para predecir las múltiples interacciones de muchas de las variables en práctica. Se afirma, al respecto, que el fracaso en la solución de estas dificultades constituye la raíz de los grandes conflictos civiles en la industria, el gobierno, los negocios y militares en la defensa.

En otras palabras, la tarea gerencial y de dirección administrativa consiste, centralmente en la solución del problema de la predicción; y, precisamente, la Investigación Operativa es un quehacer cumplido por equipos interdisciplinarios que utilizan una metodología orientada a medir, comparar y predecir los resultados prácticos de decisiones, estrategias o controles alternativos, incorporando valoraciones de factores como el azar y el riesgo, con el propósito de ayudar a gerentes, administradores o directores de sistemas complejos a determinar racional y controladamente su política y sus acciones.

La metódica que emplean los investigadores operacionales se orienta, consecuentemente, a la construcción de modelos predictivos. Al respecto, en términos generales, comencemos por señalar que la posibilidad de predecir es una propiedad de la conducta de los seres humanos, la misma que alcanza el nivel de conducta racional cuando no solamente se sabe lo que realmente está ocurriendo sino que intelectualmente se tiene una representación de lo que va a ocurrir a continuación; esta representación no es información de lo que ocurre sino un pronóstico, predicción o previsión de lo que ocurrirá, pronóstico que continuamente se reajusta o corrige por realimentación. Esta representación mental de la realidad es un modelo; los modelos de las cosas pueden ser más o menos exactos; consecuentemente serán más o menos idóneos para predecir el comportamiento de la cosa modelada.

Los modelos pueden ser construidos por los hombres ordinarios en términos del sentido común o por los investigadores científicos e investigadores tecnológicos, que los construyen con rigor racional tratando de enriquecerlos constantemente y de convertirlos en una mejor representación de la realidad. (55)

El modelo construido con el "enfoque científico" y aplicado en el campo de la Investigación de Operaciones no significa ni hipótesis ni teoría, y sólo representa anticipadamente -por extrapolación- el patrón de los acontecimientos mismos. Cuando esta representación es expresada en lenguaje matemático, mediante una ecuación algebraica, ésta es denominada "modelo matemático".

Para construir rigurosamente un modelo predictivo es necesario aplicar un procedimiento que amalgame metodológicamente tres aspectos separables: una identificación homomórfica de la estructura y del mecanismo subyacente, un esquema estocástico de cuantificación y un conocimiento de la interacción estadística.⁽⁵⁶⁾

Lo expresado hasta el momento revela la complejidad del procedimiento, al punto que solamente a manera de referencia con respecto al proceso de modelación de una situación administrativa en la perspectiva de una situación científica, señalamos que: en primer lugar hay que esclarecer y formular los modelos conceptuales y analizar sus posibles relaciones de analogía; lue

go, elaborar dos modelos homomórficos de nivel más profundo y formularlos rigurosamente en lenguaje matemático, analizando las posibles relaciones isomórficas; y, finalmente, por generalización, formular el modelo predictivo. Obtenido así este modelo, su valor predictivo y consecuentemente su utilidad será comprobado empíricamente; si el resultado indica un alto valor predictivo, el modelo es fiable; en caso contrario conviene reiniciar el proceso modelador.(57)

En suma, la predicción o previsión en el campo de la Investigación de Operaciones constituye un elemento sustancial de su metódica en lo que respecta al proceso de construcción del modelo, cuya comprobación empírica determina la utilidad o inutilidad del modelo en función de los criterios de éxito preestablecidos por los directores de un sistema real complejo.

En esta línea de análisis queda pendiente la tarea de analizar ejemplos diversos de investigaciones operativas con el objetivo de profundizar en el conocimiento de la problemática inherente a la formulación y contrastación de predicciones.

C O N C L U S I O N E S

1. La reflexión epistemológica presenta diversas etapas en su desarrollo histórico y se expresa en un conjunto -amplio, diverso y controvertible- de teorías y planteamientos denominado Filosofía de la Ciencia, cuyo contenido revela la preferencia por los grandes problemas filosóficos de la ciencia pura y la necesidad de impulsar estudios epistemológicos que conciernan y sean útiles a la ciencia misma. Asimismo, el gran desconocimiento de la ciencia aplicada y de la tecnología, cuya influencia en la vida individual y social es actualmente de gran impacto, ha generado la necesidad de impulsar y desarrollar la llamada Filosofía de la Tecnología, cuya problemática adquiere clara delimitación y creciente interés.
2. La metódica que se emplea en los procesos de investigación científica y de investigación tecnológica constituye objeto de estudio teórico-filosófico, desde las perspectivas de la Metodología de la Ciencia y de la Metodología de la Tecnología, ramas importantes de la Epistemología. La Metodología de la Ciencia, históricamente se ha planteado dos tareas, descriptiva y normativa, con respecto al proceso de investigación científica; y, para cumplirlas asume diversos enfoques me

metodológicos rivales. La Metodología de la Tecnología, de reciente data, a nuestro juicio, comparte con la Metodología de la Ciencia la variedad de enfoques metodológicos y el tipo de tareas de ésta; pero, se distingue por su diversa, compleja y casi inexplorada problemática.

3. El desarrollo asimétrico de los estudios epistemológicos, en general, y de los estudios metodológicos, en particular, que se expresa en el reducido conocimiento de la investigación científica aplicada a investigación tecnológica y de sus resultados, es un hecho que no es explicado suficientemente con argumentos que solamente tienen en cuenta variables filosóficas o psicológicas, como lo hacen Rapp y Bunge, sino que requiere considerar también el contexto real y político de la relación de dominación-dependencia que determina la división internacional del trabajo. Recuérdese que la asimetría epistemológica y metodológica ocurre en sentido contrario al proceso real de gran producción de ciencia aplicada y de tecnología en los países desarrollados; pero, sí en concordancia con la política de dichos países en la difusión relativamente abundante de información de ciencias básicas y en extremo restringida en información tecnológica.

4. Entre las predicciones y las teorías o datos científicos existe una relación de condicionalidad que se expresa en dos posiciones, a nuestro juicio complementarias, en tanto, por un lado, una predicción, entendida como una previsión acerca de un evento futuro es admitida como científica si la proposición predictiva que la expresa se fundamenta en teorías o datos científicos; y, por otro lado, una teoría es fiable, en el sentido de ser científica, si cuenta a su favor con la comprobación de predicciones nuevas y muy precisas. Resulta así la predicción científica como una función relacionada básicamente con la contrastación de teorías y con el aumento del conocimiento, criterios que permiten identificar la capacidad predictiva de las leyes y teorías científicas.

5. El análisis de la forma lógica de la predicción científica, teniendo en cuenta casos de investigación fáctica, revela que en el proceso de derivación de consecuencias contrastables de hipótesis o teorías, es decir de deducción de proposiciones predictivas, se incurre en una falacia formal, que consiste en afirmar el consecuente para afirmar el antecedente

de una proposición condicional, y que permite explicar por qué las predicciones que se cumplen no constituyen prueba segura de que las hipótesis o teorías de las que se deducen sean verdaderas.

6. El análisis de los componentes del conocimiento tecnológico -teorías, reglas fundamentadas y datos- así como el análisis de su relación con la ciencia coetánea, su metódica y su objetivo orientado a la acción práctica exitosa permite afirmar, en relación con la previsión o predicción tecnológica, lo siguiente:

6.1. Las reglas fundamentadas destacan como el principal de los componentes del conocimiento tecnológico porque son las que mejor expresan la tarea previsor de la tecnología en tanto prescriben cursos de acción orientados al logro exitoso de objetivos prácticos;

6.2. El fundamento teórico de las reglas tecnológicas es un asunto problemático debido a la diversidad de teorías que pueden servir de base: las teorías científicas, las teorías tecnológicas sustantivas que a su vez se basan en las teorías científicas

sustantivas; y, las teorías tecnológicas operativas, definidas como aquellas que no utilizan el conocimiento científico sustantivo sino tan solamente el método científico;

- 6.3. El componente teórico del conocimiento tecnológico también resulta problemático porque se carece de estipulaciones suficientemente claras para distinguir las teorías científicas puras, las teorías científicas aplicadas y las teorías tecnológicas (sustantivas y operativas).
7. La estrategia de la previsión o predicción tecnológica debe ser analizada y reconocida distinguiendo la que aplique el tecnólogo en acción de aquella que utiliza el investigador tecnológico; y, ubicándola en el contexto de la metódica de la investigación tecnológica que tiene dos grandes áreas, cada una de ellas con pasos y técnicas adecuados para resolver problemas cognoscitivos, en términos del método científico, y problemas prácticos en términos del método tecnológico.
8. El análisis de la forma lógica de la previsión tecnológica, en cuanto forma lógica de las reglas tecnológicas,

fundamentadas en leyes científicas, revela la estructura formal de un curso de acción, entendido como una secuencia finita de operaciones que expresan una relación medios - fin, evaluable en términos de grados de eficiencia o ineficiencia, según su éxito o fracaso en el logro de sus objetivos prácticos; en este sentido la previsión tecnológica no tiene, como la predicción científica una función contrastadora de teorías.

9. El proceso real de investigación y desarrollo científico-tecnológico es un sistema complejo caracterizado por la diversidad de sus componentes y la multiplicidad de sus interrelaciones, configurando un contexto con respecto al cual existe confusión conceptual y terminológica. Consecuentemente, la Metodica de la Tecnología y, particularmente, el interior de ella la predicción tecnológica, afronta dificultades con respecto a las cuales es necesario optar a nivel conceptual y práctico de tal modo que resulta razonable:

- 9.1. Asumir como criterios suficientes de distinción entre Ciencia Pura o Básica y Ciencia Aplicada, los referidos a la magnitud del área objeto de

estudio, el objetivo del mismo, así como el tipo y utilidad de los resultados.

- 9.2. Reconocer, en base a los avances de los estudios metodológicos, que existen diferencias entre Ciencia Aplicada y Tecnología. en función de la naturaleza, características, objetivos e intersecciones de sus elementos componentes.
10. El análisis del ciclo de operaciones metódicas del proceso real de investigación y desarrollo científico tecnológico permite reconocer una secuencia metódica propiamente tecnológica -denominada etapa de Investigación Tecnológica- el interior de la cual se ubican claramente las operaciones de formulación y contrastación empírica de la predicción tecnológica como parte de los pasos de diseño y prueba, participando, consecuentemente de las peculiaridades tácticas del método de investigación tecnológica.
11. La relevancia de los modelos predictivos en la Investigación de Operaciones resulta claramente determinada por el hecho de que la tarea central de los directores y ad-

ministradores de los grandes sistemas complejos de hom
bres, máquinas, materiales y dinero de la actual socie
dad industrial, consiste en la solución del problema
de la predicción del comportamiento de dichos sistemas.
En este sentido las operaciones de formulación y con-
trastación de predicciones tecnológicas resultan fun-
damentales en el proceso de construcción y uso de mo-
delos que sean útiles para la toma de decisiones y el
control de multiplicidad de variables propias de los
referidos sistemas complejos.

N O T A S

1. Imre Lakatos Matemáticas, ciencia y epistemología Cap.6 p.147
2. Imre Lakatos Ob.cit. Cap.6 pp.149-152
3. Ian Hacking Revoluciones científicas (RC) pp. 7-15
4. Mario Bunge Epistemología (EP) pp. 14-20
5. George Gale destaca con acierto la influencia de Bacon, Galileo y Leibniz. Véase su Theory of Science. Cap.I pp.12-19
6. Mario Bunge EP pp. 21-22
7. En mi tesis "Peculiaridades del método de investigación tecnológica" Lima, UNMSM Facultad de Letras y Ciencias Humanas, Escuela Académico Profesional de Filosofía, 1986 en los Caps. I y II, aparece el desarrollo relativamente amplio de estas ideas. La taxonomía se basa en las propuestas de M.Bunge en IC p.45 y en EP p. 207-208
8. Friedrich Kapp Filosofía analítica de la ciencia p.9
9. Mario Bunge EP Cap. 15 p.205
10. Karl Popper La lógica de la investigación científica (LIC) p.48
11. Thomas S. Kuhn La estructura de las revoluciones científicas Cap. V pp. 80-81
12. Imre Lakatos "Historia de la ciencia y sus reconstrucciones racionales" en Revoluciones científicas de Ian Hacking, Cap. V pp. 205-206
13. Se refiere a mi tesis "Peculiaridades del método de investigación tecnológica", citada en la nota 7.

14. Mario Bunge Investigación científica (IC) caps. 10 y 11; y, EP pp 205-228 y 234-236
15. Ver "prediction", en: Dictionary of Philosophy. Littlefield, Adams y Co. Totowa, New Jersey, 1977
16. Ob.cit. "prediction"
17. Mario Bunge IC Cap. 10 p.626
18. Ibid, pp.627-628
19. Evandro Agazzi, y otros. "La fiabilidad de la ciencia" en: Investigación y ciencia No.122 p.72
20. Sin embargo, generalmente, se admite como científicas a teorías que no formulan predicciones. Véase George Gale. Theory of Science. Cap. III pp. 61-62 ss.
21. Mario Bunge IC p. 658
22. Karl Popper LIC p. 32
23. Hans Reichenbach Moderns filosofía de la ciencia p.177
24. L.W.H. Hull Historia y filosofía de la ciencia p. 225
25. John Gribbin En busca del gato de Schrödinger pp. 136-137
26. Mario Bunge IC PP. 625-626
27. Ibid pp. 627-628
28. Karl Popper LIC p.33
29. Evandro Agazzi y otros "La fiabilidad de la ciencia" p.72
30. Jeffrey Baker y G. Allen Biología e investigación científica Cap. 4 pp. 28-29
31. Mario Bunge IC p.83

32. Mario Bunge EP pp.206-207
33. Mario Bunge IC pp. 684-685
34. Mario Bunge IC p. 694 y ss.
35. Mario Bunge EP pp. 206-207
36. Tal diversidad de concepciones confusas ocurren incluso en un mismo autor en varias de sus obras y hasta en una misma obra. Véase al respecto
 Mario Bunge Seudociencia e ideología pp.216-225
Investigación científica p. 699
 Friedrich Rapp Filosofía analítica de la técnica p.66
37. Mario Bunge IC p.705
38. Ibid p.707
39. Mario Bunge Seudociencia e ideología p. 36
40. Mario Bunge Ob.cit. pp. 216-219
41. Ibid pp.709-710
42. V.G. Afanasiev Dirección científica de la sociedad p.400
43. N.Pilipenko Dialéctica de lo contingente y de lo necesario p. 271
44. N.Pilipenko Ob.cit. p.272
45. Ibid pp. 272-276
46. Mario Bunge IC pp. 702-704
47. Ibid pp. 694 ss.

48. Mario Bunge Seudociencia e ideología p. 224 . El autor cita como fuente más amplia su obra: Treatise on Basic Philosophy. Understanding the world. Dordrecht-Boston: Reidel, 1983
49. Mario Bunge Ibid. p. 216
50. Mario Bunge Ibid. p. 216-219
51. Mario Bunge IC p. 689
52. Friedrich Rapp Filosofía analítica de la técnica p. 66
53. Mario Bunge Seudociencia e ideología p. 36
54. Stafford Beer Decisión y control . El significado de la investigación de operaciones y la administración cibernética. México, Fondo de Cultura Económica, 1982
55. Sobre modelos isomórficos en la ciencia véase Carl G. Hempel. "Formulation and Formalization of Scientific Theories". En la compilación de Frederick Suppe The Structure of Scientific Theories (1977) p. 244ss.
56. Stafford Beer Ob.cit. Cap. X p.218
57. Stafford Beer Ob.cit. Cap. VI esp.pp. 119-123

B I B L I O G R A F I A

- AFANASIEV, V. G.** Dirección científica de la sociedad Moscú, Editorial Progreso, 1975
- AGAZZI, Evandro, ARTIGAS, Mariano y RADNITZKY, Gerard.** "La fiabilidad de la ciencia" En: Investigación y Ciencia No. 122. Edición en español de Scientific American. Barcelona, Prensa Científica S.A. Noviembre de 1986
- BAKER, Jeffrey y ALLEN, Garland.** Biología e investigación científica Bogotá, Fondo Educativo Interamericano S.A. 1970
- BEER, Stafford** Decisión y control. El significado de la investigación de operaciones y la administración cibernética. México, Fondo de Cultura Económica, 1982 570 pp.
- BUFFA, Elwood S.** Dirección de Operaciones. Problemas y Modelos México, Limusa 1977
- BUNGE, Mario.** La investigación científica Barcelona, Ediciones Ariel, 1972 2da. edición - Colección "Convivium" - 8
- BUNGE, Mario.** Epistemología Barcelona, Editorial Ariel, 1980
- BUNGE, Mario.** Racionalidad y realismo Madrid, Alianza Editorial, 1985 Serie: Alianza Universidad

- BUNGE, Mario. Seudociencia e ideología Madrid, Alianza Editorial, 1985 Serie: Alianza Universidad No.440
- BUNGE, Mario. Teoría y realidad Barcelona, Ediciones Ariel S.A. 1972
- DAVIES, Paul. Otros mundos. El espacio y el universo cuántico, Barcelona, Salvat Editores S.A. 1986
- FEYERABEND, Paul. Tratado contra el método Madrid, Editorial Tecnos S.A., 1981
- GALE, George. Theory of science. An Introduction to the History, Logic and Philosophy of Science. New York, Mc Graw-Hill Book Company
- GRIBBIN, John. En busca del gato de Schrodinger Barcelona, Salvat Editores S.A. 1986
- HACKING, Ian. Revoluciones científicas México, Fondo de Cultura Económica 1985
- HULL, L.W.H. Historia y filosofía de la ciencia Barcelona, Ediciones Ariel 1961
- KAUFMANN, Arnold. Método y modelos de la investigación de operaciones México, Cía. Editorial Continental 1981 2 tomos

- KERLINGER, Fred N. Investigación del comportamiento. Técnicas y Metodología México, Interamericana 1975
- KUHN, Thomas S. La estructura de las revoluciones científicas México, Fondo de Cultura Económica 1980
- LAKATOS, Imre. "Historia de la ciencia y sus reconstrucciones racionales" En: Revoluciones científicas de Ian HACKING, México, Fondo de Cultura Económica 1985 Cap.V pp. 205-242
- LAKATOS, Imre. Matemáticas, ciencia y epistemología Madrid, Alianza Editorial 1981
- FRAWDA, Juan. Métodos y modelos de investigación de operaciones México, Editorial Limusa 1981
2 tomos
- PETRIANOV, I.V. y TRIFONOV, D.N. La magna ley Moscú Editorial MIR 1981
- PILIPENKO, N. Dialéctica de lo contingente y de lo necesario Moscú, Editorial Progreso 1986
- POPPER, Karl R. La lógica de la investigación científica Madrid, Editorial Tecnos S.A. 1962
- RAPP, Friedrich. Filosofía analítica de la ciencia Buenos Aires, Editorial Alfa S.A. 1981

- REICHENBACH, Hans. Moderna filosofía de la ciencia
Madrid, Editorial Tecnos S.A. 1965
- STEGMULER, Wolfgang. Teoría y experiencia Barcelona
Editorial Ariel 1979
- SUPPE, Frederick. The Structure of scientific theories
Chicago, University of Illinois Press 1977
Second Edition
- THIERAUF, Robert J. y GROSSE, Richard A. Toma de
decisiones por medio de investigación de
operaciones México, Editorial Limusa 1980

UNMSM-FLCH
BIBLIOTECA
INVENTARIO 1987

UNMSM-FLCH
BIBLIOTECA
INVENTARIO 1003

