

EL METODO CIENTIFICO: SU CONCEPTO, SU REALIDAD  
Y ALGUNOS PROBLEMAS DE SU TEORIA\*

Juan Ramón Alvarez

I. Consideraciones preliminares

El tema de esta sesión del curso en que quedarán comprendidas las consideraciones siguientes es el problema del método de la ciencia actual. Las consideraciones teóricas sobre el método pueden colocarse bajo la apelación general de "metodología". No nos faltará ocasión para advertir el descuido con que a veces se emplea este término. No obstante, ahora quiero referirme solamente a las relaciones de la metodología con la filosofía de la ciencia, con la intención de apuntar al lugar de encuentro en que pueden reunirse las contribuciones de científicos y filósofos.

Si juntamos en una misma expresión las denominaciones "filosofía de la ciencia" y "metodología de la ciencia", podemos interpretar esa conjunción como la intersección de sus respectivos dominios de referencia. Ante esta representación existen dos posibilidades. La primera, que esa intersección sea vacía, recoge la situación prácticamente inencontrable en que la filosofía de la ciencia sería completamente ajena a toda consideración metodológica. La segunda, que esa intersección no sea vacía, es triple. Uno de sus casos sería aquél en el cual la metodología incluiría la filosofía de la ciencia reduciéndola a la reflexión sobre los procedimientos internos de las ciencias (No me detengo a considerar si la filosofía de la ciencia se reduciría a toda la metodología o sólo a una parte suya). Un segundo caso, en el extremo opuesto, sería aquél en que la filosofía de la ciencia incluiría a la metodología de la ciencia reduciéndola. La metodología aparecería así caracterizada como una tarea exclusivamente filosófica y no científica. El caso que resta -el más verosímil- es aquél en que se da un solapamiento entre filosofía de la ciencia y metodología de la ciencia, siendo éstas irreductibles entre sí.

Fijados en este tercer caso podríamos tomar las siguientes posiciones fácilmente sostenibles.

1. No toda la filosofía de la ciencia es metodología de la ciencia: existen aspectos tales como la ontolo-

gía, la epistemología, la Historia de la ciencia, etc., que, sin estar desconectadas de la metodología, no son disciplinas metodológicas ni se reducen a metodología. Bunge (1972, p. 50) contrasta la metodología de la ciencia, ocupada del método general y las técnicas complementarias, con la filosofía de la ciencia, "que estudia los presupuestos y resultados -si los tiene: lógicos, epistemológicos y metodológicos de la investigación científica" (véase también Rivadulla 1984, p. 17 en que se identifica la filosofía de la ciencia con una disciplina especial que se ocupa de los "aspectos lógico, semántico, metodológico y epistemológico de las ciencias empíricas").

2. No toda la metodología de la ciencia es filosófica: existe una metodología científica acoplada intrínsecamente a cada ciencia que, sin ser ajena a las reflexiones filosóficas, es un componente intrínseco de la propia ciencia, es decir, no hay ciencia irreflexiva.

3. Existe un dominio teórico acerca de las ciencias en el cual la teoría es a la vez filosófica y metodológica. Si se quiere, es éste un terreno bastante resbaladizo (Dadognet, 1969) y en él existen dos peligros: que la filosofía se extralimite en pseudo-ciencia o que la ciencia se extralimite en pseudo-filosofía. Los ejemplos de estos excesos no son difíciles de presentar (cfr. Alvarez 1984b, p. 175, nota 4) y el riesgo de incurrir en alguno de ellos no debe impedir la colaboración entre científicos y filósofos.

Pero existe otra dificultad que las consideraciones "metodológicas" suscitan por falta de precisión en las expresiones. Si, por un lado, la metodología se opone, en tanto que teoría del método, al método que se ejerce en la práctica científica, por el otro lo hace a la llamada "meta-metodología" como conjunto de consideraciones (meta)teóricas que deberían permitir escoger entre metodologías alternativas. Es éste un tercer nivel respecto de los dos anteriores. La inexactitud de las expresiones alcanza unas veces la confusión entre método y metodología; otras veces la indistinción entre la metodología y la meta-metodología. Esta última oposición puede resumirse en la afirmación de que se posee una meta-metodología si, ante la propuesta de cualquier regla metodológica, se tiene o se puede hallar evidencia de que esta regla favorece las finalidades cognoscitivas más eficazmente que las reglas alternativas disponibles (Laudan 1987, p. 26). A continuación me propongo ocuparme de las relaciones entre el método y la metodología, a sabiendas ya de que la metodología tiene formas científicas y filosóficas.

## II. Método, operaciones y normas

Aunque la teoría del método científico, que corresponde a este dominio compartido, sigue siendo tema de consideración en las más diversas actividades académicas, no siempre es motivo de visiones triunfales o, al menos, optimistas. Si, al margen de segundas lecturas, se toman al pie de la letra las palabras iniciales de un artículo reciente de Laudan (1987), encontramos en ellas las indicaciones de una profunda insatisfacción.

"La teoría de la metodología científica (en breve, la "metodología") parece atravesar tiempos difíciles. Allí donde la metodología gozó de un lugar privilegiado entre los filósofos de la ciencia, muchos son escépticos acerca de sus posibilidades" (Laudan 1987, p. 19).

Contrasta esta situación, por otro lado, con la de una actividad científica cada vez más extendida y apreciada, actividad que se lleva a cabo "según método". El ejercicio metódico de los científicos se opone así, en una primera aproximación, a la teoría metodológica de los filósofos (profesionales u ocasionales -científicos que reflexionan sobre su propio ejercicio) y esa oposición se traduce, al parecer, en la descalificación de toda metodología normativa por parte de quienes "sostienen que lo más que podemos hacer es describir los métodos usados por los científicos" (Laudan 1987, p. 19). Y aunque no todos los entendidos hayan decidido acogerse al retiro de la metodología descriptiva, los defensores de cierta forma de metodología normativa no logran ponerse de acuerdo acerca del modo de fundamentarla.

Se ponen así de relieve los problemas que aquejan a la metodología de la ciencia en la actualidad frente al éxito evidente de la práctica científica. El carácter problemático de la metodología frente al ejercicio (asertórico) del método se presenta como el primer aspecto destacable del tema que nos ocupa. Con todo, esta oposición no es significativa sino respecto de ciertas presuposiciones acerca de qué sea el llamado método seguido en la práctica científica y objetivado al parecer con un éxito bastante discutible por esa forma de reflexión denominada metodología. Aun cuando todos tenemos cierta noción de método, es necesario que haga aquí expresa la que utilizaré en mis consideraciones, a riesgo de repetir cosas sabidas y planteamientos que he hecho en varias ocasiones.

Sea cual sea nuestra idea de método, nos vemos remitidos al concepto de las operaciones de determinados sujetos, a saber, los científicos, realizadas según reglas



(Alvarez 1982, 1984b). Por otro lado, la propia idea de "un" método parece alejarnos de la imagen de una dispersión desordenada de reglas que gobiernan la actividad de los científicos. Sin exigir del "método" un carácter sistemático, le suponemos al menos la coherencia propia de un conjunto de reglas compatibles entre sí. La práctica científica, en tanto que comportamiento metódico, consiste precisamente en la subordinación de la operaciones a normas. Ahora bien, las operaciones sometidas a normas son de tres clases: simbólicas, técnicas y sociales (Alvarez 1982, 1984b).

Es posible establecer un contexto de análisis en el cual el concepto de método puede ser representado mediante productos de relaciones binarias que tienen lugar entre signos, objetos y sujetos (Alvarez 1984b). Denotando los sujetos con 'S', los signos con 's' y los objetos con 'O' es posible representar las operaciones simbólicas como relaciones en que los sujetos utilizan selectivamente signos para comunicar algo -relaciones (S, s); las operaciones técnicas como relaciones en que los sujetos manipulan mediata o inmediatamente objetos -relaciones (S,O); las relaciones sociales como relaciones en que unos sujetos subordinan -e incluso utilizan llegado el caso- a otros. A su vez la eficacia de las normas se da en el marco de relaciones (normativas) en que determinadas formas simbólicas influyen en la conducta de los sujetos -relaciones (s, S). Los términos a la izquierda en las relaciones anteriores subordinan a los que ocupan su lugar a la derecha. Para las relaciones mismas puede hacerse otro tanto y considerar subordinantes las relaciones factores a la izquierda en los productos relativos y subordinadas las relaciones factores a la derecha. Así, la subordinación de las operaciones a normas puede representarse en la tres formas que puede tomar según cuál sea la clase de operaciones. En la representación de las distintas subordinaciones como otros tantos productos se incluye el "resultado", (el tipo de) la relación resultante.

1. (s, S)/(S, s) = (s, s)
2. (s, S)/(S, O) = (s, O)
3. (s, S)/(S, S) = (s, S)

1. La subordinación de operaciones simbólicas a normas da lugar a relaciones sintácticas -de tipo (s, s)-. El método, por tanto, gobierna la utilización o construcción de las estructuras sintácticas de los lenguajes naturales (lenguas) o artificiales en que se expresan las ciencias, ninguna de las cuales puede hacerlo solamente en lenguas artificiales como es bien sabido por el conocido teorema de los metalenguajes (el último metalenguaje es una lengua).



2. La subordinación de operaciones técnicas a normas da lugar a relaciones representativas -de tipo (s, O)- que, junto a sus inversas las incorporativas -de tipo (O, s)- constituyen las relaciones semánticas (Alvarez 1984b). Los diversos sistemas de representaciones asociados a las distintas ciencias resultan de subordinar a normas las manipulaciones de objetos -por ejemplos, las representaciones numéricas de las magnitudes "resultan" de la aplicación de operaciones técnicas según normas (superposición de cuerpos rígidos, utilización de balanzas, etc). (Para la relación de representaciones y operacionalismo, véase Alvarez 1984a).

3. La subordinación de las operaciones sociales a normas da lugar a nuevas normas. La disponibilidad de las normas producidas para su ulterior gobierno de operaciones abre la vía para la recurrencia del método (Alvarez 1982, 1984b).

Diríase que la idea de método -que no el ejercicio metódico propiamente dicho, tal como tiene lugar en la ciencia real- remite a la de un proceso recurrente que, subordinando operaciones simbólicas y técnicas a normas, proporciona sistemas sintácticos y representativos, a la par que, subordinando operaciones sociales a normas, genera nuevas normas que a su vez, subordinando operaciones sociales, generan nuevas normas, etc. Desde este punto de vista, la idea de método es a la vez la de un proceso recurrente sin término final asignable de antemano. Como ideal, el concepto de método hace pensar en la práctica científica como un viaje sin destino (Saumells, 1958). Pero la práctica real alcanza siempre un término también real. La necesidad de esa detención no procede del puro concepto formal de método como recurrencia normativa. Proviene, en cambio, de las imposiciones objetivas del campo propio de la ciencia considerada (Alvarez 1982).

### III. Método y nivel de resolución

La idea de esta limitación ha sido formulada de diversas maneras. En todas ellas, sin embargo, está presente como característica común la noción de "unidades mínimas de análisis" respecto de un campo científico determinado. Así es posible "cortar por lo sano" y asignar a la Física los átomos, a la Química las moléculas, a la Biología las células, a la Psicología los organismos y a la Sociología la pareja humana (Carrillo 1983, p. 238). Evidentemente, la cuestión no es tan simple y el nivel de resolución de una ciencia no se agota en las unidades de una escala del objeto (Alvarez 1981). La Historia de las ciencias sirve para esclarecer este extremo. La Química clásica, es decir, la Química que se consolidó como ciencia en el siglo XIX, logró establecer su nivel de

resolución no por la teoría atómica de Dalton como indicativa de un nivel de composición de la materia, sino por la introducción de la distinción de Avogadro (aún terminológicamente confusa) entre los átomos como unidades que entran en las combinaciones y las moléculas como unidades de composición de los gases. La Química clásica no se consolidó por pura vinculación a una escala material a la que se refieren los "átomos", sino al nivel de resolución consistente precisamente en la oposición átomos/moléculas (Alvarez 1981, p. 92).

El nivel de resolución de una disciplina científica no se identifica, por tanto, con una escala de su supuesto objeto. Aunque está referido a escalas objetivas, remite siempre a más de una: al menos a dos escalas contiguas entre las que son posibles los planteamientos explicativos. La oposición entre unidades significativas y unidades distintivas conectada con la idea de la -al menos- doble articulación del lenguaje humano puede servir como indicadora del nivel de resolución de las ciencias lingüísticas.

La ultimidad del nivel de resolución no es una propiedad "metafísica" de sus unidades. Es posible continuar, por la reaplicación de normas a operaciones, el análisis hasta estratos más "elementales". Sin embargo, en ese caso se abandonaría la ciencia que se pretende cultivar. Se puede proseguir el análisis de las sustancias hasta las llamadas partículas elementales o proseguir el análisis del decurso lingüístico hasta los llamados alófonos (sonidos diferentes acústicamente, pero indistintos fonológicamente). Respecto de nuestros ejemplos anteriores, sin embargo, se habría abandonado tanto la Química clásica en el primer caso como la Lingüística estructural en el segundo. La ultimidad del nivel de resolución lo es con relación a la posibilidad de la reconstrucción sintética de las totalidades de que se ha partido en el análisis. Descubierta por el análisis científico el nivel de resolución de una ciencia, éste queda establecido cuando integra las unidades conjugadas a partir de las cuales la síntesis es posible. La imposibilidad de la síntesis, más allá de un presunto nivel de resolución, confirma a este último como efectivo.

#### IV. La diversidad de las operaciones.

La representación del método real requiere la limitación constitutiva que en cada ciencia suministra el correspondiente nivel de resolución, estableciendo los márgenes entre los cuales se desarrolla la aplicación de normas a operaciones. Este modo de entender el método me parece más adecuado, con tal de que en cada caso se determinen las operaciones normalizadas respecto del nivel

de resolución, que cualquier esquema general que trate de resumir el método en una secuencia de operaciones genéricas. Así, por ejemplo, procede Bunge (1983, pp. 253-254), de quien tomo esta secuencia.

1. Identificar un problema. Si no está claramente formulado dar el paso siguiente; si lo está continuar con el paso 3.
2. Formularlo claramente.
3. Buscar información, métodos o instrumentos relevantes.
4. Intentar resolver el problema con los medios del paso 3. Si el intento falla dar el paso 5; si tiene éxito dar el paso 6.
5. Inventar nuevas ideas (hipótesis teorías o técnicas), presentar nuevos datos empíricos o diseñar nuevos artefactos que parezcan prometedores.
6. Obtener una solución (exacta o aproximada) del problema.
7. Deducir las consecuencias de la solución obtenida.
8. Comprobar la solución. Si no resulta dar el paso siguiente; si resulta dar el paso 10.
9. Corregir la solución por revisión de todo el proceso o recurriendo a métodos alternativos.
10. Examinar la repercusión del conocimiento antecedente y mostrar los problemas que plantea.

El resumen anterior adolece de un defecto que se da, por otra parte, en el original resumido: a saber, la referencia en la reglas del método (general) a otros métodos. Debo suponer que Bunge aquí presupone su distinción entre el método general de la ciencia como una estrategia que afecta al ciclo entero de la investigación y los métodos particulares o técnicas como tácticas que se aplican a fases individuales (cfr. Bunge, 1972). Lo contrario carecería de sentido. Esta distinción evita que el resumen mencionado fuera, más que el comprimido del método científico, el resumen de una meta-metodología, al menos desde el punto de vista del nivel lingüístico en que tiene lugar. Además, si el concepto de método que he propuesto puede parecer excesivamente general, éste lo es aun más.

#### (A) Sintaxis y estructuralismo

Al menos, la distinción entre los tipos de operaciones subordinadas a normas puede servir para aclarar disputas metodológicas. Sirva de ejemplo la diatriba de Thom (1986) contra el experimentalismo de la ciencia moderna. Thom se inclina a ver la constitución de la ciencia moderna ligada a la lenta maduración del concepto matemático de función. Cito en extenso su argumentación.

"Si una ley científica hace intervenir una función  $y=f(x)$  que depende de una variable  $x$ , entonces la



verificación experimental completa de la ley es estrictamente imposible (hay una infinitud (¡continua!) de valores de  $x$ ); y esta consideración es válida a fortiori para los fenómenos descritos por un sistema diferencial (mecánica celeste) -o una ecuación en derivadas parciales. Por esta razón verificar una ley cuantitativa mediante la experiencia no es posible sino 'modulo' las hipótesis sobre la naturaleza de la función, que debe ser muy regular. Es decir, que sólo las hipótesis (en general implícitas) de continuidad o de analiticidad permiten afirmar que una ley semejante es efectivamente "verificada por la experiencia"...Estas consideraciones históricas se proponen mostrar que en el origen de la ciencia moderna no tuvo lugar (en todo caso no tuvo lugar únicamente) la puesta en marcha de un nuevo método de exploración y de experiencia, sino muy al contrario, tuvo lugar la toma de conciencia de un instrumento matemático que permitía una nueva formalización de los fenómenos" (Thom 1983, p. 9. Los subrayados son míos).

Quienes hayan seguido la trayectoria teórica de René Thom no necesitan mayores precisiones para ver en las palabras anteriores una reiteración de la conocida posición del eminente matemático. Me interesa en este caso utilizarlo como ejemplo de quien identifica la revolución metodológica moderna con una revolución en la subordinación de las operaciones simbólicas a normas, revolución que produce una nueva "sintaxis". Los alegatos históricos de Thom resultan de una lectura que concuerda con esfuerzos metódicos propios. Bien conocida es su contribución a la teoría matemática de la morfogénesis, campo en que predica, con el propio ejemplo, una revolución sintáctica que resulta de un nuevo modo de simbolizar los procesos morfogenéticos. En otro lugar (Alvarez 1985) me he ocupado de esta tentativa de Thom. Allí mostré que su determinada ontología biológica estaba asociada a una "metodología sintáctica", mientras que otras ontologías lo estaban a metodologías "sociológicas" y "físico-químicas". Biólogos conocidos como Goodwin y Trainor (1983) siguen directrices teóricas semejantes en los estudios embriológicos. He llamado a esta posición "estructuralista" por analogía con las tendencias teóricas así llamadas. Aquí, si se puede recoger tal denominación, significaría justamente la tendencia a ver las revoluciones metodológicas como revoluciones sintácticas resultantes de subordinaciones de operaciones simbólicas a normas.

En el volumen que publica las manifestaciones de Thom anteriormente mencionadas (Hamburger 1986) se recogen con-

tribuciones de científicos y filósofos. Las dos ponencias principales -las lecciones magistrales- corresponden al matemático Thom y al físico Abragam. Las manifestaciones de Thom en defensa de la posición estructuralista no caracterizan el punto de vista de los filósofos frente al presunto punto de vista de los científicos. No es esa la distinción pertinente, sino la que coloca a Thom como defensor de un aspecto metodológico que resulta privilegiado frente a otros: en concreto frente a los que tienen que ver con las operaciones técnicas y las sociales.

#### (B) Contrastación y tecnología

Los "experimentalistas" a que se opone Thom, aparte de ser un recurso polémico fabricado ad hoc, de ser algo serían los que defendiesen como aspecto absorbente de la metodología el relativo a la subordinación de las operaciones técnicas a normas, subordinación que, como se apuntó, da lugar a representaciones. De todas formas, el experimentalismo es menos amplio que el aspecto metodológico cubierto por la subordinación de las operaciones técnicas a normas. Incluye, por tanto, el ámbito de los procedimientos empíricos de contrastación: observaciones, mediciones y experimentos. Estas tres formas de darse la subordinación de las relaciones técnicas a normas para producir representaciones han sido caracterizadas por Bunge en términos de sus componentes:

"La observación puede analizarse en tres componentes por lo menos: el objeto de observación (inserto en su entorno o medio), el observador y un canal de comunicación que transmite señales entre ambos. La medición introduce un cuarto factor, que es el dispositivo de medición. En el experimento, el objeto se ve rodeado por un medio artificial en mayor o menor medida, o sea, por un medio en que algunos aspectos se encuentran bajo control -a poder ser remoto- del operador" (1972, p. 820).

El alcance de estos procedimientos puede llegar hasta la evaluación de tipos muy generales de teorías. El planteamiento y ejecución de experimentos para averiguar si se confirman las previsiones de las llamadas desigualdades de Bell como consecuencia de los supuestos implícitos en la construcción de teorías clásicas (las llamadas teorías de variables ocultas) que no se cumplen en la mecánica cuántica, es de sobra conocido (cfr. D'Espagnat 1980, Alvarez 1984, Selleri 1986). Me interesa resaltar, en este tema, que los procedimientos metodológicos consistentes en las subordinaciones de las operaciones técnicas a normas parecen servir, en este caso, al cum-

plimiento del desideratum de Margenau (1970, p. 24) de que la realidad de que una ciencia trata sea esclarecida por la ciencia como un sistema metodológico. La "condición de realidad" de Einstein puede servir de ejemplo de un intento semejante:

"Si podemos predecir con certeza (esto es, con probabilidad igual a la unidad) el valor de una magnitud física sin perturbar en modo alguno un sistema, entonces existe un elemento físico real correspondiente a esta magnitud física" (Einstein, Podolsky & Rosen 1935, p. 777).

La realidad de lo físico queda referida así a dos propiedades metodológicas: predecibilidad de valores e imperturbabilidad de sistemas. Bien sé que las polémicas que desde entonces se han desatado sobre el tema de la teoría (cuántica) y la realidad continúan repitiéndose (cfr. Selleri 1986, Ferrero 1985).

Quiero sencillamente hacer notar que, sin merma de que la condición de Einstein sea una manera de referirse a la realidad del mundo externo, un presupuesto filosófico de la ciencia (Bunge 1972 p.349-350), lo hace de un modo operativo. Einstein (1935) lo formuló positivamente argumentando que, dados dos sistemas en interacción, con propiedades en relación determinada -como es el caso de los protones en estado singulete cuyo spin es complementario y que ha servido en los últimos años para ejemplificar la situación- que dejan de estarlo al cabo de cierto tiempo, perturbar a uno no llevaría consigo perturbar el segundo, porque los sistemas ya no interactuarían en el momento de la medición. La condición de que el segundo no sea perturbado es que sea causalmente independiente del primero, lo que debe establecerse en las condiciones experimentales (Alvarez 1984a, p. 148).

Ferrero ha tomado otra dirección, oponiendo al "realismo epistemológico" -por ejemplo de Einstein- lo que llama "realismo gnoseológico", posición que se desprende de la teoría de la ciencia que Bueno (1976) ha llamado del cierre categorial y que Ferrero sigue en este problema. También formula su concepto de propiedad física en términos operativos.

"Se dice que un sistema físico tiene la propiedad  $p$  si para todo dispositivo experimental adecuado se obtiene un valor  $v$  que depende de semejante dispositivo experimental" (Ferrero 1985, p. 103).

Es claro que "realismo" se dice de muchas maneras y los anteriores conceptos de "propiedad física" no son sustituíbles entre sí salva significatione. Sin entrar en la



discusión acerca de la pertinencia de los dos conceptos de propiedad física, sólo me interesa resaltar ahora, aplazando un análisis más pormenorizado de estos dos "realismos", que ambas formulaciones incluyen la idea de "determinación unívoca" -aunque no la de la unicidad en la repetición (el valor y puede ser diferente para la misma magnitud en un segundo ensayo). Ambas tienen forma operativa, pero la condición de imperturbabilidad presente en la de Einstein sería un presupuesto metafísico más que una hipótesis física. Por el momento no sé si la inserción de los objetos "reales" en el marco de la actividad humana basta para conseguir que el "constructivismo" de la formulación de Ferrero se distinga del operacionismo: "una propiedad física (¿real?) p de un sistema es aquello de lo que el dispositivo experimental suministra un valor dependiente del dispositivo.

Pero aún hay otros realismos asociados al papel de agente causal del experimentador en el proceso de la experimentación. Defendiendo una posición a la que ha llamado realismo trascendental, Bhaskar (1978) ha dado una interesante caracterización de la experimentación en la ciencia. Las estructuras de lo real son sistemas abiertos en interacción entre sí y tienen la capacidad de producir determinados efectos, siempre que éstos no sean inhibidos por la acción de otro sistema. De ahí que la experimentación consista principalmente en dos procedimientos: la 'operación experimental' que debe poner en marcha la acción del sistema bajo estudio, y el 'control experimental', que debe impedir las interferencias de la acción de otros sistemas en la del sistema estudiado. En suma, el primer procedimiento debe activar el sistema; el segundo debe 'cerrarlo', desconectarlo de otros sistemas para que los efectos se produzcan. Así la experimentación, proceso en el que el sujeto interviene como agente causal, consiste en última instancia en convertir un sistema abierto en un sistema cerrado. Las condiciones de la experimentación son condiciones de cierre. Ahora bien, los conceptos de las teorías científicas versan sobre los sistemas abiertos sobre cuyo funcionamiento se formulan las leyes causales; en cambio, la experimentación, como metodología de la contrastación, 'cierra' sistemas para que produzcan los efectos previstos por las leyes causales que, digámoslo así, pueden no confirmarse en 'estado natural' debido a la acción de otros sistemas.

Contra la posición anteriormente mencionada de Thom (1986) un defensor de la metodología experimental podría argumentar que la revolución metodológica de la ciencia moderna residió precisamente en interrogar a la naturaleza por el método experimental consistente en "cerrar" sistemas abiertos para hacer que se actualicen procesos causales virtuales. No sería la univocidad característi-

ca de las funciones lo que haría de las explicaciones científicas explicaciones causales. Por el contrario, la atribución de la producción de efectos a sistemas reales, que los producen necesariamente cuando se cumplen sus condiciones de cierre, da valor causal a las expresiones funcionales.

Por otra parte, funciones no lineales sencillas que describen sistemas dinámicos han podido ser tratadas "experimentalmente" gracias a los ordenadores (Ekeland 1984, Schuster 1984), dando origen a un especie de matemática experimental. Una función de la forma  $x_{n+1} = 1 - ax_n^2$ , válida para representar una dinámica sencilla, caracteriza lo que se ha llamado un caos determinista. En su libro, titulado con esa expresión, Schuster describe así la situación.

"'Caos determinista' denota el movimiento irregular o caótico generado por sistemas no lineales cuyas leyes dinámicas determinan unívocamente la evolución temporal de un estado del sistema a partir del conocimiento de su historia previa. En los últimos años -gracias a nuevos resultados teóricos, a la disponibilidad de ordenadores de gran velocidad y a técnicas experimentales refinadas- se ha aclarado que este fenómeno abunda en la naturaleza y que tiene consecuencias muy importantes en muchas ramas de la ciencia" (Schuster, p. 1).

Con una simple calculadora programable se puede mostrar que para  $a = 0,5$ , y dando a la variable distintos valores iniciales, la reiterada entrada de los resultados en el siguiente paso, hace que los resultados converjan en un punto límite  $x = 0,732050807$ , que constituye un equilibrio estable. Si se va aumentando el valor de  $a$ , esta convergencia se repite -en la aproximación que ofrece un ordenador pequeño- hasta los alrededores de  $a = 0,6449$ , donde aparecen dos estados de equilibrio estable en las proximidades de  $0,691566978$  y  $0,691566975$  (en esto no coinciden mis datos con los de Ekeland: aquí se plantea un problema de aproximación). Ekeland (1984) indica las peculiaridades del régimen del tipo de dinámica descrito por la ecuación de la manera siguiente:

1.  $0 \leq a \leq 0,75$ : La dinámica del sistema no cambia cualitativamente: los valores convergen en un sólo valor.
2.  $0,75 \leq a \leq 1,25$ : La dinámica del sistema no cambia y se ajusta a una trayectoria estable de período 2.  $0,75$  constituye un valor catastrófico en que se produce un cambio de régimen.

3.  $1,368 \leq a \leq 1,401$ : Existe una serie infinita de valores catastróficos tales que si  $a$  se halla entre  $a_n$  y  $a_{n+1}$ , "el sistema posee una trayectoria estable de período  $2^{n+1}$ , en la que convergen todas las demás" (p. 165).

4.  $1,401 \leq a \leq 2$ : Este intervalo se conoce mal, pero hay al menos dos características:

a) para la mayoría de los valores de  $a$  el sistema tiene un comportamiento caótico. "El sistema va errante al azar entre los extremos 1 y -1" (p. 166).

b) a pesar de todo en ese extenso desorden hay islotes de orden y estabilidad. Así, para  $a = 1,76$  el sistema entra en una trayectoria de período 3.

La ejecución de este procedimiento "experimental" es la contrafigura del planteamiento sintacticista de Thom. Precisamente lo que la vía "experimental" pone al descubierto, los islotes "caóticos" en el oceano ordenado de la determinación, es un conocimiento que la perspectiva sintáctica no podía poner en evidencia. Sabemos que Poincaré había adelantado ideas al respecto, pero ha sido la subordinación de las operaciones técnicas mediante ordenadores a normas la que ha dado cuerpo a este tipo de investigaciones.

#### (C) Normas, sujetos y meta-metodología

La subordinación de las relaciones sociales a normas tiene que ver con todo un conjunto de situaciones que incluyen transmisión de conocimientos, especificación de instrucciones, organización de trabajos, dirección de investigaciones, etc. Semeja esta dimensión del método ser más propia de la sociología de la ciencia que de la metodología. Bien mirada, sin embargo, constituye el conjunto de condiciones que hacen posible la reproducción de la ciencia como actividad. Kant dijo una vez que no se aprende filosofía, sino a filosofar (M<sup>a</sup> Isabel Lafuente me ha hecho notar que Schopenhauer comentó sarcásticamente que lo verdadero es justamente lo contrario). El conjunto de técnicas que debe aprenderse en cada ciencia constituye el aprendizaje de procedimientos reglados para el trato con los objetos o los problemas. La subordinación de las operaciones sociales a normas genera normas en varios sentidos. En primer lugar, la transmisión de normas (re)genera las normas en los sujetos que las asumen y aplican en su práctica científica. Se aprende ciencia y se aprende a hacer ciencia. En este tercer aspecto de la metodología nos movemos en lo que Bhaskar (1978) ha lla-



mado la dimensión transitiva de la ciencia, que incluye su dimensión tradicional, social e histórica. La norma aprendida puede ser enseñada y así reiteradas veces. La identidad gremial va unida muchas veces tanto a las normas asimiladas como a los conocimientos adquiridos. La comunicación entre sujetos siguiendo determinadas normas sirve para el establecimiento de normas aplicables a operaciones de diversa escala: entre ellas normas aplicables a las propias relaciones de comunicación -por ejemplo, normas que prescriben la sustituibilidad de unos sujetos por otros. Este aspecto de la metodología representa a la investigación metodológica propiamente dicha. Es éste, pues, el lugar indicado para hablar de las meta-metodologías.

Las meta-metodologías tratan, como es fácilmente comprensible, acerca de las metodologías (o reglas metodológicas, si se quiere) alternativas con relación a los fines cognoscitivos de la ciencia. A riesgo de volver sobre las consideraciones vertidas acerca de Kant en este curso, la distinción de Kant en la Crítica del Juicio entre las máximas mecánica y teleológica puede servir para ilustrar el punto de vista meta-metodológico. Sabido es que razonaba de la manera siguiente. Desde el punto de vista de los juicios acerca de la naturaleza de los objetos los principios mecánico y teleológico son incompatibles, pues entran en conflicto objetivo. Sin embargo, es posible desplazar esa oposición a la esfera de los principios regulativos que se limitan a guiar nuestro juicio sobre los objetos, sin atribuirles propiedades. En este caso la incompatibilidad desaparece y la antinomia se resuelve. Kant resume las máximas mecánica y teleológica de la forma siguiente: "Toda producción de cosas materiales y de sus formas debe ser juzgada como posible según leyes puramente mecánicas" y "Algunos productos de la naturaleza no pueden ser juzgados como posibles sólo según leyes meramente mecánicas (su juicio exige una ley de causalidad totalmente distinta, a saber, la de las causas finales" (Kant 1790, § 70). Brittan (1984a, 1984b; cfr. Alvarez 1986) ha interpretado la máxima mecanicista de Kant refiriéndola a las tres leyes de la mecánica que Kant formuló en sus Primeros principios metafísicos de las ciencias de la naturaleza (1786): el principio de conservación de la masa, el principio de inercia (una especie de refundición de los dos primeros principios de Newton) y el principio de la igualdad de la acción y la reacción. A su juicio los tres principios constituyen una definición implícita de una clase de sistemas físicos: los sistemas mecánicos (clásicos) cerrados. Así, pues, podría traducirse la máxima mecanicista de Kant en el sentido de que los sistemas naturales deben ser considerados como sistemas mecánicos cerrados. Por otro lado, en una línea

semejante he argumentado que la máxima teleológica podría formularse con relación a sistemas abiertos (Alvarez 1987), ruta que en su día siguió von Bertalanffy.

No quiero hacer de la distinción de Kant una cuestión de doctrina ni tampoco deseo solventar un problema actual con una argucia filológica más o menos documentada. Me limito sencillamente a señalar que existen grandes principios reguladores de la investigación científica que afectan, como las máximas kantianas, al modo de considerar los objetos con vistas a su conocimiento, y que estos principios establecen los marcos para la puesta en marcha de los métodos que convienen a los objetos así considerados.

Más aún, quiero decir que los principios regulativos son normas que subordinan la acción de unos sujetos sobre otros en campos como la enseñanza, la preparación de la investigación etc. Las máximas kantianas resumen metodologías alternativas acerca de las cuales debe decidir la meta-metodología. Pero la meta-metodología no establece normas. Creo que tiene razón Laudan cuando propugna un naturalismo normativo que debe decidir entre metodologías alternativas resumidas en principios regulativos basándose en información adecuada acerca de la capacidad de esas estrategias para dar cumplimiento a los fines cognoscitivos.

De ahí que la Historia de la ciencia esté llamada a intervenir decisivamente en esta decisión meta-metodológica, porque

"ofrece un registro impresionante de acciones y decisiones que se aproximan, a través del tiempo, a la realización de los fines que la mayoría de nosotros sostiene que son importantes y merecen la pena. El registro que es la Historia de la ciencia muestra qué clase de ambiciones cognoscitivas se han realizado y cuáles no" (Laudan 1987, p. 28).

El alegato de Laudan, en el sentido de que la normas propuestas puedan tener la forma de enunciados condicionales en los cuales los antecedentes enuncian los fines cognoscitivos y los consecuentes las normas que prescriben los medios, parece bastante razonable. Así, la elección entre metodologías alternativas resultaría semejante a la elección entre teorías empíricas, precisamente porque existe una experiencia que acredita la mayor o menor eficacia de las metodologías, a saber, la experiencia histórica.

La tesis del naturalismo normativo de que las metodologías han de ser evaluadas como teorías empíricas abunda en nuestra afirmación de que existe una metodología científica, provista de sus propias credenciales sin

necesidad de permisos filosóficos. En ella se selecciona entre diversas alternativas metodológicas en virtud de la propia experiencia (¿histórica?) disciplinar. La alternativa preferida, ya de por sí normativa, es seleccionada y se impone como norma.

#### VI. Los problemas pendientes

Con relación al método de la ciencia he hecho una serie de consideraciones que pueden servir ahora para dejar abierto al diálogo el tema titular de esta sesión: el problema del método de la ciencia actual. Recapitulo ahora los problemas pendientes que mis palabras anteriores no han solucionado, sino rozado e indicado.

1. El primero es el de la identidad gremial del metodólogo. Mi atribución de dos perspectivas a la metodología: una científica y otra filosófica puede parecer excesivamente irenista o complaciente dado el reparto de esta sesión, entre un eminente científico como el profesor Sols y un filósofo. Creo, sin embargo, que esa doble perspectiva es real y aconsejable, so pena de extralimitaciones inadecuadas por parte de los filósofos o los científicos cuando transitan por los senderos que conocen poco. Dejo abierta la cuestión de si ese reparto es o debe ser -o, en todo caso, puede ser- una forma de interdisciplinariedad -sea ésta la que fuere- lo que nos plantearía un problema previo, a saber, tener una idea adecuada de lo que sea la interdisciplinariedad, para ver si en ella cabe establecer la coexistencia pacífica y necesaria de científicos y filósofos.

2. El segundo problema entra en el centro de la cuestión y nos enfrenta a la necesidad de disponer de un concepto de método científico que sea algo más que el resumen de una serie de tópicos sobre lo que se debe hacer cuando se hace eso que se llama, con un nombre propio u otro, ciencia. Mi planteamiento es por lo menos claro, pero tiene peculiaridades que deben considerarse. La idea de la subordinación de operaciones a normas es completamente general y valdría para cualquier método, no sólo para el científico. También el brujo sigue normas en sus operaciones y tiene un método brujeril. Una hipótesis para solventar la dificultad podría ser buscar una "diferencia específica" que determinara al método científico frente a otros que no lo son. Lo que mi exposición -discutible sin duda- apunta, es que la científicidad del método está ligada al hecho de que las operaciones normalizadas tengan lugar en el marco de niveles de resolución bien definidos. El concepto de nivel de resolución tiene que ver con la ontología de una ciencia, pero no es un



concepto ontológico -no creo, como Aronson (1984) que la ciencia sea metafísica disfrazada-, sino metodológico, que cumple su función cuando nos referimos al ejercicio científico real. Claro está que, entonces, nuestra idea de lo metodológico no se reduce a la de un simple recetario de instrucciones. En última instancia nos deja planteado un viejo, pero no por eso menos actual problema, el de las relaciones entre la metodología y la ontología de la ciencia.

3. La consideración de las tres dimensiones del método como la subordinación de las operaciones simbólicas, técnicas y sociales a normas hizo hincapié en la posibilidad de privilegiar una de las tres en detrimento de las restantes. El problema reside en este caso en dar a cada cual lo suyo en una teoría del método. Sus posibilidades más interesantes están en la capacidad de servir de instrumento analítico para ocuparse de las ciencias reales. He querido dejar indicadas de pasada las relaciones entre el punto de vista de las operaciones simbólicas y cierta forma de "estructuralismo", entre el de las operaciones técnicas y ciertas formas (por cierto muy distintas entre sí) de "realismo" y el de las operaciones sociales y las jerarquías normativas, en el que puede tratarse el concepto de meta-metodología y donde hay necesidad de plantearse el problema de las relaciones de la metodología con la Historia de la ciencia.

4. Existen, por supuesto, otros problemas y muchos temas metodológicos clásicos -baste con recordar los referentes a las teorías, las explicaciones, las contrastaciones, las aproximaciones, etc.- que merecen ser tratados. Por ahora queden apuntados estos problemas que por ser esenciales son hoy como ayer, y también en cualquier mañana en que haya ciencia, actuales.

Universidad de León

\*Conferencia pronunciada el 15 de mayo de 1987 en la Facultad de Medicina de la Universidad de Valladolid en la sesión final de un curso de "Introducción al método científico" ofrecido en su programa de Doctorado por el Departamento de Bioquímica, Biología molecular y Fisiología.

#### BIBLIOGRAFIA CITADA

- ALVAREZ, J.R. (1981), "El nivel de resolución de las ciencias biológicas", Estudios Humanísticos, 3, pp. 69-93.
- (1982), "Sobre método y concepto", Estudios Humanísticos, 4, pp. 93-111.
- (1984a), "Metodología, ontología y realismo cuánticos", Contextos II/4, pp. 139-157.
- (1984b), "Un contexto de análisis para las ciencias humanas", Diánoia 30, pp. 173-209.
- (1985), "Fenomenologías, ontologías y metodologías biológicas", Contextos III/6, pp. 115-150.
- (1987), "Tres modelos (¿históricos?) de ciencia en la filosofía de Kant", Actas del IV Congreso de Historia de la Ciencia y de la Técnica, Valladolid (en prensa).
- ARONSON, J.L. (1984), A Realist Philosophy of Science, Londres: Macmillan.
- BHASKAR, R. (1978), A Realist Theory of Science, 2ª ed., Sussex: Harvester Press.
- BRITTAN, G. (1984a), "Kant, Closure and Causality", en HARPER, W. & MEERBOTE, R. (eds.) (1984), Kant on Causality, Freedom and Objectivity, Minneapolis: University of Minnesota Press, pp. 66-82.
- (1984b), "The Kantian Foundations of Modern Science", PSA 1984, vol. 2.
- BUENO, G. (1982), "El cierre categorial aplicado a las ciencias físico-químicas", Actas del I Congreso de Teoría y Metodología de las ciencias, Oviedo: Pentalfa, pp. 101-164.
- BUNGE, M. (1972), La investigación científica. Su estrategia y su filosofía, 2ª ed., Barcelona: Ariel.
- (1983), Treatise on Basic Philosophy. 5. Epistemology & Methodology I: Exploring the World, Dordrecht: Reidel.
- CARRILLO GAMBOA, F.J. (1983), El comportamiento científico, México D.F.: Limusa.
- DADOGNET, F. (1969), Tableaux et langages de la chimie, París: Seuil.

- D'ESPAGNAT, B. (1980), "Teoría cuántica y realidad", Investigación y ciencia, enero, pp. 80-95.
- EINSTEIN, A., PODOLSKY, B. & ROSEN, N. (1935), "Can quantum-mechanical description of reality be considered complete?", Physical Review, 47. pp. 777-780.
- EKELAND, I. (1984), Le calcul, l'imprevu. Les figures du temps de Kepler à Thom, París: Seuil.
- FERRERO MELGAR, M. (1985), "What kind of realism?" en BITSAKIS, E.I & TAMBAKIS N. (eds.) (1985), Determinism in Physics, Atenas: Gutenberg Publishing Company, pp. 99-108.
- GOODWIN, B.C. & TRAINOR, L.E.H. (1983), "The ontogeny and phylogeny of the pentadactyl limb", en GOODWIN, B.C., HOLDER, N. & WYLIE, C.C. (eds.) (1983), Development and Evolution, Londres: Cambridge University Press, pp. 75-98.
- HAMBURGER, J. (ed.) (1986), La philosophie des sciences aujourd'hui, París: Gauthier-Villars.
- KANT, I. (1786), Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft, en Kant's gesammelte Schriften, Band IV, Berlín: Reimer, 1911, pp. 465-565.
- (1790), Kritik der Urtheilskraft, en Kant's gesammelte Schriften, Band V, Berlín: Reimer, 1913, pp. 165-485; Crítica de Juicio, trad. de M. García Morente, Madrid: Espasa-Calpe, 1977.
- LAUDAN, L. (1987), "Progress or rationality? The prospects for normative naturalism", American Philosophical Quarterly, Vol. 24, 1, pp. 19-31.
- MARGENAU, H. (1970), La naturaleza de la realidad física, trad. de A. Martín, Madrid: Tecnos.
- RIVADULLA RODRIGUEZ, A. (1984), Filosofía actual de la ciencia, Madrid: Editora Nacional,
- SAUMELLS, R. (1958), La ciencia y el ideal metódico, Madrid: Rialp.
- SCHUSTER, H.G. (1984), Deterministic Chaos. An Introduction, Weinheim: Physik-Verlag.
- SELLERI, F. (1986), El debate de la teoría cuántica, trad. de M. Ferrero, Madrid: Alianza Editorial.
- THOM, R. (1986), "La méthode expérimentale: un mythe des épistémologues (et des savants)?" en HAMBURGER, J. (ed.) (1986), pp. 7-20