

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS
EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

DISCURSO INAUGURAL DEL AÑO ACADÉMICO 1980-1981

LEIDO EN LA SESIÓN CELEBRADA EL DÍA 29 DE OCTUBRE DE 1980

POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

EXCMO. SR. D. ANGEL MARTIN MUNICIO



M A D R I D
DOMICILIO DE LA ACADEMIA
VALVERDE, 22.—TELEFONO 221-25-29
1 9 8 0

Depósito Legal: M. 36.660-1980

TALLERES GRÁFICOS VDA. DE C. BERMEJO - J. GARCÍA MORATO, 122 - MADRID

CIENCIA Y ARISTOBIOLOGIA

El hombre necesita, por naturaleza, conocer. Aristóteles comienza así su Metafísica y este deseo de saber es el origen de la Ciencia. Ciencia que se ocupa de la organización sistemática del conocimiento en base a principios explicativos genuinamente comprobables.

Las ciencias de la naturaleza pueden, en su consideración, moverse desde la mera descripción, aislada, del hecho científico —biológico, por ejemplo— hasta la reflexión filosófica sobre el valor de sus ideas y formulaciones.

El conocimiento de esta perspectiva histórica, y en concreto sobre los orígenes de la ciencia moderna, su evolución, permitirá juzgar la realidad de la empresa científica en relación al ideal y los mitos de la ciencia de hoy.

Entre esta ciencia —ciencia de la naturaleza— y la filosofía de la naturaleza no solo se da una relación sino que en ésta puede insertarse, con profundas características de interdependencia, una serie de tratamientos generales que afectan y muy en primer lugar a los denominados *criterios de demarcación* y, después, al lenguaje y al método científico, a la historia de la ciencia y a la teoría de la ciencia. Relación y tratamientos que, a lo largo de los distintos momentos de la humanidad, han sido analizados, descompuestos más y más, pero también utilizados en la recomposición y en la cooperación de los subsistemas para la formulación de ideas unificadoras, teorías generales.

Históricamente considerada, esta relación ha ido variando desde una identidad casi total hasta la absorción de la filosofía de la naturaleza por las ciencias; casi total, porque ya Aristóteles hacía una cierta distinción entre una colección de hechos, de un lado, y su elaboración científica, su teoría, por otro. Aún hoy, se describe de muy diversa manera por filósofos y científicos; se puede decir, sin embargo, que

en los últimos cincuenta años el papel de la filosofía de la naturaleza, así como el de la relación valor/necesidad van encontrando un reconocimiento cada vez mayor. Los cultivadores de la biología actual sienten ahora, como nunca, la necesidad de interiorizaciones filosóficas sobre el valor de sus representaciones y conceptos ; por ejemplo —y en el primer caso— sobre la cuestión de saber si la explicación física de la naturaleza puede conducirnos a una verdadera comprensión de lo que es la materia, sobre el concepto de causalidad —en el segundo—. Este creciente reconocimiento conduce algunas veces a la admisión de una metafísica, de modo que la filosofía de la naturaleza sea el estudio crítico de los límites, del valor de los resultados obtenidos en las ciencias.

Estas diferencias en la apreciación de la relación eventual entre la filosofía de la naturaleza y las ciencias obliga a establecer ciertas precisiones. Desde el punto de vista del objeto, es decir de la realidad que estudian, la filosofía de la naturaleza y las ciencias consideran el mismo mundo físico, el cosmos, los fenómenos fundamentales, los seres vivientes, el hombre. Desde el punto de vista de la finalidad hay una cierta correspondencia ; tanto la filosofía de la naturaleza como las ciencias teóricas intentan entender, conocer, comprender la naturaleza. Se puede apreciar, sin embargo, en ello una cierta diferencia en cuanto al tipo de comprensión. En las ciencias se trata, por lo general, de una explicación por medio de causas próximas, es decir, por factores del mismo nivel, del mismo carácter, aunque penetren profundamente en el comportamiento de los entes naturales y descubran una gran variedad de hechos con los que influir sobre los procesos vitales ; sea el caso de la explicación física y química de los procesos biológicos que tendría correspondencia en la física, por ejemplo, en la reducción de todas las formas de energía a una sola fundamental, en la búsqueda siempre de nuevas partículas y subpartículas atómicas, etc. Una nueva característica —limitación habría de decirse— hay que considerar en las ciencias : la cuantificación necesaria del fenómeno estudiado ; hecho vigente en la física y cada vez más realidad en biología, de forma que situadas en este nivel de lo cuantitativo ya no nos conducen al conocimiento de otros aspectos de las cosas.

Aún contando con estas restricciones, los enormes progresos de las ciencias durante el último siglo han hecho pensar a buen número de científicos que este tipo de explicación y comprensión ya es más que suficiente y como que la filosofía de la naturaleza, frustrada, anduvie-

ra sin sentido y carente de utilidad ante el gran éxito de las ciencias. A pesar de ello, la insuficiencia de las explicaciones físicas, químicas y biológicas se hace hoy por hoy más intensa según aumenta el nivel de los entes materiales para hacerse desamparo en la verdadera comprensión de lo humano. La filosofía de la naturaleza discutirá y se adentrará en la cuestión de la vida y las funciones vitales, de su origen, de su relación con la materia, del conocimiento sensitivo, etc., alcanzando en la antropología filosófica la cúspide de su valor.

* * *

Todo tratamiento de cualquier aspecto de las ciencias de la naturaleza, y en concreto de la biología y de la biología del hombre, habrá de situarse, pues, entre estos límites y dentro de la variada perspectiva de la misma realidad. Es evidente que los límites —reflexión del filósofo de la naturaleza y la investigación del científico— han venido experimentando a través del tiempo una diferente mutua dependencia, influida por el carácter mixto de las ciencias de la naturaleza predominante en la antigüedad. En este entorno el análisis de Aristóteles permitió entrever la homogeneidad de la realidad biológica y física y, también, observar, comprobar, describir críticamente muchas circunstancias de la vida animal. En opinión de los historiadores de la ciencia¹ “es Aristóteles quien en un primer trabajo de conjunto ha creado la Zoología en tanto que disciplina científica” por su labor en la clasificación y descripción estructural y ecológica de los animales. Aristóteles consideraba la reproducción a base de las cuatro clases de causalidad: eficiente, formal, material y final; el macho proporcionaría la *forma* propia de la especie y la hembra la *materia*, encuadrado entre una eficiencia y una finalidad.

Ya en estas primeras épocas existieron distintas interpretaciones de la naturaleza; la cosmología de los griegos ya diferenciaba fenómenos y esencias. Así, al lado del sistema aristotélico como imagen del mundo real, la doctrina platónica busca la interpretación matemática de los fenómenos más que la comprensión de su esencia; esta doctrina —el movimiento circular uniforme podría representar el orden divino de la región celeste— se continuó en Eudoxos (409-356 aC) —reduce los movimientos celestes de las estrellas a un simple sistema geométrico— y en Galippos (370-300 aC) —representa con treinta y tres esferas el movimiento de los cuerpos celestes—, entre otros filósofos cuyos mo-

delos se describen como meras disposiciones geométricas, y va a llegar hasta Ptolomeo (100-170 dC) quien no consideró su teoría de los epiciclos como descripción de la realidad sino como ficción concerniente tan sólo con los fenómenos.

No eran, en realidad, contradictorios ambos sistemas; más bien versiones distintas de la naturaleza y, por ello, quizás, pudieron coexistir durante quince siglos la vertiente filosófica como *descripción real del mundo* y la vertiente científica, astronómica, como *instrumento ficticio* para calcular los fenómenos; y así las hipótesis matemáticas de Ptolomeo fueron utilizadas como meras fuentes de predicción astrológica con independencia de sus implicaciones cosmológicas². Es interesante hacer notar, ahora, que cuando aún la ciencia no había adquirido un mínimo de madurez, ya nacen enfoques, interpretaciones, que fueron tomados, sin embargo, algunas veces como doctrinas incuestionables. Posiblemente, es buena prueba de ello que filósofos árabes como Abul Wefa y al Battani no iban a tomar en cuenta esta diferencia entre la cosmología real y las hipótesis ficticias relativas a los fenómenos.

Anticipándonos ahora en este relato a su posición en el tiempo, podemos avanzar como este *ficcionalismo*, primitiva interpretación de la ciencia, iba a ser como el origen conceptual de lo que, andando los siglos, se conocería como *instrumentalismo*, uno de los puntos de vista del conocimiento que mayor influencia han ejercido en la física moderna y que — cuestionándose frente al realismo — llega con más o menos fuerza a nuestros días.

La síntesis científico-naturalista aludida iniciada por Aristóteles no logró arraigar en los siglos siguientes; el espíritu de Aristóteles fue difuminado, casi barrido, tanto en el mundo helenístico como en el romano, lo mismo en las nuevas doctrinas aportadas por el incipiente cristianismo que en el resto del contexto cultural de la época, con lo que se relegó, a la vez, la síntesis científica de la filosofía de la naturaleza tan íntimamente vinculada. Ello no quita para que el pensamiento de Aristóteles, aunque anclado, no muriera y pudiera prolongarse varias docenas de años en varios discípulos; Teofrasto de Ereso (372-287 aC) recopila gran cantidad de datos sobre la vida de las plantas y suele ser considerado como fundador de la Botánica; Estratón de Lampsaco (?-268 aC) impulsó la metodología experimental fundada en la escuela del maestro.

La decadencia material, social y política del mundo romano ale-

targa las obras culturales de la antigüedad, incluidas las de Aristóteles y su escuela, que habrían de fructificar, sin embargo, en los siglos XI-XIII de forma peculiar por el nuevo entorno en que se recuperan y en condiciones nada favorables por las reservas y sospechas del mundo cristiano ante la vía de penetración : el Islam. Ello puede darnos una idea del enorme sentido crítico y del esfuerzo asimilador y también osado de Alberto Magno y Tomás de Aquino en el redescubrimiento de Aristóteles ; sin embargo, el tomismo no se hizo cargo de la prolongación de la obra científica tanto como de integrar las categorías de Aristóteles bajo una perspectiva teológica con elementos de Platón y San Agustín. Hay que dejar a un lado, naturalmente, la magnitud de la obra científica de Alberto Magno en la crítica al tomismo de haberse alejado de la observación y experimentación directa de la naturaleza.

La mayoría de los filósofos escolásticos cristianos medievales continuaban titubeando entre los sistemas griegos y árabes, sin ofrecer tampoco soluciones sustanciales originales. El esfuerzo científico estuvo vinculado, más bien, a la escuela franciscana con Roger Bacon (1214-1294), Roberto Grosseteste, Dietrich von Friedberg, etc., quienes emplean los métodos matemáticos en la cuantificación de los fenómenos naturales y contribuyen, así, al nacimiento de la ciencia moderna.

Sea lo que fuere de la aceptación, estatismo y destino del aristotelismo postomista, hay un hecho sustancial en el desarrollo de las ciencias de la naturaleza y de la historia natural en particular, y es la *profunda desvinculación del hecho científico, y su metodología, de la componente filosófica natural*. Esta desatadura, o quizás por ella, deja más libre y, posiblemente, promueve el desarrollo científico moderno que, con cambios completos muchas veces de mentalidad, instaura con él una renovación de la visión del mundo ; por otro lado, la vertiente filosófica del aristotelismo replegado no va a saber adaptarse a las nuevas adquisiciones científicas y, en decadencia, va a ceder sus orientaciones del pensamiento hacia otras y numerosas direcciones ideológicas.

El racionalismo renacentista rechazó el aristotelismo escolástico, pero no logra mejores soluciones a las reglas de la naturaleza y, según Lenoble³ “ésta se convierte de nuevo en la magia universal de la imaginación popular” que impregna los siglos XVII y XVIII. Quizás la astronomía de los siglos XV, XVI y XVII supuso el inicial y más fuerte ataque de la nueva observación y metodología científicas frente a la vinculación teológica del mundo aristotélico. Más retrasadas anduvie-

ron la física y la química en su aclimatación a la revisión de los conceptos y los métodos antiguos y no encuentran nuevas formas de pensamiento hasta los siglos XVII y XVIII, respectivamente. Así, este siglo XVIII ve transformarse el atomismo griego — que, aun mezclado con otras doctrinas, cuenta ya con veintitrés siglos — del estadio filosófico en una auténtica hipótesis científica con el estudio de las propiedades físicas de los gases.

Dentro de esta nueva manera de comprender la naturaleza, un aspecto del todo decisivo fue pasar del *descubrimiento de las esencias de las cosas a la cuantificación de las cualidades físicas primarias* como criterio objetivo, seguro y estable del conocimiento. Personaje central de esta matematización de la naturaleza fue Descartes (1596-1650); con él, el fenómeno se promociona desde el empirismo al rango de ciencia medible y se vincula a leyes expresables de forma matemática; la abstracción aristotélica y tomista como condición de acceso a la realidad alcanza una sistematización racional; la lógica de la causalidad cambia de sujeto y se hace determinismo; la noción misma de naturaleza se hace extensible a todos los fenómenos mensurables. Frente a los sencillos cánones inductivos de Bacon, Descartes sustenta el análisis y la deducción y, con ambos, se consolida el concepto general de método; para Descartes, incluso los principios metafísicos y teológicos pueden traducirse en verdades matemáticas y verdades sobre la naturaleza del hombre.

Esta incipiente *matematización de la naturaleza* constituye un quiebro en el conocimiento que permitió, en un principio, elevar el nivel de la nueva ciencia, estar presente en todo su desarrollo y, básicamente, en el refinamiento científico actual.

Dado que la física permitió de modo más asequible este tratamiento, y dentro de ella la mecánica, fue entonces el mejor objeto de esta renovación científica con que expresar las relaciones cuantitativas entre los fenómenos. La excesiva restricción geométrica de los modelos mecanicistas y la ambición filosófica de generalizar su validez a la naturaleza material y al espíritu humano por parte del mecanicismo integral, impidieron su adecuación a toda la realidad. Para Descartes, sin embargo, el mecanicismo era universal solamente en el ámbito de la materia y la cantidad y aplicable a todos los seres vivos incluido el cuerpo humano; el pensamiento quedaría excluido de esta interpretación relativa.

Este *dualismo del mecanicismo cartesiano* ha permitido reconocer

la validez de la aportación a nivel de método científico abriendo a la naturaleza material el campo de la interpretación matemática; lo que no excluye que tuviera dificultades insuperables, lógicamente, como sistema filosófico, insuficiente aún en la comprensión válida de la materia. El *racionalismo* o *intelectualismo clásico* de Descartes, Spinoza y Leibniz mantuvo una larga querella con el *empirismo clásico* de Bacon, Locke, Berkeley, Hume y Mill, en la que la escuela británica sostenía que la fuente última de todo conocimiento es la observación, mientras que la escuela continental mantenía, en este sentido, la intuición intelectual de las ideas.

Muy próximo en el tiempo —primer cuarto del siglo XVII— la historia de la ciencia comienza a mostrar con Francis Bacon (1561-1626) y Galileo (1564-1642) la separación del vínculo estrecho entre los datos filosóficos y científicos, comienza a desbridarse el entretrejo aristotélico de los elementos filosóficos del pensamiento y los contextos científicos, se dibuja ya la distinción entre la ciencia natural, de un lado, y las clásicas filosofía y teología, de otro. Es muy posible que esta separación de planteamientos sea la maduración de la coexistencia de los sistemas aristotélico y ptolomeico que se ven superados por el *realismo* de Copérnico y Galileo. La teoría heliocéntrica de Copérnico posee, en efecto, una instrumentación matemática, pero no sólo, porque recoge —por ejemplo— los mismísimos supuestos básicos de la física de Aristóteles⁴. Bacon sustituye el nombre de “Dios” por el de “Naturaleza”, la teología por la ciencia de la naturaleza y su determinismo por un determinismo científico y —a la vez— la nueva ciencia natural se va a delimitar por la esencia de su método: observación e inducción. La idea baconiana de que toda ciencia parte de observaciones y avanza después hacia las generalizaciones hasta llegar, luego, a las teorías, habría de influir profundamente sobre la posterior epistemología *empirista*. Galileo, científico y filósofo, no se conforma con la observación pura ni con la conjetura arbitraria, propone hipótesis y las somete a la comprobación experimental, con lo que nace el método científico moderno; sin embargo, no propone pasos determinados, sabe que el método forma parte de la investigación misma y, con ésta, se irá adecuando y modificando.

Este desarrollo de la metodología y de la cuantificación de resultados va a cambiar los conceptos de *fin* y de *valor* que habían permanecido como centro de la visión aristotélica de la naturaleza; en las ciencias físico-químicas comienzan a incluirse entre las cualidades primeras

los conceptos de fuerza, energía, campo magnético, etc., y a estos términos físico-químicos se intenta reducir todos los fenómenos de la naturaleza como modelo fundamental de explicación.

Otro tanto, más o menos, habría de suceder, finalmente, al *dinamismo*, basado también en la matematización de la naturaleza, que en la segunda mitad del siglo xvii introduce con Newton y Leibniz el cálculo infinitesimal, herramienta decisiva en la metodología científica moderna.

Estas ideas se encuentran en el siglo xviii con la versión del momento del atomismo, la introducción en la química de medidas cuantitativas y la reacción antimecanicista en las ciencias naturales. Sin pretender ni siquiera resumir estos hechos, digamos, en primer lugar, que el atomismo en todos los siglos de su existencia ha revestido interpretaciones por completo distintas, pura doctrina filosófica, teoría científica y comprobación experimental; la transición del mero aspecto filosófico a su vertiente científica tuvo lugar en coincidencia con el estudio de las propiedades físicas de los gases y el nacimiento de su teoría cinética que habían de alcanzar concreción cuantitativa en las leyes de Lavoisier, Proust, Dalton y Gay Lussac, penetrando ya en el siglo xix y alcanzando su mejor y más singular expresión en 1869 con la tabla periódica de los elementos de Mendeleiev. Nos encontramos de nuevo en situaciones en que el descubrimiento científico se desvincula y se libera de ataduras filosóficas, en cuya situación se producen grandes avances; lo que no obsta a que las nuevas perspectivas científicas creadas se incorporen —o destruyan también— a doctrinas y teorías. Situaciones que pueden llevarnos asimismo —por el contrario— a reconocer que la inteligibilidad de la realidad puede sobrepasar la mera aportación experimental⁵.

En la primera parte de este siglo xviii comienza, pues, a apreciarse con cierta claridad el intento, al menos, de establecer la *demarcación de la ciencia*. Fue éste un momento paradójico en la historia de la ciencia con la aireada condena del copernicanismo; recuérdese la intervención del Giordano Bruno —dominico— y la de Antonio Foscarini —carmelita—, copernicanistas ambos, soportadores de los puntos de vista de Galileo —realista como Aristóteles—, frente al cardenal Bellarmine con base de ficcionalismo en su aproximación *instrumentalista*. Este instrumentalismo de las ciencias físicas, otra vez, contempla a la ciencia tratando sólo de los fenómenos con el obispo Berkeley (1685-1753), preocupado muy posiblemente por la credibilidad religiosa, que entra

en liza filosófica con un penetrante examen de la teoría de Newton y llega a la conclusión de que se trata de una instrumentación de cálculo, una hipótesis matemática, para la predicción de los fenómenos y no como una descripción verdadera de algo real. Quizás sin pretenderlo el obispo, logró extender —incluso en el tiempo— una concepción *instrumentalista* de la teoría de la ciencia física que rompe con el *realismo* galileano de que las teorías son principalmente descripciones del mundo, y que se acepta por muchos de los teóricos de la física creyendo que de esta manera se marginan ataduras filosóficas cuando se está aceptando la realidad de una teoría filosófica⁶. Esta concepción instrumentalista, que rechaza las explicaciones *esencialistas* de la ciencia, va a llegar desde Berkeley hasta los tiempos neopositivistas de Mach, aunque su respectiva oposición al esencialismo —la teoría de que la ciencia tiende a las explicaciones últimas— va a tener, indudablemente, motivaciones muy distintas; para el obispo irlandés la explicación esencial del mundo es Dios en tanto que para Mach no existen esencias en absoluto. Ambas concepciones, *instrumentalismo* y *esencialismo*, van a ser, ya más recientemente, criticadas por Popper en base a sus criterios de demarcación de las teorías científicas. Pero, en cualquier caso, Berkeley y Mach, con sus similares concepciones de la filosofía de la física y de la crítica de Newton, coincidían asimismo en restar significado a las ideas de tiempo, espacio y movimiento absolutos; opinaban que detrás del mundo de las apariencias físicas no hay mundo físico alguno —su apariencia es su realidad— y ya en Berkeley aparece un tanto deslindada la filosofía de la ciencia y su metafísica; de un lado el *conocimiento teórico de la ciencia* y, de otro, su explicación causal, sus causas eficientes o finales.

La reacción *antimecanicista* de las ciencias naturales tuvo uno de sus más potentes ejecutores en Barthez, de la escuela de Montpellier, quien introduce en el siglo XVIII la extraña y gratuita idea de *vitalismo*, quizás a hurtadillas del dualismo cartesiano, creando equívocos entre materia y vida y con el apoyo de una falsa concepción espiritualista que logró se mantuviera durante buena parte de los siglos XVIII y XIX. Es ya muy divulgada la disputa en esta época entre Needham y Spallanzani en favor o en contra, respectivamente, de la posibilidad de generación espontánea al plantear la cuestión de la existencia de bases materiales en el fenómeno vital. Esta discusión ejerció, sin embargo, la función de elevar el rango de las ciencias naturales al nivel de la física o la astronomía, por ejemplo, en el campo de las disquisiciones filosó-

ficas de la naturaleza ; las ciencias naturales comienzan a ser terreno privilegiado en el que van a nacer hipótesis, teorías y doctrinas sobre la vida, y el hombre dentro de su marco, al tener lugar la introducción de la dimensión *tiempo* con la idea concomitante de dinamismo y continuidad ; factor temporal cuya ausencia puede, hoy, parecernos impensable en la comprensión de las realidades científica e histórica. Así, precisamente, ocurría en el mecanicismo cartesiano y su racionalismo geométrico ; la continuidad es, por otro lado, historia y cuesta trabajo discurrir en una historia sin historia.

Ha sido necesario un largo proceso de pensamiento para pasar de la idea de fijeza y estatismo a la idea de cambio temporal.

Esta dimensión acarreó crisis en las concepciones y sentidos de las ciencias, de la historia y de la filosofía, no desligadas, ciertamente, entre sí. La física siente la necesidad del segundo principio de la termodinámica y la relatividad vincula el tiempo a la inteligibilidad del mundo. Las ciencias naturales tuvieron que encararse con los hechos de diversa naturaleza que ponían de manifiesto las semejanzas y diferencias que afectan a los seres vivos y descubrir sus causas. La teoría explicativa de estos hechos, o teoría de la descendencia, vinculaba a todos los seres vivientes a través de una filiación general ; la teoría no juzga, por supuesto, de los mecanismos pero ofrece una interpretación referida a hechos reales abundantes. Es así que para explicar las variaciones, la teoría va a ir interpretándose a través de hipótesis, más o menos suficientes, para justificar la magnitud de las transformaciones ; hipótesis evolutivas como *adaptación al medio* (Lamarck, 1744-1829), *selección natural* (Darwin, 1809-1882) y *mutaciones* (De Vries, 1848-1935), que llenaron el siglo XIX y penetraron los comienzos del XX.

Esto significa que nos vamos acercando, ya, a la modulación de las ciencias naturales bajo las influencias de otras ramas de la ciencia y que ello, inevitablemente, va a incidir sobre el rigor de los planteamientos de estas hipótesis.

Además es, asimismo, inevitable que a la vez que estas hipótesis hayan llevado en sí mismas las repercusiones filosóficas correspondientes, se hayan ido adecuando al progreso de las situaciones científicas ; la noción de la especie y la idea de vida figuran, seguramente, entre los ejemplos más representativos de ambas situaciones.

En las épocas previas al establecimiento de las ideas evolutivas, la idea de especie, así como de cualquier otra ordenación lógica superior,

era concebida como *totalidad permanente real* de la naturaleza ; ello fue suficiente para Linneo (1707-1778), por ejemplo, en su enorme esfuerzo sistemático. La noción de especie cambia de naturaleza con el evolucionismo ; para Lamarck el organismo está modelado por el medio, desaparece la realidad de la especie como totalidad objetiva y los individuos en sus estirpes están sometidos a variaciones permanentes, siendo la separación de estas estirpes en especies esencialmente artificial.

Con el advenimiento de la genética mendeliana y el mutacionismo, la noción de especie se orienta hacia una estructura de totalidad relacional. La realidad ya no es estatismo permanente ni flujo continuo sino una colección de equilibrios y modificaciones bajo la ordenación relacional de las leyes genéticas. La idea misma del mutacionismo ha ido refinándose desde su formulación inicial hasta integrarse en el denominado sistema genético y la evolución de éste repercutirá de modo directo en la misma noción de especie. Weisman había establecido, aún en el siglo xix, una separación entre el *plasma germinativo*, transmisible de modo continuo y permanente a través de las generaciones y el *plasma vegetativo*, ingrediente transitorio y circunstancial de cada individuo ; el *germen* lo interpretó en forma atomista a base de un sistema de *determinantes* responsables de la transmisión individual de cada uno de los caracteres hereditarios sin influencia alguna complementaria. No cabe duda que las leyes de Mendel (1822-1884) e incluso el concepto simple de *genes* como pequeñas partículas situadas en los cromosomas abundaban en atomismo que se veía reforzado por la naturaleza binomial de la ley de distribución, la aparición de saltos bruscos en las mutaciones observadas, la discontinuidad de las estructuras que aparecen en las figuras de división celular, etc., y que dominó durante largo tiempo todas las interpretaciones del sistema genético. Sin embargo, los más recientes datos sobre la organización de la *cromatina* y el DNA, así como su compleja regulación funcional retornan a una totalidad relacional en el conjunto de los genomas en interacción en el seno de una población.

Esta pequeña incursión científica en el siglo xx nos deja ya entrever una nueva representación del mundo y una nueva inteligibilidad de la realidad a través, ahora sí, de la biología, que quiebra —en cierta manera— la tradición medieval a través de la *dimensión histórica*.

Ya en el *dualismo radical* de Descartes quedó rota también la unidad entre la materia y el espíritu. De la conjunción de ambas transiciones se va a promover la búsqueda —a su manera, ciertamente—, pero la filosofía va a ir a lo largo del siglo XIX tras el logro de una cierta unidad y, en este respecto, no suele existir dudas de cómo fue Kant —sus últimos años son ya siglo XIX, 1724-1804—, quien, a base de una extraordinaria información científica solo igualada, quizás, por Aristóteles, construye y conforma a este nuevo espíritu una teoría general del conocimiento y de la ciencia. De algunos de sus sucesores —Hegel (1770-1831) fundamentalmente— va a surgir el *racionalismo idealista*; de otro lado los *materialismos*. Ambos, expresión respectiva del *predominio del pensamiento o la materia* como únicas realidades a través de cuya evolución homogénea contemplar la historia humana; la versión materialista de la historia originará como más sobresalientes formas el *positivismo* de Comte (1798-1857) y la incrustación *hegeliana dialéctica* de Marx (1818-1883).

Parece que, mientras tanto, el pensamiento greco-cristiano, desbordado, sin figuras, con demasiada incompreensión frente al progreso científico, perdió ritmo aferrado muchas veces al pie de la letra de relatos bíblicos y no logró mantener en este período el liderazgo anterior.

A la vista del impacto general de la obra de Kant —y antes de pasar adelante— vamos a fundamentar su posición filosófica en cuanto a la conformación teórica de las ciencias de la naturaleza, su conexión con los naturalistas de la época y, sobre todo, su conexión con el *materialismo vitalista* de Blumenbach (1752-1840) y la escuela de Göttingen, que alcanza su mayor difusión en el tránsito hacia el siglo XIX con la formulación de la teoría de la *fuerza formativa*, introducida en la edición de 1791 de su *BILDUNGSTRIEB*⁷. Kant y Blumenbach influyen y modulan mutuamente sus concepciones y análisis de la historia natural enfocados desde aspectos diferentes con la idea común de elaborar una teoría general. De un lado, las ideas científicas de Blumenbach se fueron progresivamente describiendo y revisando en sucesivas ediciones de tres obras fundamentales:

DE GENERIS HUMANI VARIETATE NATIVA (1776).

HANDBUCH DER NATURGESCHICHTE (1779, 1782, 1788, 1791).

UBER DEN BILDUNGSTRIEB UND DAS ZEUGUNGSGESCHAFTE (1781, 1789, 1791).

La primera disertación es una mezcla de ideas de Linneo, Buffon y Haller, de carácter antropológico, cuyo objeto era probar que las

variaciones principales en la forma humana no eran representativas de especies humanas diferentes, sino razas de la misma especie; la argumentación, sin embargo, tenía aún que descansar en consideraciones morfológicas de la especie. Para explicar la presencia de las razas humanas, Blumenbach, discípulo de Kastner y Heyne, adopta un modelo según el cual la diversidad tendría su origen en la degeneración de la vieja raza caucásica como resultado de variaciones climáticas, nutritivas y educativas producidas en migraciones y adaptaciones a nuevos habitats; modelo utilizado por epigenetistas como Buffon y preformacionistas como Bonnet, a base de que las interrelaciones entre los organismos y el entorno físico son una determinante de la forma. Por otro lado, Blumenbach recoge en esta disertación su seguimiento de Haller en cuanto a la teoría de *preformación* según la cual “el embrión se contiene en el huevo materno y la hembra suministra la fuerza y energía del futuro feto, mientras que la única función del espermatozoide sería despertar al germen de su sueño eterno”; teoría que minimiza, pues, la participación paterna en favor de la gran y mayor contribución materna.

El HANDBUCH recoge el intento de Blumenbach de construir un sistema natural de clasificación, ya llevado a cabo por Linneo, Haller y Buffon. Haller se hizo presente en la controversia sobre la filosofía taxonómica de Buffon soportando sus esfuerzos para construir un sistema natural de clasificación y, a la vez que simpatizaba con la crítica de Buffon acerca de los exclusivos y, a veces, arbitrarios criterios anatómicos de Linneo para el establecimiento de clases taxonómicas, no compartía con aquél el abandono de los criterios morfológicos en la distinción de las especies. Ante los caminos abiertos, Blumenbach se inclinaba por un *totalhabitus*, diríamos que a la manera linneana, pero a base de una multicorrelación de caracteres. Ya en la primera edición de este HANDBUCH, y solo a tres años de la publicación de la disertación DE GENERIS HUMANI, las ideas de Blumenbach sobre la historia natural se sienten incompatibles con sus estrictos puntos de vista preformacionistas y ya admite una más significativa contribución paterna a la formación del embrión. Su adscripción a las ideas epigenéticas y el abandono de las teorías preformacionistas, las expone Blumenbach en su BILDUNGSTRIEB. El factor decisivo fue las experiencias de Kolreuter al producir híbridos fértiles por cruzamiento de *nicotina rustica* con *nicotina paniculata*, así como la reversión de los híbridos, tras varias generaciones, a la forma paterna, en contradicción plena con las

teorías preformacionistas de Haller. El título del tratado obedece a la hipótesis de una fuerza newtoniana como agente responsable de la estructura orgánica, no una fuerza mecánica ciega ni una fuerza química de fermentación, y concebida como agente teleológico. Esta fuerza no podría reducirse a los constituyentes químicos de los fluidos generativos, en tanto que su carácter teleológico no podía considerarse como una especie de alma superimpuesta a la materia; estaría dotada, por otro lado, de especificidad para constituir una estructura determinada para cada clase de ser vivo y con la idea de lograr una unificación de las regularidades encontradas en diversos fenómenos vitales como nutrición, respiración, reproducción, etc., semejante a la fuerza de organización universal de la materia inerte encontrada por Newton que recogía, a su vez, una serie de regularidades tales como las leyes de Kepler y la ley de Galileo. Desviaciones del entorno o la extinción de especies podrían ejercer un efecto sobre la organización de las formas resultando una modificación específica de la fuerza formativa, de la *bildungstrieb*. Es curioso observar como Blumenbach, fiel al modelo kantiano que negaba cualquier forma de sucesos evolutivos, habla no de transformación de especies ni de la adquisición de nuevos caracteres, sino de estas modificaciones en la dirección de la fuerza. Fue, precisamente, este aspecto de la obra de Blumenbach —la unificación de los sistemas mecánicos y teleológicos— lo que llamó la atención de los filósofos de la naturaleza de la época y, particularmente, de Kant, quien, a su vez, intentó resolver ciertas cuestiones planteadas en la teoría de la organización biológica y cuyas formulaciones fueron, a su vez, recogidas en las últimas ediciones de las obras de Blumenbach.

Así, Kant⁸ subraya la necesidad de utilizar la idea de agentes teleológicos en la investigación de los cuerpos organizados como una guía de la investigación empírica sin inquirir en las causas originarias de dicha organización. Pero, sobre todo, Kant traduce al lenguaje filosófico las ideas de Blumenbach y busca la manera de no caer en una *filosofía reduccionista* de la forma orgánica al insistir en los condicionantes mecánicos del modelo y, también, de conjugar aspectos funcionales y teleológicos sin aceptar el *vitalismo*.

Numerosos discípulos de Kant y Blumenbach se movieron en torno al *materialismo vital* en los comienzos del siglo XIX y desarrollaron sus teorías sobre la filosofía de la naturaleza; entre otros, Girtanner, Kiemeier, Humboldt, Link, Treviranes, von Baer, Lotze, etc. Girtanner señala la irritabilidad como el principio vital y su relación con

el oxígeno e insiste en que, cualquiera que sea el mecanismo, la solución de la relación entre las especies en términos de su capacidad reproductiva pasa por una alteración en la dirección de la fuerza formativa. Kiemeier en su curso de ZOOLOGÍA COMPARADA (1790-1793), en la Karlsschule, señala bajo el título de PHYSIK DES TIERREICHS las bases para elaborar una morfología causal, entre las que cuenta, ya, la *composición química*, que añadida al *totalhabitus* y a la historia del desarrollo, permitirá agrupar a los organismos reunidos en una "integral de vida". Al señalar la conexión de las condiciones externas con las variaciones del desarrollo, Kiemeier señala la participación de variaciones accidentales, malformaciones, circunstancias geográficas, degeneraciones hereditarias, etc. Precisamente, la incidencia de las variaciones geográficas sobre la naturaleza y el número de las especies de la misma familia, llevó a Humboldt a estudiar las leyes numéricas de distribución de formas y, dentro de ellas, las líneas isotermas y los factores geológicos implicados.

La teoría general de la organización animal recoge de los partidarios del *materialismo vital*, en el primer cuarto del siglo XIX, la amplitud de perspectivas con que se estructuran sus leyes y un repertorio de métodos para significar los diferentes niveles de organización —anatomía, fisiología y embriología comparadas y estudios geográficos, ecológicos y de conducta—. Pero la organización no puede comprenderse sin suponer un estudio original de organización, según puntualización fundamental de Kant, que no adquiere nuevos caracteres en respuesta al entorno, como en estricta teoría evolutiva. Sin embargo, si los principios metodológicos fueron aplicados de manera uniforme por todos los seguidores, el concepto de fuerza vital originó cierto confusionismo; para algunos era manifiesta su identificación con la idea habitual en las ciencias inorgánicas, en tanto que se impuso, para otros, la razón teleológica de Kant-Blumenbach, resultando de su unificación el concepto de organización biológica con un orden manifestado en una disposición particular de las partes. En opinión de Lotze, como cada elemento químico es un agregado capaz de presentarse en diferentes estados sin ser transformado en otro elemento, así el reino orgánico se concibe como un sistema de masas que atraviesa por distintos estados de desarrollo sin transgredir la continuidad de movimientos generados por las especies.

Sobre este fondo y esta época se va a producir la magnífica, moderna expansión cuantitativa de la ciencia y, a la vez, se va a elaborar un nuevo espíritu científico. Fruto de ello va a ser la aparición de múltiples variantes de pensamiento científico, de teorías de la ciencia y, también, el interés que toma un número de científicos por las consideraciones filosóficas de su ciencia.

Todo ello entretejido a base de teorías, antiteorías, direcciones, modos, enfoques, lenguajes, contextos, etc., que han de situarnos en la ciencia de la ciencia contemporánea; más aún, la situación actual conduce a tener que definir y delimitar el CONCEPTO DE CIENCIA, su relación y distinción de la TECNOLOGÍA, la idea de NO CIENCIA y sus imperativos y responsabilidades culturales, sociológicos, económicos, ideológicos, éticos y políticos. También, finalmente, el progreso de las ciencias conlleva el estudio de importantes problemas epistemológicos.

Quizás, el *positivismo*, en sus múltiples formas, ampliamente difundido en numerosos sectores científicos del siglo XIX, marca el cambio hacia la época contemporánea de la ciencia. Tan variado, que a la forma inicial para la que la ciencia es la sola forma responsable del pensamiento —que debe reemplazar a la metafísica y a la religión— se conoce como *paleopositivismo*. Niega éste a la filosofía una función específica; únicamente se tiene presente el fenómeno, lo único real es la manifestación "*positiva*". Este *cientificismo*, racionalismo materialista, combatió en especial a los sistemas *idealistas* de la escuela de Kant y tuvo en Berthelot a uno de sus seguidores naturalistas más fervientes. En su obra *SCIENCE ET LIBRE PENSÉE*⁹ se expresa "la ciencia es la benefactora de la humanidad..., ella reclama hoy, simultáneamente, la dirección material, la dirección intelectual y la dirección moral de las sociedades". De gran influencia política, Berthelot reclamó del gobierno francés la prohibición de enseñar la teoría atómica en los liceos, fiel a la pretensión positivista de no reconocer esta teoría ante la falta, entonces, de bases experimentales; recordemos que hasta 1908 no logra Perrin la determinación experimental del número de Avogadro.

Al igual que lo fue al *mecanicismo*, la ciencia debe un fuerte progreso al impulso que la observación, la medida, el hecho experimental, promovieron en la metodología científica con arreglo a la norma *positivista*. Ocurre, sin embargo, que en los tiempos del auge del

mecanicismo, las ciencias naturales no habían logrado una estructuración suficiente como para asimilar los beneficios que la teoría ofrecía y significó para la situación de otras ciencias. Ello no quita para que, corriendo los años, la *metodología cartesiana* influenciase el desarrollo de la biología. Algo distinto ocurre en el caso del *positivismo*; puede que sea meramente accidental, pero en plena época positivista la ciencia natural, las ciencias naturales, están dejando de ser —casi exclusivamente— la sistematización de los seres vivientes, e incluso nace —en coincidencia— el nombre de BIOLOGÍA. Juan Bautista Lamarck, militar, botánico, publica en 1815 su HISTOIRE NATURELLE DES ANIMAUX SANS VERTEBRES :

“Todo lo que es generalmente común a vegetales y animales, como todas las facultades que son propias a todos estos seres, sin excepción, debe constituir el único y amplio objeto de una ciencia particular, *qui n'est pas encore fondée, qui n'a même pas de nom, et à laquelle je donnerai le nom de BIOLOGIE.*”

Lo feliz de la denominación no fue suficiente, sin embargo, para que aún afirmándose evolucionista frente al estatismo fuera denostado por sus contemporáneos, sus compatriotas sobre todo; quizás, su escasez de espíritu positivista, la fragilidad de sus observaciones, le hicieron víctima de la ignorancia y desconsideración ulteriores.

Con todo, a partir de hace siglo y medio —no más— se puede hablar de biología como una rama de la ciencia, vigorosa, y, al penetrar en la fenomenología humana, poseedora de una nueva dimensión.

Fue, sin duda, la misma exageración de la idea positivista, ese intento de convertir la humanidad a un modo de religión de la ciencia, esa restricción a un puro fenomenismo frente a cualquier participación del pensamiento en la elaboración de la realidad, lo que habría de motivar su declive y sustitución a la segunda mitad del siglo XIX por amalgamas de *positivismo comptiano*, *materialismo* y *mecanicismo*. Y, así, fue dejando paso gradualmente a nuevas corrientes de pensamiento en las que vuelve a primar el espíritu humano tanto en la filosofía pura como en la relación del hombre con la naturaleza. Así, surge un *neo-kantismo* con Helmholtz y Cohen; Helmholtz, fisiólogo, recupera para la filosofía la actividad del individuo pensante en el desarrollo del conocimiento científico; Cohen elabora una epistemología neo-kantiana de las ciencias naturales; pero, sobre todo, logró revivir bajo nue-

vas adecuaciones tales como el efímero *energetismo* y, principalmente, como *neopositivismo*, *positivismo racionalista*, *positivismo lógico* o *empirismo lógico*, ya entre los años 1930-40, al que se ligán los nombres de "Escuela de Viena" y, personalmente, de Carnap, Feigl, Hempel y Wittgenstein, que recogían la herencia positivista de Ernst Mach (1838-1916). La escasa atención a la lógica y a las matemáticas de la filosofía de Mach frente a la primacía prestada al análisis de las sensaciones, fue una de las orientaciones que promovieron el movimiento, hacia 1910, que daría origen al Círculo de Viena. Además, el *neopositivismo* de Mach no tiene cabida para elementos *a priori* de la ciencia; no hay cabida, por ejemplo, para el espacio y tiempo absolutos, y la ciencia resulta de una reflexión conceptual sobre los hechos de forma que los enunciados empíricos de una teoría científica tienen que ser susceptibles de reducción a enunciados acerca de sensaciones. Es curioso que aún contando con que las descripciones simplificadas de sensaciones no pueden explicar que los principios científicos supongan relaciones matemáticas no reducibles a sensación alguna, los seguidores de este planteamiento neopositivista de Mach no dudaron en aceptar el paso de la física clásica a la teoría de la relatividad; aceptación que no ocurrió por parte de los neokantianos y mecanicistas.

Otras tendencias fueron, por ejemplo, el *logicismo* inglés de Ayer y el *operacionalismo científico* de Bridgman. Estas formas de *neopositivismo* ofrecen como idea general común la limitación de lo real a todo lo accesible a los sentidos y lo que escapa a ellos se considera como una entidad puramente racional, que puede ofrecer una visión de orden lógico, lingüístico, matemático, etc.

El Círculo de Viena, constituido en 1923 por Moritz Schlick, discípulo de Planck, reúne a un grupo de científicos interesados en cuestiones de epistemología y estaba ligado a la tradición *empirista* e *inductivista* de Bacon, Hume, Berkeley y Comte. La denominación "*empirismo lógico*" apunta a sus dos fuentes de inspiración por lo que respecta a su teoría del conocimiento y a su principal herramienta intelectual, la lógica matemática; la filosofía de la naturaleza es, para el *empirismo lógico*, lógica aplicada. La epistemología del Círculo de Viena se caracteriza, pues, por su *empirismo*: "No hay más conocimiento que el obtenido de la experiencia"¹⁰ y por la aplicación del método del análisis lógico del lenguaje que permite una separación entre los enunciados con sentido y los que no lo poseen. El *principio de verificabilidad* es uno de los dogmas fundamentales del *positivismo lógico*¹¹:

“la significación de una proposición es el método de su verificación”. Aclaremos, ahora, que *positivismo lógico* y *empirismo lógico* no ofrecen diferencias apreciables y ambos son una parte de la amplia y diversificada corriente conocida como *filosofía analítica*.

Resulta inevitable con arreglo a todo ello la eliminación de la metafísica como carente de sentido ante la falta de verificación empírica de sus resultados. Según la epistemología del Círculo de Viena, la ciencia es un conjunto de enunciados verificados o, mejor aún, un conjunto de enunciados contruidos lógicamente a partir de enunciados fruto de la experiencia inmediata. Todo su esfuerzo va encaminado a desarrollar esta idea, a precisar los conceptos de experiencia, verificación, lógica inductiva, etc.

Contando con los matices antes apuntados, hay que subrayar que el *empirismo lógico* no ha sido un movimiento completamente unitario; en efecto, a veces se habla de *empirismo científico* como una actitud filosófica más amplia o más tolerante que las del positivismo lógico y del empirismo lógico; la naturaleza científica de ambas direcciones no permite hacer esta distinción como si se tratase de tres estadios del mismo movimiento.

Quizás una de las mejores reflexiones sobre las concepciones del *positivismo lógico* en torno a la naturaleza de la *ciencia de la ciencia* aparece en la obra de Feigl¹², en la que se distingue tanto el enfoque genético y el enfoque estructural de la problemática y la metodología científicas, como el lenguaje teórico y el lenguaje observacional. En primer lugar, es posible, pues, interrogarnos por la génesis y evolución del conocimiento científico y puede hacerse en función de la estructura de la ciencia y el contraste de sus teorías, o lo que es igual, cabe situar la cuestión en un contexto heurístico o de descubrimiento y en un contexto lógico o de justificación. Ideas que se recogen en autores como Reichenbach que en su obra¹³ dice: “el acto de descubrimiento escapa al análisis lógico; no se conocen reglas lógicas por las que pueda construirse una máquina descubridora que asuma la función creadora del genio. La tarea del lógico no es dar razón de los descubrimientos científicos sino analizar la relación existente entre los hechos dados y la teoría que pretenda explicarlos”. Reichenbach considera como el único procedimiento capaz de justificar una teoría la inducción confirmatoria, distinta de la inducción genética de Bacon; recordemos que las ideas baconianas del método científico llegaron a

rechazar la teoría de la caída de los graves de Galileo y, en general, a no aceptar los tratamientos matemáticos de la física.

En cuanto a los tipos de lenguaje se refiere, Feigl señala que la investigación de las relaciones entre ambos tipos, observacional y teórico, presupone la reconstrucción lógica de la teoría considerada y sirve tanto para correlacionar teoría-observación como para definir la validación de teorías científicas contrapuestas.

Así, pues, en términos mayoritarios de *positivismo lógico*, la filosofía de la ciencia puede considerarse como un intento de reconstrucción lógica del conocimiento científico basada en el análisis del lenguaje que le sirve de vehículo¹⁴. Esta situación habrá de ser criticada posteriormente ante la creencia de que a cada lenguaje teórico le corresponde su propio lenguaje observacional y determina el significado de los términos y enunciados observacionales, o, lo que es igual, no habrá experiencia sin teoría y carecerá de sentido la idea de observaciones teóricamente neutrales.

Otra obra clásica del *empirismo lógico* es la CONSTRUCCIÓN LÓGICA DEL MUNDO de Carnap¹⁵ en la que se trata de elaborar la tesis de la unidad fundamental de la ciencia en base a un sistema general de todos los conceptos científicos que cumplan el principio de que "siempre que sea posible hay que sustituir las entidades inferidas por construcciones lógicas". De esta manera, si todos los objetos de conocimiento científico pueden reducirse gradualmente a simples objetos del dato empírico, las diferentes ciencias particulares no serían sino sectores más o menos autónomos de una gran ciencia unificada. Esta obra de Carnap recoge con detalle los cuatro principios sobre los que se basaría la construcción de este sistema unificado de objetos : a) elección de una base sólida sobre la que erigir el sistema ; b) determinación del procedimiento lógico que permita pasar de un nivel de objetos elementales a un nivel de objetos más complejos ; c) confección del procedimiento de construcción de los diferentes tipos de objetos del universo a partir de la base elegida ; d) establecimiento del principio unificador general de la ciencia a partir de la forma general del sistema en su conjunto.

Bajo la guía de las escuelas de Berlín y Viena, nutridas sobre todo por matemáticos, con Reichenbach y Schlick respectivamente, se llevó a cabo la adecuación de su filosofía de la ciencia al nuevo orden científico ; como POSICIÓN HEREDADA se designa la situación de la filosofía de la ciencia mantenida por el positivismo lógico y a la que se llega

con la interrogante de entonces —y de hoy— acerca de la naturaleza de la ciencia.

Se ha dicho¹⁶ que las posiciones que insisten en la definición exhaustiva de la estructura interna de las teorías científicas se caracterizan por su olvido sistemático de la historia de la ciencia y de sus relaciones con la filosofía de la ciencia. En este carácter antihistórico radica, al menos, uno de los puntos de debilidad de esta POSICIÓN HEREDADA ; las teorías se abstraen y se evalúan sin concomitancia alguna con otras teorías y aparecen desvinculadas de la realidad histórica de la ciencia y, no digamos, de su entorno cultural y social. Además, esta “posición” presupone la tesis del desarrollo científico por reducción —ya sea por extensión de sus teorías a dominios más amplios o bien por incorporación a otras más generales—, con lo que las teorías antiguas con un cierto grado de confirmación no pueden abandonarse y sí ampliarse e incrementarse según un proceso acumulativo que constituye la historia de la ciencia. También bajo este aspecto la contestación antipositivista, con el rechazo de la tesis acumulativa, se ha buscado en posiciones reales de la historia de la ciencia en las que se admite el cambio científico y la existencia de criterios de evaluación. Por encima de todo ello, y a pesar de que el empirismo como filosofía conlleva una incapacidad de penetración en la naturaleza de las teorías científicas, la pérdida de realismo científico de los empiristas lógicos fue, posiblemente, la causa principal de su decayente influencia. La contemplación de la ciencia y la teoría de la ciencia, sobre todo por obra de Wittgenstein, se sustituye —en frase de Einstein— por una gimnasia intelectual ajena a la problemática científica, dedicada a bizantinas cuestiones lingüísticas cuando no a planteamientos, artificiales muchas veces e inútiles otras, del tipo de la teoría semántica de la información y la confrontación verdad-probabilidad. Lo peor ha sido, de todas maneras, que —entretanto— han quedado sin el análisis epistemológico debido y profundo importantes acontecimientos de las ciencias físicas, biológicas y sociales, sobre los que la filosofía de la ciencia habrá de volver.

El grupo de Berlín con Reichenbach (1891-1953) se separó muy pronto de las ideas más radicales del de Viena. El punto principal fue el principio de verificabilidad. Reichenbach estimó que no puede haber verificación completa de enunciados de carácter general y, menos aún, de enunciados como las leyes naturales, ya que sus significados no pueden agotarse en las verificaciones. La verificabilidad es una regla metodológica de carácter *abierto*. Reichenbach insistió en la importancia de la noción de

probabilidad tanto en la filosofía de la ciencia como en la propia ciencia; la verificación de enunciados es, así, probabilística. El estudio lógico de la noción de probabilidad ha llegado a distinguir entre la llamada probabilidad estadística —que concierne a fenómenos— y la llamada probabilidad inductiva —referida a proposiciones sobre fenómenos—. La primera, estudiada por Reichenbach, predice frecuencias; la segunda, estudiada en detalle por Carnap, analiza las certidumbres posibles en relación con las hipótesis establecidas.

El Círculo de Varsovia o Escuela de Varsovia-Lwów se integró, principalmente, por lógicos y ha desarrollado una importante labor en la formalización de la lógica, contribuyendo tanto a la investigación sintáctica como al carácter semántico. El círculo se escindió en dos grupos especializados; el grupo representado por Łukasiewicz y su discípulo Tarski se inclinaron hacia un deductivismo extremo con una investigación puramente lógica y semántica. Tarski establece *el concepto semántico de verdad en los lenguajes formalizados, con el correspondiente desarrollo de la teoría de los metalenguajes*; el concepto semántico de verdad está basado en una correspondencia bicondicional, utilizando los predicados metalógicos *es verdadero* y *es falso*. Otro grupo, con Kotarbiński, se dedicó a problemas de teoría del conocimiento y de metodología de las ciencias en el sentido de un *realismo radical* o *reismo* para el que sólo hay cosas como objetos físicos.

La conjunción de tendencias *analíticas*, de un lado, y *marxistas* de otro, ha originado lo que Skolimowski denomina el marxismo analítico-lingüístico.

El grupo norteamericano está principalmente representado por Quine y Nagel. Quine ha intentado examinar hasta dónde puede construirse un lenguaje que reduzca todo enunciado sobre entidades abstractas a un enunciado sobre entidades concretas y ha formulado una teoría en oposición tanto al reduccionismo como a la división rígida de los enunciados en analíticos o sintéticos. En contra de estas tesis, Quine propone una concepción epistemológica, calificada como *holismo pragmático* y que consiste en concebir el conjunto del lenguaje del conocimiento como un todo estructural que responde *como todo* a la experiencia. Quine propugna un empirismo antidogmático que permita comprender la estructura efectiva de las teorías científicas —o de todo lenguaje sobre la realidad— en cuanto herramientas que permiten predecir la experiencia futura a la luz de la pasada y que experimentan modificaciones internas de carácter estructural de acuerdo con dicha pretensión.

Nagel es un *naturalista* con tendencias *instrumentalistas* e influencias recibidas del positivismo lógico (neo-naturalista). Nagel opina que la filosofía no debe renunciar a una amplia visión de las cosas ya que es un *comentario crítico sobre la existencia*. Característica de Nagel es el rigor lógico en el análisis de los problemas y, a la vez, la consideración de cada problema dentro de un contexto filosófico más general; este contexto puede proporcionarlo el naturalismo siempre que no sea dogmático sino crítico. El naturalismo de Nagel no equivale a un materialismo reduccionista, puesto que admite la variedad de áreas a estudiar y la multiplicidad de métodos; ni la concepción puramente descriptiva, ni la simplemente instrumentalista, así como tampoco la realista son suficientes, aunque cada

una de ellas constituya legítimos *modos de hablar* acerca de teorías, y estos distintos *modos de hablar* adquieran sentido dentro del método contextualista.

El *positivismo lógico* ha sido superado en los últimos veinte años, y en la actualidad, en su versión de epistemología general y científica, lo que constituye, quizás, el movimiento más variado y asimilador de la historia y la filosofía de la ciencia. En toda esta conformación de la reacción antipositivista se continúa, inevitablemente, presentando la cuestión de la naturaleza o la estructura de las teorías científicas. Para Suppe¹⁷ ello constituye el problema central de la filosofía de la ciencia; Ribes¹⁸, en una excelente revisión crítica del ensayo de Suppe, parafrasea el argumento y afirma que “el problema central lo sería más bien el del cambio y el progreso científicos y su influencia en la concepción y comprensión de la estructura de las teorías científicas”.

La posible excesiva explotación idealista de los entes científicos por las tendencias positivistas fue frenada por un denominado *realismo científico* para el que la realidad tiene una existencia en sí misma si bien sea diferentemente accesible por los sentidos; desaparecería, pues, la heterogeneidad entre los dos órdenes de realidades, el fenómeno real y las entidades racionales. Cabe la situación intermedia de los *empiristas racionales* que, sin limitar el elemento teórico de la ciencia a un mero orden racional, no representa este elemento una realidad diferente de la del fenómeno experimental. Entre estas dos corrientes se pueden situar a los grandes físicos de Broglie, Einstein, Born, Heisenberg¹⁹, a muchos hombres de ciencia marxistas y a algunos neoescolásticos.

En 1934 se celebra en Praga el llamado Congreso para la Ciencia Unificada que reveló la aproximación del Círculo de Viena y el positivismo lógico a lo que Morris llamó el *positivismo biológico de los pragmatistas* (para Morris el hombre es un ser que vive en un universo de signos, por lo que el examen de la relación entre éstos y el hombre acaba por ser, desde el punto de vista humano, la cuestión más importante), o también *pragmatismo biológico* o *biologismo* en cuanto *biologismo epistemológico* o intento de interpretación de los procesos cognoscitivos en términos de actividad y, sobre todo, *utilidad biológica*.

A partir de este momento el círculo se dispersa y, tras sus nuevos y diferentes asentamientos, se hace difícil precisar las orientaciones estrictas de aquél; en todo caso, la tendencia general de los miembros del grupo ha sido el abandono gradual de las tendencias más radicalmente empiristas.

En 1961, con motivo de una obra homenaje a Victor Kraft (1880-1975), considerado como el último representante del círculo, se apunta una reaparición de éste por parte de los colaboradores en dicha obra. Cabe destacar a Stegmüller que aparece más *positivista* que la mayor parte de los autores y, en todo caso, al igual que otros *neopositivista* o *neo-neopositivista*. El espíritu de la investigación filosófica de Stegmüller consiste en estar

abierto a diversas corrientes contemporáneas que considera convergentes siempre que presida en ellas el imperativo de racionalidad y el respeto por una visión científica del mundo. Se opone a todo irracionalismo y a toda conversión de la filosofía en expresión ideológica y ha elaborado una teoría de la estructura y dinámica de las teorías científicas libre de todo psicologismo, sociologismo y, en general, irracionalismo.

Significado similar a la obra mencionada se ha dado a la reaparición en 1975 de la revista *Erkenntnis*, cuya publicación quedó interrumpida en 1940. En la dirección Hempel-Stegmüller-Essler y en el consejo editorial Ayer-Kuhn-Snedd-Suppe, algunos de los cuales habían seguido netamente las orientaciones neopositivistas. La característica más común de los trabajos de la revista reaparecida es el interés por las cuestiones suscitadas en la construcción de teorías científicas y por la formalización; se trata en la mayor parte de los casos de *conceptualistas* (el *conceptualismo* es definido como la posición en la cuestión de los universales según la cual éstos existen en tanto que conceptos universales en nuestra mente, o, si se quiere, en tanto que ideas abstractas) y *construccionistas* (donde la noción de *construcción* desempeña un papel importante; en sentido general se habla de *constructivismo* para referirse a tipos de análisis en los que los conceptos lógicos y las operaciones lógicas desempeñan un papel importante, a diferencia del análisis del *lenguaje corriente*), más bien que *lingüistas* (del lenguaje corriente).

Toda una serie de alternativas con orientaciones antipositivistas compartidas, por otro lado, distintas, contrapuestas; como más representativas:

- el RACIONALISMO CRÍTICO de Sir Karl Popper,
- Kuhn, Hanson y Feyerabend, relacionados con la TEORÍA EMPIRISTA del conocimiento científico,
- el ANÁLISIS HISTÓRICO-CRÍTICO de Horkheimer, que tiene muy en cuenta la relación dialéctica del pensamiento y la estructura social.

Si a la salida de las ideas filosóficas de Kant y sus discípulos podíamos afirmar que sobre este fondo se iba a producir una expansión de la ciencia y un nuevo espíritu científico, a la salida del positivismo hay que señalar la transformación —parcial, si se quiere— de la filosofía de la naturaleza, de la que surge con gran fortaleza una filosofía de la ciencia: la *teoría de la ciencia*.

Teoría de la ciencia que, ciertamente, no suele cultivar el ámbito total de los problemas filosóficos relacionados con una teoría de la ciencia, sino que se centra, más bien, en clasificar los conceptos de las teorías científicas. En este sentido, la *teoría de la ciencia* va a centrar

su atención en la lógica interna de la investigación, tiene que desarrollar criterios para cuantificar la naturaleza y la calidad de los productos que elabora, de la producción de conocimientos.

Tras ello se podrá tener una idea más adecuada de lo que es *progreso científico*,
de la medida en que una teoría de la ciencia es relevante a la *planificación de la investigación*,
de que hay límites a la *dirigibilidad de la ciencia*.

Ideas que van a impregnar y nutrir la *historia de la ciencia* y la *sociología de la ciencia* e incluso la *psicología de la ciencia*,
van a abordar *problemas lógicos, metodológicos, ontológicos, éticos*, e incluso *estéticos* de la ciencia,
van a establecer relaciones entre *ciencia y cultura*.

Doctrinas que servirán a la racionalización de la *planificación de la ciencia*.

La *teoría de la ciencia* puede también descender de los temas relacionados con la actividad científica, en general, a los aspectos formales de teorías científicas concretas²⁰ referidas principalmente a la biología, la física y la economía, y poner de manifiesto su forma lógica y, más aún, llegar a explicar los conceptos clave subyacentes a la teoría científica particular; situación esta última que se expresa como *metafísica científica*.

Creo no cabe duda alguna de la posición pivotal de Popper en cuanto a la forma de ser y de hacer *teoría de la ciencia*, si bien —a la vez— hay que notar la existencia de variantes en cuanto a la forma de concebir el conocimiento en general y a la idea de la epistemología en manos de distintos autores.

La *metodología popperiana* nació de la crítica al ideal de la ciencia y a su metodología que representaba el Círculo de Viena. Frente a la “certeza” como ideal del empirismo lógico, Popper juega con la “verdad” y la idea de representaciones más o menos exactas; la disyuntiva de aceptación o rechazo se convierte en una *norma comparativa de mérito científico*, en un índice del progreso científico al sustituir una hipótesis por otra que represente la realidad más concretamente que la primitiva; en otras palabras, en un índice que representa el aumento de

la relación del contenido de información empírica corroborado al no corroborado o, lo que es igual, de la razón verdad/falsedad.

Karl R. Popper, nacido en 1901, es considerado como un positivista lógico heterodoxo, aunque personalmente prefiere ser tomado como *crítico al Círculo de Viena*. La principal diferencia con la ortodoxia del Círculo es el rechazo por Popper del criterio positivista de *verificación* y de la conexión establecida por los neopositivistas entre verificación y significado. Los neopositivistas propusieron el *principio de verificabilidad* cuya formulación es: *el significado cognoscitivo de una sentencia (proposición) está determinado por las experiencias que permiten determinar de un modo concluyente si la sentencia (proposición) es verdadera o falsa*. Si no se pueden llevar a cabo experiencias que permitan determinar la verdad o falsedad de la sentencia (proposición), esta última carece de significación.

Popper propuso el *criterio de falsabilidad*; propone descartar todo inductivismo y, específicamente, el propugnado por los positivistas lógicos, y adoptar un método deductivo de contrastación según el cual una hipótesis puede ser contrastada sólo empíricamente y ello sólo después de haberse propuesto. La contrastación de teorías no consiste en descubrir hechos que las verifiquen. Popper no se interesa por la verificabilidad, sino por lo que denomina *falsabilidad*; una teoría es *falsada* cuando se descubre un hecho que la desmiente o, más específicamente, cuando se puede deducir de la teoría un enunciado singular predictivo que no la verifica. Gracias a este *criterio de falsabilidad* es posible establecer una *demarcación* entre ciencia y no-ciencia. Una teoría científica no es aceptable a menos que sea *falsable*. *La lógica forma de un sistema científico —escribe Popper— debe ser tal que pueda ser puesta de relieve, mediante pruebas empíricas, en un sentido negativo: debe ser posible para un sistema científico el ser refutado por la experiencia*. Popper ha elaborado, por tanto, la noción de probabilidad en sentido lógico y no estadístico, a la vez que ha indicado ser siempre un *realista epistemológico y metafísico*, además de mantener que todo conocimiento se halla impregnado de teoría y es de carácter conjetural.

Con esta anticipación metodológica, Popper representa en la filosofía de la ciencia un alejamiento no solo de los empiristas sino también de los metafísicos y del marxismo. Rechaza Popper el método científico de Platón y Aristóteles que, como sabemos, intenta conocer la esencia de las cosas por medio de definiciones, y también su doctrina que conduce a creer que no hay sino una teoría verdadera; en efecto, la denominada evidencia que en el pensamiento clásico se reclama para establecer el fundamento último de sus deducciones no es sino una convicción subjetiva. Frente a ello, y de un lado, Popper presupone la existencia de varias teorías que deben compararse críticamente y, de otro, sustituye la evidencia por el control empírico e intersubjetivo de las teorías y el monismo dogmático por un pluralismo crítico. Se puede, pues, considerar una teoría como confirmada cuando no se en-

cuentran hechos que la contradigan ; confirmación que no será sino provisional a causa de la riqueza inagotable de la realidad.

Popper, inspirado en Kant, sostiene una teoría *activista* del conocimiento ; conocer no es tanto recibir, acoger, como construir. No se pregunta la teoría de la ciencia de Popper ¿cómo puede fundamentarse el conocimiento?, sino ¿cómo puede éste mejorarse? En este punto se separa también de los empiristas que no hacen sino registrar los hechos que Popper considera siempre como provisionales, ya que pueden ser reconocidos como falsos por una nueva teoría y porque dependen no solamente de los hechos observados sino también de una cierta elección en favor de algunas ideas ; esta elección, esta *decisión*, es irracional —no se puede justificar con razones objetivas— y a causa de este elemento subjetivo nos encontramos en la imposibilidad de conocer la realidad al cien por cien racionalmente. Como quiera que estos presupuestos objetivos son controlados empíricamente, los hombres de ciencia lo harán, sobre todo, por intercambios intersubjetivos.

A causa de este reconocimiento de los límites de la objetividad, Popper califica a su racionalismo de *crítico* y, en consecuencia, no considera posible la existencia de leyes generales en la ciencia en sentido estricto y solamente reglas hipotéticas ; sobre esta base estableció Popper, asimismo, su criterio de demarcación en el sentido de que una teoría es científica si es *empíricamente criticable*.

Entre las cuestiones que Popper más seriamente critica de la posición del Círculo de Viena es la que hace referencia a la eliminación de la metafísica del dominio del sentido. Para ello Carnap hace uso de la formulación de un criterio de significación que —a la vez que a la metafísica— excluiría, según Popper, de este dominio del sentido a todas las teorías científicas, incluidas todas las leyes de la naturaleza²¹, ya que no son estas teorías más reducibles a enunciados de observación que las proposiciones metafísicas consideradas como desprovistas de sentido. Además, todas las leyes de la naturaleza contienen términos a los que es imposible otorgar una significación a la manera de Carnap. Popper estima que la eliminación de la metafísica privaría a la ciencia de los enunciados generales que garantizan su poder de anticipación con relación al dato empírico y concluye, sencillamente, que lo que los epistemólogos necesitan no es un criterio de significación sino un *criterio de demarcación* que presenta, entre un conjunto de enunciados evidentes, el subconjunto de enunciados empíricos.

El *racionalismo crítico* y la filosofía social popperiana se oponen,

naturalmente, al marxismo clásico en lo que éste supone de concepción absolutista del conocimiento —la ciencia desvela la única verdad eterna— y su interés por la humanidad más que por destino del hombre-individuo. Al igual que lo hizo con Platón, critica a Hegel y Marx, a quienes acusa de *historicismo* y de *fatalismo*; no hay, según Popper, inevitabilidad en la historia y su refutación del marxismo se basa, en gran parte, en la alegación de que para el marxista todo lo que sucede debe confirmar la hipótesis marxista, sin tener en cuenta que la “falsabilidad” debe ser una condición indispensable del enunciado hipotético.

La teoría de la ciencia de Popper se centra, con toda seguridad, en los aspectos de *demarcación*, *inducción* y *refutación* y sirve de ejemplo a la utilización de teorías normativas de la ciencia en la *planificación científica* y, en consecuencia, en la medida del *progreso del conocimiento*.

Popper ha examinado con profundidad el problema de la *demarcación* con la idea de que su contemplación y solución son claves a la mayor parte de los problemas fundamentales de la filosofía de la ciencia. Popper criticó —como ya se ha señalado— las soluciones inductivo-verificacionistas del Círculo de Viena, pero lo hizo en una época en que la demarcación se establecía bajo fuertes criterios ideológicos, raciales, etc.; quizás este hecho contribuyera a exagerar la importancia de esta cualidad en el terreno de la metodología.

El *criterio de demarcación* entre *teorías empíricas* y *no empíricas* (seudocientíficos, metafísicos, etc.) es un problema que han tratado muchos filósofos desde la época de Bacon y que se venía fundamentando por su base observacional y su método inductivo en tanto que las seudociencias y la metafísica se caracterizan por su método especulativo. Muchas teorías de la física son sumamente especulativas y abstractas sin base observacional y se ha dicho que, en general, las mejores teorías físicas se asemejan a lo que Bacon hubiera considerado como anticipaciones mentales. En manos de Popper el criterio de demarcación se establece en base a un criterio de refutabilidad, implicando que la imposibilidad de refutación de una teoría coloca a ésta fuera del campo de la ciencia empírica.

Según esta concepción, un sistema debe considerarse científico solamente si hace afirmaciones que puedan entrar en conflicto con obser-

vaciones y la manera de verificar un sistema es, en efecto, tratando de refutarlo ; así, pues, refutabilidad y verificabilidad son equivalentes en cuanto a criterios de demarcación. Según ello, la tradición racionalista, la tradición de discusión crítica es el único camino para ampliar nuestro conocimiento conjetural o hipotético ; las teorías científicas deberán considerarse, pues, desde el punto de vista de la posibilidad de su discusión crítica y solo pueden considerarse confirmadas si resisten con éxito los intentos de refutación. Cuando el criterio de "falsabilidad" es satisfactorio, el acuerdo entre teoría y observación tienen una decisiva significación en la discusión crítica de las teorías científicas. Popper señala unos ejemplos en este sentido²². La teoría de la gravedad de Newton es verificable porque su teoría de las perturbaciones predice ciertas desviaciones de las órbitas planetarias de Kepler y la predicción puede ser refutada. La teoría de Einstein de la gravedad es verificable porque predice ciertas desviaciones de las órbitas planetarias de Newton y, asimismo, la curvatura de los rayos luminosos y el retraso de los relojes atómicos en fuertes campos gravitatorios ; predicciones que pueden ser refutadas. Numerosos ejemplos pueden mencionarse en el terreno biológico ; la teoría química de la transmisión sináptica predice la participación de sustancias químicas, acetilcolina por ejemplo, en la acción nerviosa ; lo que pudo ser rigurosamente verificado con el empleo exógeno de dicho compuesto en los contactos musculares.

No hay que olvidar a este respecto los no escasos ejemplos que la historia de la ciencia nos ofrece de teorías que no fueron capaces de ser verificadas en ciertos momentos del desarrollo de la ciencia, pero que lo fueron, efectivamente, en etapas subsiguientes de evolución científica, por ejemplo, la teoría del neutrino y la de la doble hélice del DNA. Además, es habitual que las teorías científicas no presenten desde sus primeras versiones la definición y claridad que pueden llegar a mostrar en otros momentos, lo que priva, inevitablemente, de rigor a los criterios de demarcación.

Si estas objeciones afectan a la demarcación en cuanto a su objeto, la teoría científica, no es menos cierto que el criterio mismo aplicado —refutación o verificación— puede venir afectado de falta de seguridad a no ser que se cuente con una apoyatura inductiva. Resulta, pues, que la aplicabilidad y validez lógica de la demarcación popperiana no parece que sean muy superiores a los criterios positivistas y solamente con privar de absolutismo a la verificabilidad positivista —*verificación popperiana*— se sitúa el criterio en una situación análoga a una

falsabilidad hipotética²³. Otro asunto es la dependencia lingüística de la validez del criterio de "falsabilidad" que pierde, así, efectividad.

Acerca de los problemas de demarcación dice Meana²⁴: "El mayor problema de la demarcación popperiana, el problema fundamental y más clave de ella es éste: si se da el caso de que la refutación de las teorías es tan imposible como su verificación, tampoco este nuevo criterio conseguirá demarcar convenientemente entre las teorías científicas y las teorías no científicas. Por tanto, volvemos contra Popper la crítica que él hizo a la demarcación positivista, acusándola de no lograr separar ciencia de metafísica".

Poco concluyente parece, asimismo, la caracterización que Popper hace de la teoría en su relación temporal con los datos. La idea positivista de que el dato observacional es un componente anterior y más decisivo que la teoría, se invierte al señalar que la teoría es más importante que el dato y es la condición para que éste pueda ser recogido y elaborado como tal. Cualquiera que sea el modelo de *temporalidad* relativa, parece que no puede absolutizarse, ya que dependerá del sistema epistemológico que se imagine y este sistema definirá la naturaleza de la relación temporal.

Algunos autores, Settle por ejemplo, se preguntan por el rigor y, quizás más aún, por la utilidad de estos *criterios de demarcación* de Popper. ¿Por qué la gente toma tan en serio el problema de la demarcación entre ciencia y filosofía cuando lo importante es conocer cómo ir en busca del conocimiento, dejando de lado las pequeñeces de las disputas entre áreas? Si ciencia y filosofía participan y comparten la búsqueda de la verdad; si ambas buscan el conocimiento del mismo mundo ¿por qué este empeño en enmarcar o delimitar estas disciplinas, especialmente en el campo de la ontología?; este deseo de enmarcar *the great and heroic science* es para algunos una simple cuestión de audacia y de disposición para comprobar mediante pruebas y refutaciones; todo ello pudiera aparecer como problemas más de estilo que de lógica, sobre los que puede formularse el criterio como una regla metodológica: proponer teorías que puedan ser criticadas pensando en posibles experiencias cruciales.

Settle utiliza estos y otros argumentos para criticar - más bien ironizar- sobre la teoría del conocimiento de Popper en relación con la zoología sistemática y los criterios de clasificación; ¿cómo pueden aplicarse los criterios de Popper a la zoología sistemática, como simple ejemplo de ciencia en la que no pueden proponerse teorías universales en el sentido de las teorías físicas, sino, simplemente, describir objetos o definir las características de los miembros de una serie finita? En el sentir de Settle se han difundido ampliamente *dos errores* en la interpretación de Popper sobre demarcación: uno es que todo lo que se necesita para distinguir la

ciencia de la no-ciencia es la falsabilidad; el segundo es suponer que Popper posee *las condiciones necesarias y suficientes* para precisar lo que es científico y lo que no lo es. Y, siguiendo con el tema de la zoología sistemática, Settle juega con los vocablos *ciencia, importancia, arte, clasificación*, etc.; la *clasificación* es importante, pero ¿es científica? La sistematización se propone una mejora en los intereses de la ciencia o de los científicos, como instrumento conveniente para una parte de la ciencia. Dentro del interés de Popper de distinguir entre *declaraciones universales de interés científico* y las que no muestran este interés, surge el hecho de si la propia clasificación se integra en el espíritu de la ciencia o si una actividad intelectual es una ciencia. Y Settle insiste: es un error creer que para Popper lo que distingue ciencia de no-ciencia es una simple falsabilidad; a la falsabilidad debe añadirse una *estrategia* y en esa estrategia ¿cabe implicar a la sistemática o la clasificación? Pues, quizás deba o no serlo en dependencia de las teorías de clasificación: feneticismo, cladismo y clasicalismo. El punto de vista popperiano de la ciencia excluye ciertos estilos en el modo de hacer sistemático, dado que — como hemos señalado — se centra en un realismo, respaldo teórico, aproximación a la verdad y apertura a la crítica y a la comprobación; así, excluye ciertas clasificaciones como por ejemplo las basadas exclusivamente en métodos fenéticos y puede incluir las otras dos suavizando el criterio de demarcación de forma que no todo consista en esta *apertura a la refutación* sino también en base al propósito y la intención de un esfuerzo por encontrar dónde y cómo una teoría puede mejorarse.

Al insistir en que los problemas de demarcación son problemas básicos en la evaluación de las teorías científicas, su solución ha de incidir sobre el contenido normativo de la teoría del conocimiento científico. Además de los criterios mencionados, otros criterios, como los probabilistas o los propuestos por la metodología de programas de investigación científica, intentan ofrecer posibilidades de demarcación; entre ellos los planteamientos de Carnap y Lakatos. Otro tipo de planteamiento es el de Kuhn y Polanyi²⁵ basado en la imposibilidad de criterios universales para dilucidar esta cuestión que solo puede definirse por juicios subjetivos de autoridad. El antiguo escepticismo y relativismo cultural, difundido en los movimientos de anti-ciencia, ha desembocado en la versión de Feyerabend del *anarquismo epistemológico* para el que no hay sino ciencias rivales, algunas de ellas conocidas como científicas.

La metodología y la filosofía de la ciencia de Popper han sido objeto de numerosos debates. Buena parte de la *Nueva Filosofía de la Ciencia* (denominación propuesta por Shapere) puede ser considerada como un desarrollo post-popperiano; algunos de los principales propulsores de tal nueva filosofía de la ciencia (Lakatos, Kuhn, Feyerabend) han elaborado su pensamiento o han tratado de precisarlo, en diálogo crítico con Popper.

Un antecedente de las teorías más actuales de la filosofía de la ciencia se encuentra en Koyré (1892-1964), quien ha contribuido a desarrollar la

idea de estructura epistemológica y de paradigma epistemológico que ha alcanzado después gran resonancia en la obra de Kuhn. Al revés de quienes han pensado que la filosofía de la ciencia es básicamente una reconstrucción lógica de teorías científicas, Kuhn ha considerado que el estudio histórico de la ciencia es indispensable para entender no sólo cómo se han desarrollado las teorías científicas, sino, asimismo, por qué en ciertos momentos determinadas teorías han sido aceptadas en vez de otras y han sido, por tanto, justificadas y validadas. En su versión original, las ideas de Kuhn se centran en torno a la división entre *ciencia normal* y lo que podría llamarse *períodos de ciencia anormal* en base al concepto de *corte epistemológico* subyacente en Koyré (cambios bruscos en la evolución de una ciencia y, en general, del conocimiento). La *ciencia normal* es elaborada por una comunidad científica, sirve de base para los subsiguientes desarrollos y se fundamenta en un *paradigma* en el cual, y sólo dentro del cual, parece que se van acumulando los conocimientos; los hombres de ciencia van resolviendo las dudas que se plantean y, por ello, tiene lugar lo que se estima ser un progreso. Lo que no se halla dentro del paradigma correspondiente es rechazado por ser *metafísico*, por no ser, en realidad, científico. La aparición de *anomalías* en el seno de los paradigmas no obliga, en sus comienzos, a descartar éste, sino que los conceptos y las teorías se reajustan pero el paradigma se mantiene. Cuando las *anomalías* toman fuerza, son excesivas, se empieza a poner en duda la validez del paradigma adoptado (inconscientemente adoptado). Tiene lugar entonces una *revolución científica* que termina por consistir en un cambio de paradigma y es así como en el tránsito de un paradigma a otro la ciencia ofrece un aspecto *anormal*. La resonancia que han alcanzado las ideas de Kuhn ²⁶ sobre la estructura de las revoluciones científicas se debe a que abarcan un campo muy amplio que va desde la lógica del descubrimiento científico a la sociología y psicología de la producción científica, así como a la flexibilidad de sus conceptos básicos para admitir muy diferentes interpretaciones. El *paradigma* puede ser estudiado como una estructura lógica o como una serie de supuestos que son condiciones para la posibilidad de la investigación científica. Kuhn ha tendido a rechazar toda interpretación extrema de sus ideas, a la vez de manifestarse remiso a admitir que su teoría sobre la estructura y la historia de las teorías científicas sea una manifestación de historicismo, de sociologismo o de psicologismo. La obra de Kuhn, en resumen, va encaminada a desarrollar por medio de descripción y análisis histórico una teoría de la racionalidad dentro de la cual puedan explicarse las nociones de paradigma y de cambio de paradigma, incluyendo todo cambio radical o revolucionario.

La más importante contribución de Lakatos (1922-1974) a la filosofía y la historia de la ciencia, es su teoría de los *Programas de Investigación*, resultado de un examen crítico de las varias tendencias en filosofía de la ciencia. Un programa de investigación contiene una serie de reglas metodológicas, algunas de las cuales indican qué caminos hay que evitar (heurística negativa) y otras qué caminos hay que seguir (heurística positiva). La metodología de los programas de investigación se completa por la historia empírica (la historia de la ciencia es *racionalmente reconstruible*). De este modo Lakatos ha desarrollado una teoría de la racionalidad que, a su vez, debe entenderse como una metodología y como un programa de investigación.

El interés de Feyerabend se centra en la búsqueda de una metodología general que abarque tanto a la ciencia como a los mitos, a la metafísica y a las artes. Pero, aún esta metodología no era encontrada satisfactoria por estar demasiado apegada a sistemas de reglas. Todo sistema de reglas —por flexible que sea— constriñe y lo mejor será romper las reglas, afirma Feyerabend, quien —a su vez— propone una sola regla metodológica: *todo vale*; ha llegado el momento de desbancar a la ciencia y a la razón de los puestos privilegiados que han ocupado; no hay teoría alguna que pueda, o deba, considerarse privilegiada; el propio materialismo que Feyerabend ha defendido inclusive en las ciencias formales, no ha de ser dogmático; si el idealismo sirve para atajar el dogmatismo, el idealismo será, entonces, bienvenido. Resultante de estas ideas del autor es el *anarquismo epistemológico* que el autor combina con una tendencia a la dialéctica en apuesta por el pluralismo, la alternativa y la libertad humana.

En 1923 se crea en Alemania un Instituto de Investigación Social, cuyos primeros directores fueron Gründberg y Horkheimer y entre sus colaboradores figuraron Adorno, Benjamin, Fromm, Marcuse, etc., que se integraron en la denominada Escuela de Frankfurt. La dispersión de los años siguientes cristalizó en los grupos de París y Columbia y, sobre todo, la reapertura del Instituto en 1951. Como cada uno de los autores frankfurtianos ha expresado ideas diversas y se ha ocupado de gran variedad de asuntos, es difícil encontrar elementos ideológicos comunes, aunque en algunos casos —los de Horkheimer y Adorno— ha habido una colaboración muy estrecha.

Las diferencias entre los diferentes miembros de esta Escuela dependen, en buena medida, de las correspondientes interpretaciones del marxismo, desde Horkheimer y Adorno, señalados como neomarxistas, hasta Habermans a quien se suele negar entronque alguno con tradiciones marxistas. Diferencias que dependen, asimismo, de la intensidad de las preocupaciones filosóficas (ontológicas y epistemológicas, especialmente), del mayor o menor acercamiento al psicoanálisis y de los tipos de pensamiento filosófico contemporáneo (vitalismo bergsoniano, vitalismo simmeliano, fenomenología husserliana, neopositivismo, etc.) que cada uno de los frankfurtianos haya tenido en cuenta en sus estudios, bien para adoptar alguno de sus aspectos o para reaccionar ante ellos. En general, ha sido característico del grupo (lo que les distingue de otras corrientes filosóficas contemporáneas, incluyendo otras corrientes marxistas o neomarxistas, tanto ortodoxas como heterodoxas) el defender lo que han llamado *teoría crítica* contra la denominada *teoría tradicional*. Por otro lado, los frankfurtianos han dejado de insistir en la premisa de la estrecha unión entre la teoría y la práctica; hecho que puede explicar que para ciertos marxistas la Escuela aparezca como teñida de elementos *escépticos* y hasta *anarquistas*.

Siguiendo principalmente a Horkheimer, la *teoría crítica* se opone a la *teoría tradicional*, la cual, desde Descartes a los positivistas lógicos, presupone que una teoría es un conjunto de enunciados unidos entre sí de modo que ciertos enunciados, estimados básicos —y en número lo más reducido posible— den lugar, por derivación lógica, a otros enunciados que, para ser aceptados, deben ser comprobados por los hechos. Tanto el racionalismo como el empirismo coinciden en el modo tradicional de

concebir la teoría. Es, además, característico de la teoría tradicional, según Horkheimer, el poder aplicarse, cuando menos en principio, a todas las ramas del conocimiento. La idea tradicional se ha desarrollado, según Horkheimer, en una sociedad *dominada por las técnicas de producción industrial*. Ante ello, el paso a la *teoría crítica* no es un mero paso teórico o una simple reestructuración intelectual; es necesario, al efecto, un cambio histórico, que es, a su vez, un cambio en el proceso social. La *teoría tradicional* aun en sus formas más empiristas, tiende a la abstracción; en rigor, toda teoría tradicional pasa de lado el hecho básico en que insiste la *teoría crítica*, es decir, el de que su sujeto es un individuo real relacionado con otros individuos, miembros de una clase y en conflicto con otras. Mientras toda teoría tradicional científica aparece como meramente especulativa y hasta subjetiva, Horkheimer detalla que en la teoría crítica "el pensamiento constructivo desempeña un papel más importante que la verificación empírica".

Mario Bunge, con los pies más en la tierra, se refiere a la característica de las ciencias fácticas o empíricas: el uso del método llamado por antonomasia *científico*. No se trata de una receta infalible, sino una sucesión de etapas: reconocimiento del problema en el cuerpo de conocimientos adquiridos, formulación de hipótesis y contrastación de las mismas con datos empíricos. En este proceso, Bunge adopta las herramientas formales cuyo uso preconizaron los positivistas lógicos, pero se separa de éstos por su rechazo, entre otros, de todo fenomenismo y de todo subjetivismo y la adopción de un realismo crítico. Se ha opuesto, a su vez, a muchas de las posiciones adoptadas por la Nueva Filosofía de la Ciencia, tales como las tendencias historicistas y sociologistas. Apartado de las orientaciones de la *filosofía analítica*, aboga por una *filosofía científica* a la vez que por una filosofía exacta (tratamiento de los problemas filosóficos de un modo riguroso, fundándose, en gran parte, en instrumentos *exactos* como la lógica y la matemática y, a su vez, en estrecha relación con la ciencia tanto empírica como formal). En Bunge hay una decidida inclinación hacia el *materialismo ontológico* y el *realismo epistemológico*.

Más adelante tendremos ocasión de confrontar las ideas de Bunge en temas particulares de la biofilosofía actual.

A través de este reducido panorama de los trances históricos de la filosofía de la naturaleza y de la filosofía de la ciencia, se ha podido afirmar la existencia en el siglo XVII de una inflexión crítica de *confianza positiva en la ciencia y su progreso* debido, al menos en gran medida, a la utilización de nuevos esquemas, nuevas ideas y tratamientos.

Es bastante más que probable que hoy atravesamos un período, asimismo crítico, *fase negativa de confianza —sociológica, podríamos añadir— en el valor de la ciencia*; parece evidente, pues, que su tratamiento habrá de ser también llevado a cabo con nuevos ingredientes y nuevas normas de abordaje de la situación.

Ha de obligar ello a una precisa delimitación de “ciencia” y a otorgar un sentido a la idea de “valor”. Y, ahora, solo este riesgo de ser “no ciencia” —que sin prejuizar menosprecio hace que muchas actividades caigan fuera de los límites de la ciencia— comunica importancia singular a esa preocupación que ya significaban los *Grenzen* —confines— y los *Schranken* —barreras— de Kant, precisamente los límites y fronteras de la ciencia y, más recientemente, la limitación excluyente de los temas existenciales y la finalización utópica frente a la idea de progreso permanente.

No cabe duda que la *delimitación* o definición del *concepto de ciencia* no es un divertimento del cientifismo sino que obliga a una distinción que va a deslindar, en efecto, ciencia de metafísica —lo que puede no tener una repercusión notable—, pero también tiene que desenmascarar a las “no ciencias” y, dentro de ellas, no solo a las que — como el arte o la religión— no pretenden serlo, sino, y sobre todo, a las seudociencias que intentan pasar por científicas.

Hasta hace escaso tiempo, pocas docenas de años, no ofrecía dificultad alguna definir la ciencia; podría ser válido hacerlo como “conjunto de actividades desarrolladas con arreglo a una metodología estricta, sin otra finalidad que el progreso de los conocimientos objetivos”. En tanto en cuanto el ejercicio de la ciencia suponía progreso general, indiscutido, de la humanidad y un aporte cultural sin complicaciones, no existía más grave problema para trazar los límites que aislasen esa ciencia inocente. No ocurre hoy así; la imagen de la ciencia ha cambiado, a no dudarlo, y es casi seguro también que degradado; los entusiasmos, que existen, se comparten con desconfianza, inquietud y desencanto; en frase de Passmore²⁷ “los científicos han conocido el pecado”; y cuando se culpa al proceso tecnológico y nace la anticiencia²⁸, resulta ya importante reflexionar con profundidad sobre este impacto social negativo y sus razones.

En los comentarios anteriores han podido quedar reflejadas las más importantes tendencias actuales en teoría de la ciencia, uno de cuyos puntos de confrontación nace del enfrentamiento *en cuanto al objeto de la ciencia* entre la *teoría crítica racionalista* —Popper, Albert— para la que es básica la razón analítica, y la *teoría crítica social* —Horkheimer, Adorno, Habermas— con su razón dialéctica²⁹.

Para los primeros, la ciencia no busca el *por qué* y también el *qué* y el *para qué* quedan fuera del objeto de la ciencia; la finalidad de la investigación no entraría, pues, en el concepto de ciencia y al rechazo

de toda metafísica se une el rechazo de toda explicación que trascienda los límites de lo verificable; solamente el *cómo* soportado en un modelo técnico-instrumental constituiría la base de la investigación científica. Esta situación conceptual de la ciencia la coloca, pues, sobre un aparente pedestal de asepsia y neutralidad del que la Escuela de Frankfurt, a través de Adorno, ha afirmado³⁰:

“... ello da pie al abuso ideológico por lo indeterminado de su contenido, por lo prefijado de su método y por preferir, en definitiva, la exactitud a la verdad”;

y de cuya supuesta objetividad ha dicho Castillo³¹:

“Plantear el criterio de objetividad sobre la base de los postulados del positivismo puede ser la forma más ejemplar de cerrarse a la objetividad. Y si este criterio es válido para toda forma de conocimiento científico, lo es mucho más cuando lo que está en juego es el conocimiento que comportan las ciencias sociales, ya que en ellas la implicación de la totalidad social es mucho más decisiva que en las ciencias de la naturaleza”.

¿NEUTRALIDAD, OBJETIVIDAD?, ¿puede ser neutra la ciencia?, ¿subsiste la objetividad científica?;

¿en qué medida estas cualidades interaccionan con su entorno social?; ¿puede ser autónomo el conocimiento?;

¿impone la posición social de la ciencia una dependencia ideológica?;

¿pueden incidir sobre estos interrogantes las relaciones ciencia-tecnología?;

¿QUÉ SITUACIÓN NOS PRESENTA HOY LA BIOLOGÍA EN ESTE CONTEXTO?

Las pretendidas *neutralidad* y *objetividad* de los racionalistas son, pues, duramente atacadas por la mayoría de los filósofos sobre todo por los dialécticos histórico-críticos. La neutralidad así presentada se basa en una dualidad de hechos y decisiones³², lo que significa que si la ciencia abandona como su objeto el ámbito de los valores, normas y decisiones, la regulación de su norma se entrega a decisiones ajenas. Además, hay que contar siempre con un componente interpretativo y subjetivo del conocimiento, lo que niega validez a los planteamien-

tos racionalistas de objetividad. En el otro extremo de la consideración de la neutralidad de la ciencia, la interpretación dialéctica característica de la teoría crítica de la sociedad con su origen en la "Dialéctica de la Naturaleza" de Engels; para ella la ciencia se origina, crece y arroja en una sociedad concreta de la que depende. También esta otra versión extrema implica interpretaciones determinadas — la hermenéutica de nuestro ser humano, por ejemplo — y conlleva, asimismo, la distinción entre hechos y decisiones. De esta razón dialéctica ha dicho Popper:

"Los problemas conectados con la incertidumbre del factor humano tienen que forzar al utópico, le guste o no, a intentar controlar el factor humano por medio de instituciones y extender su programa de tal forma que abarque no solo la transformación de la sociedad, según lo planeado, sino también la transformación del hombre"³³.

Postular, sin restricciones, que la ciencia no es neutra es reconocer el fin de un mito que vino a sustituir a los mitos clásicos de las religiones y las filosofías y que ha nutrido la ciencia pura y sus resultados durante más de un siglo y del que ha afirmado Moreau³⁴ "como en su aparente inocencia escondía los resortes secretos del poder"; pero, a fin de cuentas, es admitir otro mito, el de la razón total con una opción ética determinada³⁵.

*¿Opción, pues, CIENCIA-ANTICIENCIA?
¿callejón sin salida?, ¿dilema insoluble?*

Castillo en su ensayo crítico "Impacto social de la ciencia y proyecto social de la anticiencia"³⁶ recoge una interesante cita de Horkheimer, extensa, en la que se incluye:

"... la teología significa aquí la conciencia de que el mundo es un fenómeno, de que no es la verdad absoluta ni lo último. La teología es la esperanza de que la injusticia que caracteriza al mundo no puede permanecer así, que lo injusto no puede considerarse como la última palabra..."

y que sirve de colofón al autor, punto de vista de un teólogo, para sugerir la teología como una alternativa válida y real al modelo epistemológico de la ciencia, aunando el discurso científico y el discurso

simbólico, integrando el *ser* y el *debe ser* y sustituyendo el optimismo de la razón por el optimismo cristiano de la fe.

¡HACE FALTA UN CONTRAMITO!

que construya un nuevo modelo de la concepción misma y del valor de la ciencia, de la BIOLOGÍA en particular; no basta con justificar el *valor* consecuencia de las aplicaciones beneficiosas para la humanidad con su mejora material de la vida —con ser ello importante—, ha de juzgar su interés por los valores espirituales y las relaciones humanas. Mientras tanto, hay que justificar a la ciencia que engrandece al hombre; y, para ello, una vez más, se la *limita*, se la *separa*, ahora de la innovación técnica a la que se atribuye la responsabilidad de esa desconfianza y ese miedo al progreso científico.

La duda asalta de inmediato, *¿es que el desarrollo tecnológico no es tributario de la ciencia?*

Está claro que las tecnologías —“teoría de la acción racional, ordenada a un propósito, que es efectiva y eficiente”— pueden tipificarse de acuerdo con los fines o valores que pretendan, pero también por el nivel de conocimiento en que se basan y, bajo esta segunda tipología, se puede eliminar la invención artesana que, aún pudiendo ser científicamente fundada, se distingue de la tecnología basada en la ciencia en la que el conocimiento subyacente contiene, en general, relaciones causales con leyes o teorías y es, todo caso, controlable por el método científico. Características ambas que cumple, en efecto, la tecnología biológica, pero que no son extensibles a ciertas tecnologías como la informática y la investigación operativa que solamente comparten el empleo del método científico.

Durante un cierto tiempo, por ejemplo, la tecnología Bessemer de fabricación de acero fue completamente artesanal; él mismo asegura que “su conocimiento consistió únicamente en lo que un ingeniero debe observar por fuerza en el taller de forja”³⁷, y solo cuando pudo interpretar por qué la presencia de fósforo en el mineral entorpecía el procedimiento, la tecnología de la obtención de acero pudo llegar a fundamentarse científicamente.

No ofrece duda alguna, pues, que la clásica invención tecnológica es, al menos, tributaria directa de la ciencia, no es ajena a las teorías científicas; dígalo sino la tecnología nuclear a partir de la teoría atómica, la tecnología agrícola a partir de las teorías genéticas, la tecnología quirúrgica a partir de la regulación enzimática, etc., aparte de

que en su propia investigación tecnológica conlleva un componente creador. Aunque sea ajeno a la disquisición epistemológica, hay que ser consciente de que el hombre vive inmerso en tecnología; se alimenta, se viste, se transporta, se sana y hasta se divierte consumiendo sus productos y, de esta manera, ¿podríamos retrotraernos a una situación en la que no se dieran las aplicaciones tecnológicas del progreso científico? No más que cien años atrás y el avión supersónico se quedará en la diligencia, los satélites de comunicaciones volverán al tambor del pregonero y los antibióticos dejarán paso a la mortalidad infantil y las enfermedades incurables.

Es muy posible que esta distinción *ciencia-tecnología* sea válida en cuanto a una estricta teoría del conocimiento, pero en un sentido práctico ¿*existe una auténtica distinción?*; la dialéctica de lo *puro* y lo *impuro* ¿tiene siempre un respaldo efectivo?; piénsese en el paso espontáneo que supone el tránsito del descubrimiento científico en biología humana a su aplicación práctica. Compárese de todas formas este espontáneo, muy corto período de tiempo, con esos datos no por muy comentados menos reveladores³⁸ en cuanto a la disminución del intervalo entre descubrimiento y desarrollo tecnológico: 112 años en la fotografía, 56 en el teléfono, 35 la radio, 15 el radar, 6 la bomba atómica, 5 el transistor, 3 el circuito integrado, pocos meses en la aplicación de algunos antibióticos.

Bunge, en su reciente "Epistemología"³⁹ señala que entre la investigación científica y la investigación tecnológica solo existe una diferencia de orientación; la primera busca *la verdad por la verdad misma*, mientras que la investigación tecnológica tiene como finalidad *la verdad útil a alguien*. De esta manera, el científico busca conocer por conocer, su objeto es la cosa en sí; el tecnólogo busca conocer para hacer, la cosa para nosotros. Pero, en todo caso, la tecnología comparte con la ciencia su conjunto de hipótesis tocantes a la naturaleza y el alcance del conocimiento. Piénsese, sino, como ejemplo de estas conexiones, la situación singular de las áreas de una tecnología general y una ontología, colindantes, y haciendo uso común de las teorías generales de sistemas, por ejemplo teoría de la información, teoría del control, teoría de los sistemas lineales, etc., aplicables a la ingeniería, a la biología y a toda una colección de ciencias sociales.

Está claro que a la tecnología, descolgada en el lazareto de sus responsabilidades, se la quiere separar —haciendo todas las abstracciones que se quieran— de la ciencia pura; lo que contrasta con la poca ex-

ploración de sus aspectos filosóficos que suponen sus propios principios y problemas ontológicos, sus singularidades éticas y sus peculiaridades axiológicas en la contemplación de sus valores.

Relato, todo éste, que conduce a la inutilidad de la delimitación ciencia-tecnología y a la necesidad de su consideración conjunta en la visión práctica del balance *progreso-riesgo* para el hombre-individuo y para la especie humana. En cualquier caso, la separación teórica de la ciencia pura y su aplicación no podrá nunca acallar a los partidarios de la anticiencia, frente a una supuesta ciencia inhumana e inmoral en cuanto supondría impotencia para suministrar al hombre una razón, un sentido y una norma de su vida.

Frente a estos razonamientos se arguye la confusión del progreso científico-tecnológico con el uso que del mismo se hace por el hombre, y elegido por los decisores sociales; *la ciencia es neutra, es su uso la que la hace condenable*, se repite; en efecto, el método científico —la manera de hacer buena ciencia— es un instrumento de conocimiento y nunca puede medir la moral o la política. No cabe, pues, sino considerar la situación *científico-tecnológica en su conjunto* en el seno de una sociedad que va a ser destinataria de la dualidad progreso-riesgo y cuyas coordenadas — ideológicas, políticas, morales, económicas, etc. — van a modular el desplazamiento de este equilibrio; de una sociedad que ha perdido su ingenua fe en un progreso científico ilimitado y que tiene dudas, al menos, sobre el *valor* de la ciencia y de la tecnología. No deja de ser notorio, sin embargo, cómo en muy pocos años han cambiado los juicios sobre el progreso científico-tecnológico; en 1958 tuvo lugar en los Estados Unidos una conferencia titulada "The next hundred years" en la que se hicieron manifestaciones como las que recogen estos ejemplos:

"Todas las enfermedades serán controladas" (S. Györgyi).

"Una edad de oro está a nuestro alcance" (H. Brown).

"El nivel intelectual puede incrementarse sustancialmente" (J. Veir).

"Una red de viajes interplanetarios será establecida" (W. von Braun).

Y el científico entra en una especie de mitología popular.

En la pasada década, ya, el cambio de actitud social es palpable; tras la indiferencia, la alarma, porque en menos de una generación los avances tecnológicos hacen correr grave riesgo a la naturaleza que habrían de conquistar, y el desencanto porque los científicos, al resolver

algunos de nuestros problemas, han creado muchos otros inexistentes.

La existencia de la contrapartida beneficio-riesgo social ha de tenerse en cuenta en términos de globalidad y no asignar, necesariamente, esta doble condición a cada área limitada del conocimiento; contrapartida, por otro lado, de arbitraria delimitación y con una gran zona de investigación neutra, soporte de ambas. Numerosas son hoy las áreas científico-tecnológicas en las que ejemplificar estas ideas y no vamos a hacerlo con lo que se dio en llamar "gran ciencia" con su Hiroshima, su bomba atómica y el proyecto Manhattan; pero sí vamos a traer a colación la pequeña gran historia de Leo Szilard⁴⁰:

En 1934, Szilard había patentado la "reacción en cadena"... quiso mantener la patente en secreto... pide a Joliot-Curie en 1939 sus oficios para prohibir la publicación... en 1945 la bomba es inevitable... Szilard protesta ante las audiencias que le es posible... contagia a buena parte de la comunidad científica... el éxito no le acompaña, precisamente, ... cuando escucha de un colega que ello constituía la tragedia de los científicos, responde que más bien lo era de la humanidad... al final *but now we know that it was high time to bring to the understanding of life, particularly human life, the same singleness of mind that we had given to the understanding the physical world.* Con esta idea Szilard se dedicó a la biología, para contrarrestar esta tragedia, como refugio de bienestar y progreso de la humanidad. Bien pudiera serlo.

Sin embargo, la biología se nos muestra en la actualidad particularmente sensibilizada por esta crisis, por esta inquietud en razón de sus estrechas relaciones con la vida humana, con los problemas del hombre, los de cada día, los que llegan a muchos pero alcanzan a todos; son los de la reproducción, la salud y la herencia humanas; los que moralmente vinculan la responsabilidad de los individuos y de las sociedades; será la degradación general de nuestro ambiente pero también la contracepción individual; será el aumento de la producción de alimentos pero también la esterilización voluntaria y la fecundación artificial. Ante esta situación, que brevemente ejemplificaremos más adelante, es obligada una reflexión permanente, ya no sobre la naturaleza misma de las ciencias, su autonomía, etc., sino sobre la necesidad de una ética que acompañe al trabajo científico y de una actitud sobre la

finalidad de las investigaciones biológicas y su sumisión a las exigencias sociales y humanas.

¿Qué soluciones se nos ofrecen a este respecto?

- a. La teoría de la *autonomía total* de las ciencias.
- b. La actitud de la *anticiencia*. Retorno a la naturaleza.
- c. La *teoría de Popper*. Racionalismo crítico y decisionismo.
- d. La *teoría marxista* en sus formas principales.
- e. Soluciones prácticas.

a) Con referencia a esta propuesta cabe hacerse varias preguntas. ¿En qué sentido cabe reconocer la autonomía de una ciencia y de sus métodos? ¿Cabe experimentar cuando se corre el riesgo de graves alteraciones en los equilibrios biológicos del planeta, en la modificación de la inteligencia, etc.? Es seguro que la mayor parte de los científicos dudarían en afirmarlo sin más y sería negativa la respuesta cuando se encontrara comprometida la vida humana. La ciencia deberá permanecer subordinada al hombre.

El Concilio Vaticano II en la Constitución Pastoral sobre la *Iglesia en el mundo moderno* reconoce una *legítima* autonomía de las ciencias.

b) Esta actitud lleva a afirmar la necesidad de la ciencia moderna de ir acompañada de una filosofía del ser, que reconozca el valor único de la persona humana.

c) Puede encontrarse necesitada de una ética especial que se ocupe de los problemas de la práctica de la ciencia en la vida diaria.

d) Una apreciación relativizante de los resultados y de las adquisiciones de una ciencia, necesitaría mayor extensión interdisciplinaria y, sobre todo, de la historia de las ciencias.

e) Aplicables a situaciones particulares de *contrato social* entre la comunidad científica y la sociedad, del que existen algunos ejemplos.

Veamos algunos ejemplos de los dilemas biológicos beneficio-riesgo, de forma esquemática e ilustrativa de la problemática general.

A excepción del hombre, ninguna especie ha podido incidir sobre su destino evolutivo; el hombre puede hacerlo en base al conocimiento de dicho proceso y en virtud de un acto consciente comienza a estar en condiciones de dirigir la corriente evolutiva.

Cuando un gen reduce la eficacia genética global, se hace inconveniente y la selección natural irá, inexorablemente, en contra de él. La clase humana, como cualquier otra especie biológica, soporta una carga genética negativa que irá en aumento, de forma incomprensible, merced a la actitud de la propia especie en contra de su ambiente. La intervención de estos agentes ambientales, físicos o químicos, induce cambios cromosómicos en las poblaciones humanas, lo que conduce a

una de las situaciones más graves de nuestro entorno ; la *mutagenicidad*, consecuencia de la presencia ambiental de ciertas radiaciones, alimentos, medicamentos, plaguicidas, conservantes, colorantes, etc. Evidente constatación del equilibrio *beneficio-riesgos* del progreso científico, en la que debe señalarse como incluso el conocimiento mismo del riesgo tiene su origen en la investigación fundamental, a cuyo propósito son simples ejemplos los fenómenos de rotura y reparación de DNA en conexión con la incidencia ambiental. De otra parte, el progreso científico recupera individuos que, en caso contrario, serían rechazados por la selección natural ; así, pues, en una aproximación inicial, evolución y progreso muestran un cierto antagonismo en este sentido. Asimismo, de las relaciones evolución humana particular y evolución biológica general y de la previsible preponderancia —en el seno de ésta— de su ingrediente cultural, cabe pensar de este sentido evolutivo un ideal en la mejora consciente de la dotación génica. Sin embargo, hasta que la tecnología haga posible esta obtención del genotipo óptimo (*eugénica*), las alternativas se centran en las medidas destinadas a hacer tolerable el fenotipo (*eufénica*) o en la manipulación del medio ambiente a fin de mantener las circunstancias ecológicas más favorables (*euténica*).

Las técnicas *eugénicas* pueden extenderse a tres niveles: a) conservar y perpetuar los mejores genotipos existentes, b) reparar los genotipos defectuosos y c) manipular el genotipo actual con el fin de lograr un *genotipo óptimo*. El primer nivel se puede conseguir mediante la formación de bancos de esperma o de óvulos, así como mediante técnicas de *renucleación y clonaje* ; la manipulación de la dotación génica (*algénica*) tiene, hoy por hoy, en el DNA-recombinante su tecnología prioritaria.

Hasta hace muy pocos años la genética molecular se encontraba más en el espíritu y en las intenciones de los científicos que en una auténtica realidad. Hasta que —en 1979— los métodos de Sanger y Gilbert permiten establecer con cierta facilidad la secuencia del DNA, no puede decirse que la genética se soporte sobre una imagen definida de su objeto de estudio, el *gen*, hasta entonces sumido en una gran abstracción.

La tecnología del *DNA-recombinante* que evidencia consecuencias benéficas en cuanto a culturización de las ciencia, puede entrañar — en mayor o menor medida — graves desequilibrios sobre dos planos principales: el de la seguridad de las manipulaciones mismas, de efecto inmediato ; el de la acción orientadora de las investigaciones fundamentales y aplicadas. Por lo que se refiere al desequilibrio en la seguridad, es sabido cómo las manipulaciones genéticas fueron objeto de una moratoria en 1974 hasta la conferencia de Asilomar, en febrero de 1975, primera tentativa de elaboración de reglas de seguridad para este tipo de experimentos: *la introducción experimental de fragmentos de DNA exógeno en el seno de las cadenas de DNA propias*. Estas normas de seguridad se basan

en la idea que los experimentos son más peligrosos en tanto en cuanto el DNA donador sea evolutivamente más próximo a la especie humana y ello está suponiendo una cierta relajación en las condiciones (en Europa, hasta la fecha, existe un solo laboratorio —P4— de alta seguridad, en el Laboratorio Europeo de Biología Molecular de Heidelberg) y en la reglamentación; los tres tipos —americano, británico y francés— de reglamentaciones siguen las mismas líneas generales, siendo la menos exigente la normativa francesa de diciembre de 1977.

Ahora bien, ¿se pueden estimar los riesgos que comporta este tipo de experimentos?; la previsión científica es difícil. Los últimos datos sobre la probabilidad de transmisión del DNA recombinado en un colibacilo a otras bacterias por conjugación se estiman actualmente en 10^{-6} . El peligro acerca de la modificación del poder patógeno de las bacterias manipuladas con virus también ha podido examinarse: para ello el DNA del virus del polio —cancerígeno en el ratón y el hamster— ha sido clonado en la cepa de colibacilo 71776 y tanto las bacterias como su DNA se han inyectado a ratones al objeto de verificar su capacidad de producir virus —poder infeccioso— y su capacidad de producir tumores —poder oncogénico—. Los resultados han mostrado que las bacterias en sí no son tumorígenas, pero que el DNA de estas bacterias exhibe un poder oncogénico semejante al del DNA viral.

Peligros que, ciertamente, los científicos no ignoran y sopesan y piensan —en general— “que no existen peligros que pudieran pasar inadvertidos en la clonación de DNA en cepas de laboratorio de organismos huéspedes, sino que —al contrario— la técnica puede contribuir a la seguridad de la investigación básica en microorganismos patógenos y en el desarrollo de vacunas más seguras. Los beneficios científicos en los campos de la medicina, agricultura, ecología y otros que la técnica puede suministrar son enormes. A los que piensan y se preocupan en las epidemias que inadvertidamente pudieran crearse por la clonación del DNA, que tengan presente que la probabilidad de construir un patógeno realmente peligroso es inferior en muchos órdenes de magnitud a la de un patógeno no epidémico”.

Por encima de todo ello, es importante el hecho en sí, el espíritu de responsabilidad social al aceptar colectivamente una auto-regulación, transformada después en regulaciones gubernamentales en algunos países. (*Changes in the NIH guidelines for recombinant DNA research*, W. Szymbalski, *Gene*, 6, 377, 1979).

Las bases de esta tecnología pueden concretarse en: a) posibilidad de aislar o incluso sintetizar —principalmente a través de mecanismos de transcripción inversa— secuencias genéticas específicas que codifican determinada información; b) posibilidad de integrar dichas secuencias, mediante plásmidos intermediarios, en el genoma bacteriano; c) utilización de *E. coli* K-12 como célula receptora para el DNA-recombinante. La incorporación estable del DNA en el genoma huésped se consigue mediante la utilización de dos elementos autoreplicativos: plásmidos y fago lambda; tales elementos son capaces de existir independientemente del cromosoma celular y pueden emplearse como vehículos o moléculas transportadoras para el mantenimiento estable del DNA heterólogo en la célula receptora. Los plásmidos existen en las bacterias como moléculas

las circulares de DNA de doble cadena ; son, por tanto, elementos genéticos extracromosómicos y replicativamente autónomos. Los denominados *plásmidos conjugativos* poseen un conjunto de genes que contiene la información necesaria para posibilitar el apareamiento bacteriano y la transferencia intercelular de material genético, incluido el plásmido o partes del mismo. Los que carecen del contenido genético capaz de permitir la conjugación bacteriana se denominan *plásmidos no-conjugativos*. Con el fin de minimizar al máximo la diseminación de plásmidos híbridos resultantes de la técnica del DNA-recombinante, se exige que la investigación se realice, exclusivamente, sobre plásmidos no-conjugativos. El clonaje genético en bacterias mediante el empleo de plásmidos consiste en: a) aislamiento del plásmido de su bacteria huésped, b) escisión mediante enzimas específicas para sitios determinados de su secuencia nucleotídica, c) utilización del fragmento de DNA heterólogo, natural o de síntesis, y unión al plásmido escindido, d) restablecimiento de la conformación circular del plásmido conteniendo el DNA trasplantado, e) reincorporación del plásmido así reconstituido en la bacteria huésped.

En este contexto existen dos ejemplos de importancia: a) producción bacteriana de somatostatina utilizando la recombinación del gen respectivo, previamente obtenido por síntesis química ; b) consecución de un plásmido híbrido conteniendo un DNA sintetizado por transcripción inversa a partir del mRNA de proinsulina de rata.

Son simples primeros pasos en el nacimiento de una *biotecnología* que afectará a todo un sector de la economía que abarca, sin duda, la industria química, farmacéutica y agroalimenticia ; biología aplicada que preocupa a industrias y comunidades mundiales, entre las que hay que destacar los programas bio-industriales para los próximos veinticinco años que desarrolla en la actualidad la Comunidad Económica Europea.

Aparte de estas aplicaciones, la técnica del DNA-recombinante adquiere su verdadera razón científica en términos de comprensión de la estructura y función de los genes que entran en juego en la fisiología del hombre, de los animales, de las plantas y sus diferenciaciones celulares. Entre estas líneas de investigación, dos ejemplos notorios lo constituyen los trabajos sobre la estructura y función de los genes de inmunoglobulinas con sus posibilidades en los terrenos del diagnóstico prenatal de enfermedades genéticas de la producción de anticuerpos y de la sangre como talasemia y drepanocitosis.

Notemos, finalmente, cómo las técnicas del DNA-recombinante suponen una interacción sinérgica en toda una colección de facetas genéticas, bioquímicas e incluso químicas. En variado estado de elaboración en el horizonte científico actual: interferón, hormonas, vacunas, enzimas y anticuerpos. Otras posibilidades apuntadas son el tratamiento de enfermedades genéticas, inmunoterapia contra enfermedades virales, terapéutica contra el cáncer, etc.

Además de esta problemática del DNA-recombinante llena, como hemos visto, de interés científico y tecnológico y repleta de cuestiones éticas, pueden señalarse —y solamente así vamos a hacerlo— una serie de hechos y circunstancias biológicos:

Genes controladores de los grupos sanguíneos AB0, Rh, etc., y de los antígenos de histocompatibilidad.

- esclarecimiento de la paternidad discutida.
- conocimiento de los grupos sanguíneos en las transfusiones.
- estudio de antígenos en la previsión de rechazo de injertos y trasplantes.
- medios para combatir las consecuencias de la incompatibilidad materno-fetal.

Detección de individuos heterocigóticos portadores, clínicamente sanos, y de las anomalías ligadas al sexo.

Consejo genético.

Manipulación de esperma, óvulos y embriones.

- control del sexo ; sexualización de espermatozoides.
- implantación de núcleos a óvulos desnucleados.
- cultivo de embriones.

Correlación genotipo-enfermedad.

Genética del coeficiente intelectual.

Genética del comportamiento.

Eugénica.

- esterilización voluntaria u obligatoria.
- inseminación preseleccionada.
- modificación de genes nocivos por infección viral específica.
- susceptibilidad hereditaria a agentes externos.

Contracepción.

- control de la natalidad por una serie de técnicas fisiológicas.

Trasplante organo-enzimático.

- selección de aloinjertos.
- trasplante clínico humano en enfermedades de deficiencia enzimática.

Liposomas y sustitución enzimática.

En mayor o menor medida, estas situaciones plantean consecuencias morales y sociales, cuando no consecuencias incluso de naturaleza jurídica (¿se puede patentar un ser vivo?, ¿secreto del conocimiento informático?, etc.). En algunos casos, la misma problemática científica no se encuentra aún resuelta y se necesita mayor información fundamental, mejores criterios de estimación del espíritu humano, nuevos métodos analíticos, etc.

La posibilidad de manipular las *respuestas inmunológicas* de forma eficaz, principalmente el incremento de la inmunidad, posee ciertas implicaciones sociales ; la más evidente, quizás, es como la vacunación ha hecho disminuir fuertemente la enfermedad y la mortalidad. Es ésta una de las situaciones más claras en que las aplicaciones son esencialmente beneficiosas y que ayudan a vencer el escepticismo de quienes cuestionan el valor de la investigación científica.

Hay ciertos casos en que se impone suprimir una respuesta inmunológica indeseable ; la más conocida, aunque estadísticamente menos frecuente, es el trasplante de órganos con toda la carga ética-jurídica-administrativa de la *donación*, la *conservación*, el *consentimiento*, etc., que añadir a uno de los problemas más actuales y de mayor finura biológica: *los antígenos de superficie*.

Durante los últimos años el empleo de híbridos celulares somáticos, ya como células blanco de antisuero humano polivalente o como inmunógenos en ratones compatibles, ha conducido a la identificación de *antígenos de superficie* humanos, codificados por genes de autosomas (los cromosomas 6, 7, 10, 12 y 14). Recientemente, el empleo de *híbridos microcelulares*, obtenidos por transferencia de cromosomas humanos individuales a células receptoras de roedores, ha llevado a la identificación de algunos de estos antígenos. Sin embargo, la tecnología que está revolucionando este campo – y otros colaterales – es el empleo de los denominados *hibridomas*, en los que las células sintetizadoras de anticuerpos (esplenocitos) de ratones inmunizados pueden *inmortalizarse* mediante fusión con células de mieloma de ratón ; lo que implica que la preparación de anticuerpos monoclonales frente a cada uno de los antígenos de superficie especificados en cromosomas humanos es sólo cuestión de tiempo.

Esta investigación del *reconocimiento celular* mediante análisis de estos antígenos es la esencia misma del trasplante de órganos, ya mencionado.

Medios para evitar el rechazo.

- análisis de tejidos donador y aceptor.
- medicamentos inmunosupresores (disminución de la respuesta general).
- inducción de tolerancia específica de antígenos extraños.

El único injerto que se desarrolla sin síntomas de rechazo es el feto en el útero materno ; situación en la que el nuevo ser hereda por mitad las características del padre y es, pues, profundamente distinto de la madre. Es posible que durante el embarazo mismo o en el momento del nacimiento la madre pueda recibir sangre fetal con lo que inducir la formación de anticuerpos frente a los eritrocitos, que si se transmiten

al feto de la misma o ulterior gestación puede provocar graves trastornos e incluso la muerte. Existe la posibilidad de prevenir la inmunización de la madre por los eritrocitos del hijo mediante inyección de anticuerpos humanos frente al antígeno rhesus.

Las implicaciones de este hecho no se limitan a su utilidad ; presenta problemas éticos, tal como la investigación con el paciente de las dosis necesarias de anticuerpos. Por otro lado, el éxito del tratamiento conlleva la disminución del número de mujeres inmunizadas contra el factor rhesus y no podrán suministrar anticuerpos que permitan tratar a otras mujeres ; ello obligará a una inmunización voluntaria con un cierto nivel de peligro y la necesidad de su evaluación frente al beneficio que encierra.

Muchos otros ejemplos podrían mencionarse sobre la relevancia científico-tecnológica y la medida de su beneficio-riesgo. El cultivo de células vegetales, protoplastos, plantas haploides, la introducción artificial de RNA, la transformación por DNA exógeno, las hormonas vegetales, etc., son simples enunciados que resaltan la incidencia en la agricultura de la biología molecular. Como temas finales la *regulación del psiquismo y las hormonas cerebrales* que ha planteado los últimos descubrimientos sobre los péptidos opiáceos naturales y la preocupante *degradación ambiental* con la contaminación por insecticidas, detergentes, metales tóxicos, etc., la degradación de la vida marina, la fusión del casquete polar, la acumulación de residuos no degradables, etc.

A lo largo de este relato han salido a relucir numerosas veces los problemas éticos, morales, de la ciencia, la tecnología, de sus aplicaciones ; las circunstancias éticas que rodean a numerosos planteamientos biológicos. Pero ¿qué significa esta idea de *moralidad* en las ciencias de la naturaleza ?

Por *moral* significamos una reflexión científica y sistemática sobre el conjunto de la actividad humana, que va a dar una apreciación de su bondad —o malicia— intrínseca, según su acuerdo o desacuerdo con las exigencias del ser humano. Entre los científicos, y referente a una mayor concreción de la idea, parece prevalecer una concepción relativista por la que la moral estaría en constante evolución y en dependencia de la cultura del medio ; se reconoce, por tanto, la necesidad de ciertas reglas o normas a las que los científicos, los biólogos en particular, deberán someterse.

Las ciencias que tienen su propio objeto y su método son autóno-

mas, es decir, tienen su bondad y su valor intrínsecos en su saber particular y este valor depende de la verdad que ellas ofrecen.

Por parte de la iglesia católica, que ha reconocido en el Concilio Vaticano II (Constitución sobre la *Iglesia en el mundo moderno*, § 36) esta autonomía de las ciencias, subraya que la investigación "debe proceder según las normas morales".

Pero, la actividad científica (los experimentos, el trabajo teórico y sintético) es una actividad del hombre; el hombre es responsable de lo que hace y, de esta manera, la actividad científica cae bajo su moral. Por otro lado, el hombre, el científico, no tiene la misma libertad de opción en la práctica de una ciencia que en el ejercicio de la mayor parte de las actividades humanas, ya que la ciencia —por su definición misma— es el conocimiento de las causas, las estructuras, las cosas y los dinamismos presentes en ellas; es, pues, un universo objetivo que el hombre puede explorar pero en el cual tiene que reconocer la verdad. Una ciencia tiene sus métodos que es preciso emplear y que no se deducen de consideraciones morales, sino que nacen únicamente de las exigencias del objeto de una ciencia.

Sin embargo, el científico no puede utilizar su ciencia contra el bien de la humanidad, debe respetar los derechos de cada persona humana y no puede sacrificar estos derechos a los fines de la investigación. Ya hemos visto, como a medida que las aplicaciones de una ciencia se hacen más y más importantes, y cuando la ciencia —como la biología— concierne más inmediatamente con la vida humana, la moral se ha de pronunciar más sobre el trabajo científico. Ya ha quedado subrayado como la biología moderna nos coloca frente a numerosas acciones posibles que piden una apreciación moral: las intervenciones en los genes, las nuevas técnicas de concepción, los trasplantes de órganos, la prolongación de la vida, etc.

Digamos que el conocimiento genuino es siempre éticamente bueno; la situación es distinta con la tecnología en la que su sistema de valor es ambivalente, bueno o malo, según el punto de vista de la situación particular. Diríamos que cada avance tecnológico abre nuevos campos a la vida moral del hombre —la energía nuclear, los nuevos tratamientos medicinales entre los que incluir vacunación, transfusiones, respiradores artificiales, etc.—; pensamiento moral, al que se ofrecen hoy problemas tales como los de la industrialización y la urbanización; exigencia moral, como el mejor conocimiento del medio humano natural y artificial.

Puntos que nos conducen siempre al tema vecino de la aplicación y el uso de las ciencias. Cuando los descubrimientos y los conocimientos científicos no descansan sobre un plano teórico sino que conducen a aplicaciones concretas, en las que el hombre se sirve de sus conocimientos para otra finalidad que el puro saber, estas utilizaciones caen bajo una apreciación moral, como toda actividad humana, en razón de su propio bienestar. Los planteamientos se agudizan en cuanto a si una ciencia tiene necesidad de estas utilizaciones para desarrollarse; ¿pueden realizarse experimentos con explosiones nucleares para perfeccionar nuestros conocimientos cuando ellos ponen en peligro la vida? ¿pueden hacerse experiencias con fetos humanos vivos? Una cosa está clara, es que el valor intrínseco de la ciencia como saber no significa que pueda sacrificarse el resto.

Las ciencias que, de por sí, y en tanto que actividades del intelecto teórico, son autónomas y no están más que sometidas a la realidad —la verdad— que ellas estudian, están, en tanto que actividades humanas, sometidas a la moral que gobierna la actuación humana hacia el fin propio del hombre. Esta sumisión no significa que la moral tenga una jurisdicción sobre las ciencias mismas; éstas son autónomas y universales, trascendiendo los límites de los individuos y las naciones. El trabajo científico debe respetar, por exigencias de la justicia, la dignidad, la libertad y los derechos del hombre; debe promover la vida humana y no contribuir a perjudicar los bienes necesarios a la supervivencia del hombre; debe plegarse asimismo a las exigencias de la prudencia al juzgar las ventajas y los riesgos de ciertas investigaciones y de sus aplicaciones.

Estas reflexiones ciencia-tecnología y su entorno nos llevan aún a considerar brevemente qué son la ciencia y los científicos en o para la sociedad.

La sociedad espera y desea de la ciencia ser libre frente al hambre, la pobreza, la enfermedad, aumentar su bienestar material en términos de expectación de vida, poderío económico. Y esta sociedad —y dentro de ella la comunidad científica— quiere intervenir en el proceso de investigación, en su temática, en su potenciación económica, en la aplicación de los avances científicos, etc. Ahora bien, si la ciencia moderna cuenta con un par de siglos de existencia y menos de medio en el que se produce su desarrollo exponencial, ¿cabe pensar que la sociedad haya asimilado culturalmente la significación de sus recientes y actuales descubrimientos? Es cierto que la ciencia resulta cada vez

menos comprensible no sólo para el público medio sino aun para personas cultivadas y, como ha dicho Habermas⁴¹ “los conceptos científicos entran en el mundo de la experiencia social sólo a través de su explotación tecnológica”.

Del lado del científico, ¿conoce la sociedad las motivaciones del hombre de ciencia?, ¿qué significa el científico actual en la sociedad? Situaciones que han de precisarse por la sociedad en su intento de controlar la servidumbre de la ciencia y de dirigir su desarrollo. El cultivo de la ciencia ha estado en manos de tipologías muy distintas —desde el espiritualista hasta el mercenario— hasta llegar a esta penetración del saber científico en la sociedad con la que se identifica hoy la desacralización investigadora; profesión académica no diferente de otras, desde ciertos aspectos, pero peculiar y compleja, que adquiere caracteres adicionales que inciden en la comunidad científica y su función. El científico, en general, no busca el poder ni la riqueza, aunque no esté inmune de ambas tentaciones; la búsqueda del conocimiento y la verdad científicos han justificado en la historia de la ciencia —sobre todo en nuestros antepasados— numerosos ejemplos de sacrificio, renuncia familiar y de puestos brillantes. Motivación primaria a la que hay que añadir casi siempre la ambición del reconocimiento y la estima por las comunidades científicas, más o menos particulares e instaladas a diferentes niveles, representación de la dimensión social de los científicos, no exenta muchas veces de elitismos y tensiones y económica, política o ideológicamente influenciados. De todas formas, es esta comunidad científica la que debe encabezar y ser el núcleo de la conciencia social en esa actitud ética del desarrollo para servir al hombre. Cournand⁴² ha propuesto lo que llama, precisamente, *ética del desarrollo*, en la que “el conocimiento objetivo, más que ser el bien supremo, sirve a una mayor aspiración, al descubrimiento del hombre como rector de vida; la actitud dominante es el compromiso, la armonización o la conciliación, derivadas de la tesis que la supervivencia biológica del individuo, y de las especies, depende de la acomodación entre rigidez y plasticidad, entre la demanda imperiosa de los genes y la adaptabilidad al impacto y las presiones del entorno”.

El problema se traslada, pues, a la solidaridad global de la comunidad científica frente a la humanidad; pero la humanidad no existe como sistema común de imperativos, no existe como realidad política y ello imposibilita, prácticamente, a este nivel el ejercicio de una con-

ciencia científica colectiva que ha de fundamentarse en la responsabilidad. En este sentido ha dicho Robert Mallet "responsabilidad es la palabra clave, la que puede abrir la puerta al optimismo si los hombres de ciencia dejan sus intereses personales y confrontan sus descubrimientos y prevén sus consecuencias con respecto a la técnica y a la moral y los efectos de estas consecuencias".

El ejercicio de la biología no sólo no escapa a estas reglas, sino que como en ninguna otra ciencia, quizás, puede darse el dualismo de la utilización de su conocimiento y su tecnología para beneficiar o sojuzgar al hombre, al servicio de no importa qué causas.

Es muy posible que como consecuencia de esta responsabilidad y en base a la delimitación de la ciencia, se ha introducido recientemente la idea de ARISTOCIENCIA (*ἀριστεύει* el más distinguido).

La ARISTOCIENCIA⁴³ delimitaría la parte más especializada, analítica y abstracta de la ciencia; una ciencia abstrusa, ascética y desinteresada que muestra los últimos confines estructurales de la realidad y, en sus términos y en los de sus relaciones, se estudian fenómenos especializados muy definidos; sus orientaciones se dictan por las exigencias lógicas de un sistema cognoscitivo.

ARISTOCIENCIA que debe abarcar, en la gradación jerárquica de las ciencias de la naturaleza, los sectores más asimilables a la física, los más puros y teóricos. En el caso de la BIOLOGÍA, en que la jerarquización se encuentra rigurosamente establecida, este sector correspondería a la *biología teórica* en el vértice de las categorías, aupada a este ejercicio ideal de la ciencia por la *biología molecular* —indefinida en su contorno pero muy clara en su concepción— con sus complejas estructuras químicas y sus interacciones físicas, con sus tratamientos moleculares descansando sobre las ramificaciones naturalistas de métodos más primitivos, descripción, clasificación, etc. La biología teórica suministraría el engarce entre las aproximaciones descriptivas, aunque lo sean en términos moleculares, y las herramientas matemáticas propias de la física moderna.

Dentro de esta idea se puede pensar que la biología puede tratar con un número de teorías separadas —metabolismo, evolución, etc.— de los procesos biológicos, fundamentada cada una de ellas en la apro-

piada teoría física y sin que ello implique el desarrollo de una teoría general de la biología. Dichas teorías biológicas, diríamos parciales, pudieran compararse, pues, con las teorías de tipos particulares de fenómenos físicos tales como óptica, aerodinámica, electrónica, etc., sin que demanden la formulación de una biología teórica general, a no ser teniendo en cuenta la comunidad de ciertas características. Es, precisamente, la exploración de las características comunes de los varios tipos de teorías biológicas lo que constituye el principal tema de la biología teórica.

Cuando una categoría de proceso biológico, evolución o desarrollo, por ejemplo, conduce a la formación de un cuerpo de doctrina apropiado y específicamente biológico, exhibe dos características: implica entidades que tienen una cierta y global simplicidad y define su carácter, especie, órgano o tipo de célula; pero si intenta analizar estas entidades en sus constituyentes —genes o moléculas—, adquieren una complejidad inmanejable. Por otro lado, si bien la estructura lógica de los conceptos biológicos importantes es casi siempre de una notoria simplicidad, su complejidad analítica implica, en general, multidimensionalidad; ideas que pueden relacionarse dentro de esquemas lógico-matemáticos que sean capaces de manipular una multiplicidad de dimensiones, entre ellos mecánica estadística y topología como más general. Para llegar a la definición de conceptos biológicos en el seno de los esquemas lógicos, Thom utiliza los métodos topológicos de pensamiento⁴⁴ y las estructuras topológicas dentro de un espacio-tiempo de cuatro dimensiones, tales como hipersuperficies de catástrofe y las estructuras físicas encontradas en los embriones en desarrollo.

Un ser vivo, objeto científico observable objetivamente, es un conjunto complejo de interacciones entre muchos niveles de especies químicas; el origen y la naturaleza de la estabilidad, metabólica en este caso, de tales sistemas en términos de los mecanismos de control constituye un problema biológico fundamental. Ejemplo éste de la idea general de estabilidad biológica cuyos criterios diferenciales son las leyes de la organización biológica, los condicionantes —según Goodwin⁴⁵— que gobiernan los procesos por los que los organismos se reconocen a sí mismos como sistemas biológicos; estabilidad biológica que dirige la perpetuación de los procesos de automantenimiento y autorrealización de los sistemas biológicos a cualquier nivel de complejidad. Este proceso se conoce como *individualización* o *totalización*⁴⁶; individualización referible, por ejemplo, al proceso por el que los cam-

pos embrionarios tienden a originar estructuras completas, espacialmente ordenadas y funcionalmente integradas.

Esta idea de *estabilidad biológica* se encuentra íntimamente ligada a la idea de *ciclo*; los organismos vivos pertenecen a una clase de sistemas asintóticamente estables en relación a un ciclo causal de fenómenos que no implica necesariamente un ciclo dinámico, una oscilación —por ejemplo, la reproducción de fagos— porque ningún sistema mantiene su integridad durante el proceso. Si, por el contrario, lo que se reproduce es un sistema distinto de su entorno que mantiene su integridad durante el ciclo, tal como la célula, entonces ocurre una oscilación dinámica en el estado del sistema y el ciclo causal se dirige a un ciclo límite en unas condiciones definidas de la célula. En otras palabras, tal sistema tiene que experimentar una organización diferencial temporal; es ejemplo el ciclo de replicación del DNA que debe completarse antes de que tenga lugar la separación celular para que cada célula hija reciba su juego completo de cromosomas; desfase que tiene su origen en una oscilación.

Este comportamiento oscilatorio constituye el núcleo de la organización y del modo dinámico fundamental de los sistemas vivos. El principio de Darwin, aplicado a sistemas macromoleculares, aparece como un principio de optimización derivable asociado a ciertos requerimientos físicos. A través del criterio de estabilidad de Glansdorff y Prigogine aparece conectado con la teoría termodinámica de los estados estacionarios; conceptos como *valor de selección* y *línea de selección* pueden objetivarse desde el punto de vista de la física y formularse de manera cuantitativa si se aceptan condiciones dinámicas definidas, tales como flujos o fuerzas constantes. El concepto de *valor* proporciona, entonces, las bases para una teoría de información que incluye una descripción de la producción de información; aquí la *información* es una propiedad molecular basada en la teoría dinámica de la materia y valorada por su capacidad de autoconservación y autorreproducción⁴⁷.

Recientemente, Eigen⁴⁸ describe el *hiperciclo* como la etapa inmediatamente superior en la jerarquía de los sistemas autocatalíticos, elaborada a base de ciclos de reproducción conectados por una catálisis cíclica; esta *organización hipercíclica* constituye un requerimiento mínimo del mecanismo físico que garantiza la evolución continua de un dispositivo de traducción; requerimiento mínimo de una organización macromolecular capaz de acumular, preservar y procesar la información genética. Un hiperciclo es, pues, un principio de autoorganización,

basado en prerequisites diferentes de otros principios de autoorganización, tal como el de selección natural de Darwin. El sistema darwiniano se caracteriza porque el contenido de información de una especie es estable, permanece por debajo de un umbral, es limitada, y por la naturaleza autorreplicativa de las entidades que compiten en la selección; estas propiedades garantizan el comportamiento evolutivo de las entidades autorreplicativas mejor adaptadas a base de selección y reproducción estable. En particular, los ácidos nucleicos —seguimos a Eigen— serían las únicas macromoléculas que exhiben la condición inherente de autorreplicación, cuya fidelidad, limitada por la naturaleza de la especificidad de las fuerzas físicas en que se funda, se incrementaría como consecuencia de una actuación catalítica, cuyos catalizadores habrían de ser, asimismo, reproducibles.

La evolución ha significado la adaptación de la organización enzimática que iría desde la replicación de un fago-RNA, con mínimos requerimientos enzimáticos, hacia los estados más avanzados de la evolución, que en la extensión de la información manifiestan exigencias complejas de especificidad enzimática puestas de manifiesto en las DNA-polimerasas. Y en este proceso evolutivo desde replicasas primitivas hacia las enzimas controladoras del genoma celular, una organización, mejor dicho una evolución de la organización de los hiperciclos constituiría un hipotético esquema para integrar las entidades autorreplicativas elementales, de pequeña longitud, en una nueva ordenación estable capaz de evolucionar coherentemente. Todo ello conlleva tratamientos matemáticos de análisis de sistemas dinámicos descritos por un sistema de ecuaciones diferenciales, entre los que el análisis del punto fijo ha sido elegido como método de estudio del comportamiento del sistema biológico a largo plazo.

Si la *evolución* es la esencia misma de la biología, con su paradigma de unidad y diversidad; si contamos con un código genético, una misma disposición metabólica general, una única quiralidad y a cambio millones de especies, el tratamiento teórico del mecanismo darwiniano de la selección natural constituye uno de los más generales acerca de los estados vivientes de la materia y su soporte macromolecular constituirá la base misma de la idealización aristocientífica de la biología. Es esta base la que domina hoy —y lo seguirá haciendo durante muchas décadas— los campos de la *genética*, la *embriología*, la *cancero-*

logía, la inmunología, la endocrinología, la neurobiología, y otras áreas que podrán ser transformadas o influenciadas por sus conceptos y sus métodos.

Pero, cabe seguirse interrogando sobre este criterio de Passmore⁴³.

¿por qué esta consideración hacia un panorama cubierto de ecuaciones muy complicadas a las que incluso un especialista medio es incapaz de atribuir la menor significación?,

¿es la biología ἀπιστέβζ sólo en tanto en cuanto se inserta, perdiendo su identidad, en la máxima abstracción de la ciencia?,

¿se deberá hacer esta distinción sólo en base a una aceptación claramente reduccionista en la aproximación física a la biología? o ¿es que no tiene la biología características propias que la hagan sentirse intrínsecamente autónoma?,

¿será un curarse en salud frente a la anticiencia? o, antes al contrario, ¿declarar que las tecnologías más sofisticadas de la biología tienen un inequívoco soporte molecular?,

aun en esta última idea, ¿no será un culto excesivo, demasiado elitista, hacia un nivel que ha proporcionado — eso sí — a la biología su gran vinculación social?,

¿será la represión del espíritu naturalista? o, más bien, ¿que desde hace medio siglo se presiente una nueva demarcación, aguda demarcación, en las ciencias de la naturaleza que conforma ese área que ha ido utilizando las ideas y la metodología de la química, la física y las matemáticas, referidas a la fenomenología biológica cualquiera que sea — en principio — el nivel considerado?,

¿elitismo, presunción?, puede que sí; pero, aun con espíritu humilde ¿realidades científicas y epistemológicas?, ¡también!

Una clarificación personal de estos claroscuros me viene al recordar cuando —hace ya casi diez años— Jean Rostand homenajeaba en la Academia francesa, en el acto de recepción, al gran embriólogo Etienne Wolff y le aseguraba:

“Je me plais encore à constater, monsieur, que le biologiste qui est en vous, n’a pas étouffé le naturaliste”.

Con este reconocimiento de la realidad de la nueva demarcación, en esta emergente posición en la historia de la ciencia, la mayor redu-

cibilidad de la biología a la física ¿hace que la biología pierda su autonomía?, ¿o la autonomía no depende tanto de una comunidad conceptual como de una mayor independencia lógica?, ¿existe esta independencia lógica de los conceptos explicativos en biología?

Ante esta nueva situación, no resulta difícil hacerse a la idea —por un lado— de que las operaciones de los sistemas biológicos van a adquirir una cierta plenitud en términos de las leyes y teorías de la química y de la física; pero sin que ello sea, ni mucho menos, la consideración fundamental para una biología *απιστοκρατική*, que lo será —y por otro lado— no por más ininteligible sino porque se acerque al ejercicio ideal de una ciencia en términos de que:

- lleve a cabo su investigación según un método propio a la realidad estudiada;
- se conduzca sin tomar partido previo ideológico o científico;
- se realice en el contexto de una reflexión filosófica renovada sobre la naturaleza y los límites de la ciencia, así como el valor epistemológico de los resultados obtenidos;
- tenga profunda consideración de sus conexiones con otras ciencias para evitar provincialismos estrechos o extrapolaciones gratuitas de los que tantos ejemplos se han dado;
- se sujete a un control ético y contribuya al bien espiritual y material del hombre.

Y, la filosofía; ¿cómo contempla estos problemas la filosofía actual?

Del gran espíritu crítico de Mario Bunge recogemos un conjunto^{5*} —para que no prive el sentido literal de alguna de ellas— de manifestaciones en este sentido:

“... la filosofía está en crisis en todo el mundo... los filósofos tienen ahora, por fin, mucha rica tela biológica para cortar... no emplean sus herramientas para aclarar las ideas filosóficas inherentes a la biología moderna ni para reconstruir las teorías biológicas de mayor interés filosófico... la biofilosofía se ha quedado atrás... la era del análisis está acabando... los sistemas tradicionales atraen a muy poca gente... desgraciadamente hay muy pocas ideas nuevas... ha habido un enorme progreso en las técnicas formales... pero suelen aplicarse a problemas mínimos. Y eso, en parte, porque no se cree que haya que construir sistemas... las grandes tareas de la filosofía siguen en pie: hay

que construir una teoría del conocimiento que esté de acuerdo con la realidad de los conocimientos particulares y la realidad de los conocimientos científicos; hay que construir ontologías acordes con el mejor conocimiento que tenemos acerca de la realidad; hay que construir nuevas teorías éticas; hay que construir teorías de valores. Hay que reconstruir toda la filosofía. Pero eso pasa con todas las disciplinas, están constantemente en proceso de reconstrucción. El problema es que mientras físicos, químicos, biólogos, etc., lo saben, los filósofos parece que no se han dado por enterados...”

Para Feyerabend es la especialización la característica más o menos acusada de culturas con alto grado de desarrollo, pero:

“... mientras el especialista de otras épocas era consciente de la necesidad de relacionar sus resultados con principios más generales y estaba preparado al mismo tiempo para tomar en consideración un criticismo que cuestionara el valor de su empresa como un todo, el hecho de la especialización ha sido acentuado hoy día por una nueva exigencia: la *autonomía*. Cada campo quiere proteger sus fronteras y se opone a toda interferencia exterior”.

El interés de Feyerabend se centró en la búsqueda de una metodología general que abarcase, precisamente, tanto la ciencia como los mitos, la metafísica y las artes; e incluso llegó a proponer una sola regla metodológica: *todo se admite o todo vale*. Para Feyerabend, y para Kuhn también, no existe la verdad objetiva y las teorías se aceptan o se rechazan no porque sean verdaderas o falsas; para el primero la teoría —como ya se dijo— es puro anarquismo epistemológico y para el segundo existe un relativismo antropológico en el que cualquier cosa vale en una sociedad determinada en base a una simple aceptación general.

En la teoría de la ciencia actual han adquirido un cierto cuerpo otras doctrinas un tanto más generales como *estructuralismo* e *instrumentalismo*. Se entiende por estructuralismo las investigaciones e ideas que han florecido especialmente en Francia con autores como Levi-Strauss, Lacan, Althusser, Foucault y Barthes. Otros autores no suelen ser considerados como estrictos estructuralistas, pero cuya obra es en muchos aspectos paralela e incluso se anticipa en no pocos de sus temas; es el caso de Jean Piaget (1896-1980). Hay asimismo autores que proceden de otras escuelas, pero que desarrollan temas de interés para el estructuralismo contemporáneo: el más destacado es N. Chomsky. Se ha señalado que

en un sentido muy general el concepto de estructura procede de Aristóteles y su reelaboración por Averroes parece constituir el punto de partida del actual estructuralismo. Aunque algunos estructuralistas se hayan opuesto al funcionalismo, la idea de función desempeña un papel importante en el estructuralismo. Lo que importa a esta doctrina es la idea de estructura entendida como sistema o conjunto de sistemas. En alguna forma, todos los sistemas que constituyen una estructura son sistemas lingüísticos, de modo que estructura es, en principio, estructura lingüística; ello no quiere decir que se trate exclusivamente de estructuras verbales; quiere decir que el modelo utilizado para examinar la naturaleza y el funcionamiento de las estructuras es un modelo que puede reducirse las más de las veces a un modelo de lenguaje verbal. El estructuralismo insiste, por lo común, en que se trata de un método de comprensión de la realidad (realidades que están formadas estructuralmente). El estructuralismo se opone al *causalismo* y al *historicismo*.

Según Piaget *una estructura es un sistema de transformaciones que comporta leyes en tanto que sistema (en oposición a propiedades de elementos) y que se conserva o enriquece por el propio juego de sus transformaciones sin que éstas vayan más allá de sus fronteras o recurran a elementos exteriores. En una palabra, una estructura abarca, pues, los tres caracteres de totalidad, de transformaciones y de autorregulación.* La aportación principal de Piaget ha sido la denominada *epistemología genética*, que es para el autor el fundamento de toda reflexión filosófica y equivale a un estudio de las estructuras concretas de las ciencias y de los métodos por ellas usados para comprender sus integraciones dentro de cada una y de todas ellas en conjunto, siendo una de las características el estudio detallado de los procesos de crecimiento de conocimientos mediante la combinación de un método histórico-crítico y otro psicogenético.

Para Althusser la ciencia no es simple superestructura derivable de formaciones sociales; es una práctica autónoma que produce conocimiento; la noción de *producción* es básica para Althusser. Hay una producción material, política, ideológica, teórica; cada producción es una práctica que tiene sus propias estructuras; la práctica de la teoría es una producción de conocimiento.

Chomsky aparece como un revolucionario de la lingüística oponiéndose, tras haber participado en ella, a la lingüística estructural de los seguidores de Bloomfield (interés fundamental en cuestiones sintácticas), así como a las ideas conductistas de Skinner (tendencia a fundamentar el estudio de los seres humanos en la observación de su conducta). Chomsky ha considerado que sus teorías lingüísticas forman parte de una teoría de la mente humana, especialmente de la facultad cognoscitiva; la lingüística es una rama particular de la psicología del conocimiento.

En ocasiones una teoría es interpretada *realísticamente* (como si fuese literalmente verdadera), mientras en otras ocasiones se interpreta de manera *instrumentalista* (como mero instrumento conveniente para resumir, sistematizar, deducir, etc., un cuerpo dado de hechos observables). Nagel define el *instrumentalismo* como el punto de vista por el que una cierta teoría es *una regla o principio para analizar y representar simbólicamente ciertos hechos de la experimentación corriente y, al mismo tiempo, un instrumento en una técnica de inferencia de acontecimientos observables a partir de otros acontecimientos de la misma naturaleza.* Para este autor,

el punto de vista *realístico* acepta que *una teoría es, literalmente, verdadera o falsa*, de tal manera que los objetos postulados por una teoría bien estructurada deben considerarse como entidades físicas reales.

Cornman se refiere a científicos realistas como *aquellos que afirman la existencia de entidades supuestamente detectadas mediante los términos científicos que utilizan en sus explicaciones y en sus predicciones*, y considera como científicos instrumentalistas a *aquellos que manifiestan que los términos puramente teóricos de la ciencia son expresiones simbólicas ("artefactos simbólicos") no-referibles, que funcionan exclusivamente como parte integrante de reglas de inferencia que garantizan inferencias entre manifestaciones observables*.

Frente a la discusión en términos generales planteada por Nagel y Cornman (quienes no consideran la posibilidad de que una cuestión pueda tener diferentes contestaciones por diferentes teorías), Shapere argumenta la cuestión de si los términos teóricos que asignan referencia deberían considerarse término por término. Un término (tal como electrón o éter) puede utilizarse en aseveraciones respecto a la existencia o no-existencia de ciertas entidades, mientras que otros términos (tal como partícula puntual o cuerpo rígido) no pueden utilizarse para designar entidades significativas, sino que lo hacen en base a *idealizaciones* de entidades que, en todo caso, existen. Para Shapere, existen con frecuencia buenas razones científicas para distinguir entre la manera en que ciertas entidades son sancionadas como existentes o no-existentes en determinado contexto, y la manera en que esas mismas entidades son tratadas por motivos de conveniencia en relación con ciertos problemas científicos. Dado que tales razones existen para algunos términos y no para otros, no es sorprendente que tanto la interpretación *realista* como la *instrumental* vacilen a la hora del análisis de algunos términos teóricos.

Shapere señala que un hecho común en el contexto de la historia de la ciencia es que una teoría es, al principio, recibida como mera idealización o artificio calculista y, posteriormente, se acepta como literalmente verdadera. El problema estriba en distinguir bajo qué condiciones es razonable aceptar una teoría bajo una interpretación *realística* (como literalmente verdadera) más que bajo una interpretación *instrumentalista* (no como literalmente verdadera pero sí conveniente para resumir, sistematizar, etc., un cuerpo dado de información). Ambas posiciones extremas puede que disten de la verdad; lo que se estima *verdad* para una teoría dada es que puede cambiar, evolucionar con el tiempo. En determinados casos (la teoría atómica, por ejemplo), el aumento de su comprobación, así como la resolución de interrogantes relativas a sus bases explicativas, va convenciendo gradualmente a los científicos de que una interpretación realística es la más apropiada para la aceptación de la teoría.

Recientemente, van Fraassen, Hesse, Sneed y Stegmüller muestran una creciente reacción contra el *realismo reinante* e inician un redesarrollo del instrumentalismo o *neo-Duhemianismo*, a base de tres líneas de argumentación, la primera es esencialmente negativa en su crítica del realismo óntico; la segunda deriva de diferentes intentos para ajustar las teorías del desarrollo científico. Dado que las *revoluciones* conceptuales implican con frecuencia abandono de compromisos ónticos que previamente jugaban un papel fundamental las teorías post-Kuhnianas de explicación, tienden a evitar cualquier fundamentalismo óntico. Por último,

la reconstrucción racional de teorías científicas funcionantes, particularmente la mecánica cuántica, no parecen requerir los compromisos ónticos básicos de los argumentos de los realistas. La mayoría de estos *neo-instrumentalistas* han sido influenciados de manera muy notoria por Quine y Sellars.

Para Duhem (1861-1916) la teoría física es una reconstrucción artificial que tiene una finalidad precisa: resumir y clasificar lógicamente un grupo de leyes experimentales. Hay, por tanto, una diferencia entre teoría y ley. La ley es una generalización de observaciones y experimentos. La teoría es una ordenación de cuantas generalizaciones de dicho tipo sean posibles. En resumen, *una teoría física es un sistema de proposiciones matemáticas, deducidas de un reducido número de principios, que tienen por objeto representar lo más simple, completa y exactamente posible un conjunto de leyes experimentales.*

Duhem se opuso a la tesis de la verificabilidad, confirmabilidad o, en general, contrastabilidad de una sola teoría mediante hechos, y adujo al efecto razones de tipo convencionalista (las teorías y las hipótesis científicas no son descripciones o explicaciones absolutas de los fenómenos. Las teorías son útiles, pero su utilidad se halla circunscrita por su modo de funcionar al contrastarlas con la experiencia).

Quine propugna un empirismo antidogmático que permita comprender la estructura efectiva de las teorías científicas (o de todo lenguaje sobre la realidad) en cuanto herramientas que permiten predecir la experiencia futura a la luz de la pasada y que experimentan modificaciones internas de carácter estructural de acuerdo con dicha pretensión. Quine mostró que una teoría debe considerarse como un sistema global. En algunos puntos el sistema toca directamente, o más directamente, la experiencia, esto es, en ciertos niveles de la teoría hay proposiciones que son directamente confirmables o refutables mediante hechos; en otros puntos, en cambio, a otros niveles, las proposiciones no son directamente confirmables o falsables. Esta tesis según la cual las teorías deben ser concebidas globalmente (y llevando las cosas al extremo, no son nunca, o no pueden ser nunca, definitivamente contrastadas y refutadas) ha sido llamada la *tesis de Duhem-Quine* o la hipótesis epistemológica de Duhem-Quine.

Sellars representa, dentro de la tradición analítica, una posición de *síntesis*: síntesis de cuestiones epistemológicas, ontológicas y semánticas, por un lado, y síntesis de examen detallado de cuestiones y visión de conjunto, por el otro. Sellars ha rechazado tanto el fenomenismo clásico como el realismo directo.

Del conjunto de interpretaciones instrumentalistas se puede concluir la existencia de dos maneras diferentes de construir un lenguaje científico, bajo esta idea: una consiste en separar el significado de referencia de los términos teóricos; la segunda acepta las teorías como unidades explicatorias básicas, pero como teorías funcionantes reconstruidas.

Entre este conjunto de problemas dos —quizás fundamentales— que vienen arrastrándose desde Aristóteles; uno de ellos es el lugar que ocupan las explicaciones teleológicas en la investigación biológica y otro es la disponibilidad de herramientas conceptuales para el estudio de sistemas cuya conducta no es la resultante de las actividades de com-

ponentes independientes. Hay que añadir en este contexto que el lenguaje de la biología y de su filosofía necesitan una limpieza y una adecuación permanentes de conceptos y terminología. Hay que admitir que el habitual lenguaje filosófico se presta a confusión de intenciones, por ejemplo, en orden a enunciados teleológicos que no presuponen *finalidad* manifiesta; las explicaciones teleológicas se hacen sospechosas en la ciencia moderna porque aparentan *metas* o *finalidades* como factores causales de procesos naturales al especificar las funciones, *lo que hacen*, los organismos o sus componentes. El error consiste en que se convierte una función biológica específica en una finalidad de la entidad correspondiente.

Está claro el abandono en la biología del *vitalismo esencial* de Driesch, tanto como consecuencia de críticas metodológicas y filosóficas como por su esterilidad en la conducción de la investigación biológica; por otro lado, la concepción cartesiana a ultranza de la biología tampoco es en la actualidad compartida. Como antítesis de la reunión de ambas teorías han nacido variadas doctrinas que se agrupan como la confusa y ambigua *biología organicista*; posiblemente el lugar común de esta versión de la biología es el carácter holístico de la estructura y la función de los seres vivos como *todo* que no puede interpretarse como yuxtaposición de las estructuras y las actividades de las partes aislables por el análisis. Este carácter integrador de la biología organicista, aun asimilando las interpretaciones físico-químicas parciales en los niveles inferiores, no admite que la interpretación de un nivel superior pueda hacerse simplemente a partir de las propiedades y conductas de los niveles inferiores. Y, en este sentido, Woodger⁴⁹ afirma que los biólogos organicistas tienen razón al insistir en el principio general de que *una entidad que tiene el tipo jerárquico de organización que encontramos en el organismo debe ser investigada en todos los niveles, y la investigación de un solo nivel no puede reemplazar a la necesidad de investigar niveles superiores en la jerarquía*. Idea que puede conducir a la deformación de pensar que el análisis de los procesos vitales, en función de la acción de partes distinguibles de los seres vivos, tenga que ofrecer una visión falsa de tales procesos.

Parece lógico, pues, reconocer la posibilidad de las explicaciones en biología que se han dado en llamar *mecanicistas*, sin desdeñar un cierto énfasis en la organización jerárquica de los seres vivos y la mutua dependencia de todas sus partes.

El pudor finalista ha introducido el término, menos comprometido, de *teleonomía* como el objeto que materializa una intención, un proyecto en la naturaleza; así, Monod⁵⁰ —antivitalista esencial— afirma que “los seres vivos son objetos dotados de un proyecto, caracterizado por las propiedades de teleonomía, morfogénesis autónoma e invariancia reproductiva”, y todo lo que contribuye a su realización se conoce como *teleonómico*; ahora bien, si tal proyecto figura en el concepto

mismo de ser vivo, todo organismo es prueba evidente de teleonomía, y tal atribución es irrefutable. Y, —transcribo de Bunge³⁹— ...“aunque engendrado por científicos, es incompatible con la manera de pensar científica...”

De otro lado, la biología moderna considera la biosfera jerarquizada en forma dinámica, con arreglo a una serie de niveles de organización o *niveles de complejidad*, elaborados a base del concepto de *sistemas* biológicos. La noción de *sistema* ha adquirido —en el clásico sentido de Bertalanffy— en los últimos años una importancia y una generalización extraordinarias en las ciencias de la naturaleza, sociales, administrativas, etc. En el terreno biológico, su introducción ha venido de la mano de la necesidad de considerar el organismo vivo como un *sistema organizado* e incluso definir como objetivo fundamental de la biología “el descubrimiento de las leyes de los sistemas biológicos a todos los niveles de organización”, habida cuenta de que su doctrina, sus principios y sus modelos son generales e independientes de los elementos y fuerzas particulares implicados. Ha sido este sorprendente isomorfismo en la estructura, la dinámica y las interrelaciones de los sistemas lo que dio lugar a la *teoría general de sistemas* como “exploración científica de *totalidades* que, hasta no hace mucho tiempo, eran consideradas como ideas metafísicas por encima de los límites de la ciencia”. Las propiedades generales de los sistemas, estructura jerárquica, estabilidad, teleología, diferenciación, logro y mantenimiento de estados estacionarios, etc., y su singular situación —interdisciplinar, podríamos decir— está posibilitando un tratamiento unitario de la ciencia⁵¹. En terminología kuhniana, el concepto de *sistema* constituye un nuevo *paradigma*, que posee su propia ontología, epistemología y axiología. Bertalanffy, educado en la tradición del Círculo de Viena, considera trasnochadas las ideas del positivismo lógico en su vertiente epistemológica, al menos, y frente al reduccionismo fisicalista ofrece nuevos modos de pensamiento en la biología; frente a la causalidad directa propia de los procedimientos analíticos de la ciencia clásica, la idea de totalidades organizadas a base de muchas variables transforma los primitivos conceptos de *interacción* y *teleología*, por ejemplo; el conocimiento ya no es una simple aproximación a la “verdad” o “realidad”, sino una interacción entre conocedor y conocido dependiente de factores de múltiple naturaleza; frente a las teorías reduccionistas en las que no hay más que genes, partículas físicas, etc., la ciencia se considera como una *perspectiva* —en el seno de una filosofía de perspectivas—

“que el hombre, con su acerbo lingüístico, cultural y biológico ha creado para conocer el universo al que él se adapta por su evolución y su historia”⁵².

El concepto de sistema biológico permite distinguir en él diversos niveles de organización o *niveles de complejidad*. Cada sistema incluye, a su vez, otros subsistemas, lo que pone de manifiesto una de las características más esenciales de la organización biológica: la necesidad de interrelaciones entre sistemas iguales o distintos y de la misma o diferente complejidad. Estas relaciones incluyen aspectos nutritivos, energéticos o de comportamiento y establecen la dependencia de unos sistemas con otros; dependencia que puede ser nutritiva (un animal que requiere productos vegetales para su alimentación) o funcional (cuando un sistema no puede efectuar una función sin que otro, previamente, haya realizado la suya). El *orden de complejidad* de los sistemas biológicos implica una *jerarquía* establecida que es una característica física de esta organización. Las relaciones entre los distintos sistemas constituyen una red compleja que puede concluir generalizaciones de tratamiento de la organización biológica. Dentro de este orden de complejidad hay tres tipos de sistemas que destacan específicamente por ciertas características singulares: *ecosistema*, *organismo multicelular* y *célula*. Los términos y conceptos utilizados habitualmente como *vida*, *reproducción*, *nutrición*, *excitabilidad*, etc., aplicados por lo general al organismo, han de ser considerados en cada nivel de complejidad, lo que no hace sino poner de manifiesto la mencionada naturaleza jerárquica de la organización biológica.

Los *sistemas biológicos* pueden definirse como sistemas naturales que poseen las siguientes condiciones: 1. Una *barrera* que limita el sistema y que manifiesta una permeabilidad selectiva para diversos elementos del mismo. 2. Una *dinámica interna de transformación* que tiene lugar en el interior del sistema mediante la actividad de ciertos elementos —*elementos operadores*— responsables de la *actividad biológica*. 3. *Heterogeneidad estructural de los elementos operadores*. 4. *Capacidad de automantenimiento*; el sistema biológico en su medio natural mantiene esta capacidad durante su período de vida, en dependencia del medio natural en el que está incluido el sistema. Agrupando los sistemas biológicos con arreglo a su complejidad estructural y la capacidad de incluir a otros sistemas, pueden considerarse diez *niveles de complejidad*, sin que la inclusión de otros signifique distorsión esencial de sus relaciones: Virus-célula procariótica, mitocondria o cloroplasto-célula eucariótica-unidad funcional-órgano-organismo multicelular-comunidad (ecosistema 1.º)-ecosistema (ecosistema 2.º)-nivel continental oceánico (ecosistema 3.º)-biosfera (ecosistema 4.º).

De acuerdo con la naturaleza secuencial de los diversos niveles de complejidad, se define como *elemento* de un sistema biológico toda entidad física contenida directamente en él; así, un sistema biológico contenido directamente en otro es un elemento de éste pero no lo son los elementos de aquél. Un organismo que pertenece a un ecosistema es un elemento del mismo, pero los órganos, células, etc., del organismo no son elementos del ecosistema sino del organismo; de la misma manera, una proteína mitocondrial es elemento de la mitocondria pero no de la célula que con-

tiene a la mitocondria. *Elementos operadores* son los elementos de un sistema biológico cuya actividad modifica la estructura del sistema; esta modificación estructural del sistema constituye su dinámica de transformación interna. En este punto puede enunciarse una ley general: *Todo sistema biológico contenido en otro de nivel de complejidad superior, es un elemento operador de éste*. Así, la actividad de un sistema biológico puede considerarse como el efecto de su presencia en otros sistemas de nivel de complejidad superior.

Elementos isooperadores son elementos operadores que tienen distinta estructura y manifiestan la misma función o, al menos, una función similar entre varias que pueden realizar. En muchos casos esta actividad similar corresponde tan solo a un orden cualitativo y es frecuente que los elementos isooperadores difieran en sus necesidades de adaptación al medio.

Elementos controladores son los elementos que modifican la estructura de los elementos operadores; en esta actividad están basados gran parte de los fenómenos de regulación de los sistemas biológicos. Pueden considerarse dos tipos de elementos controladores: internos y externos al sistema. Dado que un sistema biológico es un elemento operador del sistema de complejidad superior donde está incluido, todo elemento externo a un sistema que modifica su estructura es un elemento controlador.

Elementos sensores son elementos que responden específicamente a una alteración ambiental modificando su estructura. Se clasifican en receptores externos e internos, según que respondan a alteraciones del medio externo o interno del sistema biológico al que pertenecen. La modificación de la estructura de un elemento sensor o receptor afecta a otros elementos del sistema biológico; por esta razón los elementos sensores son siempre elementos operadores. Sin embargo, no todos los elementos operadores son receptores sino solo aquellos cuya estructura se modifique específicamente por un factor del medio.

La *dinámica de transformación* interna se efectúa mediante la actividad de los elementos operadores y puede considerarse como la transformación de los elementos que entran en un sistema en los elementos que salen del mismo; transformación que tiene lugar en diversas etapas que constituyen una o varias secuencias de transformación. El desdoblamiento de una transformación en varias en el interior de un sistema biológico se efectúa mediante la actividad sucesiva de diversos elementos operadores cuya actividad cualitativa es distinta. La heterogeneidad de los elementos operadores y la dinámica interna de transformación son, pues, dos características íntimamente relacionadas, de tal forma que no puede darse una sin la otra. Esta dinámica interna de transformación establece la dependencia o relación estructural entre elementos operadores y no operadores. Con arreglo a esta característica se puede clasificar las relaciones entre elementos operadores distintos en dos tipos de secuencias que se denominan *secuencias de transformación* y *secuencias de catálisis*.

En muchos casos, la dinámica interna de transformación de los sistemas biológicos incluye procesos cíclicos que acentúan aún más, si cabe, la dependencia e interrelaciones entre elementos operadores; pueden considerarse estos procesos como secuencias cíclicas de transformación que requieren la entrada de ciertos productos y salida de otros.

Las *secuencias de catálisis* o *amplificación* difieren de las secuencias

de transformación en a) en las secuencias de transformación existe una separación clara entre elementos operadores y no operadores mientras que en las secuencias de catálisis el producto inicial o final de una transformación es un elemento operador sin que exista la anterior diferencia, b) en las secuencias de transformación se supone que todos los elementos operadores manifiestan la misma actividad cuantitativa para que la secuencia transcurra en equilibrio (sin que se acumule ningún producto intermedio); en las secuencias de catálisis, aunque todos los elementos operadores manifiesten la misma actividad cuantitativa, debe existir una serie decreciente en la cantidad de cada elemento operador, que se deduce de su actividad catalítica secuencial. Las secuencias de catálisis tienen un importante significado en la regulación de los sistemas biológicos.

Entre sistemas biológicos de diversos niveles de complejidad se pueden dar los siguientes tipos de interacciones directas: 1. Interacción de un sistema biológico con el medio interno del sistema superior en que está incluido. 2. Interacción entre dos sistemas del mismo nivel de complejidad contenidos en el mismo sistema de nivel superior. 3. Interacción de un sistema con el medio externo de un sistema de nivel superior. 4. Interacción entre dos sistemas del mismo nivel de complejidad contenidos en sistemas distintos. 5. Interacción de un sistema con el medio interno de un sistema de nivel superior al que está incluido.

La capacidad de *automantenimiento* es una de las características fundamentales atribuida a los sistemas biológicos; está basada en la actividad de sus elementos operadores cuya heterogeneidad mantiene la dinámica interna de transformación. Pueden agruparse básicamente en dos los resultados de esta dinámica de transformación: la constancia de diversos parámetros internos del sistema biológico y la actividad externa del sistema, o, simplemente *actividad del sistema*. Con arreglo al primero, el sistema biológico se automantiene dependiendo de su medio externo que le nutre y dirige su actividad; con arreglo al segundo, el sistema biológico expresa una actividad sobre el sistema de complejidad superior al que está incluido.

La dependencia que se establece entre un sistema biológico y su medio externo determina su capacidad de adaptación. Un sistema biológico está adaptado a un medio externo cuando es capaz de mantener su organización dentro de las variaciones que pueda experimentar este medio. La capacidad de automantenimiento de un sistema biológico puede concretarse como la constancia de un equilibrio entre la actividad de sus elementos operadores; estos elementos precisan unas condiciones ambientales determinadas y el mantenimiento constante o cíclico de estas condiciones corresponde a fenómenos de regulación. Los tipos generales de regulación que operan sobre un sistema biológico pueden reducirse a los grupos de *regulación endógena* y *regulación exógena*. De la consideración profunda de estos hechos se puede concluir una segunda ley general según la cual *la capacidad homeostática de un sistema biológico depende de la capacidad homeostática de los sistemas, o elementos operadores de nivel de complejidad inferior incluidos directamente en él*. O, de otra forma, *un sistema biológico mantiene una situación de equilibrio modificando la estructura de los elementos operadores y sistemas de complejidad inferior incluidos directamente en él*.

El estudio sistemático de las interacciones directas que existen realmen-

te entre los sistemas biológicos de estos niveles de complejidad proporciona una estimable información sobre la organización biológica y la capacidad de regulación de sus sistemas. Estudio que puede conducir a la consideración básica de la agrupación de los sistemas biológicos en dos grupos: los que responden a una *organización ecológica* y los que se agrupan bajo la idea de *organización celular*; lo cual lleva al intento de establecer una definición sintética de *organismo* como *el sistema biológico que es elemento de todos los niveles superiores y sistema de todos los niveles inferiores*. Cabe suponer, sin embargo, algunas excepciones a este concepto, precisamente los dos puntos extremos de esta secuencia de niveles: la biosfera y los virus. La biosfera no es un sistema del organismo unicelular eucariótico ni del procariótico y los virus no son elementos del organismo multicelular. Estas dos excepciones pueden, sin embargo, someterse a una consideración crítica desde distintos puntos de vista; así, por ejemplo, los virus pueden no ser considerados como sistemas biológicos ya que cumplen restrictivamente sus condiciones y en cuanto a la biosfera se la considera como un sistema cerrado lo que tampoco es una realidad.

Los *organismos vivos* se diferencian, pues, de los inertes en tres cualidades: *autosíntesis*, *autocatálisis* y *excitabilidad*. La estructura de los organismos vivos está sometida a una continua destrucción y reconstrucción; los organismos pueden construir su estructura a expensas de productos del medio ajenos a ellos (funciones de nutrición); pueden, por otro lado, los organismos vivos originar otros similares a ellos y también, como es obvio, a expensas de productos ajenos al medio (funciones de reproducción); pueden responder, en tercer término, a estímulos, lo que implica la capacidad de percepción y de respuesta. Los estímulos son siempre cambios en la estructura de su ambiente (funciones de relación). Estas tres cualidades diferencian netamente los seres vivos de los inertes sin lugar a error alguno y se llega al concepto de organismo presente en tres de los niveles de complejidad: el organismo multicelular, el organismo unicelular eucariótico y el organismo unicelular procariótico. La organización multicelular plantea necesidades de organización interna al objeto de que todos sus elementos operadores actúan en conjunto como un sistema y presenta necesidades cuantitativas, cualitativas y reguladoras.

El estudio de los *sistemas biológicos*⁵³ ha permitido elaborar un modelo sintético de la organización biológica que describe las relaciones entre conjuntos de sistemas y muestra el carácter especial de los organismos con vida propia o autónoma, al mismo tiempo que matiza el orden jerárquico de dicha organización.

Por lo que se refiere, finalmente, a las formas de regulación —considerada como conjunto de fenómenos mediante los que un proceso transcurre en la forma más aproximada a las necesidades del sistema o mediante los cuales un sistema tiende a aproximar su estructura a sus necesidades— pueden distinguirse: 1. Regulación basada en la estructura y actividad de los elementos operadores, sin intervención de elementos controladores. 2. Regulación basada en la cantidad de elementos operadores de la misma especie. 3. Regulación por elementos controladores que son productos finales de la transformación; esto es, elementos que no indican un flujo sino un resultado. 4. Regulación por elementos controladores que son in-

dicadores de flujo. 5. Regulación basada en otros componentes de la estructura del sistema (compartimentalización).

La organización de los *sistemas biológicos* se ha enfrentado, en cuanto a sus cualidades generales, con *sistemas de tipo social* ⁵³ y referido particularmente a: 1, los límites del sistema; 2, el automantenimiento; 3, las materias primas; 4, la capacidad adaptativa; 5, la evolución; 6, los medios interno y externo; 7, los cambios de función; 8, la estructura operativa. Entre el conjunto de hechos diferenciales, señalemos una característica de la capacidad adaptativa de los sistemas biológicos; en ellos *todo imprevisto al que responde un sistema estaba previsto*; la síntesis de un anticuerpo nuevo cuando se recibe un antígeno nuevo estaba ya programada, como la desintoxicación de un medicamento nuevo, etc.; si el sistema no contenía la información para responder, no puede adaptarse y muere. Por otro lado, la evolución en los sistemas biológicos en su estructura y su función se ha producido a través de millones de años y nunca se da la evolución rápida de un sistema como entidad física. Evolución biológica cuyos mecanismos se basan en la estructura del material genético —informativo— susceptible de alterarse desde un punto de vista probabilístico.

En cuanto a las diferencias en la estructura operativa, no puede distinguirse en los sistemas biológicos la existencia de otros elementos que los integrantes del sistema físico. El núcleo gobierna la actividad del resto de la célula de la misma forma que el resto de la célula gobierna la actividad del núcleo; no se toman decisiones porque no hay imprevistos; todo se encuentra programado y sólo pueden realizarse las funciones codificadas en su contenido informativo; el DNA no puede considerarse como elemento *gestor* alguno pues su actividad de replicación o transcripción viene impuesta por factores del citoplasma, que reflejan la situación del sistema ⁵³.

Sobre estos conceptos de biosistemas se fundamentan importantes ideas filosóficas actuales acerca de la biología ⁵⁴. En efecto, los sistemas biológicos no poseen propiedades esenciales por las que ser *biológicos*; como ha quedado subrayado la concepción general es la de cualquier otro quimiosistema, aunque es, asimismo, evidente que considerados en su conjunto —tanto de propiedades como de interrelaciones— se pueden concluir actitudes singulares de los sistemas biológicos.

Así, pues, sin admitir vitalismo ni reduccionismo integral, sin renegar de su esencial base física y química y soportándose sobre una teoría de máxima generalización, surge —sin forcejeos— el *sistema biológico* y el concepto de *organismo*, independiente y peculiar, aunque, a la vez, sumergido y enmarañado por las interacciones que le constriñen en su mismo nivel y con los niveles de diferente complejidad.

Son estas ideas biológicas, sin duda, de gran utilidad para la elaboración o la reconstrucción de teorías biofilosóficas en manos de auténticos epistemólogos con rigor científico. Está aún por desarrollar una teoría general sobre la vida que comprenda todos los organismos y todas sus propiedades, que acople y se edifique sobre las teorías parciales, moleculares y evolucionistas, las de la regulación y el control y de los mecanismos de emergencia. Una teoría que —en ARISTOBIOLOGÍA— soporte la dirección de los procesos biológicos y la selección natural sobre las teorías termodinámicas, la estabilidad estructural y la capacidad de auto-replicación; que clarifique y conexe las ideas de orden y organización en el sentido de información molecular. Y a la vez una filosofía que nos dé la verdadera imagen del hombre y de su posición en el mundo, en conexión con esa jerarquía de totalidades organizadas.

ARISTOBIOLOGÍA y FILOSOFÍA que nos saquen —si pueden— de la duda hamletiana sobre *“todas esas cosas más que hay en la tierra... y en los cielos”*.

BIBLIOGRAFIA

1. M. MANQUAT, "Aristote naturaliste", París (1932).
2. M. SEGRE, "The roots of instrumentalism in the framing of fictitious hypothesis: some remarks", *Physis*, 20, 71 (1978).
3. R. LENOBLE, "Histoire de la Science" (La Pléiade), p. 410 (1957).
4. N. COPÉRNICO, "De Revolutionibus Orbium Caelestium", libro 1.º, traducción de la "Real Sociedad Astronómica", 10, 13 (1947).
5. M. CAULLERY, "Les grandes étapes des sciences biologiques" (La Pléiade), p. 1172 (1957).
6. K. R. POPPER, "El desarrollo del conocimiento científico. Conjeturas y refutaciones", Paidós, Buenos Aires, p. 119 (1967).
7. T. LENOIR, "Kant, Blumenbach and Vital Materialism in German Biology", *ISIS*, 71, 77 (1980).
8. I. KANT, "Kritik der Urteilskraft" (1790) en "Kants gesammelte Schriften", Traducción por J. H. Bernard (New York: Hafner), p. 234 (1966).
9. M. BERTHELOT, "Science et libre pensée", Calmann-Lévy, p. 405 (1905).
10. O. NEURATH, R. CARNAP, H. HAHN, "Wissenschaftliche Weltauffassung: Der Wiener Kreis", Viena (1929).
11. M. SCHLICK, "Allgemeine Erkenntnislehre", Berlin (1918).
12. H. FEIGL, "Contemporary Science and Philosophy" en "Science and Contemporary Society", F. J. Crosson, Notre Dame, Londres (1967).
13. H. REICHENBACH, "The Rise of Scientific Philosophy", Berkeley (1951).
14. J. MUGUERZA, "Nuevas perspectivas en la filosofía contemporánea de la ciencia", *Teorema*, 1, 25 (1971).
15. R. CARNAP, "Der logische Aufbau der Welt", Berlin (1928).
16. E. NAGEL, "The Structure of Science", New York: Harcourt (1961).
17. F. SUPPE, "The Structure of Scientific Theories", Illinois Univ. Press (1974).
18. D. RIBES, "Panorámica actual de la filosofía de la ciencia; estructura interna de teorías y cambio científico", *Teorema*, 6, 359 (1976).
19. E. SCHATZMAN, "La Bataille des idées en Physique", La Pensée (1954).
20. V. TONINI, "Nouvelles tendances réalistes dans l'interprétation des théories physiques modernes", *Rev. Metaphys. et Morale*, p. 152 (1962).
21. G. RADNITZKY, "Los límites de la ciencia y de la tecnología", *Teorema*, 8, 229 (1978).
22. K. R. POPPER, "The Demarcation between Science and Metaphysics" en "The Philosophy of Rudolph Carnap", Schlipp (ed.), La Salle (1963).
23. K. R. POPPER, "Science: Problems, Aims and Responsibilities", *Fed. Proc.*, 22, 961 (1963).
24. K. R. POPPER, "La lógica de la investigación científica", Tecnos, Madrid (1973).
25. L. MEANA, "Inducción, refutación y demarcación de K. R. Popper. Apuntes críticos", *Pensamiento*, 34, 25 (1978).
26. I. LAKATOS, "El papel de los experimentos cruciales en ciencia", *Teorema*, 5, 25 (1978).

26. T. S. KUHN, "La estructura de las revoluciones científicas", FCE España (1971).
27. T. S. KUHN, "Segundos pensamientos sobre paradigmas", Tecnos (1978).
28. J. PASSMORE, "Science and its critics", Rutgers (1978).
29. TH. ROSZAK, "Where the wasteland ends" (1972).
30. T. W. ADORNO, K. R. POPPER, R. DAHRENDORF, J. HABERMAS, H. ALBERT, H. PILOT, "La disputa del positivismo en la sociología alemana", Barcelona (1973).
31. T. W. ADORNO, "La disputa del positivismo en la sociología alemana", Introducción, p. 41, Barcelona (1973).
32. J. M. CASTILLO, "Impacto social de la ciencia y proyecto social de la anticiencia" en "Ciencia y anticiencia", A. Dou (ed.), Biblioteca Fomento Social, p. 213 (1978).
33. J. HABERMAS, "Teoría analítica de la ciencia y la dialéctica" en "La disputa del positivismo en la sociología alemana", p. 160, Barcelona (1973).
34. K. R. POPPER, "La miseria del historicismo", p. 84, Madrid (1973).
35. P. F. MOREAU, "Dix ans après, ou les mystères de la science" en "Les Dieux dans la cuisine", Aubier, París (1978).
36. H. ALBERT, "El mito de la razón total" en "La disputa del positivismo en la sociología alemana", p. 181, Barcelona (1973).
37. A. DOU (ed.), "Ciencia y anticiencia", Biblioteca Fomento Social (1978).
38. G. ANDERSSON, "Motivation for public support of scientific research: analysis of a debate", Proc. IVth Int. Conf. on the Unity of the Science, New York (1975).
39. D. LACALLE, "Técnicos, científicos y clases sociales", Guadarrama (1976).
40. M. BUNGE, "Epistemología", Ariel (1980).
41. J. BRONOWSKI, "The Ascent of Man" (1974).
42. J. HABERMAS, "La science et la technique comme idéologie" (1965).
43. A. F. Cournand, "The code of the scientist and its relationship to ethics", *Science*, 198, 699 (1977).
44. T. THUILLIER, "Science, antiscience, aristoscience", *La Recherche*, 10, 1280 (1979).
45. R. THOM, "Structural stability and morphogenesis", W. A. Benjamin, Mass. (1975).
46. B. C. GOODWIN, "Biological stability" en "Towards a theoretical Biology", IUBS Symp., C. H. Haddington (ed.), Aldine Pub. Co. (1970).
47. D. COOPER, "Psychiatry and antipsychiatry", Tavistock Pub., London (1967).
48. C. H. Waddington, "Principles of embryology", Allen and Unwin, London (1956).
49. J. MEHRA (ed.), "The Physicist's Conception of Nature", Dordrecht-Holland/Boston Reidel Pub. (1973).
50. M. EIGEN, P. SCHUSTER, "The Hypercycle. A Principle of natural Self-organization", Springer-Verlag, Berlín (1979).
51. J. H. WOODGER, "The Concept of Organism", *Quarterly Rev. Biol.*, 5 (1930).
52. J. MONOD, "Le hasard et la nécessité", Le Seuil, Paris (1970).
53. G. J. KLIR (ed.), "Trends in General System Theory", J. Wiley, New York (1971).

52. L. VON BERTALANFFY, "The role of Systems Theory in present-day Science, Technology and Philosophy" en "A new Image of Man in Medicine", vol. 1, K. E. Schaefer, H. Hensel, R. Brady (eds.), Futura Pub. New York (1977).
53. Seminarios "AGROMAN" sobre "Sistemas y organización biológica". Departamento de Bioquímica, Facultad de Ciencias, Universidad Complutense (1977).
54. M. BUNGE, "The Furniture of the World", D. Reidel Pub. Dordrecht/Boston (1977).
55. M. BUNGE, "General Systems and Holism" en "General Systems", XXII, 87 (1977).