

Juan Ramón Alvarez

1. Introducción

Las relaciones entre las ciencias y la ontología no han carecido de dificultades, sobre todo cuando se identificaba la ontología con una metafísica especulativa presentada como alternativa del conocimiento científico. Aunque en algunas ocasiones éste fuera el caso, no agotaban esas ocasiones la totalidad de los planteamientos ontológicos, muchos de los cuales se han formulado con la intención expresa de ser compatibles con las ciencias de su tiempo. A las inclinaciones compatibilistas de buen número de ontologías -alegato que puede parecer simplemente empírico, mera cuestión de hecho- ha de sumarse un alegato de principio relativo a los componentes ontológicos de las ciencias mismas. En efecto, las ciencias incluyen una dimensión ontológica sin cuya existencia no son siquiera concebibles. Esta condición de existencia de las ciencias, considerada en toda su generalidad, no es el objeto de este trabajo. En otros lugares he tratado el tema dentro del marco del contexto de análisis de las ciencias (Alvarez 1984a y 1984b). Aquí me limitaré a considerar el modo en que en determinadas teorías acerca de los fenómenos biológicos existe una relación no casual entre la defensa de ciertas perspectivas metodológicas y determinadas ontologías. Sin necesidad de contraer un compromiso tan fuerte como el de Aronson (1984), para quien la ciencia no es sino metafísica disfrazada, los desarrollos contenidos en las páginas siguientes pueden, por lo menos, mostrar que es sostenible la convicción, según la cual las ciencias no pueden operar sin incluir un punto de vista ontológico definido por las relaciones, semánticamente asumidas, entre los objetos de que se ocupan (Alvarez 1984a).

El grueso de este artículo está constituido por una versión revisada de mi ponencia (Alvarez 1983a) presentada en el II Congreso de Teoría y Metodología de las Ciencias, celebrado en Oviedo en 1983. Desde entonces algunas de las posiciones tratadas han encontrado variantes de importancia específica en Biología -tal es el caso, por ejemplo, de los "estructuralistas" en la biología del desarrollo. La tesis principal que se sostiene es sustancialmente la misma: la asociación no accidental de ontologías y metodologías ejemplificada en dos tendencias. Por una parte, ciertos planteamientos "fenomenológicos" iniciales se rectifican, sea por medio de conceptos ontológicos que completan los desarrollos fenomenológicos, ejemplificados

en este caso por la primera teoría biológica propiamente dicha, la de Aristóteles, sea por medio de la transformación de los objetos de la descripción en constructos teóricos que determinan el establecimiento de nuevas unidades pertinentes del pensamiento biológico: ejemplo de ellos son los individuos "rectificados" de Hartmann y Meyer. Por otra parte, la segunda tendencia sirve para mostrar la existencia de tres tipos básicos de ontologías, según los cuales los objetos y procesos orgánicos resultan conceptuales por medio de sistemas simbólicos, de interacciones entre sujetos y de estructuras físico-químicas: estas mediaciones muestran cómo al primer tipo de ontología están asociadas metodologías sintácticas, al segundo metodologías "sociológicas" y al tercero metodologías objetivas (físico-químicas).

## 2. La ontología teleológica de Aristóteles

Es habitual -y en esto no me aparto de la costumbre- comenzar este tipo de reflexiones con una vuelta de reconocimiento a Aristóteles, iniciar el tema con un "prólogo aristotélico" como escribió Gilson (1976). Este preámbulo sirve para poner de relieve cómo la relación entre la fenomenología biológica de Aristóteles y su ontología asociada ofrecen un ejemplo significativo del modo en que este tipo de perspectivas se complementan para suministrar una concepción unitaria de lo viviente. Ross (1964, p.112) puntualiza que la Historia de los animales de Aristóteles "es una obra preliminar que intenta registrar los hechos fundamentales de la vida animal, (mientras que) los demás tratados intentan presentar una teoría partiendo de los hechos registrados". Entre estos hechos fundamentales, registrados en la primera parte de la Historia, figura la distinción entre dos tipos de partes de los animales: las partes simples, compuestas de partes semejantes ( $\delta\mu\omega\iota\omicron\mu\acute{\epsilon}\rho\eta$ ) y las partes compuestas, formadas por partes desemejantes ( $\delta\upsilon\omicron\mu\omega\iota\omicron\mu\acute{\epsilon}\rho\eta$ ) (Preus, 1975). En el tratado referente a las partes de los animales expone esta diferencia aclarando que las partes simples pueden ser entendidas como aquellas que se componen de partes semejantes al todo respecto de la materia, pero no de la figura, mientras que las partes compuestas se dividen en partes que no son semejantes al todo: de las primeras son ejemplo las vísceras; de las segundas los órganos locomotores y perceptivos (Preus, 1975).

Por tanto, los animales se presentan como sistemas compuestos de partes cuya heterogeneidad está en la base de los cambios que tienen lugar en ellos. "Todas las operaciones vivientes, todo el devenir de la planta o del animal, implican y requieren la diferenciación de ciertas partes capaces de actuar unas sobre otras; la heterogenei-

dad de las partes viene exigida por la misma posibilidad de esta causalidad de sí mismo que caracteriza el devenir de los seres vivos. Por la misma razón, es preciso que las partes del viviente constituyan un cierto orden" (Gilson, 1976, pp. 27-28). El orden de estos distintos tipos de partes constituye una organización y al ser vivo es un organismo cuya materia está organizada por estar dotada de un determinado tipo de forma. Por ello mismo, la estructura de las partes propia de los seres vivos exige la introducción de la causa formal. Teniendo esto en cuenta y dado que las causas tal como las entendía Aristóteles son tanto causas de la estructura como del cambio, puede reconstruirse un contexto causal en el cual la explicación se refiere a la oposición homogeneidad/heterogeneidad, por un lado, y a la oposición estructura/cambio, por el otro. La tabla 1 ilustra estas relaciones.

CAUSA	ESTRUCTURA	CAMBIO
HOMOGENEIDAD	MATERIAL	EFICIENTE
HETEROGENEIDAD	FORMAL	FINAL

Tabla 1

Desde el punto de vista de la descripción del organismo individual que se presenta como estructura compleja que incluye homogeneidad y heterogeneidad de las partes, es necesaria la intervención de la materia y la forma para dar explicaciones. Además, como los seres vivos, en tanto que seres naturales, tienen en sí mismos el principio de su cambio (Aristóteles, Física, 192b 8-16), no puede separarse su estudio estructural de su investigación procesual. Para este aspecto del cambio son necesarias las causas eficiente y final. Además, cuando se atiende a la heterogeneidad de las partes, la forma y el fin se trasladan al primer plano.

Por lo que se refiere al fin, es útil recordar que Aristóteles entendió el fin como una forma y el proceso que va de una forma a otra forma como la actualización de una potencia ínsita en la materia dotada de la forma inicial. En otras palabras, entendió el proceso de cambio de forma (de "trans-formación") como un proceso de desarrollo. Y el desarrollo, en cuanto pasa de una forma F1 a otra forma F2, tiene cabida para el caso límite en que F1=F2, caso en el que el cambio se identifica con el proceso de conservación de la forma. La conservación de la forma, que asegura la identidad del organismo semoviente, es concebido, por tanto, bajo la forma de una peculiar

"autocausalidad" o, con un término más utilizado, bajo la forma de la autorregulación.

Ahora bien, la forma que gobierna el funcionamiento del cuerpo organizado tiene en el pensamiento aristotélico el nombre de alma ( $\psi\upsilon\chi\eta$ ). Como ha señalado Smith (1977, p. 142), la teoría aristotélica del alma "puede ser considerada como una respuesta a la pregunta '¿qué es la vida?'". Aristóteles (Acerca del alma, 412a 19-21) afirma, por su parte, que "el alma es sustancia en cuanto forma ( $\epsilon\iota\delta\omicron\varsigma$ ) de un cuerpo natural que tiene vida en potencia". Como, además, la sustancia es entelequia -argumenta seguidamente-, el alma es la entelequia, el acto de lo que tiene vida en potencia. Pero añade también que el cuerpo natural que tiene vida en potencia es el cuerpo orgánico. De lo que infiere (Acerca del alma, 412b 5-6) que "si fuera necesario decir algo común a toda alma, sería que es la entelequia primera de todo cuerpo natural orgánico". Por consiguiente, el alma es la forma del cuerpo orgánico (compuesto de partes heterogéneas), que actualiza la potencia de vida que éste posee. Se han dado diversas interpretaciones del concepto de alma de Aristóteles: por ejemplo, la de Hamelin (1976) que identifica la "entelequia" con la aptitud para funcionar. Independientemente de la interpretación concreta que se dé, sigue manteniéndose la distinción establecida por Aristóteles entre la vida en potencia y la vida en acto. El alma como entelequia es la realización o actualización de la vida en los cuerpos naturales que satisfacen ciertas condiciones determinantes de la vida en potencia.

Esta puede tomarse como la versión más sencilla de la caracterización que Aristóteles hizo del alma como forma del cuerpo orgánico. Tan importante como ella es la tipología de las almas basada en el tipo de función que le es propia a cada una. Dos son las principales maneras de establecer esa clasificación. Por una parte, Hall (1969) distingue cuatro clases de alma, destacando cuatro funciones: las funciones nutritiva, sensitiva, locomotriz y racional. Más frecuente es considerar tres tipos de alma. La primera, el alma vegetativa o nutritiva, que regula la función de nutrición determinante del grado ínfimo de la vida; la segunda, el alma sensitiva, propia de todos los animales; la tercera, el alma racional, exclusiva de los seres humanos. (Cuestión discutible es la singularización por parte de Hall (1969) de un alma locomotriz). En todo caso, sigue en pie la formulación del concepto aristotélico de alma en términos funcionales. Se trata de formas que integran una o varias funciones. El alma vegetativa regula la nutrición que se manifiesta en el crecimiento; el alma sensitiva integra nutrición y sensación, y el alma racional incorpora nutrición, sensación y razón. Este es el modo aristotélico de entender el carácter integrado

de los distintos niveles presentes en los seres vivos: los distintos tipos de alma son distintos tipos de integración de diferentes niveles. Se trata de una integración ascendente que va del alma vegetativa al alma racional, integrando las almas posteriores las funciones incorporadas por las anteriores, siendo el alma racional la que integra todas las funciones. Mediante una comparación con las figuras geométricas, Aristóteles (Acerca del alma, 414b 28-32) ilustra esta situación:

"...la situación es prácticamente la misma en cuanto se refiere al alma y a las figuras: y es que siempre en el término de la serie se encuentra potencialmente el anterior, tanto en el caso de las figuras como en el caso de los seres animados, por ejemplo, el triángulo está contenido en el cuadrilátero y la función vegetativa está contenida en la sensitiva" (cito según la traducción de T. Calvo, 1978).

Aristóteles recoge la idea de integración dentro de su esquema del acto y la potencia, pues las facultades o funciones superiores asumen a las anteriores que pasan a estar en potencia. Así, el concepto de ser vivo ( $\epsilon\mu\psi\upsilon\chi\omicron\nu$ ) en Aristóteles supone la integración de niveles y funciones en una forma: el alma. Pero el alma está configurada como una forma en conservación: el desarrollo tiene lugar siempre dentro de ciertos límites. En este punto el principio explicativo del proceso se presenta como el principio de finalidad, bajo la forma de una finalidad interna introducida para dar razón del concepto de alma como forma funcional asociada a los procesos en que se conserva la forma. (Este recurso a la teleología, que puede parecer insostenible a algunos, no lo es tanto, para otros, "siempre y cuando se acote en el contexto de una teoría causal" (Moya 1985, p. 69)). El concepto de desarrollo impone a Aristóteles la introducción de un principio explicativo: la finalidad de lo orgánico (Gilson, 1976). La finalidad debe suministrar la explicación de los procesos de desarrollo tanto cuando se presentan como transformaciones como cuando se ofrecen como conservaciones de la forma. Así, la ontología de la finalidad se convierte en la base explicativa de la fenomenología de la heterogeneidad. Grene (1974) ha insistido con razón en que la ontología teleológica de Aristóteles no implica propósitos o planes, sino una distancia ontológica en la forma dada y el fin, es decir, aquello que constituye el término final intrínseco en que culmina una serie de sucesos, si no hay impedimentos. Dicho así, la ontología de la finalidad es una teoría de las virtualidad -distinta de la mera posibilidad- en tanto que tendencia que culmina en resultados unívocamente determinados, siempre que no sean

inhibidos por factores o elementos del ambiente del sistema que posee dicha tendencia -modo de reformular la causalidad en el marco de sistemas abiertos que se cierran experimentalmente (Bhaskar, 1975). Así entendido, este tipo de "finalismo" estaría acogido en un contexto causal. Cuán fiel sea, sin embargo, este aggiornamento de Aristóteles, es cosa diferente.

La ontología de la finalidad rectificadora, en el pensamiento aristotélico, una fenomenología de la heterogeneidad, pero se diría que lo hace sin que por ello el cuerpo organizado que le sirve de punto de partida deje de ser un objeto pertinente del pensamiento biológico. La finalidad sirve de fundamento al desarrollo y a la conservación de la forma del individuo orgánico que es, al mismo tiempo, punto de partida de una fenomenología y objeto propio de una ontología. "Rectificación" equivale aquí, por tanto, a "fundamentación" ontológica de objetos fenoménicamente presenciados y ontológicamente consistentes. Rectificar no es reconvertir las unidades básicas, sino completar el contexto en que las mismas unidades se hacen inteligibles. Sin embargo, no toda rectificación de una fenomenología deja intactas las unidades de que parte, como lo muestra el apartado siguiente.

## 2. Esferas orgánicas y campos de comportamiento: los individuos rectificadores

Me he referido en la introducción a la existencia de ontologías que decididamente se plantean como compatibles con la ciencia. Bunge (1981) lo declara explícitamente de su ontología materialista. Un pensador menos reciente y menos atendido de lo que merece, Nicolai Hartmann, nos ofrece en el volumen de su Ontología (1964), dedicado a las "categorías organológicas", un ejemplo de ontología que pretende ser compatible con la ciencia y que a la vez satisface la condición de comenzar por una fenomenología que termina siendo rectificadora por la ontología.

El individuo orgánico es "el portador visible de la vida" (Hartmann, 1964, p. 8). Pero ese portador visible ha de ser entendido a través del concepto de complejo orgánico. La argumentación de Hartmann consiste precisamente en desarrollar ese concepto de complejo orgánico partiendo del individuo visible (fenoménico).

Por una parte, el ser vivo individual presenta una clausura formal, es decir, es un sistema de formas en que las partes son órganos: de ahí que pueda ser objeto de una morfología. Por otra parte, aparece bajo una clausura procesual como un sistema de procesos entrelazados: por ello puede ser objeto de una fisiología. Ahora bien, la conjunción de las dos clausuras ya no es perceptible exteriormente y esa imposibilidad fuerza a buscar un enfoque

complementario. Además, a este punto de vista "sincrónico" de la doble clausura se añade el punto de vista diacrónico o procesual. Los seres vivos son seres temporales y en ese sentido se presentan bajo la forma de la categoría de proceso. Ese proceso vital presenta determinados aspectos fenomenológicamente constatables. Está limitado internamente por un principio y un fin que coinciden con el principio y el fin del complejo. En el comienzo, al nacer, hay continuidad entre un -o unos seres vivos- y otro ser vivo, mientras que en el fin, en la muerte, se pierde el vínculo esencial con los seres vivos.

El proceso vital está sometido además a alteraciones. No es uniforme. Las alteraciones se presentan como etapas (juventud, madurez, vejez, distintos ritmos, etc.) o como cambios de forma. Por todo ello, la unidad de la vida es la unidad tanto de órganos y funciones como de etapas y formas. La unidad, no perceptible, es la unidad del proceso recorrido por el complejo. De ahí la siguiente caracterización de la unidad vital como

"la totalidad temporal cerrada del proceso que se limita a sí mismo entre un principio y un fin, y que a sí mismo se articula en miembros" (Hartmann, 1964, p. 16).

El complejo orgánico es individuo no sólo por la forma o figura que lo delimita espacialmente, sino por el proceso en que consiste. La unidad del proceso enfrenta al todo temporal con sus partes y plantea el problema de la causalidad del todo (temporal) sobre las partes (etapas). Esta forma de determinación constituye para Hartmann un nexo característico de lo orgánico, nexo que parece suponer un modo de predeterminación de la forma de transcurrir el proceso en su integridad. Al proceso orientado por ese nexo le llama Hartmann desarrollo.

Pero no solamente la consideración del proceso temporal termina por alejar de las evidencias iniciales de que parte el punto de vista descriptivo. El individuo, que debe ser conceptualizado por medio del concepto de complejo orgánico, está espacialmente limitado. Los organismos exhiben formas corporales con superficies bien determinadas: están figuralmente limitados. En esta limitación, sin embargo, se encuentra el punto de fuga que hace pasar del concepto fenomenológico (descriptivo) al concepto ontológico. Ocurre que

"el límite material del cuerpo no coincide con el límite del individuo viviente. El organismo está, mediante sus funciones vitales en una relación con el mundo físico que va muy lejos" (Hartmann, 1964, p. 19).

La figuralidad se corrige por la constitución de una "esfera" consistente en el entramado de acciones y reacciones que se extiende más allá de los límites corporales del individuo. El individuo traza a su alrededor una esfera vital que se caracteriza por su centralidad y su autotranscendencia. El individuo limitado figuralmente se establece como centro de su esfera, creando una especie de interioridad, la interioridad de la esfera, y complementariamente una nueva exterioridad. Pero al lado de esta interioridad existe la trascendencia: "el complejo orgánico es el ente que en sus funciones esenciales internas existe fuera de sí" (Hartmann, 1964, p. 22). En virtud de la centralidad y la (auto)trascendencia se rectifica la espacialidad primaria del cuerpo visible y la fenomenología del individuo desemboca, con Hartmann, en una ontología de la esfera, a partir de la cual han de desarrollarse los análisis posteriores. El objeto de referencia ya no es el mismo del comienzo, es un objeto reconstruido que rectifica el objeto fenomenológico inicial.

Caso semejante al de Hartmann encontramos en los planteamientos de F. Meyer, quien comienza distinguiendo dos perspectivas asimilables a la morfológica y la fisiológica.

"En efecto, podemos acercarnos a lo que tiene vida, bien en la justa medida en que es un 'ser', es decir, una totalidad identificable, bien en tanto que es sede de un gran número de fenómenos" (Meyer, 1967, p. 782).

La primera perspectiva es la propia del naturalista, caracterizada por el quehacer descriptivo que conduce al establecimiento de clasificaciones; la segunda, en cambio, es una perspectiva causal que considera los organismos como sistemas cuyos mecanismos de funcionamiento deben ser descubiertos. Pero esta dualidad no es una simple separación, porque las propias formas están sujetas a procesos de distintos órdenes que deben ser estudiados precisamente desde la perspectiva causal. La acentuación de la perspectiva causal, que considera las formas específicas como meros resultados, entraña el peligro de desdibujar el aspecto morfológico como realidad fundamental de la Biología. Por ello, no importa cuán importante sea el análisis de los mecanismos, no es menos cierto que "toda la biología analítica presupone la existencia de las organizaciones" (Meyer, 1967, p. 783). Meyer reclama aquí la sustantividad epistemológica de la perspectiva morfológica en sentido parecido al que Portmann (1983) le otorga, cuando reclama que el avance de la Genética y la Fisiología, lejos de sustraer su campo a la Morfología han servido para darle mayor profundidad. Por tanto, hay que mantener-

se en una situación equilibrada respecto de esos dos extremos: el todo orgánico como condición previa de la investigación analítica y los procesos que ese análisis saca a la luz (Meyer, 1967, p. 784).

Una exploración fenomenológica del sistema biológico muestra su autonomía, a saber, su tendencia a darse las condiciones óptimas de funcionamiento. Junto a la autonomía, la invariancia y la emergencia óptimas de las condiciones del sistema constituyen rasgos inescapables de la fenomenología de los seres vivos. Estas propiedades, sin embargo, deben ser entendidas dinámicamente, porque el equilibrio del sistema está amenazado continuamente y se restaura por procesos de regulación dentro de límites determinados, recurriendo a su medio interno para tomar las sustancias que necesita. Como este recurso al medio interno sólo es operativo dentro de márgenes muy estrechos, es forzoso que el ser vivo recurra a su medio externo para adquirir las sustancias necesarias. Al hacerlo, "desborda sus dimensiones anatómicas y fisiológicas para integrar una nueva dimensión, la del comportamiento" (Meyer, 1967, p. 785). Así se logra distinguir un campo biológico que abarca tanto al organismo individual como a los elementos del medio que forman con él un sistema.

"El sistema propiamente biológico se prolonga, por tanto, de forma paradójica más allá de los límites del organismo en sentido estricto. El campo de comportamiento se presenta como una red estructural proyectada sobre el medio por el ser vivo" (Meyer, 1967, p. 785).

Esta red no sólo ha de ser considerada como una organización espacial, sino también como una organización temporal, puesto que los actos de comportamiento forman parte de patrones secuenciales en los cuales adquieren sentido respecto de otros actos pasados o futuros. La conjunción de espacialidad y temporalidad hace del campo de comportamiento un objeto no perceptible, distinto del objeto que sirve de punto de partida. El análisis de ese campo no perceptible, que supone distinguir niveles de integración e introducir los métodos descompositivos, no es ya una fenomenología.

Las fenomenologías de Hartmann y Meyer superan el individuo inicial rectificándolo y convirtiéndolo en una unidad diferente, que ya no es un fenómeno, sino una construcción teórica -por elemental que sea- que pretende dar los primeros pasos de una ontología que establece una serie de unidades fundamentales del pensamiento biológico. El resumen de sus intentos muestra cómo ciertas aproximaciones fenomenológicas desembocan en construcciones ontológicas que rectifican el punto de partida de aquéllas.

Esas construcciones ontológicas sirven para identificar los objetos adecuados de un pensamiento biológico que rebasa las fronteras de la descripción necesaria, pero insuficiente. Esta no es la única manera en que los planteamientos fenomenológicos desembocan en ontologías. Existen casos en que el desarrollo del planteamiento fenomenológico consigue descubrir el propio fundamento ontológico de su ejercicio como componente esencial de su ámbito fenoménico. En esos casos no se rectifican unidades, sino que se revela una conexión ontológica que avala la objetividad de la investigación fenomenológica. El siguiente apartado se ocupa de un caso semejante.

### 3. A. Portmann y la fenomenología como ontología de las 'sociedades animales'

En los apartados anteriores la escala del individuo fenoménico tenía la condición de acceso privilegiado. Pero tal vez pueda pensarse que los ejemplos aportados allí se ajustan excesivamente a las inclinaciones de los filósofos, en particular a las de los que cultivan el punto de vista fenomenológico, aunque ese término no tenga aquí resonancias de escuela filosófica. No obstante, ese 'mirar' directo, lleno de respeto por lo que aparece, tal como aparece, es característico de ciertos biólogos; por ejemplo, buena parte de los morfólogos y los etólogos, que tienen que observar figuras y conductas (patrones de acción). "Ambos tipos de investigación -dice Marjorie Grene en su excelente exposición de la filosofía biológica de Portmann (1974, p. 258)- ... la morfológica y la etológica... se dirigen a los rasgos macroscópicos, visibles del mundo orgánico, más que a las estructuras moleculares accesibles solamente por medio de técnicas indirectas y analíticas".

En esa escala macroscópica estableció Portmann su distinción entre fenómenos propios y fenómenos impropios. Los primeros son aquellos que constituyen patrones perceptibles en el espacio y en el tiempo apareciéndose a los aparatos receptores de los animales; los segundos son los que, por ocurrir en el interior del organismo, no se manifiestan al exterior como formas perceptibles (Portmann, 1968). Los fenómenos propios, las 'apariencias' de lo viviente, tales como las configuraciones (Gestalten) superficiales, los ritmos de movimiento o sonido, se dan a la experiencia. Esto constituye para Portmann una de las características principales de los seres vivos: la autoexposición (Selbstdarstellung). La autoexposición es la vida mostrándose en una superficie. Como algunas especies no parecen extraer ninguna utilidad especial de esas configuraciones superficiales (colores o figuras de peces de aguas profundas que no afectan a ningún receptor), la

observación de la autoexposición puede dar lugar al establecimiento de un conjunto de leyes descriptivas que comprenden multitud de fenómenos, aunque no puedan explicarlos funcionalmente. Esto no significa que no puedan ser explicados en términos genéticos, pero a veces no pueden explicarse funcionalmente desde el punto de vista del valor selectivo. El reconocimiento de la autoexposición no obliga a sostener una posición vitalista, aunque supone, según Grene (1974), cierta negación del reduccionismo. Ahora bien, "negación del reduccionismo" no es una expresión muy operativa, y para que lo sea debe precisarse de qué reduccionismo se trata. Si Portmann no niega la capacidad de la Genética para explicar el surgimiento de las formas, la dificultad reside no en explicar "estructuralmente" las formas como resultados, sino en explicar su conservación en términos de valor selectivo. Pero en los últimos años se ha discutido sobradamente el tema y se ha distinguido entre las causas de las formas y las razones de su conservación (Gould, 1980, Alvarez, 1984c). La indistinción de las causas de la aparición de las formas y las razones de su conservación posterior ha conducido al adaptacionismo más radical (Gould y Lewontin, 1983). Sin necesidad de analizar más en detalle esta cuestión, diríase que el planteamiento de Portmann es compatible con esa distinción y por ello no supone ningún recurso a imponderables vitalistas.

La autoexposición no se agota en el olor, el color, el sonido, etc.: es la exhibición ante los sentidos de los animales de formas perceptibles de su especie o de otra. Las formas que se muestran en la autoexposición pueden ser indiferentes (como en el caso de los peces de aguas profundas), semánticos o 'vistosos' (que destacan y provocan respuestas en otros animales), críticos o de camuflaje (de gran valor frente a los depredadores) (Portmann, 1983). Todo este lujo morfológico lo es, sin embargo, de algo que lo exhibe, y esos animales que se exhiben no son meras superficies. Lo que se exhibe es el reverso de la exterioridad superficial: una interioridad. Esa interioridad, que no debe hacerse equivalente a conciencia:

"la conciencia es un resultado particular, una de las muchas posibilidades de manifestarse la interioridad" (Portmann, 1968, p. 88);

es, como afirma Portmann en su tratado de morfología comparada de los vertebrados

"el modo de ser de un centro subjetual, que con la ayuda de unos órganos sensoriales y una organización nerviosa elabora percepciones y construye un mundo de vivencias propias" (Portmann 1983, p. 314).

La interioridad es el pivote del segundo rasgo fundamental de los seres vivos, la relación con su entorno a través de la interioridad (Weltbeziehung durch Innerlichkeit) (expresión que Grene traduce por centricity, traducción que ha sido preparada por la previa traducción de Selbstdarstellung por display: el despliegue o exhibición irradiaría a partir de un "centro"). Utilizaré "centralidad", como resumen de la frase de Portmann, con las siguientes precisiones. Es fácil observar que esta idea se asemeja a la centralidad de Hartmann, aunque éste se refería a la interioridad de la esfera, que era una interioridad "derivada" y no primitiva, y no a la del individuo. La idea de Portmann connota la de un radio de acción del animal que brota del centro. Esta centralidad puede entenderse espacialmente. Por ejemplo, cuando se estudia el concepto de territorio como concepto biológico, refiriéndolo a las esferas de acción de quienes lo defienden, el organismo aparece como un centro en cierto espacio de operaciones. Pero también puede ser entendido temporalmente, tal como se manifiesta en los procesos ordenados y en los ritmos. Diferentes especies tienen impresiones mínimas de duración diferente, que deben asociarse a experiencias distintas. Aquí lo importante es la manera en que se asocia la centralidad a la experiencia por medio de las diferentes temporalidades. (Portmann (1957) indica que la gran velocidad de reacción que se manifiesta al observar el vuelo de un colibrí tiene que reflejarse significativamente en su experiencia). Todo organismo es un "centro" de experiencia y las experiencias son específicamente diferentes. La centralidad, en cuanto relación espacio-temporal con el entorno, mediada por la interioridad, se identifica con la experiencia.

La autoexposición y la centralidad (junto a la autoconservación) son los rasgos principales descubiertos por la fenomenología en la versión de Portmann. La relación entre autoexposición y centralidad está ligada a la oposición entre exterior e interior. La autoexposición es superficial, mientras que la centralidad, definida como el modo de relación con el medio (el mundo) a través de la interioridad, plantea el problema de cómo puede existir esa relación con el interior a través de la superficie sin que ésta se destruya o se anule. Pienso que la respuesta puede extraerse de las propias formulaciones de Portmann debidamente analizadas.

Por un lado, si se atiende al componente "auto-", la autoexposición alude a la relación de un organismo consigo mismo y, por el otro, a su diferencia genérica respecto de otras entidades que no tienen ese carácter: las entidades inorgánicas. Utilizando la distinción entre relaciones o conexiones metaméricas y diaméricas (Bueno 1978a), es posible decir que este modo de entender el or-

ganismo está formulado en una perspectiva metamérica, en la cual el organismo considerado queda cortado, abstraído, de su relación con otros organismos: bien por considerarlo relacionado consigo mismo, bien por ser puesto en relación con otras entidades no orgánicas desprovistas de autoexposición, que se oponen genérica y excluyentemente a los organismos. Sin embargo, teniendo en cuenta los planteamientos de Portmann, es necesario reconocer que la autoexposición satisface también la condición de ofrecer una forma perceptible para otros animales, por lo cual es momento esencial suyo que autoexponerse suponga estar en relación necesaria con otros animales y, por ello mismo, en una relación diamérica (o en un conjunto de esas relaciones) que tejen la estructura del mundo animal. En este aspecto predomina la presencia de un animal ante otro animal (u otros animales), animal que puede ser precisamente el que practica la fenomenología biológica.

Así, pues, la posibilidad de la fenomenología de lo orgánico se funda en la propia estructura del mundo animal, en la medida en que los organismos, en cuanto autoexpositores, quedan conectados unos con otros mediante la autoexposición. La fenomenología de lo orgánico no es comprensible en la perspectiva metamérica, sino en la diamérica, en la autoexposición entendida diaméricamente. Entendida la autoexposición como presencia de unos animales ante otros, puede vincularse estrechamente a la centralidad. Centralidad es ahora percepción de la autoexposición, por limitada que pueda ser esa percepción. No hay razón para pensar, pues, que la centralidad se yuxtaponga a la autoexposición, sino que es más acertado entender que se constituye en el contexto diamérico en que cobra su sentido pleno la autoexposición como ámbito de los fenómenos propios.

Esto supuesto, la perspectiva fenomenológica -morfológica y etológica- en la que, en relaciones diaméricas, unos animales aparecen frente a otros como manifestándose y percibiéndose, no puede concebirse sin la mediación del animal peculiar a través del cual adquiere sentido gnoseológico la relación entre animal autoexpuesto y animal receptor. La perspectiva fenomenológica -la de los fenómenos propios de Portmann- está ontológicamente fundada, porque la misma relación de observación que la define como tal es la propia relación constitutiva de su ámbito objetivo. Esta perspectiva fenomenológica se opone (Grene 1974) a la perspectiva analítica, en la cual tienen cabida los fenómenos impropios. Las perspectivas fenomenológica y analítica corresponden respectivamente, en tanto que ejercitadas metódicamente, a las llamadas por Bueno (1978b) ciencias apotéticas y ciencias paratéticas. La perspectiva fenomenológica, como las ciencias apotéticas, se constituye sobre el supuesto de nexos de presencia a distancia

entre los términos de su campo, mientras que la perspectiva analítica lo hace sobre la base de que los nexos que vinculan los términos del campo de estudio son de contigüidad. (En sentido parecido distingue Del Teso (1985) entre ciencias de lo continuo (ciencias de la naturaleza) y ciencias de lo discontinuo (ciencias de la cultura). Sin embargo, las dos distinciones no son equivalentes, porque esta distinción de Del Teso -muy útil para los fines que con ella persigue- vuelve a restablecer el dualismo naturaleza/cultura. Esta distinción, sin embargo, cuando es afirmada epistemológica, metodológica y ontológicamente es solidaria, según Tuomela (1985), de una filosofía idealista. Del Teso se limita a considerarla gnoseológicamente, y Bueno, que incluye entre las ciencias apotéticas las ciencias humanas y las etológicas, va en la dirección de descartar aquel dualismo como improcedente. De todas formas, continuidad y contigüidad no son conceptos equivalentes y la confusión de ambos puede conducir a aplicar teorías adecuadas a sistemas continuos al estudio de sistemas de partes contiguas (Bunge 1985)).

En lo que nos afecta, la autoexposición es la forma de la presencia a distancia que caracteriza la relación de unos animales con otros. Asimismo, el concepto de fenómeno, asociado a la autoexposición, puede ser caracterizado, en tanto que presencia a distancia de unos animales ante otros, con las siguientes palabras:

"...podría decirse que la distancia (apotética) es el fenómeno, así como ... que el fenómeno es propiamente una distancia" (Bueno, 1978b p. 28).

Comentando la Introducción a la morfología comparada de los vertebrados de Portmann he señalado (Alvarez, 1985) que la introducción de ese libro presenta las bases epistemológicas de la morfología, mientras el capítulo VII ofrece las bases ontológicas de la autonomía epistemológica de la morfología. En la exposición anterior me he esforzado en hacer ver cómo la teoría de Portmann implica que las condiciones del ejercicio científico de la fenomenología biológica son al mismo tiempo las condiciones ontológicas de su campo de objetos.

#### 4. Topólogos y "estructuralistas"

Bajo este encabezamiento deseo dar cabida a las iniciativas que intentan sentar las bases de una teoría de la forma biológica como parte previa a la teoría causal de la selección natural. Dejo al margen en esta ocasión teorías como la propuesta por Sheldrake (1981) bajo el apelativo "teoría de la causalidad formativa" (de ella me he ocupado en Alvarez 1984c, donde la he juzgado inverosímil,

hasta donde puede ser entendida, dados los conocimientos actuales) y me limitaré a tratar las bases de la teoría de la morfogénesis defendida por Thom y el "estructuralismo" que sostiene la existencia de limitaciones formales del desarrollo a la evolución.

La teoría de las catástrofes, como teoría acerca de las rupturas de continuidad, y el teorema de Thom que demuestra la existencia de siete tipos topológicamente diferentes de discontinuidad (Stewart, 1977), son ya muy conocidos. Aquí mi restringiré solamente a su relación con las pretensiones biológicas del planteamiento de Thom.

Aunque reconoce la existencia de una pluralidad de niveles de organización en los seres vivos, Thom puntualiza que en esta estratificación el único par de niveles "susceptible de cierta formalización" es el par órganos/individuo (Thom, 1974, p. 17). Establece así, para su análisis lo que en otro lugar he llamado nivel de resolución (Alvarez 1981). El nivel de resolución no es tanto uno de los niveles o escalas reconocidos en la estructura en niveles de un ámbito ontológico, como una conexión de niveles (generalmente dos) entre los cuales discurre la explicación científica. Así, el nivel de resolución de la Química del siglo XIX quedó establecido por el par conjugado "átomos/moléculas" (Ibid.). Asimismo, el intento de extender el principio de la selección natural a la última etapa prebiótica, con el fin de explicar el origen de la vida en el marco de poblaciones de polímeros duplicativos, ha establecido el nivel de resolución de una teoría general de la evolución biológica en el par conjugado "polímeros duplicativos/organismos" (Ibid.).

Declaradamente vinculada al nivel de resolución órganos/individuos, la propuesta de Thom se encamina a conjugar en una teoría de la morfogénesis las aportaciones de la teoría matemática de la estabilidad estructural y de las investigaciones embriológicas (Thom 1974, p. 253). El puente entre ambos extremos -Topología y Biología- viene dado por el hecho de que "un ser vivo es una estructura global" (Thom, 1977, p. 150). Esto no excluye la necesidad de reconocer la existencia de un determinismo local, pero todos esos determinismos locales deben ser integrados en una estructura global coherente y estable. Pero el paradigma de esa integración de lo local en lo global es propio de la Topología que

"es precisamente la disciplina matemática que permite pasar de lo local a lo global... Llevando esta tesis al extremo se podrían referir todos los fenómenos a la manifestación de una entidad geométrica que se llamaría campo vital... los seres vivos serían las partículas o singularidades estructuralmente estables de ese campo... La naturaleza de dicho campo... es

una cuestión puramente metafísica; en principio importa únicamente la descripción geométrica del campo y la determinación de las propiedades formales y, por tanto, de sus leyes de evolución" (Thom 1977, pp. 150-151).

Separando la metafísica de la metodología, Thom adopta el segundo punto de vista ciñéndose a un tratamiento matemático de la oposición local/global que él asimila a la oposición determinismo/finalismo, en cuanto los términos de esta última oposición van asociados a los análisis locales el primero y a los análisis globales el segundo.

"Sabemos que en mecánica clásica la evolución de un sistema puede ser descrita, bien mediante ecuaciones diferenciales locales, tal como la ecuación de Hamilton  $Q = -\partial H / \partial p$ , o bien mediante un principio global de variación, como es el principio de mínima acción de Maupertuis. Hay una equivalencia entre los dos planteamientos, aun cuando uno presenta un punto de vista determinista y el otro un punto de vista finalista" (Thom, 1976, p. 54).

Esta asociación de los análisis locales, expresados en ecuaciones diferenciales, con contextos deterministas, y de los análisis globales, expresados en principios integrales, a contextos finalistas, no deja de ser muy cuestionable (Bunge 1972; Yourgrau & Mandelstam 1968). Lo cierto es que los principios variacionales son también deterministas, pues determinan unívocamente la trayectoria del proceso y no parece Thom implicar algo diferente cuando establece su hipótesis genérica:

"en todos los casos la naturaleza realiza la morfología menos compleja compatible con los datos locales iniciales" (Thom 1974, p. 24).

En consonancia con este principio general, las formas biológicas, en particular, se ajustan a la misma exigencia en la medida en que

"existen estructuras formales -de hecho, entidades geométricas- que prescriben las únicas formas posibles que puede presentar una dinámica en un modelo dado" (Thom 1977, p. 287).

Esa prescripción tiene, sin embargo, sus límites, más allá de los cuales se observan múltiples fluctuaciones locales de carácter aleatorio. Sólo la resultante general de esas variaciones está orientada por el principio variacional (Ibid.). Thom ha comparado esta orientación de las re-

sultantes locales por principios variacionales con la organización de los detalles locales por la en otro tiempo famosa "entelequia" de Driesch y ha caracterizado su método como un "vitalismo geométrico". La defensa de la determinación formal de los procesos ha hecho a Thom blanco de la denominación de "platonismo" (Bunge 1979). Posteriormente su interpretación de la teoría de las catástrofes como una nueva manera de formular el esquema hilemórfico de Aristóteles, destacando como núcleo suyo la causalidad formal (Thom 1983), pudo hacerle merecedor de la calificación de aristotélico (Alvarez 1984c).

Diríase que en la línea aristotélica -y años antes de esas declaraciones de aristotelismo- más que en la platonica, Thom ha intentado evitar el idealismo, insertando el propio pensamiento matemático en el proceso de evolución biológica que, mediando el lenguaje, ha conducido del animal al hombre (Thom 1975). Resumidamente, sus argumentos discurren como sigue. En los animales superiores el papel fundamental del sistema nervioso central es proporcionar una carta local que simula la posición del organismo en su entorno, así como también ofrecer una imagen de los seres vivos importantes como presas o depredadores. Por consiguiente, en el animal superior tienen lugar dos procesos: uno de reconocimiento de formas y otro de localización de esas formas relativamente al propio cuerpo. A pesar de lo cual no parece que exista en el animal superior una imagen global del espacio. El animal dispone sólo de territorios diferentes asociados a comportamientos fisiológicos determinados, y se pasa de un territorio a otro por referenciales de carácter visual y olfativo vinculados a estados fisiológicos o afectivos. La conexión de las cartas locales es, por tanto, extrínseca (no espacial): afectiva o fisiológica (Thom 1975).

La evolución ha conducido hasta el hombre a través de una mayor conciencia en el sueño, en la ejecución del juego y en su inserción en un grupo social, inserción que exige la existencia de un lenguaje a partir del cual surge el pensamiento matemático como el modo de establecer la alternancia de procesos indeterminados (expresados por las variables) y procesos extremadamente determinados (formulados en términos de operaciones). Sin embargo, lo que consolida la aparición de las matemáticas es la posibilidad de una concepción global del espacio. Mientras los animales dependen de factores no espaciales para conectar las cartas locales, el uso de instrumentos permite al hombre extender cartas locales continuas incorporando una carta local al instrumento que prolonga la acción de la mano.

"Además, puede reiterarse la misma acción indefinidamente. Así, mediante la operación de medida, colocan-

do una magnitud patrón en el extremo de una magnitud ya medida se lleva a cabo una extensión de la carta inicial, extensión gratuita inmotivada biológicamente. El espacio geométrico se constituye así a partir de todos los movimientos posibles repetidos y liberados de toda restricción biológica" (Thom 1977, p. 316).

La geometría ha eliminado la magia con el establecimiento de un espacio objetivo (igual para todos e independiente de la voluntad) y el contacto matemático con la realidad se aloja en las estructuras geométricas, porque el espacio euclídeo, en la forma del continuo geométrico, preexiste en la constitución de nuestras actividades por estar presente en nuestra fisiología. Esta es la prioridad ontológica del continuo geométrico. Los procedimientos de construcción geométrica están, por tanto, en una continuidad biológica con los procesos por ellos modelados y su culminación en la concepción global del espacio se caracteriza precisamente por el hecho de que la coordinación de las cartas locales tiene lugar por medio de un factor espacial: la extensión reiterable de una carta local que, cerrándolo, convierte el espacio en un sistema.

La ontología geométrica de Thom es una ontología biológica, no porque consista en la aplicación de estructuras matemáticas a procesos orgánicos (esto es, en todo caso, su metodología), sino porque funda las condiciones de la construcción conceptual (geométrica) en las mismas bases de la existencia real de lo orgánico como existente espacio-temporal. En su momento (Alvarez 1983a) me ocupé con cierto detalle de las consecuencias filosóficas que Thom extrae de su planteamiento. Me limitaré en lo que sigue a hacer notar las consecuencias que afectan a las unidades biológicas fundamentales que deben ser modeladas matemáticamente. Al respecto Thom se ha pronunciado claramente:

"...no debe olvidarse que la entidad unitaria esencial en biología no es el individuo aislado, sino la configuración en el espacio-tiempo que conecta a un individuo parental con sus descendientes... Entre dos instantes  $t_1$ ,  $t_2$  (por ejemplo, progenitor a la edad A y su descendiente a la misma edad A) la configuración continua se desarrollaría de tal manera que diese un mínimo para la complejidad global..." (Thom 1976, p. 54).

Una "cosa" así descrita ocupa, como indicaba Carnap (1958), una región en el continuo cuatridimensional del espacio-tiempo, de forma que una cosa dada en un instante

dado es una sección, una "rebanada", de la región total ocupada por la cosa. Ahora bien, los individuos fenoménicos no son las unidades esenciales, sino meramente sus "rebanadas" o momentos. El individuo fenoménico pierde así todo privilegio, al no ser su región espacio-temporal el punto de mira de la ciencia, sino la configuración que le une, por ejemplo, con sus descendientes con relación a cierta etapa de desarrollo.

Esta nueva definición de las unidades esenciales del conocimiento científico tiene una repercusión decisiva sobre la ontología asociada al procedimiento de construcción científica. Las unidades esenciales no son las unidades fenoménicas. Pero también las unidades fenoménicas, rebasadas en todos las concepciones consideradas hasta aquí, pueden ser consideradas como formas existentes que se han realizado en el proceso biótico entre un conjunto de formas posibles. Más aun, se puede postular la necesidad de una teoría previa de las formas posibles como requisito prioritario para una biología general en la cual la teoría de la evolución por selección natural sigue a continuación de aquélla. Si esa pretensión es además obra de biólogos y no de matemáticos como Thom, merece detenerse a examinarla.

En las ciencias humanas o sociales es sobradamente conocida la polémica entre historicistas y estructuralistas. Los años sesenta nos acostumbraron a matizar versiones diferentes, aunque a veces muy próximas, de las posiciones mencionadas. Menos conocida del gran público será, sin duda, la versión biológica de esta oposición.

La tradición del tema, no obstante, no es corta. Por uno de sus extremos se remonta, como señalan algunos de los interesados (Kauffman, 1983), al siglo XVIII y, en concreto, a la teoría morfológica clásica. Esta postura se asienta en el convencimiento de que han de establecerse las leyes generales de la forma biológica, como fundamento de la ciencia de los fenómenos característicos de los organismos. El siglo XIX, y en particular la teoría de la evolución, trajo consigo un relegamiento a segundo plano de esa tradición "estructuralista". La teoría evolucionista, en cambio, constituye una perspectiva "historicista", como sus defensores más conspicuos no dejan de reiterar. Así lo destaca Mayr (1961) al contraponer una biología funcional a una biología evolucionista. La primera se ocupa del funcionamiento de los organismos, la segunda de su historia; historia que repercute esencialmente en aquel funcionamiento, pues es la historia evolutiva de sus apariciones y desapariciones a lo largo del tiempo. Este enfrentamiento no puede resolverse, en ningún caso, con la simple eliminación de uno de los extremos. Puesto que se reconoce la legitimidad de ambos, el problema se plantea en la actualidad como la cuestión de la prioridad de uno

sobre el otro.

En recientes reuniones y congresos de biología del desarrollo se ha formulado la propuesta de la prioridad de las leyes generales de la forma sobre el proceso evolutivo. Dicha prioridad consiste en la existencia de principios generales de la forma que constituyen restricciones a la evolución (Goodwin, Holder & Wylie 1983). La oposición entre estructuralistas e historicistas tiene aquí su traducción en el debate entre "desarrollistas" y evolucionistas, acerca de la primacía teórica de una u otra de las posiciones. Desde el punto de vista sostenido por los "estructuralistas", existen leyes generales de la forma y transformaciones en los seres vivos, que determinan el ámbito de los posibles evolutivos. Sólo puede aparecer como novedad en la evolución aquello que es posible en tanto que ajustado a las leyes generales de las formas y las transformaciones orgánicas. Por el contrario, para los evolucionistas, sólo pueden existir, como invariantes de las formas y transformaciones, aquellas leyes que "resultan" en el proceso evolutivo y que, por tanto, son resultados "necesarios" de la selección natural. Es obvio que semejantes afirmaciones expresan dos posiciones claramente enfrentadas en lo referente a las causas de las formas y a las determinaciones de sus leyes de constitución. Sin embargo, analizadas las declaraciones, parecen estar refiriendo las causas y las determinaciones a contextos diferentes. Un juicio acerca de ese enfrentamiento debe empezar esclareciendo, por consiguiente, los trasfondos conceptuales de ambas posiciones, que no son solamente distintas en sus declaraciones, sino también en sus supuestos.

La posición estructuralista concede explícitamente el primado al desarrollo frente a la evolución, considerando que las regularidades de los procesos productores de formas apuntan a un conjunto de restricciones (constraints) impuestas por el desarrollo a la evolución. En su forma más acusada, la posición estructuralista sostiene que un conocimiento científico adecuado de las leyes que rigen la organización biológica es condición previa y primaria de toda formulación de una teoría biológica general. Las siguientes palabras de Goodwin y Trainor no dejan resquicios de duda al respecto:

"...el estudio de los principios o leyes de la forma biológica ha de ser separado claramente de las consideraciones históricas, puesto que la investigación de los invariantes que definen la homología (equivalencia de estructura respecto de una transformación que deja invariantes o inmutadas ciertas relaciones espaciales) depende únicamente de la forma y no de la ascendencia. Puede darse la conservación histórica de

formas en linajes particulares, pero esta observación no permite entender los problemas de la organización biológica, tales como la naturaleza de los principios generativos subyacentes a la equivalencia transformacional de los miembros de los tetrápodos..." (Goodwin y Trainor 1983, p. 76).

Es claro que la posición estructuralista aboga por el establecimiento de una "morfología general" epistemológicamente autónoma. La precisión de consideraciones históricas no es un simple alivio accidental, sino condición indispensable de constitución. Los principios que rigen las homologías, entendidas aquí no a la manera ortodoxa como semejanza entre formas basada en la ascendencia común -frente a la analogía como semejanza funcional sin ascendencia compartida- no son resultados "históricos", sino condiciones de posibilidad. Dichos principios son delimitadores del campo de las formas posibles. Los mismos biólogos citados insisten en ello distinguiendo entre principios selectivos internos y externos (Goodwin y Trainor 1983). Los principios internos serían aquellos que determinan el conjunto de formas posibles; los externos, en cambio, son los aplicables, en función de consideraciones funcionales resumidas en el concepto de adaptación, a las formas posibles realizadas. De ahí la afirmación de la subordinación de los principios externos a los internos: "El principio de selección externa..., aunque de obvia importancia en muchos casos, es suplementario de los que operan en los organismos en el propio proceso de generación, y realmente nunca puede ser usado como un sustituto causal de estos últimos" (Goodwin y Trainor 1983, p. 93).

Malamente pueden los evolucionistas admitir dos -o dos conjuntos de- principios de selección; y ello no porque no admitan la importancia de los principios de la forma, sino por el arrastre de lo posible sobre lo real supuesto por la subordinación del principio externo (la selección natural, en resumen) al principio interno. Para un evolucionista ortodoxo el principio de selección (natural, por supuesto) se aplica solamente a entidades reales y no posibles. Por el contrario, los "estructuralistas" anteponen entidades posibles determinables según principios formales (de homología, definida según el texto citado de Goodwin y Trainor) a las entidades reales sobre las que opera la selección natural. Las razones de las formas limitan el campo de las entidades reales, los posibles realizados sobre los que operan las causas naturales de la selección. Me he ocupado en otro lugar de la trama formas-causas-razones con relación a las perspectivas materialistas en Biología (Alvarez 1984c). Aquí me ceñiré al modo de ejecución en que se plasma la posición estructuralista desde un punto de vista metodoló-

gico en función de una ontología biológica articulada sobre la distinción entre formas posibles y formas existentes.

Cualquier lector atento de Jacob puede recordar las palabras del eminente premio Nobel en Le jeu des possibles, no sólo respecto de los organismos, sino de los objetos complejos en general:

"Vivientes o no, los objetos complejos son productos de procesos evolutivos en los que intervienen dos factores: por una parte, las restricciones (contraintes) que, en cada nivel, determinan las reglas del juego y marcan los límites de lo posible; por otra parte, las circunstancias que rigen el curso efectivo de los acontecimientos y llevan a efecto las interacciones de los sistemas" (Jacob 1981, p. 64).

Poco más adelante precisa Jacob que como sólo pueden formalizarse las restricciones, y no la historia" (Ibid., p. 65), la explicación biológica resulta ser doble: explicación del funcionamiento, por un lado, y explicación del origen, por el otro, -distinción correlativa de la citada de Mayr entre Biología funcional y Biología evolutiva. Y la cuestión queda redondeada cuando Jacob, entendiendo la acción selectiva más al modo del bricolage que de la ingeniería (negando, por tanto, la analogía del diseño), declara la importancia fundamental del desarrollo en la forma que sigue:

"La evolución es descrita en términos de filogénesis, es decir, de diferencias entre organismos adultos. Pero las diferencias entre adultos no reflejan nunca otra cosa que las diferencias entre los procesos de desarrollo que producen esos adultos. La selección natural opera sobre todo filtrando, a través de una red de restricciones en el desarrollo, los fenotipos que se realizan a partir de los genotipos posibles. Para comprender verdaderamente el proceso de la evolución, es menester comprender previamente el desarrollo embrionario. Sólo entonces se podrán valorar los cambios compatibles con el plan de organización y el funcionamiento de un organismo, y definir las reglas y las restricciones del juego evolutivo. Desgraciadamente, no se sabe aún apenas nada sobre el desarrollo del embrión" (Ibid., p. 87).

La respuesta "estructuralista" a las dificultades presentes en el planteamiento de Jacob consiste principalmente en saltar hacia adelante desde los escasos conocimientos acerca del desarrollo embrionario hasta la formalización de las restricciones, dando por supuesto que las

formas orgánicas han de entenderse en términos de principios generales de la organización espacial unidos a efectos particulares (incluidos los específicamente ligados a los genes), ambos referidos al concepto clásico de campo morfogenético (Goodwin y Trainor 1983).

Siguiendo estos postulados, Goodwin y Trainor ofrecen un modelo de la forma general de la extremidad de los tetrápodos. Dicho modelo se basa en la definición de un campo morfogenético primario  $u = (x,y)$ , cuyo valor en el punto  $x,y$  indica el grado de orden en ese punto. Un grado elevado de orden favorece la condrogénesis. Para simplificar el modelo (i) se ignora el eje dorso-ventral y se considera el campo morfogenético como un campo bidimensional de ejes próximo-distal y antero-posterior, (ii) se ignoran las simetrías antero-posteriores y se consideran solamente las soluciones de las ecuaciones de campo que son simétricas respecto del eje próximo-distal. Se supone, además, (iii) que en todas las etapas de la condrogénesis el nivel de actividad tiene forma cuadrática y (iv) que existe un principio de optamilidad para la energía del campo.

Una vez obtenidas las ecuaciones del campo, se postula (v) que la actividad en cualquier etapa tiene lugar en una región semicircular de radio  $R$  y base perpendicular al eje próximo-distal, y se exige (vi) la anulación del campo ( $u = 0$ ) en las fronteras de la región. Resueltas las ecuaciones, se puede calcular a partir de las soluciones la energía que corresponde a cada una de ellas, determinándose así niveles energéticos que pueden coincidir con los de la actividad metabólica. Las soluciones de las ecuaciones de campo asociadas a niveles energéticos establecen un conjunto de posibilidades espaciales. Su realización depende de los factores contingentes del sustrato. El sentido general del planteamiento se resume de esta forma:

"Suponemos que el proceso de condrogénesis es "puesto en escena" por un conjunto de factores contingentes que escogen, en cada etapa, una solución particular o característica del conjunto de todas las soluciones posibles de las ecuaciones del campo morfogenético. Los factores contingentes (que pueden estar relacionados en los niveles celulares o subcelulares con la actividad metabólica, el detalle ultraestructural, las propiedades de las membranas, etc.) definen en el nivel del campo el dominio de actividad, los valores del campo en la frontera del dominio y la 'energía global'" (Goodwin y Trainor 1983, p. 94).

Aquí, como en la exposición de Thom, la teoría mate-

mática de la forma esboza el ámbito de lo posible y las circunstancias "contingentes" locales de los sustratos concurren a la producción de las formas existentes. La distinción entre estructuras y factores en la configuración de los sistemas existentes es un viejo tema del estructuralismo. La oposición estructura/infraestructura tal como la formuló Lévi-Strauss para el sistema social coincide en líneas generales con la anterior (Alvarez 1978a). La infraestructura comprendía una variedad de factores dotados de eficacia causal (factores demográficos, ecológicos, tecnológicos, etc.) que se oponen a las estructuras, es decir, a los sistemas simbólicos ordenados, según Lévi-Strauss, como sistemas regionales integrados en el sistema social global, considerados por el conocido antropólogo, sin demasiado rigor, como dotados de estructuras de grupo (los distintos sistemas serían subgrupos del sistema global). El paralelismo reside en que también esta teoría del sistema social considera "contingencias históricas" las acciones del sustrato (de la infraestructura). La contingencia reside en que, siendo deterministas ambos órdenes -el sincrónico de las estructuras y el diacrónico de los factores-, son justamente dos órdenes diferentes no ligados entre sí funcionalmente. Contingencia es, por consiguiente, en este caso, falta de conexión unívoca entre estructuras y factores.

Si repasamos estos tres ejemplos, se observa que la afirmación de Jacob, según la cual sólo las restricciones pueden formalizarse, pero no se puede someter la historia a este mismo tratamiento, tiene el sentido de que la historia es el conjunto de alteraciones producidas por los ajustes y desajustes de posibilidades determinables con el estado de hecho de los sustratos. La "sintaxis matemática" (más estricta en Thom y en Goodwin y Trainor, más intencional que efectiva en Lévi-Strauss) establece el mundo de las formas (biológicas o sociales) posibles; el mecanismo de los sustratos "activa" hacia la existencia las posibilidades que le son concordes.

No es oportuno extender más este apartado. Sólo conviene señalar que una falta de univocidad semejante entre formas y funciones está en la base de la crítica al programa adaptacionista como univocación forzada de la relación entre formas y funciones a través de la identificación de las causas de las formas con las razones de su conservación (Alvarez 1984c). Los casos considerados en los dos últimos apartados, el primero con su ontología de los organismos como formas presentes a distancia para otros organismos -ontología que busca fundar la perspectiva fenomenológica por la mediación del animal que aprecia dicha distancia como radio de operaciones-, y el otro con la primacía ontológica del continuo geométrico (versión Thom) o de las formas posibles previas a las rea-

lizadas de acuerdo con la contingencia de los procesos del sustrato (versión cuasi-leibniziana de Goodwin y Trainor), constituyen dos casos frente a un tercero, seguramente el más conocido, casi dado por supuesto, que llena el apartado siguiente.

#### 6. Ontología y nivel de resolución quimismos/organismos.

En su libro más conocido decía Monod (1971) que un organismo es una máquina química. Esta afirmación se basa, en primer lugar, en la negación correctora del mecanicismo vulgar. Superarlo implica distinguir entre mecanicismo y quimismo atendiendo sobre todo a la escala de las partes componentes y al modo de operación de ese tipo de "maquinaria". La siguiente distinción, traída de la mano de un bioquímico, puede esclarecer la denominación.

"Las partes que constituyen un mecanismo tienen un tamaño y gozan de una permanencia que son del mismo orden de magnitud que los que caracterizan el conjunto. En un quimismo, en cambio, las piezas son moléculas y participan en reacciones químicas en que se transforman, siendo reemplazadas por otras. La operación de una máquina mecánica es especialmente especial y sólo exige la comprensión de diversos movimientos. En claro contraste, la función de una máquina química es netamente temporal y requiere la definición de varias acciones. La Biología progresó muy lentamente hasta que la Química logró cierto grado de desarrollo, porque los organismos, que constituyen su objeto de estudio, son realmente máquinas químicas" (Cadenas 1980, p. 106; el último subrayado es mío).

Esta forma de argumentar atribuye a los procesos orgánicos una explicación química y, por ello mismo, a las ciencias biológicas un nivel de resolución químico. Si además se toma al pie de la letra la afirmación de que los organismos son "realmente" máquinas químicas, es necesario establecer con claridad el alcance de ese adverbio. Es claro que los organismos tienen componentes químicos, pero esto no debe conducir forzosamente a la falacia del "nada más que". Ayala (1984, p. 9) apunta con razón que

"la inferencia de que si alguna cosa consiste sólo de cierta cosa, no es nada más que 'cierta otra cosa', es una inferencia errónea, que los filósofos llaman la falacia del nada más que. Los organismos consisten exclusivamente de átomos y moléculas, pero ello no quiere decir que no son más que acervos de átomos y moléculas... Los organismos están constituidos por átomos y moléculas, pero son estructuras sumamente

complejas, y a su vez 'estructuras de estructuras' de dichos átomos y moléculas. Los procesos vitales constituyen formas muy complejas, muy especiales y muy improbables de procesos físicos y químicos".

De ahí que los organismos, aun estando compuestos de elementos químicos, requieran explicaciones que se sirven de la Química, pero sin disolver la Biología en la Química. Esto sostienen quienes niegan la equivalencia entre sistema químico y sistema biológico (Bunge 1979). Las propiedades biológicas están arraigadas en el nivel químico, pero emergen de él haciendo posible la existencia de leyes biológicas propiamente dichas. Por tanto, para los que defienden la llamada perspectiva sistémica, los organismos son sistemas químicos cuyas propiedades básicas son físico-químicas, pero se combinan de forma especial dando lugar a propiedades emergentes características de los seres vivos.

Tanto desde el punto de vista del reduccionismo ontológico (no entro ahora en el reduccionismo epistemológico, ni en el metodológico; para ello véase Ayala 1984) como desde el de una ontología sistémica, la relación indisoluble de lo orgánico con lo (físico-)químico es esencial. Desde el punto de vista de la teoría de la evolución, la distinción entre una teoría general de la evolución biológica y una teoría restringida (Alvarez 1981), nos conduce por una vía diferente de, pero relacionada con la ontológica, al mismo par conjugado químicos/organismos como nivel de resolución de las ciencias biológicas. El principio causal explicativo que opera en la teoría de la evolución -el de la selección natural- puede ser aplicado exclusivamente a las formas vivas dadas o extendido hasta la situación del origen de los seres vivos. La teoría darwinista clásica explicaba el proceso de evolución a partir de las formas más elementales hasta llegar a las más complejas. El ámbito de explicación quedaba así delimitado por el postulado omne vivum ex vivo. En esta forma clásica la teoría de la evolución se presenta en la modalidad que puede llamarse teoría restringida de la evolución. En cambio, si se aplica el principio de selección natural al origen de la vida, es decir a las poblaciones de polímeros duplicativos de la última etapa prebiótica (Orgel 1975), se produce una teoría generalizada de la evolución biológica. Esta teoría se propone explicar, valiéndose del principio de selección natural, la transformación de las diversas especies de entidades reproductoras, desde los polímeros duplicativos hasta el hombre. La propia teoría de la evolución resulta "redefinida" en cuanto teoría unificadora del campo de los seres vivos. "Vida", como término inicial al que le es aplicable el principio de la selección natural, es un tér-

mino que ha conducido a la delimitación del campo de las entidades reproductoras de composición química definida cuya reproducción no es perfecta. "El origen de la vida" abandona su condición de expresión misteriosa y se convierte en la denominación de algo recuperado, como el tránsito de una especie de entidades a otra, en el marco de una teoría unitaria cuya unidad procede de la aplicación uniforme del principio de selección natural. La teoría generalizada rectifica la visión externa según la cual la Biología se define como la ciencia de la vida en un horizonte fenomenológico que ya ha sido superado. El nivel de resolución de las ciencias biológicas en la teoría generalizada de la evolución no es el de los seres vivos fenomenológicamente descritos, sino el de las entidades duplicativas en ambientes cambiantes a las que es aplicable el principio de selección natural. Se introduce así la oposición 'polímeros duplicativos/organismos' como nivel de resolución de las ciencias biológicas.

Como los polímeros duplicativos son una clase de quimismos, el nivel de resolución así formulado no hace sino corroborar, desde la perspectiva procesual de la evolución, el punto de vista estructural de la composición. Frente a la posición "estructuralista" del apartado anterior, la que en éste se presenta recurre a los mecanismos químicos para explicar la producción de las formas. En esta línea se insertan todos aquellos intentos que van tras una clave universal de la forma corporal basándose en el hallazgo de que una secuencia de ADN común a varios genes homeóticos de Drosophila se encuentra también en los genomas de animales diversos, incluido el hombre (Struhl 1984). De igual modo, cuando se postula, para los conocidos modelos desarrollados por Wolpert sobre la base de un mecanismo de información posicional, la existencia de un gradiente químico, aun sin que ese gradiente haya sido comprobado, se está remitiendo al nivel de los quimismos como conjugado de los organismos (Wolpert & Stein 1984).

El breve esbozo de la posición de este apartado completa una panorámica que debe ser analizada para poner de manifiesto la existencia de determinadas relaciones entre ontologías y metodologías.

#### 7. Tres tipos de ontologías biológicas y sus metodologías asociadas.

Los tres últimos apartados han servido para darnos motivo de reconocer tres tipos diferentes de ontologías biológicas que, según el mismo orden en que han sido esquematizadas, hacen pensar en lo orgánico por mediación de "sujetos" (agentes perceptores), por mediación de signos (estructuras matemáticas) y por medio de objetos físi-

co-químicos. Estas mediaciones pueden ser representadas mediante simples productos relativos, cuyas relaciones factores tienen como término común el tipo de elemento mediador. Denotando con 's' los signos, con 'S' los sujetos y con 'O' los objetos, pueden formularse las siguientes igualdades:

1. Ontologías mediadas por signos

$$(O_i, s_i)/(s_i, O_j) = (O_i, O_j)$$

2. Ontologías mediadas por sujetos

$$(O_i, S_i)/(S_i, O_j) = (O_i, O_j)$$

3. Ontologías mediadas por objetos

$$(O_i, O_j)/(O_j, O_k) = (O_i, O_k)$$

Dos convenciones adicionales son necesarias: (i) el término de la izquierda predomina sobre el de la derecha en las relaciones; (ii) la relación de la izquierda predomina sobre la de la derecha en los productos. Con esto se puede esclarecer el sentido de estos esquemas ontológicos, recurriendo a una terminología que he utilizado en trabajos anteriores (Alvarez 1982, 1983a, 1984a, 1984b).

Las ontologías mediadas por signos están ilustradas por la composición de relaciones incorporativas (O, s), en las cuales las propiedades materiales de los objetos marcan las condiciones de las simbolizaciones posibles, y relaciones representativas (s, O) en que los sistemas simbólicos representan objetos y procesos. En el caso de Thom, la relación incorporativa indica la situación en que el sistema nervioso y los objetos manipulados "incorporan" símbolos -cartas locales y patrones de medida-, mientras que la relación representativa muestra y apunta a la situación en que los símbolos sirven para establecer el curso de los procesos objetivos -por ejemplo, cuando se redefinen las unidades esenciales del conocimiento biológico en términos de configuraciones espacio-temporales óptimas que obedecen a las condiciones "simbólicas" de los principios variacionales, al modo como los solitones responden a la topología del campo (Alvarez 1984a). La relación resultante, una relación óptica (O, O) debe ser entendida como referida al ámbito de las relaciones ópticas resultantes de la subordinación de las representaciones a las limitaciones y condiciones impuestas por los objetos materiales a la representación simbólica. La situación de los "estructuralistas", en la medida en que pretenden ofrecer una teoría biológica y no sólo matemá-

tica, se ajusta también al mismo esquema. Las relaciones incorporativas en que los sustratos, con sus niveles energéticos asociados, determinan qué posibilidades se realizan, subordinan las relaciones en que las fronteras de la simbolización exceden los límites de la existencia. La relación producto une los factores contingentes con las formas resultantes. Esto hace ver que las pretensiones "estructuralistas" se cumplen, en caso de hacerlo, no del lado de la ontología, sino de la metodología; de lo que se tratará más adelante.

Las ontologías mediadas por sujetos se caracterizan por la subordinación de las relaciones restrictivas (O, S), en que los objetos del entorno imponen restricciones a la actividad de los sujetos, a relaciones técnicas (S, O) en que los sujetos manipulan, e incluso en algunos casos transforman según plan, los objetos, sometiéndolos a las condiciones de su actividad. En el ejemplo aducido, las formas perceptibles de los animales -los fenómenos propios de Portmann- constituyen restricciones a la actividad de los "sujetos" -sujetos, sin duda, peculiares: los agentes perceptores que tienen experiencia y se hallan en conexión evolutiva con el sujeto (sin comillas esta vez) que practica la fenomenología de lo orgánico-, mientras que la relación técnica -entendida, para hacerla extensiva a la totalidad del mundo animal, como el conjunto de conductas de apropiación del entorno- indicaría los comportamientos de apropiación y conservación vinculados a los estímulos procedentes de las formas perceptibles. La relación resultante, como relación óptica, debe entenderse como el ámbito de relaciones resultante de la subordinación de las conductas a las restricciones que imponen los objetos que se presentan a la percepción: las formas de los otros animales.

En tercer lugar, las ontologías mediadas por objetos se caracterizan por la composición de relaciones ópticas (O, O), cuyos términos pueden ser de escalas diferentes -de lo contrario, muchas veces se iría a parar a simples trivialidades- y relaciones ópticas cuyos términos pueden ser asimismo de escalas diferentes, por las mismas razones. Con relación al nivel de resolución quimismos/organismos, puede entenderse que los objetos mediadores son de la escala química, mientras que los objetos mediados que aparecen en la relación producto son de la escala orgánica. De esta forma es posible deshacer algunas dificultades planteadas acerca de la relación entre lo químico y lo biológico, porque lo químico, como mediador, permite establecer relaciones objetivas entre términos de la escala orgánica, sin aparecer en las relaciones finales (las leyes propiamente biológicas), aunque el mediador químico haya servido como base del establecimiento de la conexión. En otras ciencias pueden encontrarse igualmente

ejemplos significativos. Así, en la teoría geográfica de los lugares centrales, en la cual se establecen leyes espaciales por las cuales las áreas de mercado constituyen un empaquetamiento de superficies hexagonales, se utiliza como hipótesis inicial la existencia de "consumidores racionales", cuya actividad guiada por un cálculo de optimización, junto con otras hipótesis, genera las áreas hexagonales. Sin embargo, en el resultado final desaparece el consumidor y nos hallamos ante a meras distribuciones geométricas (Alvarez 1978b).

Puede suceder que se formulen o se atisben leyes generales fenomenológicas sobre ciertos procesos en determinada escala, pero cuyo mecanismo sea todavía desconocido. El descubrimiento de ese mecanismo fundamentaría ontológicamente las relaciones fenomenológicas, pero no alteraría necesariamente las relaciones descubiertas. En la Biología del desarrollo se ha comprobado la existencia de los mismos tipos de fenómenos que obedecen a las mismas leyes en la formación de patrones de desarrollo en distintos animales, pero como reconoce Wolpert

"...a los biólogos del desarrollo les gustaría conocer la base molecular de la formación de modelos..., tenemos reglas que gobiernan la fenomenología, pero la base molecular nos resulta completamente desconocida" (Wolpert 1978, p.89).

El descubrimiento de la naturaleza química de los gradientes de información posicional podría convertir las relaciones meramente fenomenológicas en relaciones ópticas mediadas químicamente. Por ello mismo, el ámbito biológico considerado resultaría determinado por medio de lo químico, pero no reducido a lo químico porque el resultado final -la relación óptica, formulada como ley- sería biológico.

Supuesto todo lo anterior, y limitando el enfoque a las relaciones de ontologías y metodologías (es frecuente también introducir la epistemología completando una terna: vid. Alvarez 1983b), es posible razonar ahora que las primeras ontologías -las mediadas por signos- se asocian a metodologías sintácticas. Los esquemas de relaciones facilitan la comprensión de que los respectivos productos conmutados -que sólo están definidos cuando se satisfacen determinadas condiciones de adecuación, dado que este producto no es conmutativo- determinan relaciones sintácticas (s, s): la teoría de las catástrofes aparece entonces como una metodología sintáctica asociada a la primacía ontológica del continuo geométrico y la teoría del campo morfogénético, en que las soluciones (soluciones propias) establecen el ámbito de los posibles activados por los niveles energéticos coincidentes de los sustratos, como una meto-

dología sintáctica asociada a las restricciones que impone un inventario de formas posibles (otra cuestión es que este "estructuralismo" no sea una inversión de la eficacia causal real, que arraiga en los estados de los sustratos). No hay que pasar de largo sin mencionar la posibilidad de otras metodologías sintácticas -metodologías antitopológicas, no por negación pura y simple de la topología, sino por considerarla insuficiente, como la teoría de los fractales (Mandelbrot 1982)- aunque su análisis no tenga cabida en este artículo.

Asimismo, el producto conmutado del esquema representativo de las ontologías mediadas por sujetos da lugar a relaciones sociales (S, S): la fenomenología de Portmann se presenta metodológicamente como una especie de "sociología" del mundo animal. No en vano tituló uno de sus libros Los animales como seres sociales (Portmann 1961). En cualquier caso, este punto de vista funda la etología de observación en las propias condiciones ontológicas de su dominio de investigación. Que este modo de "ver" (dicho sea con toda propiedad), se oponga a la vez que se completa con el recurso a los mecanismos bioquímicos que sirven de base al establecimiento de las distancias perceptivas, relaciona este segundo planteamiento con el tercero que sigue.

Por último, las ontologías biológicas mediadas por objetos están asociadas, como lo muestra su correspondiente producto conmutado, a metodologías objetivas (ónticas) -en el caso aquí tratado, físico-químicas. De esta situación se deriva el problema de situar a la Biología respecto de la Biofísica y de la Bioquímica, de las cuales la primera tomaría ciertas metodologías, pero no teorías propiamente dichas (Pilet 1982).

El paso de la ontología a la metodología no es una simple inversión: el producto relativo, que no es conmutativo, sirve para ilustrarlo. Las relaciones entre ontología y metodología están aquí, por tanto, sólo indicadas, pero no desarrolladas. Se ha mostrado la asociación no accidental de determinados tipos de ontologías con ciertas formas de metodología, pero el paso de las ontologías a metodologías requiere la inserción de nuevas relaciones y la subordinación del resultado a relaciones normativas (pues el método consiste principalmente en la subordinación de operaciones simbólicas, técnicas y sociales a normas (Alvarez 1982)). Pero esto ya es materia para otro artículo.

Universidad de León

#### BIBLIOGRAFIA

- Alvarez, J. R. (1978a), La idea de causalidad estructural, León: Colegio Universitario de León.
- (1978b), "Geografía y Filosofía de la Ciencia", Finis-terra, XII, 26, pp. 169-200.
- (1981), "El nivel de resolución de las ciencias biológicas", Estudios Humanísticos, 3, pp. 69-93.
- (1982), "Sobre método y concepto", Estudios Humanísticos, 4, pp. 93-111.
- (1983a), "Ontologías biológicas", ponencia leída en II Congreso de Teoría y Metodología de las Ciencias, Oviedo, 1983.
- (1983b), "La filosofía de los geógrafos", Contextos, I/2, pp. 135-144.
- (1984a), "Metodología, ontología y realismo cuánticos", Contextos, II, 4, pp. 139-157.
- (1984b), "Un contexto de análisis para las ciencias humanas", Diánoia 30, pp. 173-209.
- (1984c), "Formas, causas y razones: perspectivas materialistas en el pensamiento biológico actual", ponencia leída en el I Simposio Hispano-Mexicano de Filosofía, Salamanca (Octubre de 1984).
- (1985), Recensión de A. Portmann, Einführung in die vergleichende Morphologie der Wirbeltiere (6ª ed.), Contextos III/5, pp. 202-205.
- Aristóteles, Acerca del alma, véase Calvo T. (1978).
- Física: el texto utilizado es el de Aristotle. The Physics, texto y traducción de P. H Wicksteed y F. M. Cornford, Londres: Heinemann, reimpresión de 1963.
- Aronson, J. L. (1984), A Realist Theory of Science, Londres: Macmillan.
- Ayala, F. J. (1984), "Relaciones ontológicas, metodológicas y epistemológicas entre la biología y la física", Contextos II/3, pp. 7-20.
- Bhaskar, R. J. (1975), A Realist Theory of Science, Sussex: Harvester Press.
- Bueno, G. (1978a), "Conceptos conjugados", El Basilisco 1, pp. 88-92.
- (1978b) "En torno al concepto de ciencias humanas", El Basilisco, 2, pp. 12-46.
- Bunge, M. (1972), Causalidad. El principio de causalidad en la ciencia moderna, 3ª ed. Buenos Aires: Eudeba.

- (1979), Treatise on Basic Philosophy. 4. Ontology: A World of Systems, Dordrecht: D. Reidel.
- (1981), Materialismo y ciencia, Barcelona: Ariel.
- (1985), Treatise on Basic Philosophy. 7. (I-II) Philosophy of Science and Technology, Dordrecht: D. Reidel.
- Cadenas, E. (1980) "Enzimas alostéricos", Investigación y ciencia, Marzo, pp. 106-118.
- Calvo, T. (1978), Aristóteles, Acerca del alma, traducción, introducción, y notas de -----, Madrid: Gredos.
- Carnap, R. (1958), Introduction to Symbolic Logic and its Applications, New York.
- Del Teso, E. (1985), "Del campo de la Lingüística General y el de las gramáticas particulares", Contextos III/5, pp. 113-140.
- Gilson, E. (1976), De Aristóteles a Darwin (y vuelta), traducción de Alberto Clavería, Madrid: EUNSA.
- Goodwin, B.C., Holder, N. & Wylie, C.C. (eds.) (1983), Development and Evolution, Londres: Cambridge University Press.
- Goodwin, B.C. & Trainor, L.E.H. (1983), "The ontogeny and phylogeny of the pentadactyl limb", en Goodwin, Holder & Wylie (1983), pp. 75-98.
- Gould, S.J. (1980), The Panda's Thumb, Nueva York: W. W. Norton.
- Gould, S.J. y Lewontin, R.C. (1983), "La adaptación biológica", Mundo científico, Febrero, pp. 219-223.
- Grene, M. (1974), The Understanding of Nature. Essays in the Philosophy of Biology, Dordrecht: D. Reidel.
- Hall, T.S. (1969), Ideas of Life and Matter, Chicago: The University of Chicago Press, vol. 1.
- Hamelin, O. (1976), Le système d'Aristote, 3ª ed., París: J. Vrin.
- Hartmann, N. (1964), Ontología. V. Filosofía de la naturaleza: categorías organológicas, traducción de J. Gaos, México D.F.: Fondo de Cultura Económica.
- Jacob, F. (1981), Le jeu des possibles. Essai sur la diversité du vivant, París: Fayard.
- Kauffman, S.A. (1983), "Developmental constraints: internal factors in evolution", en Goodwin, Holder & Wylie (1983), pp. 195-225.
- Mandelbrot, B. (1982), The Fractal Geometry of Nature, Nueva York: W. H. Freeman.
- Mayr, E. (1961), "Cause and effect in Biology", Science, 134, pp. 1501-1506.
- Meyer, F. (1967), "Situation épistémologique de la Biologie", en Piaget, J. (comp.), Logique et connaissance scientifique, Paris: Gallimard, 1967, pp. 781-821.

- Monod, J. (1971), El azar y la necesidad, traducción de F. Ferrer Lerín, Barcelona: Barral.
- Moya, A. (1985), "Clásicos y nuevos enfoques en Filosofía de la Biología", Contextos III/5, pp. 65-74.
- Orgel, L. E. (1975), Los orígenes de la vida. Moléculas y selección natural, traducción de E. López Thome, Madrid: Alianza.
- Pilet, P.-E. (1982). "Biologie, biophysique et biochimie: complémentarité et discordance", Dialectica, 36, 1, pp. 15-22.
- Portmann, A. (1957), "Time in the Life of the Organism", en Man and Time III, Princeton University Press.
- (1961), Animals as Social Beings, trad. inglesa de O. Coburn, Londres: Hutchinson.
- (1968) Nuevos caminos de la Biología, traducción de D. Carvallo, Madrid: Iberoamericana.
- (1983), Einführung in die vergleichende Morphologie der Wirbeltiere, Basilea: Schwabe & Co.
- Preus, A. (1975), Science and Philosophy in Aristotle's Biological Works, Hildesheim: G. Olms.
- Ross, W. D. (1964), Aristotle, 5ª ed. revisada, Londres: Methuen.
- Sheldrake, R. (1981), A New Science of Life. The Hypothesis of Formative Causation, Londres: Blond & Briggs.
- Smith, C.U.M. (1977), El problema de la vida, traducción de N. Sánchez Sainz-Trápaga, Madrid: Alianza.
- Stewart, I. (1977), Conceptos de matemática moderna, traducción de J.M. Fraile Pelaez, Madrid: Alianza.
- Struhl, G. (1984), "A universal genetic key to body plan?", Nature, 310, p. 10.
- Thom, R. (1974), Modèles mathématiques et morphogénèse, París: U.G.E.
- (1975), "Les mathématiques et l'intelligible", Dialectica, 29, 1, pp. 71-80.
- (1976), "Comentario", en Waddington, C.H., Hacia una Biología teórica, traducción de M. Franco Rivas, Madrid: Alianza, pp. 54-65.
- (1977), Stabilité structurelle et morphogénèse, 2ª ed., París: InterEditions.
- (1983), Paraboles et catastrophes, París: Flammarion.
- Tuomela, R. (1985), Science, Action and Reality, Dordrecht:D. Reidel.

- Wolpert, L. (1978), "La formación de modelos en el desarrollo biológico", Investigación y ciencia, Diciembre, pp. 78-89.
- Wolpert, L. & Stein, W.D. (1984), "Positional Information and Pattern Formation", en Malacinski, G.M. & Bryant, S.V., Pattern Formation. A Primer in Developmental Biology, Nueva York: Macmillan, pp. 3-21.
- Yourgrau, W. & Mandelstam, S. (1968), Variational Principles in Dynamics and Quantum Theory, Nueva York: Dover.