

Bioteleología***

Jesus Alberto León

Agosto, 1990

1. La Cuestión

Quizá no sea ilegítimo perpetrar una metáfora en el pórtico de un ensayo con intención filosófica. Considérese una fuente de la que dimana algún líquido, y un sumidero por el cual aquél se hunde, separados por un trecho. A lo largo de este espacio se establece un gradiente de presión, al cual contribuyen tanto el empuje que nace de la fuente como la succión que el sumidero ejerce. ¿Qué tal si en vez de *espacio* ponemos *tiempo*, de manera que el pasado empuje y el futuro succione? Cierta repugnancia epistemológica sobreviene: ¿cómo es eso de un futuro que hala, que interviene dinámicamente en la determinación de eventos que conducen hacia él?

Este rechazo nos asalta porque somos herederos culturales del Renacimiento y la Ilustración, de la física de Galileo y Newton. No siempre se consideró “antinatural” que el final de un proceso influyese en su marcha.

2. La visión aristotélica

Conviene repasar el estudio del cambio que emprende Aristóteles en la Física, la Metafísica y varios de los tratados biológicos. El análisis apunta a conciliar la manifiesta ubicuidad del cambio en la naturaleza con su negación radical por Parménides. Se ofrece según varias perspectivas: (1) la de los ‘aspectos’ de ‘todo’ ente: sustrato, forma y privación; (2) el enfoque ‘dinámico’ que atiende a la relación potencia–acto, y (3) el reconocimiento de varios tipos de cambio.

Esas perspectivas pueden quizás articularse así: Toda entidad está constituida por algún *sustrato* cuajado en una *forma*. La adjudicación de estas categorías es relativa al caso

*Premio Iberoamericano ‘Federico Riu’ a la investigación filosófica (1990).

**Capítulo 0 en: “Bases para la Teoría de Biohistorias” (1990), trabajo de ascenso para optar a la categoría de Profesor Titular en el escalafón universitario de la Universidad Central de Venezuela.

***Publicado en: “Las Explicaciones Teleológicas”, Cuadernos de Episteme No 5. pags. 31–66; V. Lo Monaco (ed.); Publicaciones del Instituto de Filosofía, UCV, Caracas.

considerado (los ladrillos son ‘sustrato’ de la casa pero ‘forma’ de la arcilla), relatividad ésta que asoma una concepción jerárquica de la realidad. Pero la entidad se muestra como miembro de un haz de presencias posibles, construidas del mismo sustrato y provistas de formas diversas. El ente está, por lo pronto, *privado* de esas otras formas, pero las alberga en *potencia*. Sus potencialidades son un horizonte, sólo hacia ellas podría ir si cambia. El cambio es entonces trans - formación, abandono de una forma y adquisición de otra, que antes era sólo carencia, sólo latencia inscrita en el halo de virtuales posibilidades, y que ahora se actualiza, se obtiene en *acto*.

Todo ente forma parte de una red de entes interconvertibles, unos presentes, otros latentes pero alcanzables mediante actualización. La conversión entre estos entes relacionados, sustentados por un mismo sustrato, define los *modos entitativos* de cambio: la *generación* de novedades posibles, la *corrupción* o desaparición de existentes. A su vez cada ente puede existir en formas múltiples, que difieren en *cualidad* o *cantidad* o *posición*. Las transfiguraciones que llevan de una a otra de estas formas son las modalidades accidentales de movimiento.

¿Cómo explicar el cambio en el seno de un mundo así? [Aristóteles](#) recomienda a cuatro ‘factores explicativos’ o ‘*aitíai*’, equivocadamente bautizados ‘causas’ por la tradición. Puesto que explicar es buscar *porqués*: las “maneras de decir por qué” (Física II, 198 a 15) dan lugar a los cuatro tipos de *aitíai*: (1) *material*, referente al sustrato, la materia que permanece subyacente al transvasamiento entre formas; (2) *formal*, usualmente referida a la forma resultante del cambio, la estructura de su producto o culminación (p. ej. [Mosterin, 1984](#); [Ross, 1949](#)). El texto aristotélico mismo permite también entender al ‘factor’ formal como el ‘modelo’ anticipado de esa estructura final (Física II, 3, 194 b 16) y hasta quizás como el plan, proyecto o programa que guía el proceso ([Edel, 1982](#)); (3) *eficiente*, que designa al agente (inmanente o externo) promotor del cambio, los ‘instrumentos’ usados y las operaciones efectuadas. (4) *final*, que alude a la finalidad (telos) o ‘para qué’ (*to nou héneka*), a la misión que cumple el cambio.

La metáfora básica que sirve aquí de raíz al pensamiento de Aristóteles es la actividad del artesano: éste concibe un proyecto acorde al pretendido uso de sus productos; actúa luego moldeando los materiales hasta llevarlos a la forma prefigurada, la que debe servir al uso previsto.

Es obvio que tal metáfora justifica la aplicación de esos principios explicativos a procesos productivos humanos. Pero ¿cómo legitimar su aplicación a procesos naturales? ¿Cómo conciliar el recurso a los *aitíai* con la concepción del mundo antes expuesta? Aristóteles lo hace advirtiendo que el factor *material* identifica al sustrato de todo cambio, mientras que los factores *formal*, *eficiente* y *final* son aspectos de la transformación. Hay así una suerte de reducción a, o integración en, la ‘causa’ formal de las tres últimas ‘causas’ mentadas ([Edel, 1982](#)).

En la producción de artefactos la ‘causa’ final está más allá del útil mismo, en los usos que se le dan. En la naturaleza la finalidad es la culminación, la realización plena de la forma. A su vez, esto requiere la actualidad previa de la forma a ser desarrollada, como iniciadora y trasmisora del ‘programa’ de operaciones que llevarán a la forma resultante. El

fuego se propaga, el padre engendra al hijo. Así pues, al hacer de la forma también ‘causa’ eficiente, se está circunscribiendo el dominio de vigencia de este pensamiento a entidades capaces de reproducirse. A menos que se admita que todas las cosas del mundo son así.

Se plantea entonces una doble indagación acerca de los alcances de la *teleología* (la doctrina de la ‘causa’ final). Una primera distinción conviene hacer entre teleologías monistas y pluralistas. Las *monistas* conciben un mundo regido por planes globales, que se empujan hacia alguna culminación puesta al fin de la historia. Las escatologías religiosas – que además son trascendentes, pues miran esa marcha del mundo como realización de un plan externo, impuesto por un Agente creador –; la visión hegeliana de la Razón desplegándose en la historia; la idea de Evolución hacia el Punto Omega, propuesta por [Teilhard de Chardin \(1940\)](#); son ejemplos de teleologías monistas. La teleología de Aristóteles es más bien pluralista. Los diversos sistemas en el mundo ejecutan sus propios planes, avanzan hacia sus fines, pero no se entretajan en un plan global supeditado a un fin omnicompreensivo. Aunque Aristóteles admite un orden de perfección, con los cuerpos celestiales en el pináculo de la escala de sustancias, no parece sugerir que ninguna cosa o proceso esté al servicio de otra. La suya es además una teleología *inmanente*, los planes y fines *residen* en los entes y procesos, radican en su naturaleza (*physis*) y no les son impuestos. Su teleología contrasta entonces con la que – centrada en la figura del Demiurgo – expone en Timeo su maestro Platón.

Pero aunque pluralista e inmanentista, no deja Aristóteles de insistir en que la ‘doctrina de las cuatro causas’ es aplicable a todos los tipos de movimiento o cambio. Con lo cual da lugar a los principales desmentidos que se alzarán contra su pensamiento al advenir la modernidad.

3. Hacia la modernidad

En la baja Edad Media predominó una interpretación teológica de Aristóteles, que culmina en Tomás de Aquino. Con apoyo en la idea aristotélica del Motor Inmóvil se insiste en una teleología monista y trascendental ([Owens, 1951](#)). Por vía contraria, Galileo, Descartes, Newton, son goznes sobre los cuales gira el pensamiento. El aristotelismo es erosionado. Los conceptos que no desaparecen se transfiguran. De entre los tipos de cambio emerge triunfante la locomoción, la traslación, monopolizando el nombre mismo de *movimiento*. Y pierde ese carácter teleológico de movimiento hacia el ‘lugar natural’. Cambian radicalmente los conceptos de materia, espacio y tiempo. La idea de ‘potencia’ se evapora. La causa eficiente – en la guisa del evento previo que fuerza al subsiguiente – se adueña del escenario. La causa formal se disfraza de “ley” y ya no hay fines en la naturaleza. Se instaura la visión mecanicista del mundo ([Dijksterhuis, 1961](#)).

Queda un sólo reducto a la explicación teleológica: la acción humana. Allí persiste, en el dilema razones vs causas ([Toulmin, 1970](#)), en el concepto de propósito ([Taylor, 1970](#)), en la discusión ética sobre medios y fines. La distinción hecha por Descartes entre *res Cogitans* y *res extensa* legitima quizá la subsistencia de este rincón finalista. Pero los seres vivos,

animales y plantas, quedan fuera. Son máquinas sin finalidad.

Los éxitos de la mecánica de Newton justifican el señoreo que la nueva concepción ejerce, y son indiscutibles en el dominio de la naturaleza “inorgánica”. Una piedra cae dando tumbos; su trayectoria la determinan el campo gravitatorio y los impulsos que recibe al golpearse con rocas fijas. No va en especial a ninguna parte. Pero ¿puede decirse lo mismo del desarrollo de un embrión? Siempre quedaron resabios teleológicos en la biología. No en vano, Aristóteles, gran biólogo, exhibe algunos de sus más convincentes ejemplos en las obras zoológicas (ver análisis en [Ackrill \(1981\)](#); o mejor en [Lloyd, 1968](#)). La disputa entre mecanicismo y vitalismo atestigua la insatisfacción de los biólogos con la eliminación a ultranza de las “causas” formal y final ([Gilson, 1976](#)).

Si no hay fines y diseño en la Naturaleza ¿cómo es que el gavilán *persigue* a la paloma, que las aletas *sirven* para estabilizar a un pez, que las espinas *defienden* a la planta, que el desarrollo embrionario *culmina* en la forma adulta? ¿O será que la distinción entre seres vivientes e inertes designa una radical separación óptica entre entes con o sin fines?. Y si es así ¿cómo conciliar esos distingos con una concepción materialista que consagre un trasfondo de legalidad física subyacente a la pluralidad de modalidades ópticas? ¿Es posible escapar a esas dos exageraciones antipódicas, la aristotélica, que atribuye finalidad a todos los tipos de cambio, y la mecanicista, que se los niega a todos?

4. La visión evolucionista

La clave de la respuesta estriba en el mecanismo de *selección natural* (SN en adelante) propuesto por Darwin. Este es un mecanismo *natural*, cuya vigencia requiere sistemas físico-químicos con atributos *especiales* pero *posibles*. Así apenas aparezcan tales entidades, aunque sea en versión simplísima, entran en juego procesos capaces de complejizarlos y generar en ellos diseños y actividades teleodirigidos.

Curiosamente, el pensamiento darwinista barre con un tipo de teleología y entroniza otro. Desacredita la atribución de fines o funciones a la Naturaleza toda, a la Evolución o a la Historia, a sistemas supra-individuales como especies, comunidades o ecosistemas (ver [Williams, 1966](#); [Ghiselin, 1974](#)). Convalida en cambio la atribución de funciones a partes de bio-individuos y la presencia en éstos de procesos direccionales, cuya configuración y sentido se torna inteligible en la medida en que contribuyan a la supervivencia y/o reproducción de tales individuos. Se entiende entonces que surjan pronunciamientos tan dispares como el de [MacLeod \(1957\)](#): “what is most challenging about Darwin is his reintroduction of purpose into the natural world” y éste de [Hull \(1973\)](#): “evolutionary theory did away with teleology, and that is that”

La existencia de la SN habilita un reino de entidades especiales – portadoras de peculiaridades características, como la direccionalidad – sin concitar así ningún conflicto con la causalidad físico-química. Esta delimitación cabe perfectamente en un *materialismo emergentista* ([Bunge, 1980](#)) del tipo descrito bellamente en el siguiente párrafo de [Ruiz de la Peña \(1983\)](#): “La materia, sustancia única, se despliega en niveles de ser cualitativamente

distintos, fisiosistemas, quimiosistemas, biosistemas, psicosisistemas. Cada uno de estos estratos de lo real supone al anterior, pero lo supera ontológicamente y es irreductible a él. Se propone pues un monismo de sustancia y un pluralismo de propiedades: la única sustancia se articula en esferas de ser distintas, regidas por leyes distintas y dotadas de virtualidades y capacidades funcionales distintas”. Así pues la realidad no es monódica sino sinfónica. Su urdimbre se trenza, no ya con variaciones sobre un único tema, sino con temas plurales y en si mismos coherentes, aunque abiertos a los otros y cobijados por un sustrato común de materia.

¿En qué consiste ese principio generativo – la SN – en virtud del cual se constituye un especial sector de la realidad, el de los organismos vivos, peculiar pero no ajeno a las riendas legales de la fisico-química? Se trata de un mecanismo que sólo puede operar entre entidades que posean las siguientes propiedades: (1) Rasgos identificatorios que permitan *distinguir* entre ‘individuos’; (2) *Variación* inter-individual en esos rasgos; (3) *Reproducción* en el doble sentido de *producción* de descendientes y *herencia* de las ‘señas de identidad’, de suerte que la progenie se parece más al ‘progenitor’ (o ‘progenitores’) que a otros individuos de la generación anterior. Dada la existencia de seres con esos atributos, la *Premisa Fundamental* de la SN es que la *diferencia en rasgos* heredables determina, en un cierto ambiente, *diferencias* entre los tipos de individuos en su *viabilidad* (probabilidad de supervivencia) y/o su tasa reproductiva o *fecundidad* (hijos producidos por unidad de tiempo). Si esto ocurre, los diversos tipos se perpetúan diferentemente, de suerte que a la larga, en unas cuantas generaciones, el tipo dotado de máxima *aptitud* (combinación apropiada, usualmente multiplicativa, de viabilidad y fecundidad) aumenta su frecuencia hasta remplazar a los otros.

El perfil neto, engañosamente simple, del argumento selectivo oculta una serie de complicaciones. Lo modulan de diverso modo los detalles de régimen de cruzamientos, sistema genético, generaciones separadas o superpuestas y estructura etaria, caracteres cualitativos y cuantitativos [Hartl \(1980\)](#); [Charlesworth \(1980\)](#); [León \(1986\)](#). Por otra parte, la aptitud es siempre función de la estructura ambiental y no sólo de los rasgos individuales heredables ([Roughgarden, 1979](#)). Y parte prominente del ambiente lo constituyen siempre otros individuos de la misma o de otras especies ([León, 1974, 1986](#); [Roughgarden, 1979](#)). Así pues, la teoría de la SN debe tornarse, para ser más completa, ecología evolutiva y teoría de coevolución ([León, 1983](#)). Afortunadamente, un tratamiento adecuado de estas complejidades ha sido posible sin confusiones innecesarias. Ya desde los años 30 fue posible formular matemáticamente estas teorías, y así han avanzado ([Crow y Kimura, 1970](#); [Ewens, 1979](#)), salvándose de los desvaríos de una conceptualización nebulosa.

Pero las complicaciones no deben extraviar la atención. La SN filtra, elimina variedad. Pero depende para actuar de la disponibilidad de variación (no hay escogencia sin repertorio). Es sólo posible si algún mecanismo reabre el abanico, introduciendo nuevas variantes. Tal mecanismo es la mutación. Esta consiste en la aparición de errores durante la copia del material genético. Meros accidentes de copia. Como se sabe, hay herencia en los seres vivos porque las moléculas de ADN transmitida por los padres en los gametos sirven de ‘programa’ que controla luego el desarrollo del organismo. Así, los hijos se parecen a los padres porque

su construcción ha sido guiada por un ADN que es copia del ADN presente en los padres. Pero si sobrevienen errores al copiar, esas alteraciones fortuitas puede expresarse como novedades. He allí la fuente primera de la variación (existe otra: cuando hay reproducción sexual, se recombinan los ADN provenientes de ambos padres).

¿Cómo puede la SN ser constructiva si actúa como filtro de variaciones que surgen al azar? La respuesta es simple pero elusiva. Esos cambios aleatorios son *modificaciones* de ‘planes’ genéticos ensamblados por la acción previa de la SN. El primer requerimiento que toda mutación debe cumplir para ser viable es la compatibilidad con el resto del programa. Sus efectos, tal como se manifiestan en el curso del desarrollo del organismo portador, han de guardar un mínimo de concordancia con los aspectos no modificados. Esta exigencia, llamada por Whyte ‘factor interno’ (1965), puede verse como un primer nivel de la SN. Ella impone una especie de canalización local al proceso micro-evolutivo, ya que tiene consecuencias conservativas.

¿Puede este mecanismo – surgimiento al acaso de modificaciones y filtración selectiva – engendrar las diferencias entre el mundo inanimado y el orgánico, preservando a la vez la continuidad? Hoy día se sabe bastante sobre ciertos sistemas físicos – bautizados ‘*estructuras disipativas*’ por Prigogine (1970) – en la generación de los cuales cabe reconocer ‘dinámicas darwinianas’, según han hecho ver Bernstein et al. (1983). Los vórtices o torbellinos de la hidrodinámica, o los lasers, o las celdas convectivas hexagonales en líquidos sometidos a gradientes de temperatura, son ejemplos pertinentes (Nicolis y Prigogine, 1977). Estas ‘estructuras’ se dan sólo en sistemas termodinámicos abiertos alejados del equilibrio. Es en verdad el flujo de energía y masa lo que las sostiene. Surgen a partir de ‘fluctuaciones’ – que en un sistema en equilibrio o cercano a éste se verían prontamente amortiguadas – las cuales se amplifican en ciertas circunstancias hasta convertirse en régimen dominante. Prigogine ha hablado de un Principio del ‘*Orden a través de fluctuaciones*’ (Glansdorff y Prigogine, 1971). Se ve entonces que un mecanismo homólogo al darwiniano se manifiesta en ciertos aspectos del mundo físico.

Y precisamente, en las circunstancias físicas prevalentes en la Tierra en épocas primigenias, deben haberse dado condiciones propicias a la síntesis prebiótica de toda clase de moléculas orgánicas (Miller y Orgel, 1974). Entre éstas es menester singularizar polímeros ribonucleicos simples (ARN) capaces de copiarse sin ayuda enzimática (Lohrmann y Orgel, 1979). Ya estas moléculas poseen las propiedades que permiten surgir una dinámica darwiniana. Y a *a fortiori*, el reciente descubrimiento de actividades enzimáticas en el propio ARN, incluyendo la de replicasa (Cech, 1986), hace plausible un escenario en el cual estos polímeros protagonizaron la iniciación de la evolución por SN.

Hay que recalcar que esto sólo puede ocurrir en sistemas abiertos y alejados del equilibrio. En sistemas cerrados y aún en abiertos cercanos al equilibrio la síntesis espontánea produce con igual probabilidad polímeros de diversa identidad con equivalente nivel energético. Pero si esos polímeros difieren en sus tasas de síntesis auto-catalizada, en presencia de un aporte sostenido de monómeros activados, eso basta para acentuar la concentración de algunos a expensas de otros. Diferencias de síntesis y/o degradación, diferencias cinéticas entre polímeros: comienzo de la SN (Schuster, 1981).

En estos polímeros el *genotipo* (la ‘identidad’) es la secuencia lineal de monómeros y el *fenotipo* la estructura tridimensional, consecuencia de aquélla y determinante del nivel de síntesis y degradación (Maynard Smith, 1986). Estos dos niveles se desacoplan en cuanto la información contenida en la secuencia de monómeros se expresa adquiriendo uso instruccional que guía la síntesis de proteínas. Ahora el *fenotipo* reside en las proteínas y sus actividades. Y para entender la complejización que ha sobrevenido de vez en cuando en los biosistemas son imprescindibles dos claves. (1) Las *duplicaciones*: además de los errores simples de copia, en que se cambia un nucleótido por otro, hay otros errores, entre los cuales destaca la copia doble de un trozo de ADN. Tales mutaciones aumentan la cantidad de material genético y permiten – sin prescindir de genes que ya codifican una ‘función’, es decir una proteína activa y ‘útil’ – disponer de ‘espacio innovativo’ en el programa, que, por la acción ulterior de mutaciones y SN, puede dar lugar a ‘novedades’ útiles. (2) La *SN Cooperativa*: Aunque es competitivo el contexto usual en que desde Darwin se entiende la SN, ésta puede también favorecer la cooperación. Eso sucede cuando ‘tipos’ diversos logran mayor aptitud individual actuando juntos en vez de separados. En tales circunstancias la SN favorece genes que induzcan la propensión cooperativa, que hagan más eficaz la cooperación y que la consoliden. La consolidación puede llegar al extremo de que se constituyan nuevas unidades bióticas que se multiplican como tales, nuevos ‘individuos’ (Maynard Smith, 1986; Nobrega, 1989). Quizá sea éste el mecanismo principal que explica la emergencia de nuevos ‘niveles de organización’ en los seres vivos: Hiperciclos y células simples (Eigen y Schuster, 1979), células eucarióticas por endosimbiosis de procariotes (Margulis, 1981), organismos multicelulares, sociedades animales (Wilson, 1975). Ciertamente, la organización *jerárquica* que resulta de estos procesos permite conciliar el aspecto adaptativo y el operacional de la noción ‘teleológica’ de función (ver más adelante).

Es una obvia simpleza señalar “que hay multitud de problemas importantes de la teoría evolutiva ni siquiera mencionados aquí. Pero los temas detallados en este *excursus* constituyen un mínimo requerido para dilucidar con éxito los conceptos ‘bioteleológicos’. Conviene pues recapitular ahora los aspectos pertinentes.

Los seres vivos son sistemas físico-químicos especiales provistos de caracteres ‘direccionales’. Es decir, sus propiedades se articulan de tal modo que cabe atribuirles modalidades peculiares de ‘diseño’ y ‘finalidad’. Pittendrigh (1958) acuñó el término *teleonomía* en referencia a ese ‘intraductible sabor teleológico’ (Ruse, 1973) presente en los organismos. Atribuir a éstos tal peculiaridad se fundamenta en el modo de actuar de la SN. De las modificaciones del plan genético que se producen al azar, la SN *retiene* aquellas que al manifestarse fenotípicamente guardan apropiada concordancia con el resto del ‘plan’ y sirven mejor a la supervivencia y reproducción del individuo. Este modo de operar es constructivo, ya que los productos previos de la SN le sirven de horizonte a su acción ulterior. Así pues los organismos que subsisten terminan por exhibir un ‘diseño’ apropiado a la ‘misión’ de sobrevivir y reproducirse en el ambiente en que han evolucionado. Y como el ‘diseño’ adquirido es seguramente uno entre muchos compatibles con las leyes de la física y la química, la prevalencia suya, en vez de la de otros diseños posibles, sólo puede entenderse averiguando de qué modo contribuyen sus particularidades a la supervivencia y reproducción. La coadaptación

(Dobzhansky, 1970) entre las partes del organismo y la adaptación al ambiente se vuelven así claves de inteligibilidad, en vez de enigmas. La SN hace comprensible esa “finalidad sin fin” de que hablaba Kant en la Crítica del Juicio, ese ser “cada parte fin de las otras y medio para ellas”.

Así, la SN, un mecanismo natural, otorga carta de naturalidad a esa peculiar ‘direccionalidad’ de los organismos, tanto en su cara ‘dinámica’ – los procesos teleodirigidos: el desarrollo embrionario, las conductas que apuntan a logros – como en su faceta ‘organizativa’ – el cumplimiento de funciones por las partes u órganos. De modo que es procedente entrar a dilucidar la naturaleza de ambos aspectos. Pero conviene antes aclarar qué entidades pueden legítimamente ser consideradas asiento de esas propiedades direccionales.

La SN sólo puede actuar sobre entes capaces de reproducirse, de dejar réplicas: ‘replicadores’ (Dawkins, 1978; Bernstein et al., 1983). Sólo en poblaciones de ‘replicadores’ pueden unos ‘tipos’ de éstos desplazar y remplazar a otros, al pasar las ‘generaciones’. Así pues, las propiedades ‘direccionales’ sólo pueden darse en individuos provistos de tal propiedad ‘replicativa’. Sólomente éstos exhiben conductas dirigidas a metas; sólo ellos poseen partes con funciones.

De tal manera que resulta espuria cualquier atribución de metas o de funciones a poblaciones, especies, comunidades, ecosistemas. Estos colectivos no producen descendientes, no hay ecosistemitas que nazcan de ecosistemas. No puede operar sobre ellos la dinámica darwiniana, aunque en el seno de ellos las poblaciones de organismos individuales coevolucionan (León, 1974; Roughgarden, 1979). La SN no puede otorgarles diseño global a las especies, o los ecosistemas, aunque las propiedades de estos colectivos resultan de las interacciones entre entidades cuyo diseño – incluidas sus capacidades interactivas, es decir, cuáles relaciones ecológicas contraen y con cuánta intensidad y eficacia – si es producto de la SN. A su vez estas interacciones definen el ambiente para sus participantes (León y Charlesworth, 1978). Pero es falaz – aunque sea tan frecuente – decir que algo evolucionó porque contribuye a la perpetuación de la especie. O decir, por ejemplo, que la función de los descomponedores en un ecosistema es retornar los nutrientes a la tierra. Así pues, Williams ha propugnado con razón hablar de funciones sólo en referencia a los productos de la SN, es decir, atributos individuales adaptativos o coadaptativos: “The designation of something as the means or mechanism for a certain goal or function or purpose will imply that the machinery involved was fashioned by selection for the goal attributed to it” (Williams, 1966).

La impotencia de los mecanismos de selección grupal (o de especies o ecosistemas) para moldear ‘funciones’ a esos niveles fue establecida ya en el clásico artículo de Maynard Smith y en el libro de Williams (1966). Desde entonces el debate se ha extendido detallando excepciones, circunstancias especiales que habilitan la vigencia de tales procesos. Pero en general su descrédito prevalece (ver, sin embargo, Wade, 1978; Winsatt, 1980).

5. Procesos teleodireccionales

La exposición anterior da razones para aceptar que hay en verdad sistemas naturales provistos de propiedades ‘direccionales’. La atribución de ‘metas’, ‘fines’ o ‘propósitos’ a ciertos procesos y conductas no parece ser mera ilusión epistémica, simple molde del entendimiento o conveniencia heurística. Es más bien expresión de características peculiares presentes en ciertas realidades – a saber: organismos vivos y hechuras humanas. Se podría entonces clasificar los procesos en relación a su manera de culminar, de dirigirse al fin. Al respecto O’Grady (1984) ha sugerido usar nociones de Mayr (1976) y Pittendrigh (1958) adoptando tres categorías de procesos: teleomáticos, teleonómicos y teleológicos. Son TELEOMATICOS los procesos que simplemente cumplen las leyes naturales (físico-químicas) al avanzar hacia equilibrios y otra clase de estados terminales. Como ‘los ríos que van a dar a la mar’ de Jorge Manrique. Dice Mayr (1976): “All objects of the physical world are endowed with the capacity to change their state and these changes follow natural laws. They are ‘end-directed’ only in a passive, automatic way”. Por el contrario los procesos TELEONOMICOS y TELEOLOGICOS se dirigen activamente hacia metas, cumplen misiones. Los teleonómicos ocurren en organismos vivos y en máquinas u otros sistemas construidos por humanos; los teleológicos son protagonizados por humanos o vertebrados superiores, genuinamente provistos de propósitos.

¿Pero qué caracteriza a estos procesos TELEODIRIGIDOS? Si poseen en verdad propiedades objetivas que los diferencien ¿cuáles son éstas? Hay que formular explícitamente la noción de “activamente dirigidos hacia metas” sin violar las relaciones normales de causalidad, sin invocar la intervención dinámica del futuro ‘como causa que se gesta a sí mismo. A esto apuntan los análisis de Sommerhoff (1950, 1974); Nagel (1961) y Ashby (1952, 1956).

Supóngase un cañón ubicado en la playa, con el cual se pretende disparar a un barco que se acerca, en ausencia de viento fuerte. Sea i la distancia inicial del barco cuando es detectado. Va avanzando a velocidad w y pasa por un lugar b en el justo momento en que el artillero dá al cañón un ángulo A y dispara. Si la velocidad de salida del proyectil es V , y G la aceleración de gravedad, la caída del tiro ocurre a una distancia C (ver p. ej. McKelvey y Grotch 1978):

$$C = (V^2/G)\text{sen}(2A)$$

El acierto en el tiro requiere que la distancia C coincida con la B , en donde se encontrará el barco cuando caiga el proyectil. Las sucesivas posiciones del barco, i , b y B , están causalmente ligadas: dadas i y la velocidad w se calculan fácilmente b y e . Así mismo, i y w , al ser percibidas, determinan la inmediata actividad del artillero. Pero el requerimiento de acierto consiste en asignar un ángulo A apropiado para que $B = C$.

De manera que la *intención* de cañonear al barco se traduce *objetivamente* en el establecimiento de una *relación* entre dos valores *simultáneos* y en principio *independientes*: la distancia b y el ángulo A . A esta independencia entre variables que adoptan al unísono sus valores la llamó Sommerhoff primero ‘independencia epistémica’ (1950) y luego simplemente ‘ortogonalidad’ (1974).

El mismo (1950) llama ‘correlación directiva’ a esa especial relación que se establece – por construcción, por vía de decisión humana, o por vía de SN – entre variables ‘ortogonales’. Esa ‘direccionalidad’ apunta a una meta, del logro de la cual es requisito. La meta es definida como ‘condición focal’ de la correlación directiva (en nuestro caso $C = B$). El evento que conjuntamente determina las dos cadenas causales (los ulteriores movimientos del barco y el apuntar del cañón) es denominado ‘variable cenética’. En nuestro ejemplo se trata de la posición y velocidad iniciales del barco.

Nótese que el artillero y sus propósitos pueden ser reemplazados por un cañón *programado* para adoptar el ángulo de disparo adecuado según las señales provenientes del barco y captadas por un dispositivo sensor pertinente. Así se predetermina la Correlación directiva incorporándola al programa. Así pues, los conceptos de Sommerhoff son compatibles con la definición de Mayr (1976), para quien “a teleonomic process or behavior is one that owes its goal – directedness to the operation of a program”.

Cada par de variables involucradas en una correlación directiva puede incluir una ambiental y otra de un sistema artificial o vivo. En este caso y si también la variable cenética es ambiental, Sommerhoff habla de ‘adaptación’. Es claro que aquí se le da a esta noción el mismo sentido que en fisiología o psicología (adaptarse al frío al subir a la montaña, adaptar la orientación del cañón a la trayectoria del barco). Se trata de procesos cuya escala temporal es ‘corta’, ‘inmediata’. No es admisible en cambio entender los procesos adaptativos del evolucionista – aquellos que generan ‘adaptaciones’ por la vía de la SN – como si implicaran correlaciones directivas. Aunque Sommerhoff mismo comete ese desliz, la discusión que ya hicimos en este ensayo indica su ilegitimidad. También Mayr (1976) se ha pronunciado al respecto: es como si aceptáramos que la evolución por SN avanza hacia metas. Una adaptación en lenguaje evolutivo es algo – estructura o proceso: rasgo morfológico, bioquímico, fisiológico o conductual – que facilita la supervivencia y/o reproducción del individuo portador. Por supuesto, en este sentido los procesos dotados de correlación directiva que ocurren en los individuos son adaptaciones, pero no toda adaptación es un proceso de ese tipo. En esto ha insistido Ruse (1973).

El caso en que son ‘sistémicas’ ambas variables de cada par implicado en una ‘correlación directiva’ ha sido enfatizado por Nagel (1961). Las variables de su análisis son discretas, y su enunciación del problema difiere en apariencia bastante de la dada por Sommerhoff, pero es reducible a ésta. Por referirse a variables sistémicas se podría hablar de ‘coadaptación’ en el caso privilegiado por Nagel. En verdad, él habla de sistemas ‘directivamente organizados’ al aludir a los sistemas que exhiben ‘correlación directiva’ – *sensu* Sommerhoff – entre sus variables intrínsecas. Y quizá convenga recordar aquí que algunas voces muy distinguidas han recomendado reducir el término ‘organización’ para mentar sistemas con metas (tal vez metas implícitas en programas: ver Kent, 1981). Así por ejemplo, Pittendrigh – que inventó el término teleonomía – alude con aprobación, en una carta citada por Mayr (1976, cap. 26), a la “difference between mere order and organization”, y a la misma opinión compartida por él y Von Neumann “that the concept of organization always involved ‘purpose’ or end – directedness”. Esta misma opinión ha sostenido el distinguido físico-químico Denbigh en su bello libro de 1975.

Hay, sin embargo, que denunciar un aspecto del análisis de Nagel (1953) en el cual coinciden Ashby (1956); Ruse (1973) y Boorse (1976). Consiste en reducir la meta – condición focal – de la correlación directiva al mantenimiento de un estado o condición en el sistema, cuando éste padece de perturbaciones endógenas o ambientales. Esta es simplemente la noción de ‘regulación’ propia de la cibernética. Y aunque esta reducción no es ilegítima, es ciertamente empobrecedora. En la regulación ocurre que – en el curso de un *mismo* proceso – al alterarse quizá accidentalmente alguna(s) variable(s), sobrevienen cambios compensatorios en otra(s) variable(s), de suerte que se preserve alguna condición ‘requerida’. En la idea de ‘correlación directiva’ se alude a alteraciones en las condiciones iniciales – es decir, en la ‘variable cenética’ – de *diversos* procesos que a través de reajustes internos (definidos precisamente por la relación matemática que especifique la ‘correlación directiva’ del caso) se reconducen hacia la *misma* meta.

6. Cumplir funciones

Si una piedra exhibe una cresta, a nadie se le ocurriría preguntarse de qué le sirve la cresta a la piedra, y mucho menos intentar ‘explicar’ la presencia de la cresta por este ‘servicio’. En cambio, todo biólogo aceptará decir que una aleta estabiliza a un pez, y que por eso está presente en su cuerpo. Y obviamente una taza posee un asa porque ésta sirve para agarrarla y sostenerla. La cresta está en la piedra como resultado de procesos físicos y químicos – desgaste, presiones, acción de solventes – que le sobrevinieron, moldeándola. Pero estos mismos procesos hubieran podido darle otro contorno a la misma piedra. Una piedra puede tener *cualquier* forma; un pez o una taza no. El pez vive navegando y requiere ‘instrumentos de navegación’ y un ‘diseño funcional’ (Alexander, 1970). La taza requiere así mismo un diseño. Los órganos del pez cumplen funciones. Las partes de la taza también. ¿Qué tipo de relación entre las partes es ésta?

Reaparece aquí el tema de la Causa final y la formal. De nuevo la direccionalidad, pero ahora no enfilada hacia una meta futura, sino en la forma de un tipo de supeditación estructural de las partes al todo.

Esta temática ha sido tratada en la tradición filosófica contemporánea de corte analítico bajo dos rubros: (1) El desglosamiento de los enunciados de tipo funcional, para establecer qué es lo que realmente expresan, y si son o no ‘traducibles’ a pautas no-funcionales. (2) La existencia o no, y la posible estructura, de explicaciones funcionales, y si son o no reducibles al ‘covering law model’ de Hempel (1965).

En su trabajo clásico Nagel (1961) desmonta los enunciados funcionales, indicando que poseen dos componentes: (A) un enunciado que explicita de modo no-teleológico el significado de la expresión funcional; (B) la connotación implícita de que el sistema aludido – a alguna de cuyas partes se atribuye(n) la(s) función(es) – está ‘directivamente organizado’.

Nagel se compromete en una propuesta específica respecto a la forma de ambos componentes. Así, para él, la expresión:

‘La función de la parte P en un sistema S es F’ puede formularse así:

- (i) 'P es condición necesaria para que ocurra F en S'
- (ii) S es un sistema 'directivamente organizado'.

Ambos aspectos de la 'traducción' de Nagel han sido criticados.

(A) Interpretar la atribución funcional como la identificación de una condición *necesaria* permite estructurar la 'explicación funcional' en un *correcto* esquema deductivo. Lamentablemente, esa identificación no es verdadera, ya que se pueden dar contraejemplos: el corazón no es necesario para la circulación de la sangre en vertebrados, puesto que una bomba artificial puede reemplazarlo. Pero si esa premisa falsa es reemplazada con una verdadera, que dijese que la parte P es condición *suficiente* para que se cumpla F, entonces el esquema deductivo perdería validez. Este dilema fue señalado por Hempel (1965) y también Nagel lo reconoce.

La manera más creíble en que se podría defender la propuesta de Nagel es quizá la indicada por Ruse (1973) y por Cummins (1975): especificar en las premisas las *circunstancias* en que la presencia de la parte P es condición necesaria para el desempeño de la función F. Esto parece equiparable a igualar 'función' con 'contribución causal a una meta' como ha sido sugerido por Boorse (1976). Sin embargo, esta última idea fue formulada desentendiéndose del intento de calzar la 'explicación funcional' en un esquema deductivo riguroso. El problema encarado queda simplemente en analizar los enunciados funcionales.

Efectivamente, Boorse (1976) señala "that contributory causes are not only insufficient but need not even be necessary for their effects". Pero él aboga por el uso de esta noción de 'causa contribuyente' o 'contribución causal', aunque resulte a veces escurridiza. Dice, en efecto, que "we are clear enough what it means to say that the heart is helping to cause the circulation of blood". E insiste: "with Ruse (1971) one may say that heart action is contributing to circulation when circulation is occurring by, or via, heart action".

(B) El otro aspecto del análisis de Nagel que debe considerarse es el (ii), referente a la condición de 'directivamente organizado' que ha de exhibir indefectiblemente todo sistema en el cual se atribuyan funciones a sus partes.

Ya dijimos que la manera de entender Nagel esta expresión es innecesaria e inconvenientemente cercana al concepto de regulación usado en cibernética y en fisiología. Y es contra esta manera que Ruse (1973) se ha alzado, al proponer sustituir (ii) por la afirmación del carácter adaptativo del sistema funcional. Así, para Ruse la expresión:

'La función de P en S es hacer F' equivalente al par.

- (i) 'S hace F usando P'
- (ii) 'F es una adaptación'

Ruse entiende correctamente 'adaptación' en (ii) como 'actividad' que contribuye a la supervivencia y/o reproducción del individuo poseedor de P.

Por supuesto, las actividades provistas de regulación pueden ser adaptaciones. La regulación misma lo es. Pero no toda adaptación ha de ser una actividad regulada. Por ejemplo,

la función de una concha es proteger a su portador pero esta protección no es una actividad con reajustes compensatorios de perturbaciones.

La virtud de la postura de Ruse es que remite a la única justificación aceptable de la asignación de funciones a partes de seres vivos: que estas partes adquieren su configuración y su modo de acción como resultado de la acción diseñadora de la SN, según ya discutimos en la correspondiente sección de este ensayo.

Sin embargo, hay dos pecados en Ruse. Uno por carencia, otro por exageración. Lo que le falta es una fórmula unificada que dé cuenta de la atribución de funciones a artefactos o partes de éstos, a instituciones . . . en general: a hechuras humanas. El exceso de Ruse en cambio nace del carácter jerárquico de los seres vivos: si bien la contribución decisiva y justificatoria de cualquier función es su aporte a la supervivencia y/o reproducción, en muchos casos esto se efectúa a través de la contribución a otras actividades que a su vez contribuyen a . . . hasta llegar a las metas últimas.

La incorporación de artefactos y otras construcciones humanas al esquema puede tal vez lograrse usando una variante que recomienda [Bunge \(1981\)](#):

- (i) 'P en S hace F'
- (ii) 'F es valioso para S'

Bunge propone, por supuesto, una cierta dilucidación de 'valioso'. Y es claro que siempre podría hacerse referencia a 'valor adaptativo' – con el sentido antedicho – en el caso de biofunciones.

El otro aspecto advertido como limitación de Ruse es el relacionado con las jerarquías funcionales. Cabría usar aquí la distinción de [Munson \(1971\)](#) entre 'explicación adaptativa' y 'explicación funcional'. La interpretamos así: en el primer tipo hay que hacer referencia *explícita* al valor adaptativo de una estructura, actividad o capacidad; en el segundo tal referencia queda *implícita* y la función se limita a contribuir con una meta de menor nivel jerárquico.

Nótese que estamos reintroduciendo aquí la concepción de [Boorse \(1976\)](#) antes mencionada. Sólo que Boorse parece entender siempre las metas en un sentido dinámico, apropiado a sistemas teleo-dirigidos. Por ende su análisis es una variante del de Sommerhoff. De hecho Boorse afirma: "organisms are centers of activity which is objectively directed at various goals . . . Artifacts, by contrast, may or may not be goal-directed in and of themselves. Thermostats and guided missiles are; chairs and pens are not. But we do attribute functions to chairs and pens and their parts, and I think we do so by taking the artifact together with its purposive human user as a goal-directed system".

Sin embargo, nos parece que puede darse una interpretación de las metas-pertinentes en el caso de atribuir funciones – que excluya la dimensión temporal. Se trata más bien de una subordinación estructural. Ya lo había advertido [Wright \(1973\)](#): "Goal-directedness is a behavioral predicate . . . on the other hand, many things have *functions* which do not behave *at all*, much less goal-directedly. And behavior can have a function without being goal-directed"

Quizá es preferible entonces dar cuenta de las subordinaciones funcionales recurriendo a la concepción de Cummins (1975). Este insiste en que atribuirle funciones a algo es, en parte, atribuirle *disposiciones* o *capacidades*. Tras discutir y elucidar estos conceptos, termina por despejar su fórmula. Al adscribir funciones, se establece una jerarquía de capacidades. Las de nivel más alto son explicables por la combinación apropiada de capacidades supeditadas. “When a capacity of a containing system is appropriately explained by analyzing it into a number of other capacities whose *programmed exercise* yields a manifestation of the analyzed capacity, the analyzing capacities emerge as functions”. Hemos subrayado ‘ejercicio programado’ para indicar que aquí se postula un tipo de coordinación entre capacidades contribuyentes análoga a la considerada en la ‘correlación directiva’ de Sommerhoff. Sólo que aquí la ‘condición focal’ no remite al futuro.

(C) Faltaría – para completar nuestro vistazo a la teleología funcional – sacar a flote un tema importantísimo que hemos dejado hasta ahora sumergido: ¿Qué se explica en la explicación funcional?

La tradición clásica que arranca de Hempel (1959) y Nagel (1953) dió por sentado que el propósito de la explicación funcional era explicar la *presencia* en el sistema de la parte a la cual se atribuían funciones. Cummins (1975) ha hecho un análisis retrospectivo cuidadoso de esa suposición básica, a veces implícita. Wright (1973) hizo explícita esa idea con suma fuerza: propuso su interpretación *etiológica*. Dice Boorse (1976): “Wright main contention is that to attribute a function to a trait is to say something about its etiology, or causal history”. Según Wright, ‘la función de P es F’ significa:

- (i) P está allí porque hace F
- (ii) F es una consecuencia (o resultado) de que P esté allí.

Si compactamos estas expresiones en una sola tendremos:

‘P está ahí porque tiene consecuencias debido a las cuales está ahí’

Esta formulación no es circular pero sí casi trivial. Y tiene otra serie de inconvenientes denunciados en detalle por Boorse (1976) y Cummins (1975). Pero éstos – además de sus críticas que no expondremos aquí para no ser prolijos – hacen notar otro aspecto de la atribución de funciones. Es lo que podríamos llamar ‘explicación *operacional*’. Cuando se busca identificar funciones de los componentes de un sistema, se está indagando acerca de ‘cómo opera’ éste.

Hay que evitar, sin embargo, que el reconocimiento del aspecto ‘operacional’ nos lleve a borrar por completo el aspecto ‘histórico’ o ‘etiológico’. Quizá la solución se encuentre por vía de la *síntesis* que antes propusimos – para el caso de organismos – entre la explicación “funcional” y la “adaptativa”. Si los organismos son jerarquía; la función inmediata de una parte es contribuir a la actividad global del nivel en que se encuentra inserto. Puede determinarse cuál es ese papel averiguando las capacidades de la parte y cómo se conecta con otras partes para generar propiedades de nivel más alto. Análogamente indaga uno la función de un condensador en un circuito: qué capacidades tiene, cómo se conecta con el

resto del circuito, cómo contribuye entonces a las actividades del aparato que contiene el circuito. En el caso del órgano, es preciso esclarecer también cómo contribuye a la supervivencia y/o reproducción, porque es el mecanismo de SN el que explica en última instancia la presencia y características del órgano.

Referencias

- Ackrill, J. L. (1981). *Aristotle the philosopher*. Oxford: Oxford University Press.
- Alexander, R. M. N. (1970). *Functional Design in Fishes*. London: Hutchinson.
- Aristóteles (1964). *Obras Traducidas. F.P. Samaranch*. Madrid: Aguilar.
- Ashby, W. R. (1952). *Design for a Brain*. London: Chapman & Hall.
- Ashby, W. R. (1956). *An Introduction to Cybernetics*. London: Chapman & Hall.
- Bernstein, H., H. C. Byerly, F. A. Hopf, R. A. Michod, y G. K. Vemulapalli (1983). The Darwinian dynamic. *Quarterly Review of Biology* 58, 185–207.
- Boorse, C. (1976). Wright on functions. *The Philosophical Review* 85(1), 70–86.
- Bunge, M. (1980). *Epistemología*. Barcelona: Ariel.
- Bunge, M. (1981). *Materialismo y Ciencia*. Barcelona: Ariel.
- Cech, T. R. (1986). A model for the RNA-catalyzed replication of RNA. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 83(12), 4360–4363.
- Charlesworth, B. (1980). *Evolution in age-structured populations*, Volume 2. Cambridge: Cambridge University Press.
- Crow, J. F. y M. Kimura (1970). *An introduction to population genetics theory*. New York: Harper & Row.
- Cummins, R. C. (1975). Functional analysis. *Journal of Philosophy* 72, 741–764.
- Dawkins, R. (1978). Replicator selection and the extended phenotype. *Zeitschrift für Tierpsychologie* 47(1), 61–76.
- Denbigh, K. G. (1975). *An Inventive Universe*. London: Hutchinson.
- Dijksterhuis, E. J. (1961). *The Mechanization of the World Picture*. Oxford University Press.
- Dobzhansky, T. (1970). *Genetics of the Evolutionary Process*, Volume 139. New York: Columbia University Press.

- Edel, A. (1982). *Aristotle and his Philosophy*. Chapel Hill: University of North Carolina Press.
- Eigen, M. y P. Schuster (1979). *The Hypercycle. A Principle of Natural Self-Organization*. Berlin: Springer Verlag.
- Ewens, W. J. (1979). *Mathematical Population Genetics*. Berlin: Springer Verlag.
- Ghiselin, M. T. (1974). *The Economy of Nature and the Evolution of Sex*. Berkeley: University of California Press.
- Gilson, E. (1976). *De Aristóteles a Darwin*. Pamplona: Ed. Universidad De Navarra.
- Glansdorff, P. y I. Prigogine (1971). *Thermodynamic Theory of Structure, Stability and Fluctuations*. New York: Wiley.
- Hartl, D. (1980). *Principles of Populations Genetics*. Sunderland (Mass): SINAUER.
- Hempel, C. (1959). The logic of functional analysis. En L. Gross (Ed.), *Symposium on Sociological Theory*. New York: Harper & Row.
- Hempel, C. (1965). *Aspects of Scientific Explanation*. New York: Free Press.
- Hull, B. L. (1973). *Philosophy of Biological Science*. Englewoods Cliffs: Prentice Hall.
- Kant, I. (1790). Kritik der Urteilkraft. facs.
- Kent, E. W. (1981). *The Brains of Men and Machines*. New York: McGraw-Hill.
- León, J. A. (1974). Selection in contexts of interspecific competition. *American Naturalist* 108(984), 739–757.
- León, J. A. (1983). Darwinismo y ecología evolucionista. *Interciencia* 8, 154–157.
- León, J. A. (1986). Population Genetics. Lecture Notes ICTP. Trieste.
- León, J. A. y B. Charlesworth (1978). Ecological versions of Fisher's fundamental theorem of natural selection. *Ecology* 59(3), 457–464.
- Lloyd, G. E. R. (1968). *Aristotle The Growth and Structure of his Thought*. Cambridge: University Press.
- Lohrmann, R. y L. E. Orgel (1979). Studies of oligoadenylate formation on a poly (U) template. *Journal of Molecular Evolution* 12(3), 237–257.
- MacLeod, R. B. (1957). Teleology and theory of human behavior. *Science* 125(3246), 477–480.
- Margulis, L. (1981). *Symbiosis in Cell Evolution*. San Francisco: Freeman.

- Maynard Smith, J. (1986). *The Problems of Biology*, Volume 144. Oxford: Oxford University Press.
- Mayr, E. (1976). *Evolution and the Diversity of Life*. Cambridge, U.S.A.: Harvard University Press.
- McKelvey, J. P. y H. Grotch (1978). *Physics for Science And Engineering*. Harper & Row.
- Miller, S. L. y L. E. Orgel (1974). *The Origins of Life on The Earth*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Mosterin, J. (1984). *Historia de la Filosofía*, Chapter 4. Aristóteles. Madrid: Alianza.
- Munson, R. (1971). Biological adaptation. *Philosophy of Science* 38(2), 200–215.
- Nagel, E. (1953). Teleological explanations and teleological systems. En H. Feigl y M. Brodbeck (Eds.), *Readings in the Philosophy of Science*. New York: Appleton - Century - Crofts.
- Nagel, E. (1961). *The Structure of Science*. Indianapolis: Hackett.
- Nicolis, G. y I. Prigogine (1977). *Self-Organization in Nonequilibrium Systems*. John Wiley & Sons.
- Nobrega, J. R. (1989). *Ecología Evolutiva del Mutualismo*. Ph. D. thesis, Post-Grado de Ecología. U.C.V., Caracas.
- O'Grady, R. T. (1984). Evolutionary theory and teleology. *Journal of Theoretical Biology* 107(4), 563–578.
- Owens, J. (1951). *The Doctrine of Being in Aristotelian Metaphysics*. Toronto: Pontifical Institute of Mediaeval Studies.
- Pittendrigh, C. S. (1958). Adaptation, natural selection and behavior. En A. Roe y G. Simpson (Eds.), *Behavior and Evolution*. New Haven: Yale University Press.
- Prigogine, I. (1970). Dissipative structures in biological systems. En *Theoretical Physics and Biology*. Amsterdam: North Holland.
- Ross, D. (1949). *Aristotle*. London: Methuen.
- Roughgarden, J. R. (1979). *Theory of Population Genetics and Evolutionary Ecology*. New York: McMillan.
- Ruiz de la Peña, J. L. (1983). Materia, materialismo, creacionismo. *Salmanticensis* 32, 49–72.
- Ruse, M. E. (1971). Functional statements in biology. *Philosophy of Science* 38(1), 87–95.

- Ruse, M. E. (1973). *The Philosophy of Biology*. London: Hutchinson.
- Schuster, P. (1981). Prebiotic Evolution. En H. Gutfreund (Ed.), *Biochemical Evolution*. Cambridge: University Press.
- Sommerhoff, G. (1950). *Analytical Biology*. London: Oxford University Press.
- Sommerhoff, G. (1974). *Logic of the Living Brain*. New York: Wiley.
- Taylor, C. (1970). The explanation of purposive behavior. En R. Borger y F. Cioffi (Eds.), *Explanation in the Behavioural Sciences*. Cambridge: University Press.
- Teilhard de Chardin, P. (1940). *Le Phénomene Humain*. Paris: Albin Michel.
- Toulmin, S. (1970). Reason and causes. En R. Borger y F. Cioffi (Eds.), *Explanation in the Behavioural Sciences*. Cambridge: University Press.
- Wade, M. J. (1978). A critical review of the models of group selection. *Quarterly Review of Biology* 53, 101–114.
- Whyte, L. L. (1965). *Internal Factors in Evolution*. London: Tavistock.
- Williams, G. C. (1966). *Adaptation and Natural Selection*. Princeton: Princeton University Press.
- Wilson, E. O. (1975). *Sociobiology: the New Synthesis*. Cambridge (Mass): Harvard University Press.
- Winsatt, W. (1980). Reductionistic research strategies and their biases in the units – of – selection controversy. En T. Nickles (Ed.), *Scientific Discovery*. Dordrecht: Reidel.
- Wright, L. (1973). Functions. *The Philosophical Review* 82, 139–168.