

Tal vez el rasgo más desconcertante para la mayoría de los filósofos que se enfrentan por primera vez ante el estado de elucidar las estrategias explicativas de la biología, es el que esta disciplina científica se presenta, después de la menor indagación, como un conglomerado de distintas subdisciplinas que a su vez "contienen" diversas teorías de los más variados grados de generalidad y con interrelaciones no muy claras. W. Wimsatt lo ha expresado así:

"In Biology (and in social sciences), there is an obvious plurality of large, small and middle range theories and models, which overlap in unclear ways and which usually partially supplement and partially contradict one another explaining the interaction of phenomena at a number of levels of description and organization" (11).

Quedan en esta cita **Capítulo II**, se refiere, dos de los núcleos más problemáticos de la filosofía de la biología, la estratificación en niveles explicativos y las promiscuas (y confusas) relaciones interteóricas.

Biología Evolucionista y Biología Funcional

En cuanto al sentimiento entre los biólogos, de que desde 1859 cuentan con una teoría general que unifica y, como dijera Dobzhansky (12), da sentido al resto del conocimiento biológico y de que, por ende, las relaciones entre sus distintas quehaceres teóricos están garantizadas, pues todos finalmente tienen que ser coherentes con ese gran paradigma que domina su campo; hay tal vez en algunos la impresión un tanto ingenua de que se está trabajando en conjunto hacia una síntesis teórica general de las ciencias biológicas. Y en esta ocasión son acompañados por varios filósofos de la biología contagiados del optimista (o pesimista si se quiere) ideal heredado de una tradición de las ciencias; Wimsatt también señala así:

"... questions concerning their relationship to one another theory

Tal vez el rasgo más desconcertante para la mayoría de los filósofos que se enfrentan por primera vez ante el reto de elucidar las estrategias explicativas de la biología, es el que esta disciplina científica se presenta, después de la menor indagación, como un conglomerado de distintas subdisciplinas que a su vez "contienen" diversas teorías de los más variados grados de generalidad y con interrelaciones no muy claras. W. Wimsatt lo ha expresado así:

"In Biology (and in social sciences), there is an obvious plurality of large, small and middle range theories and models, which overlap in unclear ways and which usually partially supplement and partially contradict one another explaining the interaction of phenomena at a number of levels of description and organization" (13).

Quedan en esta cita referidos, en embrión, dos de los núcleos más problemáticos en la filosofía de la biología; la estratificación en niveles explicativos y las promiscuas (y confusas) relaciones interteóricas.

Es común el sentimiento entre los biólogos, de que desde 1859 cuentan con una teoría general que unifica y, como dijera Dobzhansky (14), da sentido al resto del conocimiento biológico y de que, por ende, las relaciones entre sus disímiles quehaceres teóricos están garantizadas, pues todos finalmente tienen que ser coherentes con ese gran paradigma que domina su campo; hay tal vez en algunos la impresión un tanto ingenua de que se está trabajando en conjunto hacia una síntesis teórica general de las ciencias biológicas. Y en esta creencia van acompañados por varios filósofos de la biología contagiados aún del optimista (o pesimista si se quiere) ideal heredado de una Unidad de las Ciencias; Wimsatt también señala esto. (15).

"... questions concerning their relationship to one another theory

tend to be ignored on the supposition that all will be made clear when their relationships to the perhaps as yet unknown reducing theory are determined".

La tradición ueductivista ha fomentado esta postura, sin importarles demasiado a sus devotos el estado real de las teorías de la biología, publicitaron de un modo exagerado un modelo de la ciencia totalmente fisicista (16). Muchos y contundentes golpes hicieron caer (al menos entre los profesionales de la filosofía de la ciencia) tal visión (17), pero no las ignorancias que promovió.

¿Unifica o unificaría a la biología la Teoría de la Evolución? ¿Se podrán deducir algún día las explicaciones para todos los fenómenos relacionados con la vida a partir de leyes o principios generales instanciados de tal o cual manera? Formuladas así, estas preguntas esconden las confusiones conceptuales (o las ignorancias) que las respaldan. La Teoría de la Evolución (o lo que a sí llamamos), no es una teoría sino en un sentido muy laxo. Tal vez una mejor descripción global de ella, a partir de la cual trabajar, sea que se trata de un "espacio conceptual" unido por una estrategia explicativa común, y que conforma un "programa progresivo de investigación" en el sentido de Imre Lakatos (18). Su relación con los otros núcleos conceptuales biológicos no es muy clara, pues por un lado, como ha mostrado Mayr (19), provienen de tradiciones teóricas muy diferentes y, en consecuencia, tienen objetivos y maneras de pensar que no coinciden. Si bien en términos generales, es fácil percibir que, por ejemplo, un pinzón puede ser el objeto tanto de pesquisas de parte del anatomista o del taxónomo, como del fisiólogo o aún del bioquímico, o del etólogo y del evolucionista, no resulta nada claro cómo los conceptos de unos y otros interactúan.

Los niveles de complejidad que caracterizan (así sea vagamente) las disciplinas biológicas y los tipos de explicación usadas en éstas (así como tradiciones o escuelas de pensamiento biológico), están estrechamente vinculadas por las tradiciones teóri

cas. Las disciplinas sin embargo guardan cautelosas distancias. Pero el afán de unidad persiste en el fondo del corazón de muchos biólogos. Así, en un ensayo ya clásico titulado "El tiempo en Biología", J.B.S. Haldane arguye que:

"... si se le hace a un biólogo una pregunta como ¿por qué canta el pinzón macho en primavera en la forma que lo hace? Podría dar seis respuestas diferentes, que enumero a continuación":

1. Un conjunto de músculos se contrae como resultado de las transformaciones de trifosfato de adenosina y otras sustancias. Estas impulsan el aire a través de su segunda laringe que vibra de una manera característica.
 - a) Un centro del canto en su cerebro se activa y envía una pauta de impulsos a través de los nervios hasta varios músculos, produciendo una pauta de canto.
 - b) Canta porque quiere, ya que sus emociones son comparables a algunas de las emociones humanas.
2. Canta porque es macho y sus testículos se han desarrollado bajo la influencia de los días más largos de la primavera y han producido hormonas que actúan sobre su cerebro.
3. Canta porque la canción que canta es tradicional en los pinzones británicos y él la aprendió.
4. Canta porque es ventajoso que las aves pequeñas canten antes y después de la temporada de apareamiento, para repeler a otros machos y atraer a las hembras no apareadas y, como consecuencia, cada especie tiene un canto distintivo.

Haldane desarrolló este ejemplo teniendo en mente los lap

tos en que ocurren los fenómenos descritos en cada respuesta. Esto, como él mismo señala, tiende a dar divisiones coincidentes con distintos niveles de organización. Haldane hace aquí lo que generalmente tienden a hacer los biólogos; vincular intuitivamente la información de los diferentes niveles; de modo que aparezca la actividad del canto del pinzón como producto de un conjunto de causas coordinadas (20). Cuatro de las seis explicaciones citadas - (1,a,2 y 3), son descripciones de mecanismos o de situaciones de hecho, mientras dos (b,4), son explicaciones últimas (21), éstas explican refiriéndose a un sentido de la acción en vista de un contexto. Tratan de responder la pregunta de ¿por qué? y no ¿cómo?.

Ernst Mayr, el célebre taxónomo y evolucionista contemporáneo, ha basado su análisis dual de las ciencias biológicas precisamente en esta diferencia de actitud explicativa, con base en distintos tipos de causas. Sigamos su línea de argumento. (22)

"...biology is a most complex area... the word biology is a label for two largely separate fields that differ greatly in method, Fragestellung (23) and basic concepts. As soon as one goes beyond the level of purely descriptive structural biology one finds two different areas which may be designated functional and evolutionary biology. To be sure, the two fields have many points of contact and overlap (24)".

La distinción para Mayr tiene raíces profundas. Describir el funcionamiento de los sistemas, su estructura (que es en un sentido posibilitar las explicaciones, pues se esclarecen las vías potenciales de la causalidad), es enfrentado por él con el dar cuenta de la función en términos de su "utilidad" bajo el paraguas teórico de la teoría evolucionista. Lo primero puede hacerse sin estar comprometido con ninguna visión particular en cuanto a lo segundo. Pero en cambio, el evolucionista toma al sistema descrito como objeto a explicar: debe decirnos cómo y por qué se llegó a tal estado de cosas. Ambos grupos de biólogos recorren "en parale

lo" los distintos niveles de organización biológica: los distintos niveles de complejidad" sin considerar que hayo problemas

"The functional biologist is vitally concerned with the operation and interaction of structural elements, from molecules up to organs and whole individuals. His ever-repeated question is "How?" How does something operate? How does it function? The functional anatomist who studies an articulation shares this method and approach with the molecular biologist who studies the function of a DNA molecule in the transfer of genetic information (...)

The evolutionary biologist differs in his method and in the problems which he is interested. His basic question is "why?" When we say why? we must always be aware of the ambiguity of this term. It may mean "How come?", but it may also mean the finalistic "What for?" It is obvious that the evolucionist has in mind the historical "How come?" when he asks "why?". (25) (26).

Sin duda, no resulta muy clarificante la redacción de Mayr, pues al sobresimplificar ignora las complejas interacciones entre ambos tipos de estudios. Sirve sin embargo, como punto de partida.

Un aspecto de la sobresimplificación de Mayr (y Haldane) es que no reconocen que en el proceso selectivo de las conceptualizaciones (abstracciones, idealizaciones, etcétera) que establecen los distintos dominios teóricos en biología ("molecular", "celular", "organísmica", etcétera) se crean distancias entre las representaciones (modelos, teorías) y lo representado que impiden asumir paralelismos exactos. Dicho de otra manera, estos espacios teóricos, al enfatizar ciertos aspectos y capturar de ciertos modos las referencias, pueden y suelen resultar inmiscibles, y no reducibles, o traducibles unos en otros.

Al parecer, los biólogos (como Mayr o Haldane), suelen dar cuenta de su actividad teórica sin establecer tales diferencias. De ahí que den cuenta de su manera de explicar moviéndose

(bajo una visión que el filósofo califica de "realismo ingenuo") libremente entre los dominios conceptuales que refieren los distintos "niveles de complejidad" sin considerar que haya problema de referencia o significado ninguno. Así, en el ejemplo que hemos citado del canto del pinzón, Haldane reduce la diferencia entre decir "es ventajoso que las aves pequeñas canten antes y después..." y decir "Un centro del canto en su cerebro se activa y envía una pauta de impulsos..." a la escala temporal en la que fija su atención el biólogo para responder la pregunta planteada. Parece no tener duda de que la primera explicación (en marco evolucionista), podría muy bien reformularse en términos de un conjunto muy grande de eventos segundo dominio (fisiológicos). Esto es, que los conceptos son de alguna manera (o en principio) reducibles. Lo que es to refleja es la creencia en un paralelismo entre la imbricación (o estratificación) real de los dominios empíricos (realista e ingenua) y las relaciones entre las teorías que se refieren a ellos:

Cada uno de los procesos considerados (27) está compuesto por numerosísimos procesos más rápidos que él mismo. Una contracción es el resultado de millares de millones de transformaciones moleculares. El crecimiento de un miembro es el resultado de millares de millones de divisiones celulares, y la adquisición de una habilidad es el resultado de millones de contracciones musculares.

Un proceso histórico es la consecuencia de millones de vidas. Un proceso evolutivo es el resultado de muchos procesos históricos. (28).

Existen en esta postura un colapso entre dos dimensiones interesa mantener aparte para fines de la elucidación conceptual; la epistemológica y la ontológica. Este colapso facilita el camino para concluir, guiado por la fortísima intuición realista del biólogo, que los significados (las referencias) (29) de los conceptos permanecen a todo lo largo y ancho de los "niveles de complejidad" y que lo único que cambia cuando pasamos de un nivel a otro es el

subconjunto del fenómeno vivo al que ponemos atención. Los conceptos de nivel superior reflejarían el comportamiento estadístico de las entidades de nivel inferior. Por otro lado, para pasar de la biología funcional a la evolucionista, lo único que debe cambiarse son las preguntas que nos hacemos.

Mayr utiliza un ejemplo muy parecido al de Haldane para enfatizar su postura respecto a esto último. Intenta ilustrar las dificultades del concepto de causalidad en biología. Al preguntarse por las causas que llevan a la corruca (warbler) de su casa de veraneo a empezar su migración hacia el sur en la noche del 25 de agosto, enlista cuatro respuestas "igualmente legítimas":

1. An ecological cause. The warbler, being an insect eater must migrate because it would starve to death if it should try to winter in New Hampshire.
2. A genetic cause. The warbler has acquired a genetic constitution in the course of evolutionary history of its species that induces it to respond appropriately to the proper stimulus from the environment.
3. An intrinsic physiological cause. The warbler flew south because its migration is tied with photoperiodicity. It responds to the decrease in day length and is ready to migrate as soon as the number of hours of daylight have dropped below a certain level.
4. An extrinsic physiological cause. Finally the warbler migrated on August 25 because a cold air mass, with northerly winds, passed over our area on that day. The sudden drop in temperature and the associated weather conditions affected the bird, already in a general physiological readiness for migration, so that it actually took off on that particular day (30).

Mayr agrupa en dos categorías estas causas. La interacción de la fisiología del pájaro con el ambiente (incisos 3 y 4) constituyen en su opinión las causas próximas o inmediatas de la migración. En ellas, lo que ocurre es la instanciación de la tendencia de un mecanismo establecido. Esto es, el dispositivo responde a los estímulos que es capaz de "reconocer".

Las primeras dos causas (incisos 1 y 2), la falta de alimento y la disposición genética del pájaro, constituyen causas últimas; dan cuenta de la integración del mecanismo, de su origen a través de una larga serie de eventos; en este sentido, son una síntesis y no, como los primeros, una descripción analítica: son explicaciones evolucionistas, y no funcionales.

Redactadas así, estas explicaciones, como las de Haldane, insisto, tienen un fuerte aire de plausibilidad. Sin embargo, no son sino señalamientos de situaciones a considerar en busca de las más precisas explicaciones que requerirían que, en cada caso, nos adentráramos en territorios específicos del conocimiento biológico. Lo que Haldane y Mayr apuntan es que al diferenciar claramente el tipo de pregunta que nos estamos haciendo en torno a una observación (v. gr. la migración de la corruca), estamos aclarando el tipo de respuesta que aceptaremos. Las tradiciones teóricas de la biología nos brindan así "paraguas conceptuales" bajo los cuales guarecernos en la búsqueda de las explicaciones precisas. Si se trata de una pregunta funcional, la descripción del sistema y la referencia a sus disparadores (causas eficientes) podrán satisfacernos. Cuando la pregunta es última tendremos en contraste que utilizar otra estrategia explicativa: la evolucionista. Ambos conjuntos utilizan dispositivos intelectuales (para usar la terminología de Shapere) como idealizaciones, abstracciones, modelos, con los que ponen en juego sus conceptos explicativos, si existe una diferencia fundamental ésta radica en el tipo de conceptos usados por cada bando; en la diferente relación entre los conceptos y sus referentes. esta diferencia se va a reflejar sin duda en los modelos usados. Según el dominio en donde se tra

baje (otra vez terminología Shaperiana), el tipo de mecanismo (entidades + relaciones) causal que podamos aceptar y lo que consideremos o no una explicación. Los conceptos y modelos que se usan, por ejemplo, en la fisiología exigen dar preponderancia al mecanismo fisiológico que se echa a andar durante la migración de la corruca (o el canto del pinzón), mecanismo que, por otro lado, puede ser descrito exhaustivamente sin que podamos hablar por ello de una explicación completa; tendremos cuando más la explicación fisiológica, y esto si acertamos a describir el camino de las causas eficientes. Sólo cuando aceptamos la cerradura (una cláusula ceteris paribus) en un dominio determinado, estamos dispuestos a aceptar tal o cual descripción o cadena de eventos ligados causalmente como una explicación exhaustiva). En biología no se puede sin embargo, trascender los dominios de la biología funcional y generalizar reduccionistamente, sobre los procesos evolutivos sin grave riesgo en cuanto a la limpieza argumentativa; pues las relaciones entre los conceptos analíticos de una y los sintéticos de la otra están por esclarecerse aún. Tanto Mayr como Haldane parecen sentir como obvio el que el canto o la migración son adaptativos, y por tanto, explicables en última instancia por la selección natural. Pero esa "obviedad" no basta (31). Hay que enfrentarse al reto de la precisión. Como ocurre en los cotos de la fisiología o la bioquímica, el camino hacia el señalamiento preciso de los mecanismos actuantes y las secuencias causales de eventos. Para el caso de los fenómenos evolutivos, el recorrido como dijimos será por fuerza sintético en principio, y con el recurso de crear modelos en los que se acote el campo de acción (la estructura causal del sistema) de los conceptos evolucionistas. A ello debe añadirse la información sobre las causas actuantes reales (las fuerzas específicas diría E. Sober), que deben distinguirse de los "efectos", y de los "artifacts". La intuición de los biólogos es sin duda certera: la explicación exhaustiva de los fenómenos biológicos involucra la interacción entre diversas combinaciones de explicaciones funcionales y explicaciones últi-

mas. Como hemos visto, su elucidación de tal interacción, es sin embargo, ingenua. Debe primero, tenerse clara la relación de las distintas teorías y modelos con los dominios que pretenden explicar antes de que resulte factible una iluminación de los vínculos interteóricos.

En el caso de la biología, es la explicación última o evolucionista la que plantea retos conceptuales mayores. Como hemos visto, no se trata de la descripción directa de las relaciones y secuencias causales, sino de lo que podríamos llamar, simplificando, relaciones y secuencias causales indirectas (32).

II b. La explicación evolucionista

La idea de que tanto la adaptación de los seres vivos a su medio como la separación de sus tipos en categorías taxonómicas jerarquizadas, podían ser explicadas por la sobrevivencia diferencial (en el tiempo) de la información genética (en el acervo de la población) que determina las diferentes características de los organismos, ha sido el motor central de la corriente darwinista. Una oración como la anterior, permite en seguida identificar la cualidad indirecta de este tipo de explicaciones: No basta conocer el estado actual de un sistema (o de un conjunto intrincado de sistemas), es necesario conocer también las trayectorias históricas, y los contextos causales o "fuerzas" (o las porciones relevantes de ella que han hecho que estas sean así). Sin duda, no es posible que todos los eventos individuales de lo que ha constituido el fenómeno vivo en nuestro planeta tenga la misma importancia, para dar cuenta racionalmente del curso de la evolución; tal descripción no sólo es imposible, sino innecesaria. Una perspectiva generalizadora, como la inaugurada por Darwin, permite generar explicaciones considerando conjuntos de eventos y tendencias.

Los conceptos de la teoría darwinista (y ese es su enorme mérito), abrieron la posibilidad de mirar el fenómeno vivo de un modo en que se clasificaban y jerarquizaban, por así decirlo,

las regiones del conocimiento biológico, y ciertos subconjuntos de ellas cobraron relevancia explicativa en la dimensión histórica. Pero con eso apenas se inauguraba un movimiento teórico (un programa de investigación), todo lo demás estaba por hacerse. Afirmar que Darwin (o aún que sus sucesores) explicó con su obra la adaptación y la especiación de los seres vivos (así, en general), es un acto que produce confusión. Las explicaciones de los fenómenos evolutivos están, en gran medida construyéndose aún hoy día.

Tener una idea general sobre el tipo de mecanismos causales que pueden estar en juego en un dominio particular, es lo que una teoría como la de la evolución (entendida en un sentido amplio, cercano al de marco conceptual) suele brindar, pero ello no constituye una explicación más que en un sentido muy amplio.

Sin duda la visión de Darwin "abrió el camino" para encontrar explicaciones para los casos concretos de adaptaciones (o de especiaciones) pero éstas han tenido que buscarse después, al amparo de ese "paraguas teórico", en un gran esfuerzo por ser cada vez más preciso.

Elucidar la actividad explicativa en el terreno evolucionista implica, entonces, partir de reconocer este hecho. La teoría de la evolución no explica por sí misma los hechos (o fenómenos); hay una distancia larga que debe recorrerse para instanciar los conceptos; para darles "cuerpo y carne". La idea de este trabajo es contribuir, así sea mínimamente, al esclarecimiento de en qué consiste ese recorrido en los estudios evolucionistas.

La llamada Teoría de la Evolución es un marco general que organiza nuestra visión del fenómeno de lo viviente, con especial énfasis en su historia. Nos provee de un cúmulo de conceptos lógicamente vinculados que nos orientan en cuanto al tipo de mecanismos causales que han debido actuar durante los procesos evolutivos. Las disciplinas evolucionistas particulares restringen sus dominios de aplicación con el fin de precisar, de describir estructuras y secuencias de eventos concretos (i. e. mecanismos

reales), que den lugar a explicaciones propiamente dichas. La gran virtud de los conceptos nucleares de la Teoría de la Evolución es que posibilitan la referencia a estructuras causales de diversos niveles de organización y dan acceso entonces a un poder explicativo diferente al de la biología funcional y al de las ciencias físicas en general. Es esto a lo que Mayr ha referido como Pensamiento Poblacional, y que ha dado motivos a varios autores para hablar de "emergencia" o de "supervivencia".

La instanciación que sufren los conceptos evolucionistas básicos (selección natural, adecuación, adaptación, etcétera), en cada caso restringe -delimita- de un modo particular elucidable y contextualmente determinado su significado. Es posible entonces en principio saber, qué relación conceptual existe entre el dispositivo intelectual (v. gr. el modelo) y la situación real. Sabemos así qué ignoramos voluntariamente y qué desconocemos. Qué supuestos son realistas y cuales no. Por eso también sabemos qué se requeriría para hacer más "realista" el modelo o la explicación.

En general, las distintas disciplinas evolucionistas toman como base la información observacional pertinente y los conceptos que la organizan de uno (o unos pocos) de los niveles de organización, reconocidos en la "biología funcional". Se diferencia sin embargo de éstas, en que incorpora a sus modelos la dimensión temporal, y los conceptos "poblacionales" que intentan dar cuenta de ella. La construcción de modelos no sólo es, según pienso, la actividad teórica más profusa en la biología evolucionista; es también la ruta mejor hacia las explicaciones particulares. Tal vez ineludible.

Como contraparte a la elucidación del funcionamiento de los dispositivos intelectuales (modelos) se ha sentido la necesidad de esclarecer la idea de los dominios de referencia de las teorías científicas. Este concepto ha cobrado importancia a la filosofía de la ciencia como elemento central en la caracterización misma del concepto de teoría científica (33). Entendida en

su sentido más preciso. Mi impresión es que el análisis del papel de los modelos (por ejemplo cuando funcionan como pre-teorías, o teorías de bajo nivel de generalidad), debe ineludiblemente acompañarse de la contraparte referencial: su dominio. Por principio un modelo (o un conjunto de ellos) define un dominio teórico, y la relación de referencia que se establece entre este último y el dominio real, es central en el funcionamiento de la explicación científica. Saber con la mayor precisión posible qué distorsiones están incorporando mis conceptualizaciones previas. Conocer qué ignoro y qué énfasis al construir un modelo y qué posibles trampas esté introduciendo mi interés por determinado tipo de respuesta, es lo que hace que se puedan tener presente tanto el alcance real de las explicaciones, como las alternativas a seguir para afinarlas una vez que se muestran (como siempre ocurre) insuficientes.

Los dos grandes núcleos problemáticos que antes apuntamos (la relación entre las disciplinas funcionales y las evolucionistas en biología, y la relación entre los cuerpos de conocimiento que se ocupan de los diferentes niveles de organización), pueden a mi parecer ser elucidados mejor bajo la consideración del papel central de los modelos y los dominios de aplicación.

Otro componente de lo que intento defender aquí es el siguiente: La actitud de los biólogos (su realismo ingenuo) de mezclar en sus exposiciones generales información teórica que tuvo su origen en distintas empresas explicativas particulares (en diferentes disciplinas) y de hacer cohabitar conceptos "poblacionales" con otros reduccionistas y funcionales, puede también justificarse, y aún elucidarse y proveer de rigor, con lo que considero un complemento natural de la visión defendida aquí: el llamado realismo científico.

Sólo una comprensión cabal de la relación (o relaciones) de referencia entre teorías y modelos por un lado y dominios por otro, pueden hacer coherente no sólo la actividad teórica explicativa de los biólogos evolucionistas, sino su empeño constante por integrar o sintetizar los desarrollos relativamente paralelos de sus diferentes disciplinas.

- (13) W. Wimsatt. Complexity and Organization. en (4)
p. 174.
- (14) Citémoslo otra vez: "Nada tiene sentido en biología sino a la luz de la Teoría de la Evolución".
- (15) Wimsatt, op. cit. p. 174.
- (16) ver Bartley W., (38)
- (17) Ver la revisión de P. Suppe, en (12).
- (18) Imre Lakatos, en (28)
- (19) ver E. Mayr. (9) en especial el ensayo "Cause & Effect in Biology". Ver también su enorme estudio The Growth of Biological Concepts. (22).
- (20) "Vemos que, en este ejemplo cuando menos, la distinción entre las causas eficiente, material, formal y final...resulta depender de la escala temporal de los procesos entre los cuales buscamos la causa". Haldane (34) p.9.
- (21) En el sentido de Mayr. (9).
- (22) "Cause & Effect in Biology", en (9).
- (23) Fragestellung: Modo de plantearse preguntas.
- (24) Mayr. (9) p. 360.
- (25) Mayr. (9) p. 360.

- (26) La terminología de Mayr puede generar cierta confusión. El término funcional es usado en las discusiones sobre explicación teleológica en biología, tratando de precisar la referencia a sistemas biológicos "dirigidos a un fin".
- (27) Unos párrafos antes ha escrito Haldane: "Propongo clasificar los procesos que interesan a los biólogos en moleculares, fisiológicos, ontogénicos, históricos y evolutivos". (34) p. 7.
- (28) J.B.S. Haldane (34) p. 8.
- (29) Haldane escribe: "Sostengo que cierto cambio en mi cerebro y mi voluntad de hablar son el mismo proceso" (34) p. 8.
- Explicación Evolucionista y Niveles de Complejidad*
- (30) E. Mayr (9) p. 362.
- (31) Ha generado, como lo muestran Gould y Lewontin en un espléndido ensayo (33), una liviana y superficial actitud "adaptacionista" entre los biólogos, que ha tendido a oscurecer más que a aclarar la labor explicativa entre ellos con un "handwaving" poco crítico, que no se distingue en sus vicios y circularidades de la tradición (supuestamente superada) de argumentos "por diseño".
- (32) Spencer, según Haldane, usó el término "Equilibrio Indirecto" para referirse (tal vez con mayor fortuna lingüística) a lo que Darwin llamó "selección natural". ver Haldane (34) p. 5.
- (33) Ver Dudley Shapere. "Las Teorías Científicas y sus Dominios" en F. Suppe, (12).