

# Diseño, evolución y organización: la teleología en la filosofía de las ciencias biológicas

Cristian Saborido

## RESUMEN

En este trabajo se analizan tres formas de entender la dimensión teleológica del concepto de función biológica que constituyen las tres principales interpretaciones de este concepto en la historia de la reflexión filosófica acerca del mundo biológico. La primera de ellas se basa en una concepción teísta de la Naturaleza, según la cual la complejidad organizacional que exhibe el comportamiento de los seres biológicos responde a un diseño intencional. La segunda de estas nociones teleológicas es radicalmente distinta y se basa en la naturalización de la noción de diseño natural a través del recurso a la historia evolutiva de los organismos. Esta “naturalización de la teleología” que supone el darwinismo y el enfoque histórico-evolutivo en Biología nos permite atribuir diseño a la naturaleza sin necesidad de apelar a un designio. La tercera concepción que abordaremos es también un intento de naturalización de la teleología funcional pero desde un enfoque biológico distinto. Este enfoque no busca fundamentar la noción de función biológica en un diseño biológico previo, sino en el efecto que un determinado rasgo biológico tiene en la actualidad con respecto a una cierta meta o capacidad distintiva del sistema biológico. Defenderemos que este tercer enfoque es el más alejado de la concepción teísta y el más fructífero de cara a lograr explicar los fenómenos biológicos desde un enfoque naturalista. En la última parte de este trabajo, se señala sucintamente que esta última interpretación de la funcionalidad biológica tiene implicaciones en el campo de la pedagogía y de la difusión científica, pues la forma en la que aprendemos y enseñamos Biología depende profundamente de cómo comprendamos la idea de función y de finalidad.

**Palabras-clave:** Explicación teleológica. Función biológica. Enfoque organizacional. Naturalismo.

## Design, evolution and organization: The teleology in the philosophy of biological sciences

### ABSTRACT

In this paper, I analyze three different interpretations of the teleological dimension of the notion of biological function, and I claim that these three interpretations constitute the main approaches to this concept in the history of the philosophy of life. The first approach is based on a theistic conception of Nature; according to which the organizational complexity of living beings is the result of an intentional design. The second approach is very different and it is based on the naturalization of the notion of “natural design” through the evolutionary history of the organisms. This “naturalization of the teleology” is a key idea of Darwinism and the historical-evolutionary approach of the contemporary Biology, and it allows us to ascribe a design to Nature without

Cristian Saborido es Doctor en Filosofía. Profesor Ayudante. Departamento de Lógica, Historia y Filosofía de la Ciencia. UNED. c/ Senda del Rey 7, 28040 Madrid. España. E-mail: cristian.saborido@fsof.uned.es  
Recebido para publicação em 10/03/2014. Aceito, após revisão, em 13/05/2014.

postulating a designer. The third approach is also an attempt to naturalize the functional teleology but from a very different biological framework. This approach does not seek to ground the notion of biological function on the basis of a previous biological design, but on the effects that a concrete biological trait currently performs in order to achieve a distinctive goal or capacity of the living system as a whole. I argue that this third approach is able to explain many biological phenomena, such as the alleged teleological dimension of functionality, from a naturalistic framework. In the last part of this paper, I briefly points out to the implications of this view to the fields of pedagogy of biological sciences, since the way in which we teach and learn Biology is deeply dependent on how we understand the notions of function and purpose in life.

**Keywords:** Teleological explanation. Biological function. Organizational approach. Naturalism.

## INTRODUCCIÓN: FUNCIÓN BIOLÓGICA Y CONCEPCIÓN TELEOLÓGICA DE LA NATURALEZA

Considerar que el mundo natural ha sido diseñado para ajustarse a un propósito consciente está en la base de las más antiguas reflexiones sobre el mundo que nos rodea y es una presuposición fundamental de mucho del pensamiento más primitivo y espontáneo acerca de la naturaleza. Esta *concepción teleológica* es un aspecto constitutivo de la cosmología de pensadores que van desde Platón a los actuales defensores del Creacionismo, como los impulsores de la teoría del Diseño Inteligente. Es también uno de los pilares maestros del pensamiento teológico pasado y presente y basta un rápido vistazo a las diferentes explicaciones sobre el orden y funcionamiento de la naturaleza de carácter religioso para identificar una tendencia a buscar propósitos que den cuenta del diseño del mundo. Se ha defendido incluso que la forma en la que comenzamos de niños a interpretar la naturaleza, tanto orgánica como inorgánica que nos rodea, es precisamente teleológica (LESLIE, 2000; KELEMEN, 2004). Parece por tanto que nuestros fundamentos intelectuales y psicológicos más básicos nos han dado una predisposición a tratar de comprender lo que nos rodea aludiendo a un *telos*, una intención última que explica por qué el mundo es como es.

Sin embargo, el avance de la ciencia se ha caracterizado por lo que parece ser un progresivo e irreversible abandono de esta concepción teleológica. Las ciencias naturales contemporáneas, siguiendo el ejemplo de la Física, parecen haber conseguido desterrar la *causa final* aristotélica de sus teorías y explicaciones. Desde un enfoque científico y naturalista, la teleología no parece tener lugar en lo que consideramos como una explicación válida.

Existe sin embargo una rama de las ciencias naturales en las que el pensamiento teleológico ha seguido vigente, aún sufriendo profundas transformaciones. En las ciencias biológicas la concepción teleológica se ha atrincherado en el concepto de *función*. El concepto de función biológica está muy presente tanto en el hablar común como en el científico y constituye una herramienta esencial de las explicaciones de las ciencias biomédicas. Esto puede apreciarse en enunciados tan habituales como “la función del corazón es bombear la sangre a través del sistema circulatorio”, “el hígado del paciente

no está funcionando correctamente”, “la función de la cola del pavo real es la de atraer a la pareja” o “los lípidos tienen una función en el desarrollo del cerebro”.

Este tipo de enunciados tan frecuentes tienen un estatus especial dentro de la filosofía de la ciencia. Aunque algunos autores (por ejemplo, THOMPSON, 1987) han defendido que la atribución de funciones tiene solamente una relevancia descriptiva acerca de las propiedades y características de ciertos tipos de sistemas, hay un consenso bastante amplio en que las atribuciones funcionales además de describir tienen también una *capacidad explicativa*. Cuando atribuimos una función a un rasgo biológico estamos haciendo algo más que describir este rasgo. De hecho, las atribuciones funcionales constituyen por sí mismas una *forma de explicación* con propiedades muy particulares y muy habituales en Biología. A través de la adscripción de una “función” a un determinado rasgo biológico, se intentan explicar aspectos y características relevantes de este rasgo. Así pues, cuando se afirma que “la función del corazón es bombear sangre”<sup>1</sup>, este enunciado contiene presumiblemente elementos explicativos acerca de la actividad, la morfología o incluso el origen histórico de los corazones. Dicho de otro modo, aspectos relevantes de un rasgo biológico son explicados apelando a una idea de funcionalidad intrínseca a este rasgo.

El principal reto filosófico que suponen las explicaciones funcionales cuando se usan en el ámbito de las ciencias naturales es que no parecen ajustarse al tipo de explicación tradicionalmente aceptado en ciencia y que se basa en la noción de *causalidad*. Las explicaciones funcionales no son en modo alguno explicaciones causales al uso. Un efecto funcional es un tipo de relación causal en el que está envuelto un rasgo de un sistema, pero una función es algo más que *lo que hace* o *causa* un rasgo. No todos los efectos ni todas las relaciones causales pueden ser consideradas como funciones. Hay *algo más* que permite determinar qué efecto es funcional y cuál no lo es. Este “algo más” es una idea de *telos* que las explicaciones que se basan en funciones introducen en el discurso científico, es decir, se postula una especie de “finalidad” o “propósito” que sirve para distinguir las funciones de entre los diferentes efectos de los rasgos de un sistema y que no encaja fácilmente en modelos estándar de explicación científica, tales como el modelo nomológico-deductivo de Hempel y Oppenheim (1948).

Y, aunque autores como Mayr (1988) nos previenen de que el uso indiscriminado de nociones teleológicas en biología, como el concepto de función, puede acercarnos en último término a posturas antinaturalistas, es indiscutible que se trata de un recurso esencial en Biología. De hecho, se ha defendido muy a menudo que no parece posible una ciencia de lo biológico que no hable de funciones. Algunos autores (AYALA, 1968; MAYR, 1996) han llegado a afirmar que es precisamente este tipo de explicación, en tanto en cuanto inherente a las ciencias de la vida, algo que diferencia a la Biología del resto de ciencias y la convierte en una disciplina autónoma, irreducible al pretendido modelo de

---

<sup>1</sup>Es posible también que una explicación funcional no esté conformada por enunciados que adscriban explícitamente una función a nada – puede no incluir siquiera la palabra “función” – sino que simplemente expliquen la presencia de algún rasgo en un sistema en términos de la contribución que el rasgo tiene o en términos de ciertos efectos que este rasgo produce, es decir, en términos de cómo este rasgo “funciona”.

la Física. Ayala, por ejemplo, ha afirmado que “el uso de las explicaciones teleológicas en Biología no es solo aceptable, sino realmente indispensable” (AYALA, 1970: 44).

Aunque el concepto de función biológica parece seguir teniendo para algunos un regusto teleológico pre-científico, es un instrumento conceptual al que la Biología no puede renunciar. En una célebre sentencia, Haldane afirmó que la teleología es para los biólogos como una amante a la que no pueden renunciar pero con la que tampoco les gusta ser vistos en público. Sea como fuere, las explicaciones funcionales constituyen un ineludible reto para la Filosofía de la Biología y una fundamentación naturalista adecuada de estos aparentes propósitos naturales, que convertiría a la teleología en una acompañante respetable para la Biología, supondría, en último término, un acercamiento teóricamente adecuado a la causalidad final en Biología, sin necesidad de recurrir a un pampsiquismo y abordando las preguntas sin responder que aún se plantean desde la Biología post-darwinista a la idea de teleología natural. Es por tanto necesario analizar esta dimensión teleológica de la noción de función biológica con detenimiento desde un enfoque basado en la Filosofía de la Ciencia tanto por su importancia como instrumento teórico y conceptual para investigar el mundo biológico, como por su carácter muchas veces ambiguo y aparentemente contradictorio con una perspectiva naturalista.

En este trabajo se analizan tres formas de entender la dimensión teleológica del concepto de función biológica que constituyen las tres principales interpretaciones de este concepto en la historia de la reflexión acerca del mundo biológico. La primera de ellas se basa en una concepción teísta de la Naturaleza. Según esta concepción, la funcionalidad biológica se basa en la existencia de un diseño previo que ha sido ingeniado e implementado por un diseñador primero. Así, las funciones de las entidades vivas encuentran su fundamento teórico en la intencionalidad de un agente, tal y como ocurre con las funciones de los artefactos. Esta es la forma de entender la funcionalidad natural propia de gran parte de los estudios pre-darwinistas acerca del mundo natural. La segunda de estas nociones teleológicas es radicalmente distinta y se basa en la naturalización de la noción de diseño natural a través del recurso a la historia evolutiva de los organismos. Esta “naturalización de la teleología” que supone el darwinismo y el enfoque histórico-evolutivo en Biología nos permite atribuir diseño a la naturaleza sin necesidad de apelar a un designio externo. La tercera concepción que abordaremos es también un intento de naturalización de la teleología funcional pero desde un enfoque biológico distinto. Este enfoque no busca fundamentar en qué consiste una función biológica en un diseño biológico previo, sino en el efecto que un determinado rasgo biológico tiene en la actualidad con respecto a una cierta meta o capacidad distintiva del sistema biológico. Defenderemos que este tercer enfoque es el más alejado de la concepción teísta y el más fructífero a la hora de lograr explicaciones científicas de los fenómenos biológicos desde un enfoque naturalista. En la última parte de este trabajo, se señala sucintamente que esta última interpretación de la funcionalidad biológica tiene implicaciones en el campo de la pedagogía y de la difusión científica, pues la forma en la que aprendemos y enseñamos Biología depende profundamente de cómo comprendamos la idea de función.

## LA CONCEPCIÓN TEÍSTA EN LA BASE DE NUESTRA INTERPRETACIÓN TEOLÓGICA Y ESPONTÁNEA DEL DISEÑO ORGÁNICO

En la teoría platónica, todo aquello que compone el universo nace de la conjunción de la necesidad y el intelecto. Para Platón, la agencialidad de todas las entidades del mundo, las acciones de los astros y de los seres humanos, está determinada tanto materialmente como intelectualmente. En la cosmología platónica, el demiurgo que ha creado nuestro universo lo ha hecho con el objetivo de crear el mejor de los mundos posible:

El universo nació, efectivamente, por la combinación de necesidad e inteligencia. Se formó al principio por medio de la necesidad sometida a la convicción inteligente, ya que la inteligencia se impuso a la necesidad y la convicción de ordenar la mayor parte del devenir de la mejor manera posible. (PLATÓN, 1992: 48a)

Todas las entidades materiales existentes, incluidos los organismos vivos, son artefactos creados según un modelo perfecto previo (la *Idea*). La Idea perfecta (esto es, el concepto de *Bien*) a la cual tiende la forma de los objetos del mundo es pues algo externo al objeto mismo, y la mayor o menor correspondencia con esta Idea externa, con este “Bien”, es lo que determina el sentido funcional teleológico de estas entidades.

El *telos* de corte platónico y teológico es por tanto un agente que crea el mundo o interviene en él para lograr el Bien. Esta forma de entender la organización de los seres vivos como evidencia de un diseño externo será la predominante en el pensamiento filosófico y teológico hasta tiempos muy recientes. De hecho, el enfoque de la Teología Natural va a basarse en esta concepción del *telos*.

La Teología Natural es una rama del pensamiento teológico que, basándose en el uso de la razón y de la experiencia ordinaria, estudia el mundo natural en tanto en cuanto creación divina, buscando en el diseño y propiedades de los seres vivos pruebas de la existencia de su creador. La obra más conocida de esta corriente es posiblemente *Natural Theology*, publicado en 1802 por William Paley, aunque en esta misma línea se enmarcan otras obras muy influyentes de autores como John Ray y Thomas Payne o los *Bridgewater Treatises*. El enfoque de la Teología Natural fue la postura más importante acerca de la teleología de los seres vivos hasta la formulación de la teoría de la evolución por selección natural de Darwin.

Paley, obispo de la iglesia anglicana, se sirvió de su célebre metáfora del relojero para exponer la idea central de la Teología Natural: el *argumento del diseño*. Paley presentó este argumento de la siguiente manera: si encontramos un reloj tirado en un campo, no podemos suponer de ningún modo que éste ha sido creado y se encuentra allí por simple azar o por la conjunción de meras leyes mecánicas ciegas. Los relojes, al contrario que las piedras o las nubes, exhiben un tipo muy particular de organización, un orden en el cual cada parte está perfectamente dispuesta con respecto a las otras piezas a fin lograr

un objetivo global: medir el tiempo. Este intrincado diseño dispuesto *para* un objetivo concreto tiene necesariamente que haber sido concebido y ejecutado por un diseñador racional. La complejidad del reloj, la disposición de su mecanismo y la adecuación del conjunto de sus partes para lograr un fin específico sólo pueden ser explicadas aludiendo a una intencionalidad racional: “la concordancia, la disposición de las piezas, la presencia de medios sometidos a la consecución de un fin, la relación de los instrumentos para un uso, todo esto implica la presencia de la inteligencia y la mente”(PALEY, 1970: 10).

La intuición en la que se apoya este argumento es sencilla: puesto que es innegable que los seres naturales poseen una complicada organización, entonces ha de haber necesariamente un diseñador responsable de este diseño. Así explicamos el origen de esta sofisticada organización al tiempo que introducimos de un modo científicamente aceptable una causa final sustentada en una cadena de causas eficientes que, en último término, apela a las intenciones conscientes de una mente que es su causa primera. Del mismo modo que ocurre cuando tratamos las funciones de los artefactos o de las organizaciones sociales, la clave está en la intencionalidad de quién utiliza y *crea* las entidades funcionales. La organización observable en la naturaleza en analogía con la de los artefactos diseñados por los humanos es pues la base en la que se apoya esta forma onto-teo-lógica (véase HEIDEGGER, 2006) de entender a los organismos vivos. Lo que autores como Lewens (2000) o Ruse (2003), entre otros, denominan la “analogía artefactual”.

Para Paley, la relación entre los artefactos y los seres vivos va más allá de ser una mera analogía. La tendencia ineludible de los seres humanos a considerar la organización de los seres vivos de un modo teleológico es algo más que una imposición de nuestro sistema de conocimiento. El diseño evidente de la naturaleza presupone, necesariamente, un diseñador racional. Los organismos no son *como* artefactos, los organismos *son* artefactos. Paley considera que los seres vivos pueden perfectamente entenderse como complejísimos relojes. Un ser vivo no sería otra cosa que un artefacto que tiene, entre otras capacidades, la habilidad de auto-replicarse. Sus partes son infinitamente más complejas que las de un reloj y su orden y disposición mucho más intrincadas. Y a mayor diseño, mejor diseñador. Esta complejización organizacional que se puede observar en los seres vivos no implica sino la existencia de un diseñador mucho más hábil y poderoso que el mejor de los relojeros: Dios. Es imposible observar a los seres naturales sin percibirlos de forma teleológica, es decir, como si estuvieran diseñados para un fin. Como ya hemos señalado, la Teología Natural tiene un fondo profundamente platónico: esta organización de los seres vivos se debe siempre a la acción previa de una mente consciente que se guía por las mejores intenciones creando el mejor de los mundos posibles, un mundo en el que todos los seres vivos están diseñados de forma perfecta para llevar a cabo su propósito.

Esta Teología Natural tiene gran repercusión en la historia de la cultura. Es fácil explicar la razón de esto. El “argumento del diseño” está bien respaldado por los dictados del sentido común y supone al mismo tiempo un argumento en favor de la existencia de Dios. En el momento en el que Darwin publica *El Origen de las Especies* y revoluciona la forma de entender la teleología natural, es este argumento del diseño de Paley el principal oponente intelectual con el que habrá de batirse. De hecho, es fácil seguir la estela desde

esta perspectiva teológica en muchos de los actuales movimientos “antievolucionistas”, como el que defiende la postura del “Diseño Inteligente” (véase, por ejemplo, BEHE, 1996).

Recientemente, el psicólogo Alan Leslie (2000), ha defendido que los niños desarrollan a muy temprana edad una tendencia a considerar que todos los objetos poseen estados mentales. Así, categorías como “creencia”, “deseo” o “intención” son utilizadas por los niños como propiedades que poseen los objetos inanimados. Se cree que la razón de esto es que, dado nuestro pasado evolutivo, nuestros mecanismos de atención muestran una particular destreza para interpretar aquellos objetos que exhiben características propias de los humanos o, más específicamente, de agentes con mente. Esto hace que, en el proceso de desarrollo individual, esta destreza se muestre de forma muy clara en las categorizaciones de los niños y, solamente en edades más avanzadas, la diferencia entre objetos con propósitos propios y objetos sin mente se afiance en nuestros mecanismos de atención. Así pues, tenemos una disposición natural a otorgar “teoría de la mente” a todo tipo de objeto y esta disposición puede explicar por qué consideramos que los objetos del mundo natural, como las partes de los seres vivos, han de ajustarse a un propósito o plan consciente. Tal y como Deborah Kelemen ha sostenido, esta forma de entender la teleología natural tan cercana a lo defendido por pensadores clásicos como Platón o Paley puede ser no más que un producto colateral de la disposición de nuestra mente a ver los objetos como imbuidos de propiedades mentales (KELEMEN 2004). Utilizando la terminología de Kelemen, los niños son “teístas intuitivos” acerca de las entidades naturales y del funcionamiento de sus rasgos. Y es precisamente esta intuición, afianzada en nuestra forma de ver la naturaleza tanto por nuestras estructuras psicológicas como por nuestra herencia cultural, la que va a verse cuestionada científicamente a partir de la teoría de la evolución por selección natural propuesta por Charles Darwin.

## LA NATURALIZACIÓN DE LA TELEOLOGÍA EN LA BIOLOGÍA EVOLUCIONISTA

La respuesta de Darwin al argumento del diseño de Paley va a ser la de demostrar cómo el diseño visible en el mundo natural puede ser explicado sin necesidad de apelar a un diseñador consciente. En la teoría evolutiva darwiniana el papel del creador supranatural es reemplazado por una ciega fuerza natural: la *selección natural*.

A través de la selección natural, Darwin explica cómo las fuerzas naturales pueden dar lugar a productos naturales de enorme complejidad y que muestran una enorme viabilidad para la existencia en sus determinados entornos (DENNETT, 1995). La extrema complejidad y sostenibilidad de los diseños naturales puede explicarse ahora sin necesidad de postular una mentalidad consciente o un propósito inmanente a los organismos. La larga historia evolutiva es la que forma el plan de la organización de los seres vivos y es la responsable de su forma particular. La diferencia en la capacidad de reproducirse y sobrevivir de los distintos organismos es la responsable en último término de la emergencia de determinados patrones organizacionales en las especies. La selección natural es, en

palabras de Richard Dawkins-uno de los mayores responsables de la popularización en nuestros días de esta interpretación de la teoría de Darwin-, el “relojero ciego” que se esconde detrás del sofisticado diseño de los organismos vivos:

A pesar de que todo indica lo contrario, el único relojero en la naturaleza son las fuerzas ciegas de la Física, aunque implementadas de un modo muy particular. Un verdadero relojero tiene una gran visión: diseña los engranajes y los resortes, y planifica sus interconexiones con el ojo puesto en un propósito futuro. La selección natural es un proceso ciego, inconsciente y automático que descubrió Darwin, y que nosotros ahora sabemos que es la explicación para la existencia y para la forma aparentemente intencional de toda forma de vida. La selección natural no tiene un propósito en mente, pues no tiene mente. No tiene la vista puesta en ningún plan futuro y no es capaz de planear nada para el futuro. Si puede decirse que la selección natural está teniendo el papel de un relojero en la naturaleza, entonces se puede tratar únicamente de un relojero *ciego*. (DAWKINS, 1986: 5)

Con la Síntesis Moderna, la cual añade a la selección natural el estudio del campo genético, la Biología contemporánea nos ofrece las herramientas conceptuales necesarias para dar cuenta de la teleología de las funciones biológicas desde un enfoque puramente naturalista. Los genes y las combinaciones de éstos están sujetos a la acción de la selección natural. La mayor o menor predominancia de unos genes u otros depende del éxito reproductivo de los organismos que los portan y transmiten. La mutación de estos genes es la fuente definitiva de la variabilidad hereditaria – requisito imprescindible para que pueda haber selección natural – y la selección natural ejercida por la presión de las condiciones ambientales sobre esta variabilidad de organismos da como resultado que las complejas organizaciones vivientes resulten adaptadas a su entorno. La adaptación – el *Bien* al que hacen referencia Platón y Paley – no es sino el resultado de la presión del mecanismo ciego de la selección natural.

Cabe decir también que, al contrario de lo que se defiende desde una postura teísta, no es la función de un rasgo biológico la que determina la existencia y la forma de este rasgo. Esto ocurre precisamente al revés: son las entidades materiales las que constriñen la función. La selección natural opera sobre distintas variantes de individuos. Aquellos que están mejor adaptados al medio (esto es, aquellos que tienen mayor éxito reproductivo) son los que transmitirán con mayor éxito sus genes y sus rasgos a la descendencia. El *ergon* último, desde un punto de vista evolutivo, es el de lograr este triunfo en la carrera por transmitir los genes y, dado que la selección natural tiene lugar sobre estructuras previas, son muchas las formas en las que diferentes adaptaciones al medio (funciones) pueden darse con diferentes recursos materiales. Esto explica el caso biológico de las “homologías funcionales” (LOVE, 2007), como el popular falso pulgar del panda (GOULD, 1980).

El planteamiento de Darwin es revolucionario por muchos motivos. En lo referente al problema de la teleología natural, Darwin aporta una explicación naturalista acerca del origen y funcionamiento del diseño de los organismos, de sus “propósitos naturales”. A



partir de estas ideas, y hasta el momento actual, la forma predominante de entender la teleología y las funciones biológicas se ha basado en apelar a la historia evolutiva y al papel de la adaptación de los rasgos orgánicos.

Esta es la estrategia que sigue la principal corriente actual de los análisis teóricos sobre el concepto de función, la perspectiva etiológico-evolutiva, la cual considera que la función de una entidad es la razón por la que esa entidad existe en la actualidad. Así pues, afirmar que la función del corazón es bombear sangre significa defender que el hecho de bombear sangre es lo que ha hecho que el corazón exista, esto es, que se trata de su “razón de ser”. La tradición etiológica ha buscado de este modo justificar y naturalizar el carácter teleológico de las funciones apelando a una forma de explicación causal científicamente aceptable en términos de causas eficientes. En la formulación predominante, derivada de la pionera propuesta de Wright (1973), los enfoques *evolutivo-etiológicos* (MILLIKAN, 1989, NEANDER, 1991; GODFREY-SMITH, 1994; BULLER, 1998, entre otros) apelan a un proceso causal histórico-selectivo, según el cual la existencia de los actuales rasgos funcionales biológicos no es sino la consecuencia de la presión ejercida por mecanismos como la selección natural sobre los efectos de las ocurrencias previas de estos rasgos en su pasado evolutivo.

La selección explicaría así la existencia de los rasgos funcionales *actuales* a partir de la actividad de las ocurrencias *previas* del rasgo, ya que estas habrían dado una ventaja selectiva a su portador permitiendo que sus herederos hayan sobrevivido continuamente hasta hoy. La emergencia y preservación de un comportamiento funcional pueden por tanto interpretarse como el resultado de un proceso histórico-adaptativo guiado por la selección natural. Así, siguiendo el modelo propuesto por Ruth Millikan (1984, 1989), la función de X es Z si X descende evolutivamente de X' y X existe porque X' hacía Z en el pasado. Es decir, la función del corazón (X) es bombear sangre (Z) si el corazón es descendiente de un corazón ancestro (X') que también bombeaba sangre y esta es una de las razones por las que su descendiente actual (X) existe hoy en día. Z es una función propia de X si la realización de Z ayudó a la proliferación de X', es decir, de los ancestros de X. Millikan pretende de esta forma dar con una definición de función como “función propia” (*proper function*) en contraposición con una definición más abierta, al estilo de la de Wright, que pudiese decir, por ejemplo, que la función de la obesidad es impedir la práctica del ejercicio. La característica explicada por este análisis funcional etiológico debe haber sido seleccionada por la consecuencia funcional y debe haber sido producida o reproducida como un resultado directo de ese proceso de selección. Millikan enfatiza que para garantizar una adscripción funcional etiológica, es decir, para poder hablar de “funciones propias”, se requiere tanto de la selección de la consecuencia funcional sobre otras alternativas como de la replicación de la estructura con esa consecuencia como un resultado directo de la selección natural.

En conclusión, las teorías del enfoque etiológico, que proponen una naturalización de la teleología natural basada en el marco teórico del darwinismo, interpretan las funciones como efectos seleccionados, lo cual ofrece recursos para abordar el problema de la teleología de las funciones. Una función es el efecto de un rasgo que explica

(evolutivamente) la existencia de ese rasgo. Un rasgo debe producir un efecto determinado (su función) porque de no haberlo hecho así en pasadas ocurrencias de ese rasgo en organismos ancestros, el rasgo no habría sido seleccionado en el pasado – ya sea este pasado más o menos reciente– y, por lo tanto, no existiría en la actualidad. En contraste con lo que van a defender las teorías del enfoque organizacional que abordamos en el siguiente capítulo, las normas de las funciones son definidas desde este enfoque evolutivo con respecto a su rol histórico y no en relación a la relevancia o beneficio que los comportamientos funcionales puedan tener en la actualidad para el sistema.

## EL ENFOQUE ORGANIZACIONAL EN LA HISTORIA DE LA FILOSOFÍA DE LA BIOLOGÍA

### Aristóteles y el nacimiento de la Biología

En muchos sentidos, puede considerarse que Aristóteles es el pionero y uno de los más importantes teóricos del concepto de función biológica. De hecho, Aristóteles puede ser visto al mismo tiempo como el primer biólogo y el primer filósofo de la Biología, en toda la amplitud de estas dos etiquetas. Aún a pesar de que gran parte de las ideas aristotélicas acerca del mundo biológico han sido descartadas por la Biología contemporánea, el legado de Aristóteles en el campo de los estudios sobre la vida es amplio y profundo. Sus diversas obras en este campo, encabezadas por *Historia Animalium* (Investigación sobre los animales), *De Partibus Animalium* (Partes de los animales) y *De Generatione Animalium* (Reproducción de los animales), sentaron las bases de lo que constituiría el estudio científico de la naturaleza durante siglos. Aristóteles es no solo uno de los primeros (cuando no el primero) que trabajó estos aspectos sino también el pensador que estableció estos problemas como objetivos de una reflexión sobre lo vivo marcando así el rumbo de toda la ciencia biológica hasta nuestros días (RUSSELL, 1916; MARCOS, 2009).

A la hora de definir qué son y cómo deben estudiarse los seres vivos, Aristóteles aboga por un *organicismo* que aúna las ideas previas tanto de los presocráticos como Empédocles o Demócrito, los cuales parten de un reduccionismo mecanicista de tipo atomista para dar cuenta de todos los entes, como del reduccionismo teleológico como explicación última del orden del Universo que postulaba su maestro Platón. La postura aristotélica va a conciliar teleología y mecanicismo. Al igual que Empédocles o Demócrito, Aristóteles sigue una estrategia reduccionista consistente en explicar los seres vivos a través de sus partes componentes y de la relación entre estas, pero también comparte con Platón el convencimiento de que las entidades del mundo están organizadas para cumplir con ciertos propósitos, esto es, todos los entes están *dirigidos a fines*.

No obstante, al contrario que Platón, Aristóteles no considera que estos propósitos inherentes respondan a una idea externa de *Bien*. Aunque Aristóteles aún sostiene la concepción externalista para el caso de los comportamientos intencionales de las personas o de los objetos fabricados por los humanos para lograr ciertos objetivos, la teleología

de los organismos naturales es algo no intencional. Para Aristóteles, el diseño de los organismos no busca ajustarse a un modelo externo (una *idea*), tal y como sostenía Platón, sino que sus fines son inmanentes a ellos mismos. Aristóteles utiliza el término *ergon* para referirse a esta finalidad inherente a las entidades materiales. Así, el *ergon* de un individuo es aquello que es *bueno para él mismo*, y entendiendo aquí “bueno” no como una correspondencia con un ideal externo del concepto de Bien, sino como algo más cercano a “útil”, “valioso” o “necesario”.

El *telos* de los organismos está determinado por la forma propia en la que éstos cumplen con su *ergon*, y esto está íntimamente ligado con el diseño morfológico de los organismos. Así, los individuos de cada especie adoptan una morfología característica a través de diferentes procesos biológicos de desarrollo y los diferentes rasgos biológicos se encuentran sometidos al cumplimiento de estos procesos. Por ejemplo, las plantas requieren entrar en una fase de florecimiento para cumplir con su plan de desarrollo. El proceso de desarrollo ontogenético sigue así para Aristóteles una vía teleológica, aunque no sea consciente ni intencional, lo mismo que ocurre en el caso de la funcionalidad fisiológica, en donde la relación entre las partes y el todo orgánico es también interpretado de un modo finalista. Del mismo modo esto ocurre con los afilados dientes de los carnívoros, los cuales contribuyen a la supervivencia de los animales que los poseen y, por tanto, al *ergon* de los carnívoros. Para Aristóteles, el *telos* de los organismos naturales se corresponde con la consecución de este *ergon*, y es por lo tanto algo inherente a ellos mismos y a su forma de ser y comportarse en el mundo. Y esta forma de ser y comportarse en el mundo es teleológica porque es explicada en términos de fines u objetivos que son una respuesta a la pregunta de “para qué” son cómo son los organismos.

Tanto el caso del florecimiento de las plantas como el de la capacidad trituradora de la dentadura de los carnívoros son ejemplos de rasgos biológicos que son buenos *para el organismo*, esto es, que contribuyen a que el organismo lleve a cabo su *ergon*. Al gran biólogo que fue Aristóteles no se le podía pasar por alto que aquellos rasgos que ocurrían con mayor frecuencia en el mundo natural suponían normalmente una mayor ventaja para sus portadores que aquellos que ocurrían raramente. El carácter teleológico del orden biológico es pues en Aristóteles el resultado de una inferencia abductiva que nos dice que la razón de la existencia de un rasgo biológico se debe a su utilidad para el organismo portador. Una explicación mecanicista en términos de causas eficientes no es capaz, al menos en el estadio de la ciencia biológica de tiempos de Aristóteles, de abarcar este carácter esencial e inherente de los organismos vivos cuyo análisis precisa un tratamiento en términos de causas finales.

Un importante concepto en el análisis de la teleología natural de Aristóteles es el de *necesidad hipotética* en el diseño de los entes. La necesidad hipotética es la constricción sobre las entidades materiales que es ejercida por el hecho de que ciertos fines (funciones) se hayan de llevar a cabo (BALME, 1987; COOPER, 1987; CHARLES, 1988; ARIEW, 2002). En los organismos, todos los miembros de una misma especie siguen un patrón determinado (lo que Aristóteles denomina *teleología formal*) que determina el modo en el que cada individuo cumple con sus objetivos inherentes (*ergon*) y que explica, en

último término, la necesidad hipotética de llevar a cabo un plan de desarrollo y de la existencia de ciertos rasgos funcionales y su relación con el todo orgánico. Esto significa, por ejemplo, que la dentadura de los carnívoros es afilada y resistente por la constricción ejercida por el *telos* de los carnívoros de consumir carne. El hecho de que los dientes de estos animales sean afilados y resistentes, y no de cualquier otra manera, se explica apelando a una necesidad hipotética que podemos inferir de la regularidad con la que estos rasgos concretos se dan en la naturaleza.

En conclusión, para Aristóteles, haciendo excepción del caso del comportamiento humano, las entidades del universo se comportan de un modo teleológico porque buscan, de un modo espontáneo e inconsciente, cumplir con sus propios fines. Según la postura aristotélica, el fin del grano no es alimentar al ganado sino dar lugar a una planta completa. Los fines de las entidades son propios e immanentes a éstas y están determinados por el propio beneficio. La teleología en la naturaleza es pues, desde la perspectiva del organicismo aristotélico, objetiva y empíricamente observable. El *telos* biológico según Aristóteles no requiere de una mente consciente diseñadora (ROSS, 1949; RANDALL, 1960; AYALA, 1970) sino que es una propiedad inherente de las organizaciones biológicas.

## **El giro kantiano**

La concepción externalista de Platón y la internalista de Aristóteles marcan las posteriores teorías acerca del carácter teleológico en el mundo natural y pueden apreciarse en la obra filosófica y científica de autores tan diferentes como Tomás de Aquino, Newton o Descartes (AMUNDSON, 1995: 18).

No obstante, y a pesar de estos y otros notables acercamientos teóricos al concepto de *telos* natural y de función biológica, no es realmente hasta los trabajos de Immanuel Kant cuando la reflexión científico-filosófica sobre las teleologías biológicas adopta un nuevo enfoque radicalmente distinto que marcará los análisis teóricos posteriores.

En la segunda parte de su *Crítica del Juicio*, Kant aborda el problema de la aparente intencionalidad del orden de la naturaleza. Para Kant, el reto que esta aparente intencionalidad representa consiste en averiguar “de qué modo fines que no son los nuestros y que no pertenecen tampoco a la naturaleza (que no admitimos como ser inteligente), puedan y deban, sin embargo, constituir una especie particular de la causalidad” (KU § 61) (KANT, 2007: 290).

Para afrontar este reto, Kant comienza distinguiendo dos tipos distintos de causalidad: mecánica y teleológica. La causalidad mecánica, correspondiéndose con la noción de causalidad eficiente de Aristóteles, toma la forma de series progresivas de causas que preceden a ciertos efectos que son producidos por éstas. La causalidad teleológica, en cambio, toma la forma de series causales regresivas, en las cuales los efectos se derivan y al mismo tiempo dan lugar a sus causas. Un efecto puede por tanto ser la causa de sí mismo: “algo existe como un propósito natural si es tanto causa como efecto de sí mismo” (KU

§ 63) (KANT, 2007: 299). El más claro ejemplo de esto es para Kant el comportamiento humano, en el que aquello que se espera lograr (efecto) es causa del comportamiento que lo lleva a cabo. Pero también los rasgos de la naturaleza pueden ser entendidos de un modo teleológico. De hecho, según Kant, los rasgos biológicos *solamente* pueden ser entendidos de esta manera. Pero, al contrario de lo que ocurre con el comportamiento humano, en el caso de los rasgos biológicos el *telos* que determina el comportamiento no tiene nada que ver con una intención consciente, sino con las propiedades organizativas propias y objetivas de los seres vivos.

Los seres organizados, son, pues, los únicos en la naturaleza que, aunque se les considere por sí y sin una relación con otras cosas, deben, sin embargo, ser pensados posibles sólo como fines de la misma, y que, por tanto, proporcionan, desde luego, al concepto de *fin*, no de fin práctico, sino de fin de la *naturaleza*, una realidad objetiva, y por ella, para la ciencia de la naturaleza, el fundamento de una teleología, es decir, de un modo de juzgar sus objetos según un principio particular tal, que introducirlo en la naturaleza sería, de otro modo, absolutamente ilegítimo. (KU§ 65) (KANT, 2007: 308)

En este sentido, Kant se aleja de Platón y se acerca a Aristóteles afirmando que la meta última del funcionamiento de los seres vivos responde a *fines internos* de estos seres. De cualquier forma, para Kant es innegable el hecho de que los seres vivos actúan *como si* estuvieran creados para llevar a cabo ciertos objetivos platónicos, es decir, objetivos racionales y preconcebidos. Pero esto no es lo mismo que decir que la naturaleza es racional sino simplemente que el comportamiento de los seres naturales es, en cierto modo, *análogo* a un comportamiento racional (BUTTS, 1990):

El concepto de enlaces y formas de la naturaleza según fines es, pues, al menos, un principio más para traer a reglas los fenómenos de la misma, allí donde no alcanzan las leyes de la causalidad según el mero mecanismo. En efecto, hacemos uso de un fundamento teleológico siempre que al concepto de un objeto atribuimos, como si estuviera en la naturaleza (no en nosotros), causalidad en consideración de un objeto, o más bien nos representamos la posibilidad del objeto *según la analogía de una causalidad semejante* (como la que encontramos en nosotros); por tanto, pensamos la naturaleza *como si* fuera técnica por facultad propia. (KU§ 61) (KANT, 2007: 291)

El fin interno de los seres vivos, su *ergon* en terminología aristotélica, no es otro sino el de auto-preservarse. Este *ergon* consiste, por lo tanto, en el mantenimiento de las *condiciones de posibilidad* de la propia existencia. Así, tanto a un nivel filogenético (con la reproducción y creación de nuevos organismos), como de desarrollo individual (a través del crecimiento y transformación de los organismos a lo largo de su ciclo vital) o de la relación de las partes con el todo orgánico (relación de la que depende el

mantenimiento recíproco del conjunto del sistema viviente), los organismos vivos actúan *como si* tuviesen el fin consciente de – o como si estuviesen racionalmente diseñados para–seguir existiendo.

La clave de la propuesta de Kant está en defender que los organismos vivos se caracterizan por poseer un tipo específico de organización dirigida al auto-mantenimiento y que, dada esta organización, nosotros *necesariamente* hemos de pensar en ellos como entidades dirigidas a fines, independientemente de si están realmente diseñados para ello. Se trata de un imposición de nuestro modo de entender la naturaleza y a los seres vivos que viene determinada tanto por el modo tan particular en el que los organismos están organizados como por las propiedades de nuestro modo de conocer. Entender la naturaleza de un modo teleológico es pues para Kant algo *necesario*, pues no es posible comprender lo viviente de otro modo, y *subjetivo*, pues viene impuesto por nuestra propia capacidad de juzgar, aunque hace referencia a propiedades objetivas de los seres que analiza.

En un celeberrimo pasaje de la *Crítica del Juicio*, Kant expone su convicción de que no es posible encontrar en Biología explicaciones mecanísticas en términos de causalidad eficiente que sustituyan a los juicios teleológicos:

Es, en efecto, completamente seguro que no podemos ni siquiera tomar conocimiento suficiente y mucho menos explicar los seres organizados y su interior posibilidad según principios meramente mecánicos de la naturaleza. Y es esto, por cierto, tan seguro que se puede con audacia decir que es absurdo para los hombres tan sólo el concebir o esperar el caso de que pueda levantarse una vez algún otro Newton que haga concebible aun sólo la producción de una brizna de hierba según las leyes de la naturaleza no ordenadas por una intención; hay que negar absolutamente ese punto de vista a los hombres. (KU § 75) (KANT, 2007: 336)

Este “giro trascendental” kantiano supone un enfoque nuevo al problema de la teleología natural. Su influencia en la ciencia natural de comienzos del siglo XIX es más que notable en varios de los autores más influyentes, tal y como puede verse en la obra de los pensadores de la *Naturphilosophie* encabezados por Goethe, o de los anatomistas franceses, como Cuvier.

Sin embargo, y aunque estas escuelas científicas asumieron la intuición kantiana de que las propiedades organizativas de los seres vivos precisan de la suposición de un plan general o de un *telos* que se infiere racionalmente de la organización de los seres vivos y que es necesaria para explicarlos, fueron aun más allá defendiendo que es posible para nuestro entendimiento encontrar las leyes y mecanismos subyacentes a esta racional y necesaria causalidad final de los seres vivos, esto es, que es posible encontrar un “Newton de la brizna de hierba”.

Así, por un lado, Goethe se convierte en un personaje importante en la Historia de la Biología por su papel como fundador de la escuela alemana de la *Naturphilosophie* y por ser quién expresa en términos definitivos la idea en la que se basaban todos los

estudios y teorías de los naturalistas de su tiempo y que ya está presente en Aristóteles: la existencia de un plan morfológico único para todos los seres vivos. Siguiendo la línea trascendental abierta por Kant, Goethe deduce a través de la observación de la estructura morfológica de diferentes animales la existencia de un esquema general en la disposición de las partes de todo organismo.

Según Goethe, todas las partes de un organismo están distribuidas de tal modo que el funcionamiento global e interconectado de estas partes responde a un mismo plan general universal, esto es, a una misma *Idea* que trasciende todas las diferencias y particularidades de cada especie e individuo concreto. Así, del mismo modo que Goethe defenderá que en el embrión ya se encuentran todas las partes que están en el adulto, aunque de un modo inconexo e inmaduro, dirá también que todos los diferentes organismos con todas sus enormes divergencias estructurales no son sino manifestaciones de un mismo tipo general al que se accede por inferencia deductiva cuando observamos la relación dinámica entre estas partes. En el organismo todo responde además a la “ley del equilibrio”: ninguna parte puede ser añadida o sustraída sin alterar al resto y sin modificar el comportamiento del todo. Esta idea también se infiere “trascendentalmente” de la organización de los seres vivos y está en la base de la obra de los *Naturphilosophen* posteriores, como Lorenz Oken, Carl Friedrich Kielmeyer y J. B. Spix.

Por otro lado, la misma influencia kantiana puede apreciarse en la obra de quien es, probablemente, el más grande de los anatomistas y paleontólogos del siglo XIX: Georges Cuvier. Para Cuvier, al igual que para los *Naturphilosophen* alemanes como Goethe, el plan general de los organismos es visible a través del funcionamiento de cada una de sus partes y de la relación de estas funciones particulares entre sí con respecto al conjunto del organismo.

Es en esta mutua dependencia de funciones y de asistencia en dónde se pueden encontrar las leyes que determinan las relaciones entre los órganos. Estas leyes son tan inevitables como las leyes de la metafísica y las matemáticas, pues es evidente que una armonía apropiada entre los órganos que actúan conjuntamente es una condición necesaria para la existencia del ser al cual pertenece. (CUVIER, 1835: 47)

Cada órgano actúa en conjunción con el resto dando lugar a la consecución de una finalidad global, de un fin común. Los organismos no son sino el resultado de las armoniosas combinaciones de las funciones de sus órganos, y estas combinaciones son “a priori”, necesarias “metafísica y matemáticamente” para la existencia de los seres vivos. Siguiendo esta línea de razonamiento, Cuvier consigue fundamentar tanto la dimensión teleológica como la dimensión normativa de la noción de función biológica en su “principio de correlación” (idea muy similar a la “ley del equilibrio” de Goethe o a la de “necesidad hipotética” de Aristóteles) que afirma lo siguiente:

Todos los órganos de un animal forman un único sistema, cuyas partes se encajan unas con otras y actúan y reaccionan conjuntamente. No puede darse una modificación en una de las partes sin provocar modificaciones en todas las demás. (CUVIER, 1835: 310)

Esto equivale para Cuvier a afirmar que la función y la estructura están íntimamente ligadas y que toda modificación de una función implica necesariamente una modificación de un órgano (cfr. COLEMAN, 1962). De hecho, Cuvier llega a sostener que es posible, a partir de un conocimiento suficiente de un órgano y de su función, inferir la estructura y funciones de otros órganos interrelacionados con éste. Este fue un principio que guió su trabajo como anatomista y que le sirvió para reconstruir esqueletos y representaciones de animales completos a partir del registro fósil de algunas de sus partes<sup>2</sup>. La obra de Cuvier influyó enormemente en la escena científica de la Francia de comienzos del siglo XIX dando lugar, junto con otros grandes científicos como Buffon, Bichat o Geoffroy de Saint-Hilaire, a los comienzos de la Anatomía Comparada y la Paleontología como disciplinas científicas maduras.

Como veremos a lo largo de los siguientes capítulos de este trabajo, esta perspectiva kantiana que retoman las escuelas alemana y francesa encabezadas por Goethe y Cuvier está también en la base de muchos de los planteamientos contemporáneos acerca de las funciones biológicas. La influencia de este giro kantiano es especialmente visible en las nuevas perspectivas organizacional, la cual recupera en cierto modo la estrategia de Kant de fijarse en las propiedades de la particular relación orgánica de los seres vivos a fin de ofrecer un análisis teórico del concepto de función bien fundado en el conocimiento actual de las ciencias biológicas.

## **El enfoque organizacional en la biología contemporánea**

Existe un conjunto de propuestas contemporáneas que fundamentan el análisis teórico del concepto de función en la caracterización ontológica de los sistemas biológicos como sistemas autoorganizados, reproductivos y autónomos. Como ya hemos visto, existe una tradición en Biología que, partiendo de Aristóteles y Kant, se caracteriza por su interés en las propiedades de la organización biológica. Mientras la tradición darwinista establece una implícita analogía entre máquinas y organismos y busca una fuente externa para explicar la organización, Kant realiza esta misma comparación en su *Crítica del Juicio*, pero en un sentido completamente diferente.

Para la tradición darwinista la equiparación máquina-organismo no es problemática, mientras que la tradición kantiana sostiene que se debe mantener y explicar tal distinción. Kant repara en una diferencia fundamental entre ambos: mientras las máquinas están

---

<sup>2</sup> Este método de trabajo sigue siendo uno de los aplicados en la Paleontología contemporánea, en donde la inferencia de funciones de rasgos de organismos ancestrales a partir del estudio del registro fósil es algo habitual (RUDWICK, 1964).



formadas por piezas fijas, fabricadas de antemano y después ensambladas, en los organismos unas partes están formadas *para* las otras, unas partes producen las otras. Kant acepta una *teleología interna* en la organización del sistema, apuntando de esta manera a un aspecto que la tradición darwinista no ha recogido: el de las relaciones que establecen las partes de un organismo vivo entre sí dando lugar a una organización. Esta reivindicación del papel de la organización para entender los organismos vivos va a tener una influencia determinante a la hora de entender el concepto de función biológica.

A mediados del siglo XIX, en una Biología marcada por la irrupción del darwinismo y por el debate entre mecanicistas y vitalistas (véase GOODFIELD, 1960), Claude Bernard supone una superación de este debate al reivindicar la relevancia de las propiedades de la organización biológica.

Los fenómenos vitales tienen sus condiciones físico-químicas rigurosamente determinadas; pero al mismo tiempo se subordinan y se suceden en un encadenamiento y según una ley fijada de antemano: se repiten eternamente, con orden, regularidad, constancia, y se armonizan en vista de un resultado que es la organización y el desarrollo del individuo. (BERNARD, 1878: 50)

Además, los planteamientos de Bernard suponen un hito en la naciente ciencia de la Fisiología y en la caracterización de las funciones biológicas al defender que las partes de un sistema viviente están en un medio interno (*milieu intérieur*) con propiedades radicalmente diferentes de las del entorno externo en el cual el organismo en su conjunto se desenvuelve. Frente a los posibles cambios del entorno exterior, el entorno interno se auto-regula a sí mismo, manteniéndose constante y garantizando así las condiciones que permiten la vida del organismo. Así, según Bernard (1865), la funcionalidad de las partes de los organismos no es sino la contribución de estas partes al mantenimiento constante de la organización de este medio interno. De esto modo, y siguiendo un enfoque que recuerda mucho a Kant, Bernard defiende que puede entenderse que el funcionamiento de las partes de un sistema vivo está determinado por la contribución al mantenimiento de las constantes de la organización que le permiten funcionar.

Al igual que Claude Bernard, muchos biólogos de finales del siglo XIX y comienzos del XX que parten de esta tradición kantiana han considerado que el mismo concepto de organismo es inseparable de una noción teleológica. Un organismo es un sistema formado por partes interdependientes, relacionadas entre sí *para* poder llevar a cabo actividades complejas, tales como la nutrición, el crecimiento, la reproducción o la locomoción. En palabras de uno de estos autores:

Definimos esta ciencia (la Biología) como la ciencia de los cuerpos cuyas partes se combinan dando lugar a una unidad 'teleológica'. Esta concepción de unidad es inseparable del concepto de organismo, pues solamente debido a su coherencia teleológica podemos llamar a los seres vivos 'organismos'. La Biología,

consecuentemente, desprovista de toda teleología, dejaría de ser la ciencia de los organismos en tanto que organismos. (RICKERT, 1929: 412)

Esta misma perspectiva es recogida en la primera mitad del siglo XX por biólogos teóricos como Bertalanffy, Woodger o Waddington quienes consideran las nociones de organización y organismo como la base de sus planteamientos. Estos autores van a defender que la Biología debe desarrollar una perspectiva de corte holista y con un carácter muy diferente a los postulados de la Física y la Química. “Prácticamente todos los procesos vitales están tan bien organizados que están dirigidos al mantenimiento, la producción o la restauración de la totalidad del organismo” (BERTALANFFY, 1933: 8).

Así pues, en la primera mitad del siglo XX la escuela norteamericana de Harvard instaurada por Bowditch, Henderson y Cannon, entre otros, adopta este enfoque organismico. Particularmente, Walter Cannon propone el término “homeostasis” (de *homeo*, semejante, y *stasis*, estado fijo), para referirse a la capacidad de los organismos de mantener una constancia en su funcionamiento. Este concepto está claramente basado en el de medio interno de Claude Bernard, pues es dentro del organismo donde se llevan a cabo estos procesos homeostáticos. En palabras de Cannon:

La condición constante que mantiene el cuerpo podría denominarse *equilibrio*. En todo caso, esa palabra viene a tener un significado bastante más adecuado cuando es aplicado a simples estados fisico-químicos, donde fuerzas conocidas están compensadas. Los procesos fisiológicos coordinados que mantienen los estados constantes en el organismo son tan complejos y peculiares a los seres vivientes – incluyendo, de alguna forma, al cerebro, los nervios, el corazón, los pulmones, los riñones y bazo, todos trabajando cooperativamente – que he sugerido una designación especial para este tipo de estados: homeostasis. (CANNON, 1932: 24)

La idea crucial de las propuestas de Bernard y Cannon está en que consideran que el modo en el que los sistemas biológicos se auto-organizan para mantenerse a sí mismos frente a las perturbaciones externas toma la forma de un *feed-back negativo* (BECHTEL, 2007: 281). Esta idea de retroalimentación negativa estará en el núcleo del posterior estudio interdisciplinar de los sistemas regulatorios desarrollado a partir de los años 50 por la cibernética.

El término “cibernética” viene del griego κυβερνήτης (*kybernetes*: gobernante, piloto) y comparte la misma raíz con la palabra “gobierno”. La cibernética es un campo de estudio muy amplio que tiene como principal meta la de comprender, modelizar y reproducir los procesos de cierto tipo de sistemas caracterizados por participar en ciclos causales circulares que les llevan a regularse y actuar para conseguir ciertos fines. Los estudios en cibernética ofrecieron vías para examinar el diseño y el funcionamiento de gran variedad de sistemas, incluyendo los sistemas sociales y los biológicos.

Norbert Wiener, uno de sus principales teóricos, definió a la cibernética como el estudio del control y la comunicación en sistemas naturales y artificiales (WIENER, 1948). Otro de sus teóricos, Stafford Beer, la llamó “la ciencia de la organización efectiva” (BEER, 1974: 7), y Gordon Pask (1972: 12) extendió su ámbito de aplicación a “cualquier medio en el que haya un flujo de información, desde las estrellas hasta los cerebros”. Los campos estudiados por la cibernética van desde el aprendizaje, la cognición, la adaptación y la comunicación, a la emergencia y la funcionalidad. Una gran variedad de disciplinas como la Filosofía, la Ingeniería, la Psicología, la Sociología o la Biología han sido muy influenciadas por los postulados y los resultados de la cibernética.

Desde esta perspectiva se rechaza la distinción entre máquinas y organismos que proponía Kant y se defiende que los organismos pueden ser vistos como mecanismos auto-regulados muy complejos y que es posible diseñar modelos artificiales que nos ayuden a comprenderlos. Tras la segunda guerra mundial se presentaron algunos modelos de sistemas auto-organizados que utilizaron este marco teórico de la cibernética basado en los principios de *feed-back* y circularidad causal<sup>3</sup> (KELLER, 2007: 305).

Aunque las ideas de estos autores tuvieron un gran impacto en varias áreas de la Ingeniería, reflejado en el surgimiento de la Teoría de Control, no es hasta el surgimiento de la *Teoría de Sistemas Dinámicos No Lineales* en Física y Matemáticas que las ideas relacionadas con la auto-organización y su noción de funcionalidad son retomadas con fuerza. Así, la noción de auto-organización es adoptada por Ilya Prigogine para explicar la emergencia de “estructuras disipativas” en determinadas condiciones alejadas del equilibrio, como es el caso de los huracanes, los remolinos o las células de Bénard. Al mismo tiempo, el estudio matemático siguió un camino paralelo describiendo estos sistemas dinámicos no lineales en términos de atractores y ciclos límite. De cualquiera de las dos maneras, la auto-organización hacía referencia siempre a la producción de patrones estables en cierto tipo de sistemas físicos o biológicos. A partir de aquí se han desarrollado muchos trabajos tratando de mostrar la aparición de diversas propiedades emergentes como resultado del comportamiento de sistemas dinámicos complejos.

Estas ideas de la cibernética influyen de manera determinante en algunos de los planteamientos que en la década de los setenta aparecen en el campo de la Biología Teórica. Así, Robert Rosen (1973, 1991) defendió que tanto las máquinas como los organismos deben ser caracterizados mediante *descripciones relacionales*, es decir, que deben ser entendidos como conjuntos de partes o componentes interrelacionados. Para llevar a cabo estas descripciones, Rosen desarrolla un tipo de modelos relacionales de máquinas y organismos pero estos modelos son fundamentalmente diferentes cuando se trata de seres vivos o de artefactos. La principal diferencia entre unos y otros es que los organismos *no son fraccionables* en sus componentes (MIKULECKY, 2000). Los

---

<sup>3</sup>Así, por ejemplo, en la década de los cuarenta, Ross Ashby diseñó una máquina que pretendía ser un modelo de un cerebro a la que bautizó como *Homeostat* (ASHBY, 1947). Esta máquina era capaz de exhibir un comportamiento autónomo y supuso un estímulo crucial para los posteriores desarrollos de modelos artificiales de sistemas capaces de organizarse a sí mismos, tales como el *Perceptron* de Frank Rosenblatt (1957). La clave de estos sistemas artificiales estaba en que eran capaces, a través de las interacciones entre sus distintos componentes, de llevar a cabo ciertas funciones que surgían espontáneamente de estas interacciones.

componentes funcionales biológicos son totalmente dependientes del contexto de todo el sistema y no tienen significado fuera de este contexto holista. Reducir un sistema viviente a sus partes materiales conlleva necesariamente una pérdida de información.

Por otro lado, Howard Pattee (1973, 1982) analizó este tipo especial de relaciones de los componentes de un sistema biológico, que se fundamentaría en lo que denominó el *establecimiento autónomo de constricciones* que establece un *cierre funcional autónomo*. En el fondo de la organización biológica encontramos un “*cierre semántico*”. En cualquier organismo, por simple que sea, hay una *interdependencia básica y fundamental entre los elementos materiales, funcionales y simbólicos*. De este modo, por ejemplo, los genes se convierten en representaciones simbólicas cuando son directamente reconocidos por las elementos que intervienen en el proceso de traducción (aminoácidos, t-RNA, ribosomas, r-RNA, m-RNA, enzimas, factores proteicos y nucleótidos trifosfato), las cuales llevan acciones biológicas concretas como la síntesis de proteínas. Este cierre semántico supone una *circularidad* causal: los genes y los elementos que llevan a cabo la traducción son interdependientes y se necesitan los unos a los otros para seguir siendo producidos por el organismo (cfr. UMEREZ, 2001).

En esta misma tradición debemos hacer una mención especial a los trabajos de autores como Henri Atlan (1979) y, sobre todo, Humberto Maturana y Francisco Varela. Según la concepción de estos últimos, los seres vivos son *sistemas autopoieticos*, esto es, sistemas que se auto-producen. Tomando como modelo la unidad biológica más básica, la célula, Maturana y Varela argumentan que un ser vivo es una unidad autopoietica que se constituye como un todo sistémico en el que las partes componentes del sistema no tienen sentido si se aíslan de una red global de procesos constructivos íntimamente relacionados entre sí y que continuamente produce y transforma dichos componentes (MATURANA; VARELA, 1973, 1980; VARELA, 1979). Esto supone una *dinámica de auto-mantenimiento* en la cual *acción y constitución* significa lo mismo para el sistema: es decir, *su seres su hacer*; lo cual tiene implicaciones muy profundas para la cuestión de las funciones y de la teleología biológica (WEBER; VARELA, 2002).

Aún sin profundizar más en las propuestas de estos autores, podemos ver cómo todas ellas defienden que para definir a un organismo y sus componentes hay que hacer referencia directa al papel que juegan estos componentes dentro del sistema, pues un organismo no puede ser entendido si no es en términos de sus constituyentes y de los procesos que éstos llevan a cabo. Desde esta biología teórica de tradición kantiana se nos recuerda constantemente que los componentes funcionales son totalmente dependientes del conjunto y el contexto de todo el sistema y que este mismo sistema se define a sí mismo a través de la relación dinámica de sus componentes.

La clave de todos estos nuevos enfoques teóricos está en el énfasis en el estudio de las propiedades de la organización de cierto tipo de sistemas en Física, Matemáticas, Ingeniería y Biología. Este estudio abrió las vías para nuevas interpretaciones del comportamiento de los sistemas biológicos (ETXEBERRIA; UMEREZ, 2006), como las que hemos abordado en esta sección, y supone una reinterpretación de las noción de teleología biológica en términos dinámicos y organizacionales. Esta perspectiva organicista, que convive en

la Biología contemporánea con los enfoques más evolucionistas, tiene su fundamento histórico en las propuestas de Aristóteles, Kant y los científicos de la *Naturphilosophie* y ha dado lugar al reciente *enfoque organizacional* en el debate sobre las funciones en la filosofía de la biología de las últimas décadas.

## CONCLUSIONES: EL ENFOQUE ORGANIZACIONAL Y LA NOCIÓN DE FUNCIÓN BIOLÓGICA

Partiendo de la forma de entender lo biológico que hemos expuesto en el apartado anterior, surge en los últimos años la nueva perspectiva organizacional en el debate sobre las funciones. Los trabajos de McLaughlin (2001), Schlosser (1998), Delancey (2006), Edin (2008), Collier (2000), Bickhard (1993, 2000) y Christensen y Bickhard (2002) pueden considerarse como los más significativos referentes de esta nueva perspectiva desde la filosofía de la biología de los últimos años<sup>4</sup>. Todos ellos fundan el análisis teórico del concepto de función en la caracterización ontológica de los sistemas biológicos como sistemas que poseen una organización auto-mantenida. En este enfoque las funciones se fundamentan en las relaciones causales que un conjunto de partes de un sistema establece entre sí mediante una compleja red de interacciones que, en último término, mantiene y produce esas mismas partes componentes, lo cual permite al conjunto del sistema seguir persistiendo a lo largo del tiempo.

A esta red de relaciones causales la denominamos *organización auto-mantenida* y, en el marco de una organización auto-mantenida, las funciones son interpretadas como efectos causales específicos de una parte o rasgo que contribuye al mantenimiento de esta organización y, por lo tanto, al suyo propio. Por tanto, las atribuciones funcionales, tanto de los rasgos históricos como de los actuales, son explicaciones de la presencia de este rasgo (en tanto en cuanto una función es una contribución a la organización del sistema al cual pertenece). De esta forma, esta contribución a la organización auto-mantenida supone una *circularidad causal*.

Así, una función es un efecto de un rasgo que supone una contribución al mantenimiento de un cierre causal que se da entre distintos efectos de las estructuras y procesos de un sistema. Este efecto funcional es una condición necesaria para el auto-mantenimiento de una organización que produce y mantiene al rasgo y cuya existencia depende a su vez de la acción diferenciada de sus componentes. Interpretar una función como una contribución a la organización de un sistema auto-mantenido nos ofrece los recursos teóricos para naturalizar la teleología de las funciones. Dado que la actividad Y de un componente X contribuye al mantenimiento del conjunto de la organización y, por tanto, al mantenimiento de ciertas condiciones necesarias para el auto-mantenimiento de la organización a la cual pertenece X, es lícito responder a la pregunta “¿por qué existe X en ese sistema?” con la respuesta “Porque X tiene la función Y”. Lo que explica, de

<sup>4</sup>En otros trabajos, escritos en colaboración con Matteo Mossio y Alvaro Moreno, se ha expuesto nuestra propia caracterización organizacional del concepto de función biológica: Mossio et al. (2009, 2010), Saborido et al. (2010, 2011), Saborido (2014).

forma teleológica, la razón de la existencia de este componente haciendo referencia a alguno de sus efectos, esto es, a su función.

Tanto la norma como la razón de ser de los rasgos funcionales se fundamentan en las propiedades de la organización de los sistemas biológicos, definidos como entidades auto-organizadas y auto-mantenidas. Este enfoque de la funcionalidad de los rasgos biológicos nos remonta hasta Kant y Aristóteles, pues relaciona la organización de los sistemas con sus condiciones de unidad y de existencia.

Además de recoger este carácter Aristotélico-Kantiano, la perspectiva organizacional presentada en esta sección tiene la virtud de resultar consistente con los resultados y propuestas teóricas de la perspectiva organicista en biología contemporánea, tal y como hemos visto en la sección anterior. No obstante, y a pesar de haber logrado esta integración teórica entre el concepto filosófico y los resultados empíricos, estas teorías organizacionales aún están en proceso de consolidación en la filosofía de las ciencias biológicas, en donde predomina el enfoque etiológico-evolutivo.

En cualquier caso, esta perspectiva supone una forma de fundamentar en términos naturalistas y científicamente válidos la idea de teleología natural, y está destinada a influir de forma determinante en la investigación y en la enseñanza de la Biología. Comprender y abordar el enfoque organizacional en la enseñanza de las ciencias puede ayudar a que los estudiantes y futuros biólogos comprendan mejor conceptos científicos tan importantes como función, feed-back, organización, control, homeostasis, etc. Además, el enfoque organizacional sirve para ayudar a explicar en qué sentido la Biología es una ciencia autónoma y distinta del resto de disciplinas, en tanto en cuanto aborda una concepción de teleología perfectamente compatible con el marco naturalista y que no es un mero vestigio de una forma pre-científica de ver el mundo. Y, aunque esto es algo que ya está presente en cierto modo en la biología evolucionista contemporánea, la cual constituye el paradigma estándar que se enseña en las escuelas, desde el enfoque organizacional esta dimensión teleológica no se limita a las explicaciones seleccionistas del marco evolucionista sino que constituye un aspecto central en la forma en la que se abordan, interpretan y explican los comportamientos y propiedades de los sistemas biológicos. La teleología natural, comprendida desde este enfoque organizacional, es una noción que recoge el legado de una importante tradición en la reflexión filosófica acerca de los fenómenos biológicos que merece ser reconsiderada a la luz del conocimiento científico actual, y que abre además nuevas vías para la teorización e investigación científica que complementan el marco evolucionista y que sin duda determinaran la Biología como ciencia en el futuro.

## REFERENCIAS

ARIEW, A. R. Platonic and Aristotelian Roots of Teleological Arguments. In: ARIEW, A.; CUMMINS, R.; PERLMAN, M. (Eds.). *Functions: New Readings in the Philosophy of Psychology and Biology*. Oxford University Press, 2002.

- AMUNDSON, R. Historical Development of the Concept of Adaptation. In: ROSE, M. R.; LAUDER, G. (Eds.). *Adaptation*. Academic Press, 1995. p.11-53.
- ASHBY, R. Principles of the Self-Organizing Dynamic System. *Journal of General Psychology* 37, p.125-128, 1947.
- ATLAN, H. *Entre le cristal et la fumée*. Seuil, Paris, 1979.
- AYALA, F. Biology as an autonomous science. *American Scientist* 56, p.207-221, 1968.
- \_\_\_\_\_. Teleological Explanations in Evolutionary Biology. *Philosophy of Science*, 37, p.1-15, 1970.
- BALME, D. M. Teleology and Necessity. In: GOTTHELF, A.; LENNOX, J. (Eds.). *Philosophical Issues in Aristotle's Biology*. Cambridge University Press, 1987. p.275-285.
- BECHTEL, W. Biological Mechanisms: organized to maintain autonomy. In: BOOGERD, F.; BRUGGEMAN, F.; HOFMEYR, J. H.; WESTERHOFF, H. (Eds.). *Systems Biology. Philosophical Foundations*. Elsevier, Amsterdam, 2007. p.269-301.
- BEER, S. *Designing Freedom*. John Wiley, London and New York, 1974.
- BEHE, M. J. *Darwin's Black Box: The Biochemical Challenge to Evolution*. New York: Free Press, 1996.
- BERNARD, C. *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*. Paris, 1865.
- \_\_\_\_\_. *Leçon sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux*, 1878.
- BERTALANFFY, L. von. *Modern Theories of Development. An Introduction to Theoretical Biology*. London: Oxford University Press, 1933.
- BICKHARD, M. H. Representational Content in Humans and Machines. *Journal of Experimental and Theoretical Artificial Intelligence*, 5, p.285-333, 1993.
- \_\_\_\_\_. Autonomy, Function, and Representation. *Communication and Cognition – Artificial Intelligence*, 17, 3-4: 111-131, 2000.
- BULLER, D. J. Etiological Theories of Function: A Geographical Survey. *Biology and Philosophy* 13, p.505-527, 1998.
- BUTTS, R. Teleology and Scientific Method in Kant's Critique of Pure Reason. *Nous* 24, p.1-16, 1990.
- CANNON, W. B. *The Wisdom of the Body*. Norton & Company, New York, 1932.
- CHARLES, D. Aristotle on Hypothetical Necessity and Irreducibility. *Pacific Philosophical Quarterly* 69, p.1-53, 1988.
- CHRISTENSEN, W. D.; BICKHARD, M. H. The Process Dynamics of Normative Function. *The Monist* 85, 1: 3-28, 2002.
- COLEMAN, W. *Biology in the Nineteenth Century: problems of form, function, and transformation*. Cambridge University Press, 1971.
- COLLIER, J. Autonomy and process closure as the basis for functionality. *Annals of the New York Academy of Sciences* 901, p.280-291, 2000.
- COOPER, J. Hypothetical necessity and natural teleology. In: GOTTHELF, A.; LENNOX, J. (Eds.). *Philosophical Issues in Aristotle's Biology*. Cambridge U. Press, 1987. p.243-274.
- CUVIER, G. *Leçons d'anatomie comparée*. Paris: Crochard, 1835.

- DAWKINS, R. *The Blind Watchmaker*. Essex: Longman, 1986.
- DELANCEY, C. Ontology and teleofunctions: A defense and revision of the systematic account of teleological explanation. *Synthese* 150, p.69-98, 2006.
- DENNETT, D. *Darwin's Dangerous Idea*. New York: Touchstone, 1995.
- EDIN, B. Assigning biological functions: Making sense of causal chains. *Synthese* 161, p.203-218, 2008.
- ETXEBERRIA, A.; UMEREZ, J. Organismo y Organización en la Biología Teórica ¿Vuelta al organicismo 50 años después? *Ludus Vitalis* XIV(26), p.3-38, 2006.
- GODFREY-SMITH, P. A modern history theory of functions. *Noûs* 28, p.344-362, 1994.
- GOODFIELD, G. J. *The Growth of Scientific Physiology*. Hutchinson, London, 1960.
- GOULD, S. J. *The Panda's Thumb*. W. W. Norton & Cia., 1980.
- HEIDEGGER, M. *Identität und Differenz*. Frankfurt am Main: Klostermann, 2006. Publicado originalmente en 1957.
- HEMPEL, C. G.; OPPENHEIM, P. Studies in the logic of explanation. *Philosophy of Science* 15, p.135-175, 1948.
- KANT, I. *Crítica del Juicio*. Tecnos, Madrid, 2007. Publicado originalmente en 1790.
- KELEMEN, D. Are children “intuitive theists”? Reasoning about purpose and design in nature. *Psychological Science* 12, p.295-301, 2004.
- KELLER, E. F. The disappearance of function from “self-organizing systems”. In: BOOGERD, F.; BRUGGEMAN, F.; HOFMEYR, J. H.; WESTERHOFF, H. (Eds.). *Systems Biology. Philosophical Foundations*. Elsevier, Amsterdam. 2007. p.303-317.
- LESLIE, A. ‘Theory of mind’ as a mechanism of selective attention. In: GAZZANIGA, M. (Ed.). *The New Cognitive Neurosciences*. Cambridge, Mass.: The MIT Press, 2000. p.1235-1247.
- LEWENS, T. Function Talk and the Artefact Model. *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences* 31, p.95-112, 2000.
- LOVE, A. C. Functional Homology and Homology of Function: Biological Concepts and Philosophical Consequences, *Biology and Philosophy* 22, p.691-708, 2007.
- MARCOS, A. Funciones en Biología: una perspectiva aristotélica. *Diálogo Filosófico* 74, p.231-248, 2009.
- MATURANA, H.; VARELA, F. J. *De máquinas y seres Vivos – Una teoría sobre la organización biológica*. Santiago de Chile: Editorial Universitaria S.A, 1973.
- \_\_\_\_\_. *Autopoiesis and Cognition. The Realization of the living*. Dordrecht: D. Riedel Publishing Company, 1980.
- MAYR, E. The Multiple Meanings of Teleological. In: MAYR, E. *Towards a New Philosophy of Biology*. Cambridge: Harvard University Press, 1988. p.38-66, 1988.
- \_\_\_\_\_. The autonomy of biology: the position of biology among the sciences. *Quarterly Review of Biology* 71: 97-106, 1996.
- MCLAUGHLIN, P. *What Functions Explain. Functional Explanation and Self-Reproducing Systems*. Cambridge University Press, Cambridge, 2001.
- MIKULECKY, D. C. Robert Rosen: The well-posed question and its answer – why are organisms different from machines? *Systems Research and Behavioral Science* 17 (5), p.419-432, 2000.



MILLIKAN, R.G. *Language, Thought, and Other Biological Categories*. MIT Press, Cambridge, 1984.

\_\_\_\_\_. In Defense of Proper Functions. *Philosophy of Science*, 56, 288-302, 1989.

MOSSIO, M.; SABORIDO, C.; MORENO, A. An Organizational Account for Biological Functions. *British Journal for the Philosophy of Science* 60 (4), p.813-841, 2009.

\_\_\_\_\_. Fonctions: Normativité, Téléologie et Organisation. In: GAYON, J.; DE RICQLES, A. (Eds.). *Les fonctions: des organismes aux artefacts*. P.U.F, Paris, 2010. p.159-173.

NEANDER, K. Function as Selected Effects: The conceptual analyst's defense. *Philosophy of Science* 58, p.168-184, 1991.

PALEY, W. *Natural Theology: Or Evidences of the Existence and Attributes of the Deity Collected from the Appearances of Nature*. London: Farnborough, 1970. Publicado originalmente en 1802.

PASK, G. "Cybernetics", en *Encyclopædia Britannica*, 1972.

PATTEE, H. H. The Physical Basis and Origin of Hierarchical Control. In: PATTEE, H. H. (Ed.). *Hierarchy Theory*. Braziller, New York, 1973. p.73-108.

\_\_\_\_\_. Cell psychology: An evolutionary approach to the symbol-matter problem. *Cognition and Brain Theory* 4, p.325-341, 1982.

PLATÓN *Diálogos VI. Filebo, Timeo, Critias*. Editorial Gredos, 1992.

RANDALL, J. H. *Aristotle*. New York, Columbia University Press, 1960.

RICKERT, H. *Die Grenzen der naturwissenschaftlichen Begriffsbildung. Einlogische Einleitung in die historischen Wissenschaften*. Tübingen: Mohr (Siebeck), 1929. Publicado originalmente entre 1896-1902.

ROSEN, R. On the dynamical realizations of (M, R)-systems. *Bulletin of Mathematical Biophysics* 35, p.1-9, 1973.

\_\_\_\_\_. *Life itself: A comprehensive inquiry into the nature, origin and fabrication of life*. Columbia Univ. Press, New York, 1991.

ROSENBLATT, F. The Perceptron: A Probabilistic Model for Information Storage and Organization in the Brain. *Psychological Review* 65 (6), p.386-408, 1958.

ROSS, D. *Aristotle*. London: Methuen, 1949.

RUDWICK, M. J. S. The Inference of Function from Structure in Fossils. *British Journal for the Philosophy of Science* 15, p.27-40, 1964.

RUSE, M. *Darwin and Design: Does evolution have a purpose?* Harvard University Press. Cambridge, MA, 2003.

RUSSELL, S. E. *Form and Function. A Contribution to the History of Animal Morphology*. (1916). Disponível em: <http://www.gutenberg.org/ebooks/20426>.

SABORIDO, C. New Directions. The Philosophy of Biology: A New Taxonomy of Functions. In: GALAVOTTI, M. C.; DIEKS, D.; GONZALEZ, W. J.; HARTMANN, S.; UEBEL, Th.; WEBER, M. (Eds.). *New Directions in the Philosophy of Science*. Springer, 2014.

SABORIDO, C., MOSSIO, M.; MORENO, A. La dimensión teleológica del concepto de función biológica desde la perspectiva organizacional. *Teorema*, 29, 3, p.31-56, 2010.

\_\_\_\_\_. Biological organization and cross-generation functions. *British Journal for the Philosophy of Science* 62 (3), p.583-606, 2011.

- SCHLOSSER, G. Self-re-production and functionality: A systems-theoretical approach to teleological explanation. *Synthese* 116, p.303-354, 1998.
- THOMPSON, N. The Misappropriation of Teleonomy. *Perspectives in Ethology* 7, p.259-274, 1987.
- UMEREZ, J. H. Pattee's Theoretical Biology. A radical epistemological stance to approach life, evolution and complexity. *BioSystems*, 60 (1/3), p.159-177, 2001.
- VARELA, F. J. *Principles of Biological Autonomy*. New York: North Holland, 1979.
- WEBER, A.; VARELA, F. Life after Kant: Natural purposes and the autopoietic foundations of biological individuality. *Phenomenology and Cognitive Sciences* 2, p.97-125, 2002.
- WIENER, N. *Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine*. Paris, (Hermann & Cie) & Camb. Mass. MIT Press, 1948.
- WRIGHT, L. Functions. *Philosophical Review* 82, p.139-168, 1973.