

FILOSOFÍA DE LA BIOLOGÍA, PAPEL INTERMEDIARIO ENTRE CIENCIA Y TEOLOGÍA

[PHILOSOPHY OF BIOLOGY,
MEDIATING ROLE BETWEEN SCIENCE AND THEOLOGY]

JOSÉ MARÍA VALDERAS

Resumen: Teología y ciencia encuentran en la filosofía un dominio común de acercamiento. Lo mismo la teología que la ciencia son racionales, que se guían por criterios metodológicos compartidos en cierto grado. En efecto, el pensamiento racional presenta cierta estructuración: un nivel se halla más próximo a los datos empíricos (la ciencia), otro a las cosmovisiones (tal, la filosofía de la naturaleza). Ese nivel superior es el que plantea las cuestiones que interesan en teología. En particular, si se trata de la filosofía de la biología. No importa que la disciplina carezca de leyes —en buena medida es una disciplina histórica— y por tanto parezca menos sólida que la física. Sus cuestiones tienen que ver con el hombre. De ahí que, desde los tratados biológicos de Aristóteles, científicos, filósofos y teólogos se hayan ocupado de la singularidad de los organismos y del reto que implica una interpretación reduccionista.

Palabras clave: Filosofía de la ciencia, Filosofía de la biología, Origen de la vida, Evolución, Concepto de especie, Método de clasificación, Reduccionismo, Emergentismo.

Abstract: Theology and science meet in philosophy. They both are rational thought and converge in part in methodological criteria. Rational thought comes in layers. There is a layer that is very close to empirical data (science) and there is higher level of rational thought which deal with general world views (philosophy of nature). It is this higher level of rational thought that raises theological issues. This is particularly true in philosophy of biology. It doesn't matter that the contingencies of evolutionary history preclude the existence of laws of biology; in fact, biology is in part a historical science. More important it connects in many ways with man. Since Aristotle's *De anima*, scientists, philosophers and theologians have dealt with the uniqueness of organisms and the challenge of reductionism.

Keywords: Philosophy of Science, Philosophy of Biology, Origin of Life, Evolution, Species Concept, Method of Classification, Reductionism, Emergentism.

En la interacción entre ciencia y fe, el puente lo tiende la filosofía. En la interacción entre ciencias de la vida de la bioquímica a la neurología de la conciencia —y visión teológica del mundo orgánico—, el nexo lo establece la filosofía de la biología. Compete a la filosofía de la ciencia estudiar la naturaleza del conocimiento y los fundamentos racionales de los métodos aplicados a la obtención del mismo. Se vale del lenguaje (términos observacionales y términos teóricos), los conceptos, las hipótesis, las teorías, las leyes y la explicación científica. En la consideración actual de la filosofía de la ciencia, se ha ido abandonando la «Concepción Heredada», que entraña el núcleo del empirismo lógico, para adoptar unas formulaciones menos radicales sobre los modos del conocimiento o *problema de la demarcación* entre lo científico y lo no científico.

1. FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

A comienzos de los años veinte del siglo pasado se inició *un giro lingüístico* y semántico en filosofía de la ciencia, el neopositivismo. Positivismo era el término acuñado por Auguste Comte para designar su doctrina sobre los tres estadios de las sociedades. Tras un estadio teológico, en el que los fenómenos no domeñables (trueno, sequía o enfermedades) se atribuían a la intervención de dioses, espíritus y magia, venía un estadio metafísico, que apelaba a fuerzas y partículas inobservables. Por fin, el estadio científico se alcanzaba cuando se renunciaba a la búsqueda de las cosas en sí mismas para ceñirse a la predicción de los fenómenos. Los espectaculares avances en química, medicina, biología y física de la segunda mitad del XIX crearon una atmósfera de optimismo científico, que se truncó casi bruscamente al doblar la centuria. Las nuevas teorías de la relatividad y cuántica obligaron a plantearse la naturaleza del mundo físico y nuestro conocimiento humano del mismo. De semejante inquietud emergió la filosofía de la ciencia, que se aprestó a reflexionar sobre la coherencia interna de tales teorías científicas, dejando de lado la vieja tradición filosófica de creación de sistemas. La física se convirtió en ciencia por antonomasia; su método, en modelo a imitar y aplicar a otros ámbitos, filosófico incluido. La lógica de proposiciones y de predicados, aupada a instrumento de razonamiento claro constituía la disciplina para entender y explicar los fundamentos de la matemática

y, merced a su precisión, pasó a ser el lenguaje ideal para moldear cualquier empresa cognitiva, primero con la obra de Gottlob Frege y luego con los *Principia Mathematica*, de Bertrand Russell y Alfred North Whitehead. David Hilbert reintrodujo el ideal de axiomatización (formalización de la matemática).

El neopositivismo, o positivismo lógico (denominación que impusieron en 1931 A. E. Blumberg y Herbert Feigl), sostenía que las teorías científicas se distinguían de las teorías no científicas porque las primeras eran significativas. Aseveraba que todos los *enunciados significativos* eran o empíricamente verificables o lógicamente coherentes (consistentes). De acuerdo con este criterio *verificacionista del significado*, las teorías científicas eran significativas; no así las ideas metafísicas o religiosas. Las teorías científicas remitían a entidades observables, mientras que la metafísica y la religión se referían a entidades inobservables. Pero el positivismo terminó por autodestruirse, pues no podía satisfacer su propio criterio verificacionista de significado: *el criterio verificacionista no era ni empíricamente verificable ni lógicamente coherente*. Ni siquiera representaba adecuadamente la práctica científica real. Las teorías científicas se ocupan de entidades inverificables e inobservables tales como fuerzas, campos, átomos, quarks o leyes universales. El criterio de verificación del positivismo fracasó en el establecimiento de la demarcación. Pero vayamos por pasos.

El neopositivismo arranca de la teoría empirista del conocimiento de David Hume, del positivismo de Comte y de la filosofía mecanicista de la ciencia de Ernst Mach. Sostenía éste que la ciencia debía ocuparse sólo de lo observable, de sistematizar las relaciones entre nuestros experimentos. Bajo la guía de Mach, se forja el Círculo de Viena de Positivistas Lógicos. La figura aglutinante del grupo, entre 1924 y 1936, fue Moritz Schlick, nombrado en 1922 catedrático de filosofía de las ciencias inductivas de la Universidad de Viena, un puesto ocupado con anterioridad por Mach y Ludwig E. Boltzmann. En 1918 había avanzado ya algunas tesis del programa en su *Allgemeine Erkenntnislehre*. Con Schlick se reúnen Hans Hahn, Otto Neurath, Victor Kraft, Kurt Reide-meister y Felix Kaufmann. En 1926 se sumó Rudolf Carnap. Una de las primeras actividades del grupo fue debatir y analizar el *Tractatus Logico-Philosophicus* (1922) de Ludwig Wittgenstein. En Berlín debaten Hans

Reichenbach, Richard von Mises, Kurt Grelling y Walter Dubislav. Hubo un tercer grupo importante en Varsovia, entregado principalmente a la lógica, conformado por Alfred Tarski, Stanislaw Lesnewski y Tadeusz Kotarbinski.

Contrario por igual al neokantismo y la neoescolástica, opuesto a toda metafísica, el programa neopositivista explicaba el conocimiento científico a partir de la tradición empirista inglesa, con el *concepto de significado* como punto de nucleación. ¿Qué es lo que dotaba de significación a los enunciados sobre el mundo? Exigían, en primer lugar, que tales enunciados fueran claros y unívocos (enunciados de la lógica de primer orden); en segundo lugar, demandaban un criterio que relacionara los enunciados teóricos con los observacionales. Es decir, unos *enunciados puente* (enunciados de reducción), que salvaran el hiato entre la teoría y la observación o experimentación. Puesto que tales enunciados puente podían expresarse con precisión, las teorías se articulaban en conjuntos de enunciados inscritos en una estructura axiomática. En cambio, los enunciados carentes de significado empírico, propios de los sistemas de la metafísica, los postulados de la ética y, sobre todo, los enunciados de las pseudociencias, no pertenecían al ámbito del conocimiento genuino. Introdujeron así el *principio de verificación*; a tenor del mismo, el significado de un enunciado empírico vendría dado por los procedimientos que se emplearan para mostrar si se trataba de un enunciado verdadero o falso.

Los enunciados más importantes eran las *leyes de la ciencia*. Había dos tipos de leyes: *universales y estadísticas*. Las universales eran los enunciados de la teoría que presentaban una aplicación irrestricta en el espacio y el tiempo. Las leyes universales ideales tenían la forma lógica: $(x)(Fx \rightarrow Gx)$. Se trataba de una forma ideal, porque la mayoría de las leyes de interés correspondían a la física y tenían una expresión matemática mucho más compleja. Las *leyes estadísticas* hacían sus conclusiones sólo más o menos probables. La explicación científica se concebía como la deducción, a partir de una ley universal (dadas determinadas condiciones iniciales sobre el estado del mundo en un tiempo concreto), de un enunciado particular (por lo común, un enunciado observacional o un enunciado básico). Se decía que el hecho particular, expresado por el enunciado, quedaba explicado si podía deducirse de la forma antedicha. A ese modelo de explicación se le denominó método deductivo-nomo-

lógico. Si se deducía un enunciado particular antes de que el hecho se observara, se hablaba de predicción; luego, cuando se verificara, de la teoría a partir de la cual se había deducido, se decía que había quedado confirmada. Éste era el método hipotético-deductivo porque la ley se consideraba una hipótesis que debía contrastarse en sus consecuencias deductivas. En breve, declaraba el positivismo lógico que la ciencia constituía la única forma respetable de investigación; que todas las verdades eran analíticas, *a priori* y necesarias, es decir, tautológicas, o sintéticas, *a posteriori* y contingentes; que, por lo que concierne al conocimiento, o era puramente formal y analítico, como el matemático y el lógico, o constituía una clase de ciencia empírica. La filosofía, en resumen, se circunscribía a la epistemología. La debilidad del verificacionismo neopositivista fue dejada al descubierto por Karl Popper.

Tuvo Popper en sus comienzos estrecha relación con los integrantes del Círculo de Viena. Era por entonces novedad el psicoanálisis de Sigmund Freud y —poco después— la psicología individual de Alfred Adler. Advertía Popper que cualquier historial psicológico de los que él conocía y explicaba a sus amigos freudianos o adlerianos era considerado, por unos y por otros, una demostración de sus respectivas teorías, pese a su manifiesta disparidad mutua. Emergieron contemporáneamente los primeros defensores del materialismo dialéctico de Karl Marx. Y Popper se percató también de que a cualquier hecho sociopolítico que les propusiera le encontraban explicación en su dialéctica histórica. Era, por fin, novedad la teoría de la relatividad general de Einstein, que hablaba de la curvatura del espacio en la proximidad de grandes masas y de la posibilidad de contrastarla astronómicamente por la aparente separación de dos estrellas durante el eclipse solar de 1919. Al suponer la curvatura del espacio en torno a la gran masa del sol, la teoría predecía que dos estrellas opuestas al disco solar eclipsado aparecerían algo más separadas que de ordinario (poco más de un segundo de arco). El eclipse se requiere sólo para que la luz solar no ciegue la observación. Ésta fue realizada por dos expediciones a África y a Sudamérica durante el eclipse de mayo de 1919. Popper advirtió que la teoría de la relatividad presentaba un estatuto distinto del de las teorías psicológicas y marxista. Pues si la observación astronómica aseguraba que la separación de estrellas predicha por ella no se produjera, habría que admitir la falsedad de la teoría einsteiniana. Por más que, si se producía, no se seguiría de ello que fue-

ra verdadera. Estas reflexiones le llevaron a su gran aportación a la filosofía de la ciencia, sistematizada años más tarde en *Logik der Forschung* (1934). Lo que caracterizaba a una teoría científica, en conclusión, *no era explicar hechos, sino ser falsable*, exponerse a un desmentido experimental u observacional. La ciencia no puede *verificar* si una hipótesis es cierta. Sí puede, en cambio, demostrar que sea falsa. Basta un solo contraejemplo para arruinar una teoría. Si una teoría era falsable, entonces era científica. La *falsabilidad* es una propiedad de los enunciados y de las teorías. Como criterio de demarcación, permite discriminar entre teorías falsables y teorías no falsables. La «falsación» se expresa mediante la aplicación de una regla de inferencia, la del *modus tollendo tollens*. Si bien nunca pueden *justificarse* (o sea, *demostrarse*) las teorías, el conocimiento puede aumentar mediante el examen crítico de las mismas. No podemos alcanzar la verdad, pero sí descubrir el error, que depura la teoría en cuestión y posibilita su avance. Lo haría mediante hipótesis y conjeturas más refinadas. Existen, por supuesto, grados de falsabilidad, criterio que sirve para jerarquizar las ciencias y verdadera medida de su contenido empírico. Cuanto más falsable es una teoría, más potencia encierra al abarcar una gama más extensa de fenómenos. En ese sentido, la teoría de Newton era más precisa que la de Kepler, a la que sustituyó; la teoría de la relatividad mejoró las predicciones de la mecánica newtoniana y la teoría electromagnética de Maxwell. No podemos detenernos en la debilidad de la tesis popperiana y en las subsiguientes adaptaciones de Imre Lakatos y otros. Mencionemos sólo la más contundente de las objeciones: *el falsacionismo no es falsable*, aunque Popper respondiera que no se proponía que lo fuera, pues se trataba de una teoría filosófica o lógica del método científico y, por ende, no científica en sí misma.

Si la aceptación o el descarte de una teoría se basara únicamente en una simple falsación, objeto Thomas Kuhn, entonces ninguna teoría se consolidaría, pues todas las teorías tienen puntos débiles. Historiador de la ciencia, Kuhn distinguía, en *The Structure of Scientific Revolutions* (1962), periodos de *ciencia normal* y momentos de *ciencia extraordinaria* (o *ciencia revolucionaria*). El proceso de la ciencia «normal» es el paradigma que los científicos siguen mientras trabajan con la doctrina recibida y decantada en los manuales. Hasta mediados los cincuenta, había prevalecido la criba epistemológica de la ciencia. A partir de entonces comienza interesar el quehacer científico. En esa labor cotidiana aparecen

anomalías. Cuando algunas no pueden ajustarse al modelo imperante, se entra en una «fase de crisis», de *revolución*, que permite gestar un nuevo *paradigma*, más omnicomprensivo y sólido que el viejo. Ejemplo clásico de sustitución es el la física de Maxwell/ Newton por la mecánica cuántica/relatividad de la física de principios del siglo XX; también, la sustitución de la genética mendeliano-morganiana por la genética molecular. El nuevo paradigma ofrece una *capacidad superior predictiva y resolutive de problemas*. Lakatos intentó adaptar el sistema de Popper a la nueva situación creada por Kuhn. Había que realizar una reconstrucción racional de la historia de la ciencia, que reflejara su progresión acumulativa, depurada a través de la competencia, falsación y confirmación. No se trataba ya de falsar teorías una por una, sino de servirse de un *programa de investigación científica*, que implica todo un conjunto de teorías.

2. FILOSOFÍA DE LA BIOLOGÍA

Confinada así la filosofía al ámbito de la metodología, sólo la atención a los contenidos podía sacarla de su solipsismo, tarea que compete a la filosofía de la naturaleza. También ésta, a su vez, debe contar con sus propios fines, conceptos, principios y métodos. Región específica, con otras, de esa filosofía de la naturaleza es la filosofía de la biología, que se ocupa de los presupuestos e implicaciones epistemológicos y ontológicos de las ciencias de la vida. La teoría biológica dominante gira en torno al neodarwinismo, o «teoría sintética de la evolución», configurada entre los años treinta y cuarenta del siglo XX. En este marco, la selección natural constituye el mecanismo principal de la transformación de las especies. El cambio evolutivo operado se expresa a través de las frecuencias génicas de las poblaciones. La incorporación de la deriva genética y las restricciones impuestas por el desarrollo no altera esa caracterización del neodarwinismo. Ni lo altera en la sustancia la sustitución del cambio gradual por la del cambio pautado (del equilibrio puntuado). Sin que ninguna de esas visiones distintas de la evolución se haya impuesto con claridad, se está abriendo paso un nuevo enfoque globalizador, la teoría de la biología evolutiva del desarrollo (*Evo-Devo*).

El decenio de los cincuenta inició el despegue espectacular de la biología molecular, simbolizado en el descubrimiento de la estructura

del ADN, y el de la ecología, es decir, los dominios polares de lo micro y lo macro en las ciencias de la vida. (Los primeros intentos de una filosofía de la biología emergieron al calor de la controversia vitalista de principios del siglo XX. En España, la filosofía de Joaquín Xirau y, sobre todo, el raciovitalismo orteguiano reflejan ese ambiente.) Al reflexionar sobre ambos niveles, no parecían servir los esquemas vitalistas y mecanicistas, mantenidos con diverso ropaje desde el siglo XVII. Del propio seno del neodarwinismo surgieron los primeros escritos sobre filosofía de la biología; así en 1961 Ernst Mayr en un artículo programático («Cause and Effect in Biology», *Science* 134: 1501-1506). La primera conferencia bienal de la Asociación norteamericana de Filosofía de la Ciencia, celebrada en Pittsburgh en 1968, puso de relieve la necesidad de articular la disciplina. De su empeño surgieron *The Philosophy of Biology* de Michael Ruse, de 1973, seguida un año más tarde por *la Philosophy of Biological Science*, de David Hull, B. Rensch (*Biophilosophy*), F.J. Ayala, T. Dobzhansky (*The Philosophy of Biology*), R. Bernier y P. Pirlot (*Organe et fonction*) y quizá la compilación más completa, de Marjorie Grene y Everett Mendelsohn (*Topics in the Philosophy of Biology*), ya en 1976, amén de la revista *History and Philosophy of the Life Sciences*. Colecciones de libros (por ejemplo, *Cambridge Studies in Philosophy and Biology*) y nuevas revistas (así, *Philosophy and Biology*) han cubierto el intervalo hasta nuestros días.

Cierto es que muchos conceptos proceden de Aristóteles, de sus tratados naturalistas y, sobre todo, del *Tratado del alma*, cuyo núcleo doctrinal perdurará hasta la aparición del dualismo y mecanicismo cartesiano. Aristóteles fue un biólogo eminente, igual que su albacea Teofrasto. El estagirita se propuso poner orden en la diversidad de organismos, con conceptos, principios y sistema de investigación propios. Aunque se ocupa de la filosofía de la ciencia en los *Analíticos*, sobre todo los *posteriores*, donde el modelo de referencia es la matemática, aborda la filosofía de la biología en el libro primero del tratado *Sobre las partes de los animales*, pues considera que la especulación debe arrancar de la ciencia empírica y ésta articularse en aquélla. Los principios de filosofía de la biología establecidos ahí los aplica en el resto de la obra. Aristóteles desarrolla el *concepto de ser vivo* con el telón de fondo de la noción presocrática de *physis*. Hay cosas naturales elementales —puñado de tierra, gota de agua o soplo de aire— a las que Aristóteles dedica no-

table atención en *Sobre la generación y corrupción*, *Meteorología IV* y *Sobre el cielo III-IV*. Sin necesidad de un agente motor, estos «elementos» presentan un movimiento natural (no violento): la tierra y los objetos térreos caen hacia el centro del cosmos; el aire tiende, por naturaleza, a elevarse. Pero nuestro biólogo presta mayor atención a las naturalezas compuestas de los seres vivos (animales y plantas), donde los elementos se amasan para constituir tejidos y órganos, que se hallan organizados para cumplir funciones muy diferentes. En los organismos los fines no los imponemos, sino que vienen ínsitos en su propia naturaleza. Se rodean, además, de una propiedad única, la de prolongarse a sí mismos, tema al que consagrará los cinco libros de su tratado *Sobre la generación de los animales*. Esta prolongación del individuo, que se lleva a cabo por cruzamiento sexual, funda el concepto de *especie*. En su doctrina hilemorfista, lo que da el ser a un organismo, su forma es su *alma*, compendio y origen de un conjunto de facultades orientadas hacia un fin, potencias que van desde la capacidad nutritiva y generadora hasta la cognición, pasando por el movimiento y la sensibilidad. La forma es, pues, algo más que estructura y configuración. Para Aristóteles, la reproducción permite mantener la forma de los agentes reproductores. Tomemos por caso su explicación del grupo de las aves. Se trata de una clase genuina porque en un nivel muy general las diversas formas de aves son la misma con respecto a numerosos rasgos, o diferencias. Tienen alas, dos patas, plumas y pico; vuelan y son ovíparas. Comprender las formas de tal grupo implica comprender los modos en que estos caracteres de la clase se diferencian, la tarea primera de la división. En última instancia, la explicación de esas diferencias es teleológica. Las patas palmípedas o las garras se desarrollan en razón de su hábito de vida, sus *bioi*. Las formas de clases difieren, repite una y otra vez Aristóteles, con diferencia de grado, es decir, según *lo más y lo menos*.

A los conceptos fundamentales de origen aristotélico —estatuto epistemológico de la biología, concepto de vida, organismo (y sus formas), especie, función, finalidad o clasificación—, se han venido agregando otros en la historia —reduccionismo, adaptación, selección, gen, información o darwinismo— e incluso recientemente, como los de saltacionismo, fetenismo, emergentismo, autoorganización, organismo-máquina o programa evo-devo. Todas esas nociones biológicas tienen su correlato en filosofía de la biología. Nos vamos a ceñir aquí a algunos significativos.

3. CONCEPTO DE VIDA

Los biólogos carecen de una definición aceptada de vida. Optan por enumerar una serie de propiedades que, tomadas en su conjunto, describirían un ser vivo. Debería éste hallarse adornado de las características siguientes: entidad definida (por una membrana), autónoma y autoorganizada; constar de agua, elementos biogénicos CHONSP (carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, azufre y fósforo) y moléculas orgánicas; entidad termodinámicamente abierta (capaz de intercambiar materia y energía con el medio); autorreproductora; adaptable y sometida a mutación y evolución por selección natural; capaz de metabolizar mediante reacciones catalíticas, y capaz de crecer. En grados superiores de complejidad se le exigirá un sistema sensorial que reaccione ante estímulos y, en su ápice, lenguaje y facultades cognitivas. Sobre la naturaleza de la vida, su origen y desarrollo no deja de correr un caudaloso río bibliográfico, cuyo elenco cronológico acostumbra iniciarse con *What is Life?*, publicada en 1944 por Erwin Schrödinger.

El *concepto de vida* va unido al de su origen. Todas las formas de materia, inerte o viva, se rigen por las mismas leyes físicas. Pero los organismos poseen una complejidad y dinamismo exclusivos, muy alejados de la estructura sencilla, cristalina en el mejor de los casos, de los compuestos inorgánicos. Aunque sólo ahora sabemos que la emergencia de la vida está asociada a la coincidencia de una serie de constantes físicas y la consecución de una corteza sólida en la Tierra, resulta ilustrativo el esfuerzo empeñado en todas las civilizaciones el hombre ha expresado su interés por conocer la raíz última de su existencia y de cuanto alienta a su alrededor. La *teoría de la generación espontánea* pareció aportar una respuesta a esa cuestión perdurable. En la China antigua, creíase que los áfidos nacían en los bambúes. De la suciedad y el calor, leemos en los libros sagrados de la India, surgen espontáneas las moscas; revela la epigrafía babilónica que el fango de los canales engendra gusanos. Para los filósofos griegos, la vida constituía una virtualidad más de la materia y, por tanto, era coeterna con ella. Tales enseñaba que los seres vivos procedían de un limo caótico mediante la acción del calor. En el fango marino buscaba su origen Anaximandro. En esa línea abundan otros presocráticos. En opinión de Demócrito el agua y la tierra empapada eran fecundadas por los átomos de fuego y de la argamasa resul-

tante se componían los organismos, que se extinguían cuando se disgregaban los átomos unidos. Aristóteles introduce la forma espontánea en el marco más amplio de su teoría y modos de generación. Junto a la generación sexual, concedía la aparición espontánea de testáceos, insectos, peces y plantas, los que en su opinión ocupaban los pisos inferiores de la escala de los seres. No es una generación que brote de la nada. Se necesita un medio adecuado. Algunos testáceos, expone, desprenden una sustancia a partir de la cual se producen nuevos seres (moluscos, por ejemplo), en un proceso más cercano a la gemación de una planta que al de la generación sexual. Se requieren fluido, pneuma y calor vital. La teoría de la generación espontánea se adaptó a las diferentes interpretaciones de la composición última de la materia. Si Lucrecio rejuvenecía el atomismo de Demócrito, los Padres de la Iglesia hablaban de una potencia generatriz de la tierra concedida por Dios.

La filosofía medieval de la naturaleza se atuvo a la doctrina aristotélica. Aunque siempre hubo escépticos ante la teoría según la cual la materia inerte podía, en condiciones adecuadas, engendrar formas vivas mediante mecanismos enteramente naturales, la tesis de los *sponte nascentia* gozó de la adhesión de la mayoría. Tardó en acometerse el *experimentum crucis* que zanjara la cuestión. René Descartes admitía una generación espontánea, *sine semine vel matrice*, junto a una generación normal, *ex semine*, pensamiento que hay que interpretar en el marco de su explicación mecanicista de los fenómenos naturales, vida incluida. La filosofía mecanicista del XVII anuló cualquier referencia a entelequias y otras «fuerzas formativas» para reducir la explicación a «materia y movimiento». En plena Revolución Científica, J.B. van Helmont proclamaba todavía haber «observado» la generación espontánea de ratones a partir de granos de trigo y una camisa empapada en sudor. William Harvey siguió la evolución del huevo hasta su eclosión y la de embriones de vivíparos. Aunque sentenció *ex ovo omnia*, no vio contradicción entre una generación sexual y una generación directa de gusanos e insectos. Francesco Redi abrió, por fin, el camino hacia un nuevo modo de operar en biología a través de la experimentación. Su primer tratado biológico, *Osservazioni intorno alle vipere*, apareció en 1664. Cuatro años más tarde da a la imprenta *Esperienze Intorno alla Generazione degl'Insetti*. A los insectos se había ido restringiendo el grupo de los «organismos inferiores» que nacían espontáneos. Para rebatir esta tesis ideó unos experimentos de elegante sencillez

y resultados contundentes. En cuatro frascos de boca ancha colocó una serpiente muerta, algunos peces de río, cuatro anguilas del Arno y un trozo de carne de ternero. Tapó las bocas con papel atado con una cuerda y las selló. En otros cuatro frascos, puso las mismas muestras, pero dejando abiertas las bocas. Al poco tiempo, en los frascos abiertos, bullían larvas y moscas infestando los tejidos; no así en los frascos sellados, donde no había señal alguna de vida. Ahora bien, ¿y si la generación de vida requería acceso al aire libre? Para salir al paso de la objeción de que las larvas necesitaban aire para engendrarse de la materia inerte, pergeñó una segunda tanda de ingeniosos experimentos, con telillas que permitían la aireación. Tampoco aparecían crías; las únicas larvas formadas procedían de huevos allí depositados. Tras esos y otros experimentos que realizó con abejas pudo concluir con unas de las aseveraciones más decisivas en la evolución del pensamiento biológico: «Me inclino a pensar que todos los seres vivos son progeñe fiable de plantas y animales y que éstos mantienen la integridad de sus especies por medio de su propia semilla». El advenimiento de un nuevo mundo, el reino de lo microscópico, pareció darle el golpe de gracia a la generación espontánea. Puro espejismo. La teoría resurgió con fuerza de la mano de John Turberville Needham, un convencido de la productividad infinita de la naturaleza. Se manifiesta partidario de la aparición espontánea de infusorios en sus *Nouvelles recherches sur les découvertes microscopiques et la génération des corps organisés*. Tomó caldo de carne y, aún caliente, lo vertió en recipientes de vidrio que selló cuidadosamente. Para eliminar del líquido los posibles gérmenes que hubieran quedado, mantuvo los matraces algún instante sobre cenizas calientes. Los dejó luego a temperatura ambiente. Pasados cuatro días, el caldo bullía de animalillos. Para él, no cabía la menor duda de que existía una fuerza productora o vegetativa, capaz de originarlos. Lazzaro Spallanzani objetó que la esterilización era incompleta. Calentó las soluciones hasta una temperatura superior y mató todos los microorganismos, pero no pudo matar la idea de la generación espontánea microbiana. De hecho, hubo que esperar al golpe de gracia de Louis Pasteur y su famosa polémica con Félix Archimède Pouchet.

El tránsito de lo inerte a lo orgánico adquirió un planteamiento riguroso con la propuesta de Alexander Oparin en 1924: las moléculas orgánicas originarias aparecieron en una atmósfera primitiva dominada por metano. Decenios más tarde, Stanley L. Miller sometió esa idea a verifica-

ción en el laboratorio (bajo la dirección de Harold C. Urey); los resultados aparecieron en *Science*, en su número del 15 de mayo de 1953. Expuso una mezcla de metano, amonio, hidrógeno y agua a descargas eléctricas producidas por dos electrodos de tungsteno y se formaron, entre otros compuestos, cuatro aminoácidos naturales. Ulteriores ensayos han elevado ese número a 17 aminoácidos, obtenidos a través de la producción intermedia de cianhídrico y formaldehído. La síntesis de aminoácidos por descarga de chispas requiere mezcla de gas reductor con cantidades significativas de hidrógeno. Pero los geoquímicos se inclinan ahora por la existencia de una atmósfera no reductora, dominada por dióxido de carbono, y en esas condiciones no podemos esperar síntesis eficaz de aminoácidos.

La vida tal como la conocemos, en cuanto sistema químico capaz de transferir su información molecular y evolucionar, demanda como primera condición la presencia de agua, que, en estado líquido, sólo puede persistir por encima de 0 grados centígrados y bajo una presión atmosférica superior a los 6 milibares. Todas las formas de vida se componen de moléculas que, en sí mismas, no son vivas. ¿Cómo pudo una forma de vida originarse de una colección de moléculas? Las moléculas orgánicas, recuérdese, constan de átomos de carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, azufre y fósforo. En principio, la información química primitiva pudo haber quedado fijada en cristales minerales. A. Graham Cairns-Smith asignaba esa misión a las arcillas. Siguiendo con su hipótesis, ciertas líneas moleculares desarrollarían una maquinaria fotoquímica que daría lugar a polifosfatos y micromoléculas orgánicas, privilegiadas por la selección natural. Aparecerían polímeros orgánicos de composición monomérica específica: los polinucleótidos se replicaron y crearon un material genético menor, que demostró ser eficaz en la alineación de aminoácidos para la polimerización. Günter Wächtershäuser asocia la clave de la vida con el omnipresente dióxido de carbono. La formación de piritita (FeS₂) a partir de sulfuro de hierro y sulfhídrico suministraría la energía necesaria para reducir el dióxido de carbono. (La piritita tiene cargas positivas de superficie y se enlaza con los productos de la reducción del dióxido de carbono, dando origen a una química de superficie.) Los humeros de las profundidades marinas pudieron acunar el nacimiento de las primeras moléculas prebióticas. Y las nubes densas del medio interestelar. De particular interés para la química prebiótica son el cianhídrico y formaldehído que portan los cometas. Hasta un 5 % en peso de materia orgánica

contienen las condritas carbonáceas. Se han identificado ocho aminoácidos de proteína en el meteorito de Murchison entre más de 70 aminoácidos. Según parece, en ese objeto celeste la L-alanina abunda más que la D-alanina. Pero quizá no sea la homquiralidad actual una consecuencia de la vida, sino una exigencia para la misma. Todos los aminoácidos, salvo la glicina, existen en dos formas enantioméricas, L y D, aunque en las proteínas sólo se dan L-aminoácidos.

Al investigar el origen de la vida y las formas más elementales posibles, necesitamos abordar la composición y la operación de una célula mínima que presente algún tipo de metabolismo, replicación genética a partir de un molde y producción de una frontera (membrana), propiedades distintivas de lo vivo, según sabemos. Podemos reducir a dos las aproximaciones: el *enfoque de arriba abajo*, que se propone simplificar organismos pequeños ya existentes, llegando a su genoma mínimo, y el *enfoque de abajo arriba*, que se propone construir supersistemas químicos artificiales que pudieran considerarse vivos. En el enfoque de arriba abajo se ha trabajado ya con *Buchnera*, una bacteria simbiótica que vive dentro de áfidos. Los enfoques de arriba abajo apuntan hacia un tamaño genómico de algo más de 200 genes. El enfoque de abajo arriba no se ha aplicado todavía; el metabolismo parece ser el talón de Aquiles: lo que los investigadores llaman metabolismo aquí no es más que el resultado trivial de que la replicación del molde y el desarrollo de la membrana necesitan entrada de algún material. Las *membranas primitivas* que preservasen el material orgánico pudieron forjarse con simples terpenoides.

La vida molecular se vale del término *información* para expresarse. En los sistemas contemporáneos, la información se almacena en los ácidos nucleicos, constituidos con bases púricas y pirimidínicas, azúcares y grupos fosfato. Pero, ¿qué mecanismo se empleó en la síntesis prebiótica de los nucleótidos? Lo ignoramos. Aunque se han obtenido purinas y pirimidinas en síntesis modelo, no es grano de anís lograr nucleósidos. Cierto es que, pese al magro rendimiento, se ha obtenido ya la síntesis de nucleósidos de purina, pero ninguna preparación todavía de un nucleósido de pirimidina. Predomina hoy la hipótesis de que hace unos 4.000 millones de años, antes de la primera célula, la vida constaba de agregados de macromoléculas autorreproductoras. Se supone que sería la molécula de ARN la que intervendría en esos momentos, habida cuenta de

su capacidad para combinar las propiedades necesarias de codificación de la información y de catálisis de las reacciones químicas; ambas funciones son ahora cumplidas por el ADN y las proteínas, respectivamente. En favor de un *mundo primero de ARN* está el hecho de que el autoempalme y maduración de algunos intrones no precisan el concurso de enzimas; los propios intrones actúan de moldes de polimerización. En los últimos años se ha potenciado la gama catalítica de estos ribozimas por evolución molecular dirigida. No obstante, puesto que la acumulación de nucleótidos en las condiciones prebióticas parece inverosímil, los químicos se inclinan a creer que la vida primitiva estaba constituida por moléculas informativas más sencillas. Los primeros *signos de vida* sobre la Tierra se remontan a 3.800 millones de años. Las células eucariotas aparecieron hace unos 2.700 millones de años, aunque las primeras muestras fósiles de eucariotas pluricelulares son de hace 600 millones de años. El último antepasado común de plantas y animales existió al parecer hace unos 1.600 millones de años, tiempo calibrado mediante reloj molecular. La evolución de *los eucariotas* se ha convertido en una suerte de nudo gordiano. No podemos romperlo mediante genes individuales, puesto que los genomas de los eucariotas (animales, plantas, hongos y protistas) derivan de los genomas de diversos *procariotas* (eubacterias y arqueobacterias). Por eso, el centro de atención se ha trasladado hacia el análisis de los flujos de poblaciones génicas, incluso de genomas procariotas enteros, hacia los eucariotas. Esos estudios holistas comienzan a revelar las complejas conexiones genéticas y evolutivas entre eucariotas y procariotas. Hasta hace poco, se creía, apoyándose en un solo gen de ARN ribosómico, que los eucariotas descendían de las arqueobacterias (procariotas extremófilas distintas de las eubacterias). Sabemos hoy que no hubo tal. Más de dos tercios de los genes nucleares de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, por ejemplo, derivan de eubacterias.

4. CONCEPTO DE ESPECIE

En biología, el taxón básico no es el individuo, sino la *especie*. De entre todas las ideas clave de la filosofía de la biología, la especie es la que ha merecido mayor atención, antes y después de la revolución darwinista. Concepto a caballo antaño entre la biología, la metafísica y la lógica,

se le obligó, en los años setenta y ochenta, a despojarse de todo resabio esencialista. Su interés lógico parecía resistir resguardado entre las clases naturales, de donde han intentado sacarla David Hull y sus epígonos protestando que las especies son individuos. Asistimos, en efecto, a una aparente paradoja: la aceptación del proceso de especiación y la asunción, en la práctica, de la taxonomía linneana, fijista donde las haya. Dos méritos no cabe regatearle a Linneo: la denominación binomial, que facilitó la identificación de una misma especie entre los múltiples nombres con que aparecía, y el haber puesto orden y jerarquía en el caos de la clasificación. En pocos decenios, es decir, en el último tercio del siglo XVIII, su doctrina se había adoptado con escasas voces discordantes. Pero, cien años después, Darwin minaba la idea motriz de Linneo, la inmutabilidad de las especies. El rechazo del concepto esencialista de especie, asociado a su inmutabilidad, no vino sustituido por una definición unívoca. Para unos el carácter decisivo sería la capacidad de cruzamiento fértil; para otros sería la vinculación a una filogenia exclusiva; para otros terceros, el compartir determinado nicho ecológico. No se agota en esa triple adscripción lo que los biólogos entienden por especie. A veces resulta determinante el campo de trabajo; el botánico la ve de un modo distinto del microbiólogo y, ambos, del paleontólogo. La definición de la categoría de especie condiciona la comprensión de los taxones superiores (de género a phylum). Con otra palabra, la clasificación.

En el concepto estático de especie se apoyaba la *taxonomía* tipológica, fijista, clásica. La genética mendeliana, la teoría darwinista de la evolución y la genética molecular y de poblaciones constituyeron los pilares en que se asentó la *nueva sistemática* defendida por Ernst Mayr y George Gaylord Simpson. Avanzada ya la segunda mitad del siglo pasado recibió particular atención el *método fenético* o numérico, basado en la formación de grupos de organismos que compartan la mayor similitud general posible. Aunque hubo antecedentes, fue sobre todo a raíz de la publicación en 1963 de la obra de P.H. Sneath y R.R. Sokal *Principles of Numerical Taxonomy* cuando la escuela fenetista incorporó los métodos matemáticos a la clasificación de los organismos. Otro método, el *análisis cladístico*, consiste en la rigurosa aplicación del principio siguiente: una especie x es un pariente más cercano a una especie y que a una especie z , si y sólo si posee al menos una especie ancestral en común con la y , antepasado que no es al propio tiempo ancestro de la especie z .

Este enfoque se ha erigido en el más serio opositor del método fenetista y contra él va dirigida la segunda edición (1973) de la obra de Sneath y Sokal. De un tiempo a esta parte parece asentarse el cladismo. Lo avanzó Willi Hennig en 1950 con su obra *Grundzüge einer Theorie der Phylogenetischen Systematik*. Era, en su propósito, una contraposición a la corriente alemana de clasificación fundada en la morfología ideal, en el *bauplan*, es decir, en la aceptación de patrones o estructuras. Hennig opone la clasificación filogenética, bifurcadora o ramificadora. (Clados es rama en griego.) Su concepto fundamental es, el de plesiomorfía. Se dice que una característica o rasgo es plesiomórfico si lo portan un grupo de organismos más general que el grupo específico considerado.

Ante la evolución de los organismos se mantuvo escéptico largo tiempo Popper, convencido de que la hipótesis de la supervivencia de la especie más adaptada («fittest») constituía una tautología, es decir, verdadera por definición, y, por ende, no falsable. Desde la filosofía de la biología se le replicará que el contenido real de la teoría evolutiva no descansa tanto en la expresión «supervivencia de los más adaptados» cuanto en la idea de que los organismos transmiten sus caracteres, sometidos a mutación y variación, con el aumento o el decremento consiguientes de las posibilidades de que su progenie sobreviva lo suficiente para reproducirse y transmitir, por ende, tales caracteres. Se supone que ello da cuenta de la existencia de una gran diversidad de especies y de su adaptación al medio, así como de las semejanzas de forma y estructura que existen entre ellas. La idea genial de Darwin adquirió el soporte necesario de la genética a finales de los años treinta y, juntas, evolución y genética, dieron origen al neodarwinismo, o teoría sintética. Con el tiempo se fue matizando algunos de sus postulados. Así, Stephen Jay Gould y Richard Lewontin proponen el concepto de exaptación, que condiciona la evolución a los caracteres preexistentes; Motoo Kimura avanza la teoría neutralista, que sostiene el carácter indiferente de la mayoría de las mutaciones. Y el propio Gould una evolución pautada, a saltos discretos. Ciento cincuenta años después de la publicación de *The Origin of Species*, su doctrina sobre la selección no ha dejado de ir sumando comprobación tras comprobación. Aunque él no supo advertir la base heredable de los caracteres, los biólogos evolutivos se han venido esforzando en poner en conexión los procesos de selección natural y deriva genética con el origen y distribución de la variabilidad en la naturaleza.

La selección natural indica, unas veces, el producto de la interacción entre variabilidad, herencia y entorno, y se explica entonces en términos de reproducción diferencial o cambio en la frecuencia debido a diferencias de eficacia biológica o idoneidad (fitness); otras veces designa la fuerza que causa, crea, construye, conforma o programa, es decir, promueve la adaptación. Son atribuciones complementarias. Se produce selección adaptativa cuando la variación genética repercute en los fenotipos sometidos a criba. La vieja noción de selección natural entendida como fuerza todopoderosa en la evolución biológica ha cedido el paso a un planteamiento en el que los procesos adaptativos se encuentran condicionados o restringidos por exigencias físicas, químicas y biológicas. Las cuestiones de ese tenor se amparan en filosofía de la biología bajo el epígrafe de unidades de selección. Para unos, la selección natural opera en los individuos; los caracteres se seleccionan en un sujeto determinado. Darwin se percató ya de dos excepciones: las castas estériles de los insectos sociales y la moral del hombre; en ambos casos la evolución del rasgo buscaba el beneficio directo del grupo, no del individuo. R.A. Fischer añadió el sexo entre los caracteres seleccionados para bien del grupo; su función sería la de crear diversidad genética en la especie y posibilitar la adaptación consiguiente ante los avatares o cambios bruscos del entorno.

La tesis de la selección de grupo ganó adeptos hasta mediados de los años sesenta, cuando apareció *Adaptation and natural selection* de George C. Williams. Para Williams, la unidad real de selección no era el grupo, ni siquiera el individuo, sino el gen. Así nació la idea de selección natural que Richard Dawkins popularizó más tarde en *El gen egoísta*. La tesis que ahora empieza a abrirse paso es, sin embargo, más sincrética; la selección opera en genes egoístas, en organismos y en grupos bien adaptados. (La tesis «génica» de Dawkins encontró una sólida réplica en Gould y su demostración de la intervención, en el curso de la evolución, de las estructuras preexistentes). Algunos, entre ellos R.J.P. Williams, abogan incluso por la selección natural de los elementos químicos. Ante el problema de los niveles de selección, se apunta a lo que va siendo ahora opinión mayoritaria, la sincrética mencionada. La selección no actuaría sólo sobre los organismos de una población, sino también sobre niveles superiores (grupos) y sobre niveles inferiores (genes). Sin abandonar la evolución conjunta de organismos y entorno, nos hace aquí en-

trega de sus primeros pensamientos sobre el tema de las relaciones entre teoría y experimento en biología evolutiva.

La evolución crea nuevas especies y nuevas líneas de descendencia. Para establecer los grupos se emplean, entre otros criterios, el de la homología. Introducido en biología comparada predarwinista, el concepto de homología sigue siendo decisivo en taxonomía, filogenia y biología evolutiva. En tiempos recientes ha comenzado a desempeñar una función principal en biología del desarrollo y en biología molecular. En el ámbito de la filosofía se la asocia a los conceptos de individuación de las clases naturales y las pautas del razonamiento inductivo. (La idea de homología extiende su influencia hasta la filosofía de la mente y la ciencia cognitiva.) Un carácter homólogo comparte varias propiedades biológicas en diferentes organismos donde se presenta, y existe una base causal de esa compartición de propiedades (antepasado común y mecanismos comunes de desarrollo) La noción de homología tiene una historia muy fecunda. Se desarrolló en la primera mitad del siglo XIX en morfología y en embriología comparadas. En sus inicios, la homología constituía un criterio para discernir el antepasado común, hasta que, en la segunda mitad del siglo XX, la sistemática cladística introdujo métodos más fiables para distinguir entre homologías y homoplasias (semejanzas no debidas a un antepasado común). En los últimos años ha vuelto a cobrar auge el estudio de la homología, al descubrirla en el plano molecular (genes y proteínas). El nuevo campo *evo-devo* (biología evolutiva del desarrollo) se propone dar cuenta de las bases del cambio evolutivo (del origen de las novedades evolutivas y de los planos somáticos) aportadas por el desarrollo. El estudio de la homología desde la óptica del desarrollo ha introducido la noción de niveles de homología. Los rasgos morfológicos que se consideraron tradicionalmente homólogos se construyeron mediante procesos de desarrollo, que, a su vez, responden a patrones genéticos y epigenéticos subyacentes. Vale decir: los caracteres homólogos se construyeron de una misma manera y haciendo intervenir los mismos genes.

La homología suele ir acompañada del concepto de *función*, cuestión central de filosofía de la biología. Tradicionalmente, el vocablo remitía al propósito para el cual el organismo o parte fue designado por la selección natural. A cuatro pueden ahora reducirse los significados principales del término en biología: actividad (lo que cualquier organismo,

o parte del mismo, realiza), causa (contribución a una determinada capacidad), ventaja adaptativa o viabilidad (valor de poseer algo) y efecto seleccionado o etiología (origen o mantenimiento a través de la selección natural). En numerosos casos la función sustituye a la *finalidad*, negada por toda doctrina mecanicista y reduccionista. Lo que nos lleva a considerar el problema de la *autonomía* de la biología.

5. AUTONOMÍA DE LA BIOLOGÍA: REDUCCIONISMO Y EMERGENTISMO

¿Es o no la biología *distinta de* la física y la química? Al defender la autonomía de la biología, se aboga por la validez de las diversas explicaciones, moleculares, citológicas o sistémicas. Los sistemas vivos constan de muchas variables en interacción, cuyos parámetros no están fijos. Lo que sucede en un tubo de ensayo puede ser lo mismo, lo opuesto o no guardar ninguna relación con lo que acontece en la célula viva, por no hablar del organismo en su medio. La fisiología estudia la contracción muscular; la bioquímica, los procesos moleculares que ocurren durante la contracción. La bioquímica de este proceso es bien conocida hasta pormenores muy finos. ¿Podemos reducir la fisiología a la bioquímica? Si el fin de ese proceder es proclamar que la bioquímica constituye la causa del acto fisiológico, estamos abusando del significado de causa. La causa es anterior al efecto. Pero en el movimiento muscular, el proceso bioquímico no *precede* a las contracciones musculares; *describe* la contracción muscular. Hablamos de cierta *identidad*: la función de la activación muscular adquiere sentido en la fisiología, pero se halla ausente en la bioquímica de la actina y la miosina.

Se trata del problema del *reduccionismo*. La reducción se da cuando los principios de una teoría o disciplina pueden explicarse por los principios de otra teoría o de otra disciplina; la ciencia menos general se reduce a la ciencia más general. De la trabazón entre teorías se ocupó hace medio siglo Ernest Nagel. Para él, la reducción es una relación entre la teoría reducida (T1) y la teoría reductora (T2), una deducción lógica de T1 a partir de T2. Ambas teorías, T1 y T2, están formalizadas en lógica de primer orden y se requiere, además, un lazo de conexión, unas «leyes puente». La reducción de una ciencia a otra debe satisfacer una

doble condición, la de derivabilidad (leyes y teorías de la ciencia menos general deben ser consecuencia lógica de leyes y teorías de la ciencia más general) y la de conectibilidad (debe existir un nexo directo entre los términos de la ciencia menos general y los términos de la ciencia más general). Con otras palabras, una *reducción* es una explicación que tiende puentes entre dos ámbitos o niveles de inquisición diferentes; el *explanandum*, lo que queremos explicar, procede de un ámbito y el *explanans*, de donde extraemos las razones justificativas, proviene de otro. Arquetipo de los ejemplos de reducción es el de la termodinámica a la mecánica estadística. ¿Hemos de reducir la biología a la química y, en última instancia, a la física? Para el reduccionista, un sistema complejo no es más que la suma de sus partes; su comportamiento, la suma de los comportamientos individuales. En biología defiende que la constitución del organismo es de carácter mecánico y similar a los autómatas y otros ingenios humanos.

Se distinguen dos tipos de reduccionismo, *ontológico* y *epistemológico*. De acuerdo con el *reduccionismo ontológico*, un organismo se descompone en moléculas y átomos, sin cabida para entidades foráneas como la *vis vitalis*, el élan vital o cualquier otro principio no orgánico. A este tipo podemos vincular el *reduccionismo causal*: las causas que operan en el todo es la suma de las causas que operan en cada una de las partes. En definitiva, el objeto en cuestión terminaría por resolverse en partículas y fuerzas fundamentales. El *reduccionismo epistemológico* indica que los conceptos y leyes de la biología dependen de los conceptos y leyes de la química y, a la postre, de la física. A ese tipo de reduccionismo podemos vincular el reduccionismo *metodológico* que algunos introducen para designar el estudio del todo a través del estudio de las partes. Resulta muy difícil objetar la fecundidad de cierto *reduccionismo gradual*, que hincia en la química la explicación de buena parte de los mecanismos biológicos. Parcialmente podemos reducir el fenotipo al genotipo. Por lo demás, la adquisición de un conocimiento de un nivel profundo no excluye la interpretación de superficie; la teoría mendeliana de la herencia no se desvanece con el advenimiento de la genética molecular.

Mas, por muy arraigada que esté la opinión de que sólo la física y sus leyes merecen el nombre de ciencia, parece evidente que la complejidad dinámica de la biología tiene leyes propias y autónomas. Por evo-

lución emergen en la naturaleza las propiedades funcionales, sin equivalencia en física. Funcionales son el ala, los ojos, un gen o un músculo y, sobre todo, la capacidad de autorreplicarse. Frente al determinismo físico, determinismo químico mediante, la selección natural sólo interviene si hay variabilidad, si hay información, si hay grados de libertad. Parece manifiesto que en biología hay procesos (especiación), funciones (nicho ecológico) y órganos (cerebro) que no son reducibles a las moléculas componentes y conceptos (adaptación) y teorías (selección natural) que no pueden considerarse consecuencia de conceptos y leyes físicas o químicas. La metabiología niega el mecanicismo, que las entidades vivas sean entidades físicas o químicas *tout court*. Pero rechaza también el vitalismo clásico que incluía entelequias, impulso vital y otras entidades por el estilo. Para evitar el escila del mecanicismo sin caer en el caribdis del vitalismo se acuñó el término «emergente». Las propiedades biológicas serían emergentes, ni físicas o químicas sólo, ni inmateriales. Se trataría de propiedades que «sobrevienen». Tal, la llamada eficacia biológica (*fitness*), un sobreañadido a las propiedades físicas del individuo expuesto a un entorno dado.

La prehistoria del concepto biológico de emergencia podría hallarse en la noción de animación, de información, que distinguía al organismo de la mera aglomeración de partes. John Stuart Mill, en su *A System of Logic* (1843), distinguía entre leyes homopáticas y leyes heteropáticas. Las primeras siguen el principio de «composición de causas», que dicta que el efecto conjunto de varias causas es igual a la suma de sus efectos por separado. El principio de composición se cumple en la mecánica clásica, cuando un conjunto de fuerzas diversas actúan sobre un mismo cuerpo. Las leyes heteropáticas, en cambio, no cumplían el principio de composición de causas y generaban propiedades no reducibles a sus componentes. Mill lo ejemplificó en las reacciones químicas, donde las propiedades del compuesto resultante no son suma de las propiedades de los compuestos reactivos (el agua tiene propiedades que no pueden reducirse a la suma de las propiedades del oxígeno y el hidrógeno). George Henry Lewis, discípulo de Mill, acuñó el término *emergencia* para referirse a los efectos heteropáticos, en *Problems of Life and Mind* (1875). El concepto ha sufrido desde entonces numerosas reelaboraciones (véase, por ejemplo, *The Re-Emergence of Emergence*, publicado en 2008 y dirigido por Philip Clayton y Paul Davis).

De una manera sumaria, el emergentismo viene a indicar que el todo es más que la suma de las partes. El emergentista escalona así su razonamiento: existe un fisicalismo radical, el compuesto por las partículas elementales y fuerzas fundamentales; sobre el mismo emergen propiedades concordes con la complejidad adquirida, propiedades éstas que no son reducibles a las del nivel anterior ni predictibles desde éste; por último, hay una causalidad de arriba abajo, de las entidades superiores hacia las inferiores. En cada nivel de complejidad aparecen cualidades nuevas que no pueden atribuirse a sus componentes. A veces, la cualidad emergente ni siquiera puede aplicarse a las partes. El agua es húmeda, pero carece de sentido preguntarse si una molécula de H_2O es húmeda. El concepto de emergencia guarda a menudo relación con el de autoorganización. Del comportamiento propio de los sistemas complejos, tales la célula o los sistemas bioquímicos, se ocupa la *teoría de la complejidad*, que se basa en modelos simulados en el ordenador que generan espontáneamente pautas y regularidades de cierto orden. Los sistemas físicos complejos presentan numerosas propiedades cuya aparición no podemos predecir a partir de sus componentes. Podemos entender la impredecibilidad a través de la teoría del caos determinista. En este caso, un sistema puede pasar por estados caóticos pero también por otros no caóticos y fácilmente predecibles, lo que haría que el mismo sistema fuera emergente y no-emergente dependiendo del momento en que se encuentre. (La teoría del caos es el estudio de sistemas que muestran una sutil sensibilidad a las condiciones iniciales, de suerte tal, que el más leve cambio en las mismas produce un comportamiento drásticamente distinto.) En la teoría de la complejidad influyeron ideas tomadas de la termodinámica de los procesos irreversibles. En un sistema cerrado, la entropía aumenta, pero en los sistemas abiertos puede crearse orden. Por este motivo, los sistemas complejos no están sujetos a una reducción localizacionista y sus propiedades suelen considerarse emergentes.

El emergentismo distingue entre los *niveles micro y macro* en un proceso autoorganizado. De las interacciones locales entre los componentes de un sistema (nivel micro) emerge una estructura o patrón global (nivel macro). Cuando la estructura resultante no es mero agregado de los componentes de partida se habla de emergencia ontológica. Los distintos *niveles organizativos* tienen una autonomía, que requerirá conceptos y leyes distintas. Ejemplos de emergencia ontológica son la vida,

la mente, la conciencia, el libre albedrío o la responsabilidad. Junto a esa emergencia ontológica, la *epistemológica*, que requiere introducir nuevos elementos o propiedades en un modelo para predecir el comportamiento del fenómeno emergente, más allá de la suma de los elementos componentes. Si la biología no fuera más que física reelaborada a través de la química y si las proteínas o el ADN constituyeran las únicas claves para revelar los misterios de la vida, no habría emergencia en biología. Justamente porque hay emergencia es por lo que *no* cabe realizar predicciones en biología. El azar, la casualidad pudo intervenir en la aparición de formas superiores de la vida, pero no las explica; facilita en algún caso que se expliciten las leyes y las estructuras del mundo, pero no explica ni esas leyes ni esas estructuras. En particular, el emergentismo biológico materialista apoya en la irracionalidad la existencia de la razón.

6. LA FINALIDAD COMO CONCEPTO PUENTE

En filosofía de la biología se presta también particular atención, entre otros, al problema de la circularidad y al de la finalidad. Herbert Spencer acuñó la expresión «supervivencia del más adaptado» para describir la teoría de Darwin. Para que pueda darse un proceso de selección los organismos implicados tienen que diferir en su capacidad para sobrevivir y reproducirse. Pero, según se exponga la tesis, se cae fácilmente en la *circularidad*. ¿Quiénes sobreviven? Los adaptados. ¿Quiénes son los adaptados? Los que sobreviven. Varios son los esfuerzos ideados para no caer en ese vicio lógico. Los más aplaudidos apelan ahora al carácter probabilístico del concepto de adaptación. El *adaptacionismo* es la presunción acrítica de que todos los rasgos y caracteres de un organismo son independientes entre sí y producidos por un organismo en evolución adaptativa, de suerte que la selección natural constituye la única fuerza significativa que promueve el cambio evolutivo. Los críticos antadaptacionistas, representados por el famoso artículo de Gould y Lewontin «Spandrels of San Marco» (1979), sostienen por el contrario que antes de preguntarse los adaptacionistas «¿para qué está adaptado este rasgo?», debería plantearse la cuestión: «¿es este rasgo una adaptación en verdad?» y avisan que una respuesta afirmativa a esa pregunta exige una apoyatura sólida, que incluya prueba de una historia evidente de selección. Pro-

pone el adaptacionismo, por un lado, que los caracteres o rasgos de un organismo son discretos y mutuamente independientes (*atomismo de caracteres*) y, en segundo lugar, que cada rasgo constituye una adaptación, loptimamente diseñada para su función, mediante selección natural dentro de las restricciones impuestas por los compromisos entre exigencias adaptativas en conflicto (*panseleccionismo*). A partir de esos presupuestos básicos, la praxis investigadora del adaptacionismo va buscando adaptación tras adaptación, sin percatarse de las explicaciones no adaptativas. Los críticos del adaptacionismo sostienen que ambos supuestos (atomismo de caracteres y pansleccionismo) son demostrablemente falsos y que las prácticas apoyadas en ellos deben abandonarse.

No hay texto biológico que antes o después no apele a la *teleología*, *función*, *motivo* o *razón última* de un receptor, un órgano, un comportamiento o un proceso: el corazón existe para bombear la sangre, las alas para volar, los osos tienen pelaje para protegerse del frío, la propia adaptación es para sobrevivir. Esos términos no se aplican a la materia inerte. La filosofía de la biología viene ocupándose de esas nociones desde los años sesenta, con trabajos pioneros de Richard Sorabji, John Canfield o Morton Beckner. De hecho, la explicación teleológica en biología evolutiva y los enunciados sobre la función en biología prepararon el terreno para los tratados generales sobre filosofía de la biología arriba mencionados. Las teorías esbozadas para eliminar de la biología la noción de propósito, van desde la mera negación de su existencia, reputándola un falso problema (propio de una época precientífica), hasta la reconversión mecanicista de las explicaciones funcionales. Otros toman un camino indirecto para enfrentarse con la cuestión; y así distinguen entre adaptaciones y beneficios fortuitos. Cuando las tortugas marinas salen del océano para la oviposición, emplean sus patas delanteras para cavar los nidos. Las extremidades les son obviamente útiles para cumplir tal misión, pero no es ésa la razón por la que evolucionaron. Las tortugas y sus antepasados contaban con patas delanteras mucho antes de que ningún quelonio saliera del mar. Las extremidades anteriores aportan un beneficio fortuito cuando se emplean para construir nidos. La teleología que encontramos empíricamente en biología no debe confundirse con ningún propósito ínsito en los organismos que les obligaría a evolucionar de una manera prefijada de antemano. Las especies seguirían una suerte de recorrido preestablecido que culminaría en *Homo sapiens*. La biología

nos enseña que la selección opera sobre la variabilidad creada aleatoriamente por las mutaciones. La reflexión filosófica ha de atenerse a ese dato de la ciencia. Dios operaría a través de las causas segundas, del azar, sin necesidad de forzar o de ahorrar el curso propio de la naturaleza.

Resulta legítimo preguntarse cómo queda entonces el argumento teleológico, la vía de la finalidad para demostrar la existencia de Dios, que los teólogos naturales embellecieron tan documentadamente (John Ray, Linneo, William Paley, los *Bridgewater Treatises* y cuantos todavía hoy no admiten que la complejidad del cerebro del hombre, por ejemplo, pueda ser resultado del azar). Mas, justamente porque opera la naturaleza son múltiples las limitaciones, deficiencias en la construcción del cuerpo, procesos fallidos (los abortos naturales), que no sería congruente atribuir a un Dios omnisciente y bondadoso. Pero esas atribuciones trascienden el ámbito cognoscitivo de la biología. Pertenecen al dominio de la filosofía y, en último término, a la teología. La filosofía proclama la autonomía de la ciencia, que no debe apelar a causas no empíricas para explicar sus mecanismos. Pero la razón filosófica admite la posibilidad de una operación divina a través de las causas segundas. Y la teología convierte esa intervención en un plan divino sobre la naturaleza. La vía de la finalidad se ha reconvertido en la vía del plan divino. Para no caer en una *petitio principii* de apelar al plan divino para demostrar la existencia de Dios, preguntémonos por el significado de lo existente. Significado, función, finalidad tienen campos semánticos que trascienden su interpretación biológica.

José María VALDERAS
 Editor de «Investigación y Ciencia»
 BARCELONA