

# GÉNESIS DE LA VIDA DESDE LA DINÁMICA PROCESUAL DE LA MATERIA \*

IGNACIO NÚÑEZ DE CASTRO  
Universidad de Málaga

RESUMEN: La Biología no trata de la vida, sino de la descripción fenomenológica de los organismos vivos; el estudio de la vida es propio de la Filosofía natural. Para tener un discurso coherente para describir un ser vivo necesitamos una serie de categorías: comprensión holística, sistema, proceso, emergencia de novedad, teleología, epigénesis y evolución; matrices conceptuales que conforman una racionalidad diferente a la racionalidad mecanicista predominante en la Física. El pensamiento sistémico es siempre pensamiento procesual. La Filosofía del proceso es un buen instrumento intelectual para la comprensión del viviente. Ninguna realidad es un hecho estático; debemos pasar de la metafísica de substancia (ser) a la metafísica del devenir. Las propiedades emergentes surgen a un cierto nivel de complejidad. La explicación del sistema no se encuentra en los componentes básicos (análisis), sino en la organización jerárquica del mismo como una unidad, que posee una finalidad, un «télós». El genoma es el programa que fundamenta la estructura y comportamiento del organismo, que se desarrolla epigenéticamente. Los organismos vivos son sistemas abiertos en continuo intercambio con el medio de materia, energía e información. La célula es la unidad de análisis elemental de los vivientes, tanto microorganismos como vegetales o animales. Toda célula es una unidad dinámica y se encuentra siempre en una fase del proceso de división celular. El tiempo es una categoría esencial para la comprensión de todo organismo vivo; contemplada la serie de los vivientes a grandes escalas de tiempo, nos lleva a la afirmación de que vivir es evolucionar y de que nada en Biología tiene sentido sino es a la luz de la evolución.

PALABRAS CLAVE: Biología, Filosofía natural, vida, ser vivo, pensamiento sistémico, proceso, emergencia, teleología, epigénesis, evolución.

## *Genesis of life from the matter dynamic process*

ABSTRACT: Biology does not deal with life, but the phenomenological description of living beings; the life study belongs to the Natural Philosophy. For a coherent discussion in order to learn what a living being is, several categories as: holistic comprehension, system, process, novelty emergence, teleology, epigenesis and evolution are needed. In this way a different rationality, non-mechanicist, may be constructed. The systemic thought is always a process thought. Therefore, the process philosophy is good tool for understanding the living organisms. Reality is not static, but dynamic; we must pass from the substance (being) metaphysics, to that of becoming. The novelty emergence is achieved from the complexity. The system explanation is not found in the elements (analysis), but in the hierarchical organization of the system as a whole, which has an internal teleology. Genome, which is epigenetically developing, is the program that bases the structure and performances of organisms. The elemental analysis unit for microorganisms, vegetables and animals, the cell, is a dynamic unity always in the process of mitosis. Time scale is essential for the understanding of living organisms; if the living being's series is observed in big time periods, we conclude that to live is to be in development and nothing in Biology has meaning, but in the light of evolution.

KEY WORDS: Biology, Natural Philosophy, life, living being, systemic thought, process, emergence, teleology, epigenesis, evolution.

---

\* La mayor parte de la argumentación y de los conceptos expuestos en este trabajo forman parte del capítulo del libro «De la dignidad del embrión. Reflexiones en torno a la vida humana naciente», Cátedra de Bioética, Universidad Pontificia Comillas, Madrid, 2008.

## ¿QUÉ ES LA VIDA?

La Biología como ciencia, no trata de la vida en sí misma, el concepto vida pertenece a la Filosofía natural; la Biología, en cuanto ciencia experimental, trata de las manifestaciones o fenómenos de los seres a los que llamamos organismos vivos<sup>1</sup>. Así lo entendieron Treviranus y Lamarck, quienes al comienzo del siglo XIX acuñaron el término Biología para describir: «todo lo que es común a vegetales y animales, como todos las facultades que son propias a estos seres sin excepción»<sup>2</sup>.

Definir la vida, poder responder a la pregunta: «¿qué es la vida?» ha sido una cuestión ardua y compleja desde Aristóteles hasta nuestros días<sup>3</sup>; quizá el camino más obvio, para responder a esta pregunta, sea la descripción de los fenómenos que manifiestan los organismos que llamamos vivos, en cuanto organismos vivos. Por eso muchas de las definiciones clásicas de la vida<sup>4</sup> son fenomenológicas, insistiendo en los rasgos que diferencian los seres vivos de aquellos que son inanimados, como nacer, crecer, reproducirse y morir; estos rasgos nos permitirán identificar los organismos vivos, no la vida misma. «¿Qué es la vida?». Se preguntó Edwin Schrödinger<sup>5</sup> en su famoso ciclo de conferencias tenido en Dublín a comienzo de los años cincuenta del siglo pasado. Schrödinger intentó responder a la pregunta teniendo en cuenta las aporías que, desde los supuestos de la Física moderna, la pregunta implicaba; según algunos autores las reflexiones de Schrödinger, supusieron el comienzo de la moderna Biología Molecular. Lo cierto es que tanto para Schrödinger, como para nosotros, al intentar responder a la pregunta: «¿qué es la vida?», partimos de nuestra propia experiencia; quizá remedando a San Agustín en el libro XI de las *Confesiones*<sup>6</sup> nos atreveríamos a decir: «La vida, si no me lo preguntan, sé lo que es, pero si quiero explicar al que me lo pregunta, no lo sé». Parece, pues, que este apo-

<sup>1</sup> OANA IFTIME, «Life sciences, apophatism and Bioethics», en *European Journal of Science and Theology*, 2, 2006, pp. 21-46.

<sup>2</sup> Citado por ÁNGEL MARTÍN MUNICIO, *Discurso inaugural del Año Académico 1980-1981, Ciencia y Aristobiología*, Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Madrid, 1980, p. 23. Gottfried Reinhold Treviranus (4 de febrero de 1776-16 de febrero de 1837) nació en Bremen (Alemania). Estudió medicina en Göttingen, donde se doctoró en 1796; en 1802 publica el libro *Biologie oder Philosophie der lebenden Natur*, por lo que es considerado, junto con Jean-Baptiste Lamarck, uno de los primeros en acuñar el término Biología.

<sup>3</sup> ÉTIENNE GILSON, *De Aristóteles a Darwin, y vuelta. Ensayo sobre algunas cuestiones de la Biofilosofía*, EUNSA, Pamplona, 1976. Un tercio de los tratados conocidos como el *Corpus aristotelicum* son escritos sobre Biología: *Sobre el alma, De la generación y corrupción, De las partes de los animales y la Historia de los animales*. Cf. ALFREDO MARCOS, *Aristóteles y otros animales. Una lectura filosófica de la Biología aristotélica*, PPU, Barcelona, 1996.

<sup>4</sup> Pueden verse algunas definiciones de la vida en la obra de GIOVANNI BLANDINO, S.J., *Problemas y Teorías sobre la Naturaleza de la Vida*, Editorial Razón y Fe, Madrid, 1964, pp. 42-43.

<sup>5</sup> EDWIN SCHRÖDINGER, *¿Qué es la vida?*, Tusquets, Barcelona, 1983.

<sup>6</sup> SAN AGUSTÍN, *Confesiones*, Libro XI, Cap. XIV: «*Quid est ergo tempus? Si nemo ex me quaerat, scio; si quaerenti explicare velim, nescio*»: «¿Qué es el tiempo? Si nadie me lo pregunta, lo sé; si quisiera explicarlo al que me pregunta, no lo sé».

fatismo<sup>7</sup> del que nos habla Oana Iftime es inherente a la condición del ser vivo; «este es el punto en el que la vida escapa a la ciencia»<sup>8</sup>.

A lo largo de la historia del pensamiento muchos filósofos y hombres de ciencia han intentado darnos un atisbo de respuesta<sup>9</sup> a esta pregunta: «¿Qué es la vida?», puesto que como seres vivos, nos inquieta la pregunta; al fin, la respuesta es parte del «*conócete a ti mismo*»<sup>10</sup>. Sin embargo, podemos afirmar que a pesar de los innumerables descubrimientos de la Biología Molecular en la segunda mitad del siglo xx y comienzos del siglo xxi; a pesar de que conocemos el código genético universal en el que está cifrada la herencia; a pesar de que conocemos el genoma de muchas especies de microorganismos, vegetales y animales, e incluso del hombre; a pesar de que tenemos muchas certezas que nos dan las ciencias experimentales de la vida, son muchas más nuestras aporías, ignorancias e incertidumbres sobre aquello que constituye la vida. El concepto ser viviente pasa por la propia experiencia. Todos tenemos experiencia de lo que es estar vivo y de la no vida, la muerte. Todos sabemos distinguir entre una escultura y un ser humano vivo que nos mira con sus ojos brillantes, entre el león de bronce que custodia la entrada del Congreso de los Diputados y el viejo león que dormita o juega en el zoológico.

Durante mis largos años de dedicación a la enseñanza y a la investigación he procurado, en la medida de mis posibilidades, responderme a la pregunta sobre la naturaleza de la vida, en aquella parcela (la Enzimología) que era objeto de mi dedicación diaria en la docencia, el trabajo experimental y la reflexión filosófica. Un gran compañero y amigo, el Profesor José Antonio Lozano de la Universidad de Murcia, me pidió que prologara un manual de Bioquímica<sup>11</sup>. Se me invitó a qué hiciera una reflexión sobre la naturaleza de la vida y cómo la Bioquímica y la Biología Molecular pueden ayudarnos a comprender: «¿Qué es la vida?»; recuerdo que en aquel tiempo intenté en pocas palabras dar mi visión y se me ocurrió el siguiente cuento:

«Había una vez un violín que oyó cantar a un ruiseñor. El pajarillo producía registros inauditos para el violín: gorjeos, trinos, floreos agudos y alegres. El violín tuvo envidia y quiso cantar como el ruiseñor; al ver que no podía imitarlo, le preguntó: “¿Tú, de qué estas hecho?”. El pajarillo le respondió: “¿Y

<sup>7</sup> Neologismo deducido por la autora del adjetivo «apofático»; referido en Teología a la Teología apofática, como la vía negativa para el conocimiento de Dios.

<sup>8</sup> OANA IFTIME, *op. cit.* (nota 1). «La vida es un concepto abstracto, difícil de definir, pero de fácil comprensión, puesto que estamos en contacto muy directo con los seres vivos empeñando por nosotros mismos». JOSÉ VÍLCHEZ, *El don de la vida*, Desclée de Brouwer, Bilbao, 2007, p. 13.

<sup>9</sup> Puede verse la obra clásica: E. M. RADL, *Historia de las ideas biológicas: I. Hasta el siglo XIX, y II. Desde Lamarck y Cuvier*, Introducción de JOSÉ MARÍA LÓPEZ PIÑERO, Alianza Universidad, Madrid, 1988.

<sup>10</sup> *Nosce te ipsum*, MARCO TULIO CICERÓN, *Tusculanes disputationes*, 1, 52.

<sup>11</sup> JOSÉ ANTONIO LOZANO, J. D. GALINDO, J. C. GARCÍA-BORRÓN, J. H. MARTÍNEZ-LIARTE, R. PEÑAFIEL y F. SOLANO, *Bioquímica para ciencias de la salud*, Editorial Interamericana McGraw-Hill, Madrid, 1995; IGNACIO NÚÑEZ DE CASTRO, *Prólogo*, pp. XI-XIII.

tú?”. El violín, que había tocado delante de reyes manejado por las manos más virtuosas de la época, se molestó por la insolencia del ruiseñor y le respondió: “Yo estoy hecho de la más fina haya alemana, mis cuerdas están bien templadas, tengo sesenta y nueve piezas, y no hay dinero para pagar el arco que obtiene mis notas timbradas y brillantes”. El ruiseñor siguió cantando, el día era soleado y tenía ganas de mostrar al viento primaveral que en un rincón del bosque entre brezos y jarales se puede oír el mejor concierto. El violín insistió: “¿Pero de qué estás hecho?”. Entonces el ruiseñor le contestó: “Yo tengo el alma de la música”. Y comenzó a volar...».

Posiblemente los cuentos nos puedan sugerir mucho más que una seria reflexión sobre las características fundamentales de los organismos vivos, comparados con los que llamamos inanimados. También aquí nos puede ser fácil pasar del mito al logos. El ruiseñor del cuento ¿en qué se diferenciaba del Stradivarius? Espontáneamente responderíamos: «El ruiseñor estaba vivo». Diríamos que el pajarillo en todas sus manifestaciones era un torrente de vitalidad y podía cantar y volar por sí mismo. Sin embargo, el violín necesitaba de unas manos hábiles que fueran capaces de sacar de sus cuerdas las timbradas notas. También cuentan que cuando Miguel Ángel terminó de esculpir el Moisés, admirado de su propia obra, le tiró el martillo y le dijo: «*Parla, cane*». Sabemos que el Moisés de Miguel Ángel nunca habló y que el Stradivarius del cuento tampoco pudo cantar por sí mismo, como hizo el ruiseñor a la vez que arrancó el vuelo. El ruiseñor podía cantar, volar, picotear, aparearse, construir un nido, cuidar de las crías y, tal vez, una pedrada de un chiquillo o un ave rapaz podría acabar con su vida.

Quizá la diferencia más fundamental entre los organismos vivos y lo no vivos sea ésta: los seres vivos reaccionan como una unidad, como un todo, como el pajarillo que echó a volar. Así pues, desde un punto de vista descriptivo, en primera aproximación, podríamos decir que un ser vivo, desde una bacteria, pasando por todo el reino vegetal y animal hasta el hombre, se comporta: *como una unidad de estructuras y funciones jerárquicamente integradas en todas sus manifestaciones, tendiendo siempre a conservar su estructura*.

#### LA RACIONALIDAD SISTÉMICA EVOLUTIVA

Ahora bien, para tener un discurso coherente que nos describa todas las manifestaciones que observamos en los organismos vivos necesitamos delimitar una serie de categorías, que conformen un nuevo paradigma de comprensión en una nueva racionalidad; racionalidad que llamaremos sistémica evolutiva, contrapuesta a la racionalidad lineal mecanicista, que ha servido a la ciencia de instrumento para el conocimiento del Universo desde el siglo XVII<sup>12</sup>. La racionalidad

<sup>12</sup> HENRYK SKOLIMOWSKI, «Problemas de racionalidad en biología», en *Estudios sobre la Filosofía de la Biología*, F. J. AYALA y T. DOBZHANSKY (eds.), Editorial Ariel, S.A., Métodos, Barcelona, 1983, pp. 267-291.

dad sistémica interpreta al universo mediante un discurso no lineal, sino complejo, en el que están siempre presentes diferentes niveles de significación, que se relacionan entre sí a partir de bucles interactivos<sup>13</sup>, intentando de alguna manera traducir en nuestro discurso la complejidad de la realidad. Las categorías fundamentales de este discurso de comprensión de los organismos vivos serían: *comprensión holística* (o totalidad), *sistema*, *proceso*, *emergencia de novedad*, *cambio* (evolución), *teleología* (ejecución de acciones encaminadas a un fin) y *desarrollo epigenético*. Para llegar, pues, a un discurso coherente sobre el ser vivo necesitamos clarificar cuáles son los contenidos de estas matrices conceptuales que son necesarias para la descripción de un organismo vivo<sup>14</sup>. Ludwig von Bertalanffy en la *Teoría general de sistemas* afirma: «En comparación con el proceder analítico de la Ciencia clásica, con resolución en elementos componentes y causalidad lineal o unidireccional como categoría básica, la investigación de totalidades organizadas de muchas variables requiere nuevas categorías de interacción, transacción, organización, teleología, etc., con lo cual surgen muchos problemas para la epistemología y los modelos y técnicas matemáticos»<sup>15</sup>. Los organismos vivos son por excelencia esas totalidades organizadas de las que nos habla Bertalanffy.

Nos situamos, pues, muy lejos del universo mecanicista que concibió la Física clásica post-newtoniana apoyándose en la concepción de un espacio absoluto e isótropo, un tiempo absoluto y reversible, una causalidad eficiente determinista y la postulación de la ausencia de toda finalidad<sup>16</sup>; racionalidad mecanicista que ha dominado nuestra cultura occidental y ha conformado, en gran parte, el mismo devenir de las sociedades modernas. Somos herederos de una cultura en la que se ha dado un predominio analista, con la pretensión de que el análisis exhaustivo de las partes llevaría a la comprensión del todo. La racionalidad sistémica en cambio actúa por aproximaciones, utilizando conceptos preñados de significación, con gran apertura semántica y complementariedad comprensiva. La misma palabra originaria sistema indica: *conjunto estructurado de hechos y acontecimientos, que relacionados ordenadamente entre sí, contribuyen a un determinado fin*. La racionalidad sistémica supone un enfoque holístico de la realidad a estudiar. Cualquier elemento estructural o funcional de un sistema no puede entenderse sino en relación con los otros elementos estructurales o funcionales del mismo. Todo sistema es un todo, aunque no clausurado en sí mismo, puesto que el sistema puede estar en continua interacción con otros sistemas jerárquicamente relacionados, formando parte de un nuevo sistema de nivel superior,

<sup>13</sup> EDGAR MORIN, *La Méthode, I, La Nature de la Nature*, Éditions de Seuil, Paris, 1977, y *II, La vie de la Vie*, Éditions de Seuil, Paris, 1980.

<sup>14</sup> IGNACIO NÚÑEZ DE CASTRO, «Las categorías del discurso biológico», en *Evolucionismo y cultura*, A. DOU (ed.), Biblioteca Fomento Social, Mensajero, Bilbao, 1983, pp. 17-55.

<sup>15</sup> LUDWIG VON BERTALANFFY, *Teoría general de los sistemas*, Fondo de Cultura Económica, México, Ediciones F. C. E. España, Madrid, 1976, p. xvi.

<sup>16</sup> IGNACIO NÚÑEZ DE CASTRO, «Ciencia y Post-utopía», en *Después de las utopías*, A. DOU (ed.), Publicaciones de la Universidad Pontificia Comillas, Madrid, 1993, pp. 17-52.

así «una función nunca viene determinada por una estructura particular, sino por el contexto de la organización y del medio en el que dicha estructura se encuentra sumergida»<sup>17</sup>; el control jerárquico es una de las características esenciales y diferenciales de las manifestaciones de la materia viviente.

Si volvemos al pajarillo del cuento, podemos decir que el ruiseñor era un sistema: toda su anatomía y todos sus órganos los podemos considerar como elementos estructurales y funcionales, jerárquicamente organizados para construir ese todo: el pajarillo que proclamaba alegremente su territorio en un día primaveral. Pero el mismo pájaro y su canto no pueden entenderse sin otro sistema, el de su pareja con la que intentaba nidificar y la pareja tampoco podemos comprenderla sino dentro del ecosistema del bosque y el bosque lo debemos considerar dentro del ecosistema general, el planeta Tierra. La organización jerárquica de los conjuntos sistémicos implica que pueden considerarse múltiples niveles en la estructura de un sistema, de tal manera que el fenómeno observado dependerá de la escala de observación a la que se le someta; es muy citada la sentencia del físico Charles Eugène Guye que afirmaba: «la escala crea el fenómeno». De la misma manera, en el orden funcional pueden observarse también múltiples niveles de organización. A este respecto nos dice Fritjof Capra: «En el marco mecanicista de la ciencia cartesiana hay estructuras fundamentales y luego hay fuerzas y mecanismos a través de los cuales estas interactúan dando lugar a procesos. En la ciencia sistémica cada estructura es vista como la manifestación de procesos subyacentes. El pensamiento sistémico siempre es pensamiento procesual»<sup>18</sup>.

Así en el mismo pajarillo del cuento podemos considerar diferentes niveles de organización estructural: partículas subatómicas que forman átomos, átomos que se enlazan para formar biomoléculas, macromoléculas que se entretienen para dar las estructuras celulares, como membranas y otros orgánulos que constituyen una célula, células que forman los tejidos y órganos que se entrelazan dinámicamente tanto en la estructura como en la funcionalidad de donde resulta ese todo, el pajarillo que canta, picotea, y vuela por sí mismo. También el violín del cuento, en sí mismo, es un sistema estructurado y organizado en sus piezas pero por una finalidad externa a sí mismo que le impuso el *luthier* y además nunca pudo cantar por sí mismo; el violín no estaba vivo, le faltaba esa respuesta integral, creadora y juguetona que tan descaradamente manifestaba el pajarillo. El violín era una parte que, junto con la fricción del arco y los ágiles dedos comandados por el cerebro del violinista, podría formar una unidad jerárquica superior y entonces cantar un solo en una sala de concierto, pero en

<sup>17</sup> Sobre la jerarquización en los sistemas puede verse: H. H. PATTEE, «El problema de la jerarquía Biológica», en C. H. WADDINGTON y OTROS, *Hacia una Biología teórica*, Alianza Universidad, Madrid, 1976, pp. 531-555.

<sup>18</sup> FRITJOF CAPRA, *La trama de la vida. Una nueva perspectiva de los sistemas vivos*, Editorial Anagrama, Colección Argumentos, Barcelona, 1998, p. 62. Puede verse también: MICHEL WEBER, «La vie de la nature selon le dernier Whitehead», en *Les Études Philosophiques*, n.º 3, 2006, pp. 395-408.

ese momento el violín estaría integrado en un sistema jerárquico superior compuesto por el violinista y su instrumento.

#### EL PENSAMIENTO PROCESUAL

En este punto del discurso, en el esfuerzo por entender qué es un organismo vivo conviene aclarar el término proceso, tal como es entendido en la llamada filosofía procesual. El pensamiento procesual parte de una cosmovisión dinámica, frente a una visión estática del ser. Todo sistema tiene, pues, una dimensión temporal, tiene un antes y un después inherente a su mismo ser y a su comportamiento. En la extensión temporal se realiza el proceso; el proceso es duración o coextensión en el tiempo sin ruptura de la continuidad.

En todo organismo vivo, desde los unicelulares a los pluricelulares, cuando es analizado fenomenológicamente en su extensión temporal, nos encontramos con una continua sucesión de fases en las que no hay ningún tipo de cesura o cambio cualitativo. Desde el punto de vista ontológico, la relación de una fase con respecto a otra no es una relación de potencia a acto, puesto que en cualquier momento de su ciclo vital se manifiesta actualmente todo el organismo en su fase correspondiente.

La filosofía del proceso introduce el proceso frente al ser como referencia ontológica, lo dinámico frente a lo estático. Así pues, se puede definir el proceso *como el resultado de un conjunto secuencialmente estructurado de sucesivos estadios o fases en el que no existe solución de continuidad*. Todo proceso es complejo y posee una estructura jerarquizada temporal coherente. Al ser todo proceso temporal y poder distinguir un comienzo y un fin, todo proceso es direccional y tiene un «*télos*», una finalidad interna. La filosofía del proceso acepta como categorías fundamentales para la comprensión de la realidad: el cambio, la temporalidad, la actividad, la unidad, la continuidad, la totalidad, la relación con otros procesos, la emergencia de novedad y la teleología interna o finalidad.

Según Alfred N. Whitehead, «la descripción newtoniana de la materia abstracta trae la materia del tiempo. Concibe la materia en un instante. Así lo hace la descripción de Descartes»<sup>19</sup>. Sin embargo, todos los hechos del universo sólo podemos concebirlos como una minuciosa selección de sus relaciones con otros hechos o procesos. «Así los datos consisten en lo que ha sido, en lo que podía haber sido y en lo que puede ser (...) Tales son los datos; y de estos datos emerge un proceso en forma de transición. Esta unidad del proceso es el “especioso presente” de la actualidad en cuestión»<sup>20</sup>. El mismo Whitehead dirá que «ninguna actualidad es un hecho estático. El carácter histórico del universo pertenece a su esencia»<sup>21</sup>. Si interpretamos la realidad como proceso las actua-

<sup>19</sup> ALFRED N. WHITEHEAD, *Modos de pensamiento*, Taller de ediciones Josefina Betancor, Madrid, 1973, p. 104.

<sup>20</sup> *Ibidem*, p. 104.

<sup>21</sup> *Ibidem*, p. 105.

lidades del presente están derivando de sus características antecedentes y confiriendo sus características al futuro: «la inmediatez es la realización de las potencialidades del pasado y es el almacén de las potencialidades del futuro»<sup>22</sup>.

El organismo vivo podemos concebirlo como un proceso de desarrollo epigenético (más adelante reflexionaremos sobre la epigénesis). La categoría fundamental para la comprensión no será entonces la substancia (lo que subyace a los cambios) sino la «fluencia», el devenir como consecuencia de los acontecimientos. Whitehead en el capítulo dedicado al proceso en su obra fundamental *Proceso y realidad* nos habla de la experiencia integral humana: la afirmación de que «todas las cosas fluyen». Para el filósofo británico, elucidar el significado de esta frase es la tarea de la Metafísica; también afirma él, existe la experiencia de la permanencia de las cosas. Para Whitehead los dos primeros versos de un himno famoso podrían sintetizar las dos experiencias humanas:

«Quédate conmigo;  
rápida cae la tarde».

«Los filósofos que parten del primer verso nos dieron la metafísica de la “substancia”, y los que parten del segundo desarrollan la metafísica del “fluir”»<sup>23</sup>. El teólogo Hans Küng nos ha hecho caer en la cuenta de la similitud de la ontología procesual de Whitehead y de la metafísica de fondo que subyace al pensamiento de Pierre Teilhard de Chardin. Hans Küng, en su libro *¿Existe Dios?* afirma: «como Teilhard en Teología, Whitehead se preocupa en Filosofía por mantener estrecha conexión con el pensamiento de las ciencias naturales modernas. También él *entiende la naturaleza entera como un proceso gigantesco* en el que un número infinito de unidades mínimas (...) entra en activa relación con otras, y todas ellas se desarrollan juntas en pequeños procesos igualmente infinitos en número»<sup>24</sup>. El jesuita francés habla de una metafísica del *unire*<sup>25</sup>, como

<sup>22</sup> *Ibidem*, p. 115.

<sup>23</sup> ALFRED N. WHITEHEAD, *Proceso y realidad*, Editorial Losada, Buenos Aires, traducción de J. Rovira Armengol, 1956, pp. 284-285. El texto inglés del poema citado por Whitehead es: «Abide with me; Fast falls the eventide», citado por ALFRED N. WHITEHEAD, *Process and Reality. An essay in Cosmology*, Cambridge at the University Press, Cambridge, 1929, p. 296. Ver el siguiente texto de Guillermo Armengol: «Sin embargo, un fluir de eventos microfísicos constituía y daba cierta estabilidad en el tiempo a los objetos macrofísicos, aunque también abiertos en su interior a la evolución y transformación continua. Para Whitehead era evidente que la física de comienzos del siglo xx describía un mundo que fluía por eventos inestables, que se relacionaban entre sí por *prehensiones* físicas para constituir entidades actuales, como sociedades de eventos organizados, que se transformaban dinámicamente en un proceso continuo» [«Whitehead y la imagen de Dios desde la Ciencia. Alfred North Whitehead y la filosofía del proceso», en *Pensamiento*, vol. 63, n.º 238 (Serie especial, n.º 1), 2007, pp. 801-806].

<sup>24</sup> H. KÜNG, *¿Existe Dios? Respuesta al Problema de Dios en nuestro tiempo*, Ediciones Cristiandad, Madrid, 1979, pp. 249-250; la cursiva es nuestra.

<sup>25</sup> «Sustituyamos, por ejemplo, una Metafísica del *Esse* por una Metafísica del *Unire*... ¿Qué ocurre entonces? En la Metafísica del *Esse* el Acto puro, una vez planteado, agota todo lo que hay de absoluto y necesario en el Ser; y ya no hay nada que justifique, hágase lo que se



la expresión de su concepción de toda la evolución tendente al punto omega; es decir, en lugar de una metafísica del ser, una metafísica del converger de todo lo que está en devenir. Joseph A. Bracken a propósito de la Filosofía procesual nos dice estas interesantes consideraciones: «Le pido al lector que sea paciente si inicialmente algunos conceptos básicos de Whitehead le parecen más bien extraños, incluso estafalarios. Desde mi propia experiencia le puedo decir, si uno persevera en el esfuerzo de comprensión, la profunda lógica de esta aproximación a la realidad irá gradualmente haciéndose clara. Esto enciende la imaginación y finalmente uno se encuentra a sí mismo inesperadamente enganchado en el pensamiento de Whitehead. El fue sin duda uno de los más originales pensadores del siglo xx, alguien digno de hacer un esfuerzo extra de lectura y de comprensión»<sup>26</sup>.

La filosofía procesual puede reducirse a estos puntos básicos:

1. El cambio y el tiempo son las dos categorías principales para la comprensión metafísica de la realidad.
2. El proceso es la principal categoría para la descripción ontológica de la realidad. Los procesos son más fundamentales que las cosas.
3. La mayor parte de los elementos del repertorio metafísico son comprendidos como procesos: las substancias materiales, los organismos vivos, la naturaleza como un todo, incluso las personas.
4. La contingencia, la emergencia de novedad, la creatividad deben considerarse categorías fundamentales para la comprensión metafísica. Para la comprensión de la realidad procesual debe cambiarse el *operari sequitur esse* (el operar sigue al ser), metafísica de la substancia, por el *esse sequitur operari* (el ser sigue al obrar), metafísica del proceso, del devenir<sup>27</sup>.

La filosofía del proceso juntamente con la teoría general de sistemas puede ser un buen instrumento intelectual para la comprensión del ser vivo en general y, en particular, para comprender el desarrollo ontogenético de un organismo. A este propósito Fritjof Capra afirma: «La filosofía procesual de Whitehead, el concepto de homeostasis de Cannon y el trabajo experimental sobre metabolismo, ejercieron una fuerte influencia sobre Ludwig von Bertalanffy llevándole a la formulación de una nueva teoría de los sistemas abiertos»<sup>28</sup>.

---

haga, la existencia del ser participado. Por el contrario, en una Metafísica de la Unión, es concebible, que supuesta la realización de la unidad divina immanente, sea aún posible un grado de *unificación absoluta*. PIERRE TEILHARD DE CHARDIN, *Como yo creo*, Taurus Ediciones, Madrid, 1970, p. 196.

<sup>26</sup> JOSEPH A. BRACKEN, S.J., *Christianity and Process Thought. Spirituality for a changing world*, Templeton Foundation Press, Philadelphia, 2006, p. xviii.

<sup>27</sup> *Process Philosophy, Stanford Encyclopaedia of Philosophy*, <http://plato.stanford.edu/entries/process-philosophy>

<sup>28</sup> FRITJOF CAPRA, *op. cit.* (nota 18), p. 63.

## LAS PROPIEDADES EMERGENTES

Nos hemos referido a la emergencia de novedad como una de las categorías fundamentales para la comprensión de los procesos. Llamamos *propiedades emergentes a aquellas que surgen a un cierto nivel de complejidad, pero que no se dan en los niveles inferiores*. Las propiedades emergentes brotan de las interrelaciones de los elementos del sistema, aparecen a medida que el sistema evoluciona con el tiempo y están siempre referidas a la totalidad; estas propiedades no pueden ser anticipadas o deducidas antes de que se hayan manifestado por sí mismas. La coherencia del proceso correlaciona los elementos separados de nivel inferior a una unidad de nivel superior. El paradigma emergentista supone que la realidad no es estática, sino dinámica en continuo cambio y desarrollo. La evolución del proceso está produciendo continuamente realidades nuevas en los distintos niveles que conforman la totalidad. En estos diferentes niveles de organización, aunque codependientes, cada uno de los mismos manifiesta su propio patrón y distintas formas de causación<sup>29</sup>. Los emergentistas cuyo eslogan podría ser: «*Más es diferente*» se alzan contra los reduccionistas, para los cuales el todo puede explicarse por la suma de las partes y la imagen del todo real representa con fidelidad los constituyentes básicos y puede dar razón del todo a partir de sus elementos constituyentes<sup>30</sup>. Por contraposición, según John Polkinghorne: «La emergencia fuerte correspondería, en cambio, a un caso en el que un nuevo principio causal —de una clase distintiva no presente en niveles de complejidad inferiores— cobra actividad en un sistema complejo. Entonces «más» sería radicalmente “diferente”»<sup>31</sup>.

En el microcosmos las propiedades de los hadrones (protones y neutrones) no son las propiedades de los quarks y gluones que los constituyen. Las propiedades de los átomos no son deducibles de las características de las partículas elementales (protones, neutrones y electrones). Las propiedades de las moléculas no son deducibles de las propiedades de los átomos. Así, las propiedades químicas del agua no son deducibles de las propiedades del oxígeno y del hidró-

<sup>29</sup> «Modification of a paradigm», entrevista a PHILIP CLAYTON por MATT DONELLI, en *Science and Theology News*, March 2006, pp. 21-22. JEFFREY GOLDSTEIN, «La idea de emergencia», en [www.galatel.webcindario.com/index.htm](http://www.galatel.webcindario.com/index.htm)

PHILIP CLAYTON en su libro *Mind and emergence: from quantum to consciousness* (Oxford University Press, 2004) desarrolla un argumento complejo y polifacético para una visión del mundo basada en la llamada emergencia fuerte: sistemas nuevos y complejos pueden llegar a la existencia con sus propias estructuras, leyes y mecanismos causales. Clayton admite que este concepto de emergencia supone cuatro elementos: monismo ontológico, la emergencia de nuevas propiedades, la irreducibilidad de lo emergente a niveles más bajos y a interacciones y, por último, la influencia causal del todo sobre las partes. TAEDE A. SMEDES, «Review of Mind and Emergence», en *Ars disputandi*, vol. 5, 2005. No admitiría personalmente el monismo ontológico, puede concebirse un emergentismo no monista.

<sup>30</sup> JOHN H. HAUGHT, *Is Nature enough? Meaning and Truth in the Age of Science*, Cambridge University Press, 2006, pp. 77-97.

<sup>31</sup> JOHN POLKINGHORNE, *Explorar la realidad. La interrelación ciencia y religión*, Editorial Sal Terrae, Presencia Teológica, Santander, 2007, p. 28.

geno. Las propiedades de una proteína no son sin más deducibles de las propiedades conocidas de los aminoácidos que las constituyen. Se cumple siempre que el todo es más que la suma de las partes. En los seres que llamamos vivos las propiedades de la célula, como unidad viviente no son deducibles de las características de las biomoléculas de que están compuestas; igualmente, las propiedades de los organismos pluricelulares no son deducibles de las propiedades de las células de que están constituidos. Las propiedades del todo no están determinadas por las propiedades de las partes. «En biología y bioquímica, la emergencia cubre los dominios desde los átomos hasta los organismos. Algunos de los grandes periodos de la historia natural pueden describir niveles de emergencia: la aparición de la vida, la aparición de la experiencia sensorial, de la conciencia y de la reflexión moral»<sup>32</sup>. Podríamos decir que las propiedades de un ecosistema están siempre referidas al conjunto de todos los elementos estructurales y funcionales que lo componen, pero no al análisis de cada uno de ellos. A este propósito F. Capra nos dice:

«El gran shock para la ciencia del siglo XXI ha sido la constatación de que los sistemas no pueden ser comprendidos desde el análisis. Las propiedades de las partículas no son propiedades intrínsecas, sino que sólo pueden ser comprendidas en el contexto de un conjunto mayor. En consecuencia, la relación entre las partes y el todo ha quedado invertida. En el planteamiento sistémico las propiedades de las partes sólo pueden comprenderse desde la organización del conjunto, por lo tanto, el pensamiento sistémico no se encuentra en los componentes básicos, sino en los principios esenciales de organización. El pensamiento sistémico es “contextual”, en contrapartida con el analítico. Análisis significa aislar algo para estudiarlo y comprenderlo, mientras que el pensamiento sistémico encuadra este algo dentro de un contexto todo superior»<sup>33</sup>.

#### EL ORGANISMO VIVO COMO SISTEMA ABIERTO

De acuerdo con Capra: es el conjunto del sistema, al nivel de organización analizado, el que nos hará comprender las propiedades de sus elementos constituyentes. En esta visión procesual y sistémica consideramos los organismos vivos como sistemas abiertos en continuo intercambio con el medio ambiente de *materia, energía e información*. Esta información, no es una información genética, debe ser correctamente entendida siempre como información en orden a desarrollar el programa inscrito en el DNA propio de la especie biológica. La Termodinámica clásica nace con la pretensión de explicar todos los intercambios energéticos que se dan en el mundo físico, fundamentalmente la relación entre trabajo mecánico y calor, teniendo en cuenta las variables de presión, volumen y temperatura. Se definen de este modo una serie de funciones de estado,

<sup>32</sup> HAROLD MOROWITZ, «In defense of emergence. Emergence is quickly becoming a strong alternative to reductionism», en *Science and Theology News*, July/August, 2006, p. 6.

<sup>33</sup> FRITJOF CAPRA, *La trama de la vida. Una nueva perspectiva de los sistemas vivos*, op. cit. (nota 18), p. 49.

funciones que no dependen de la historia del sistema, es decir, del camino por el que se ha alcanzado un estado determinado del sistema, sino de las variables del sistema; estas funciones de estado son la energía, la energía libre, la entalpía y la entropía. La Termodinámica clásica se refiere siempre a sistemas aislados en los que no hay intercambio de materia, energía o información con el medio.

El ser vivo, en cambio, se nos presenta como un sistema abierto en continuo intercambio de materia, energía e información con el medio en el cual se desarrolla. «No sucede meramente, afirma Hans Jonas, que la conservación del sistema se lleve a cabo en su actividad, sino que depende de esta última. La actividad consiste en conservarse mediante la renovación de los estados de equilibrio a los que la dependencia del entorno no permite que duren largo tiempo, por tanto la conservación como continua *elaboración*, es el contenido del funcionamiento del sistema, y con ello el sentido de su existencia»<sup>34</sup>. La energía puede ser intercambiada bien en forma de calor ( $Q_i$ ), bien en forma de energía radiante ( $h\nu$ ) bien en forma de trabajo ( $W_i$ ), mecánico, eléctrico, etc. Supongamos una levadura que fermenta glucosa a anhídrido carbónico ( $\text{CO}_2$ ) y etanol; desde el punto de vista termodinámico, no es fácil estudiar el conjunto de las reacciones, a no ser que operemos con cajas negras y encerremos dentro de un bloque todas las reacciones que van desde un mol de glucosa a dos moles de anhídrido carbónico y dos moles de etanol<sup>35</sup>.

Ante la continua llegada de materia, energía e información, el organismo vivo reacciona como un todo. Así, el universo está constituido por redes dinámicas de procesos interrelacionados en el que «ninguna de las propiedades de ninguna parte de la red es fundamental; todas se derivan de las propiedades de las demás partes y la consistencia total de las interrelaciones determina la estructura de la red»<sup>36</sup>. El intercambio de materia, energía e información de un organismo vivo con su medio constituye el metabolismo. El pajarillo del cuento es un sistema abierto; picoteaba granos de semillas con los que se alimentaba, digería los granos, asimilaba sus componentes bioquímicos esenciales, recibía la energía radiante del sol primaveral, consumía energía al volar y sus pequeños músculos pectorales convertían la energía química ligada a la molécula de adenosín trifosfato (ATP) en el grácil movimiento de sus alas. Su canto era una señal informativa que lanzaba al medio proclamando su territorio, y él, a su vez, oía el canto de otros congéneres que avisaban de su presencia.

Desde el punto de vista químico podemos distinguir dos tipos esenciales de reacciones que tienen lugar dentro de las células: las reacciones anabólicas, por las que la célula construye a partir de sillares elementales las biomoléculas y son reacciones generalmente reductoras; por otra parte, las reacciones catabólicas o reacciones degradativas son reacciones oxidativas y la célula aprovecha la

<sup>34</sup> HANS JONAS, *El principio Vida, Hacia una biología filosófica*, Editorial Trotta, Madrid, 2000, p. 104.

<sup>35</sup> IGNACIO NÚÑEZ DE CASTRO, *Enzimología*, Ediciones Pirámide, Madrid, 2001, pp. 26-39.

<sup>36</sup> FRITJOF CAPRA, *op. cit.* (nota 18), p. 59.

energía calorífica desprendida en forma de compuestos de alta energía y que pueden ser utilizados inmediatamente como la molécula de ATP. Todas estas reacciones dentro de la célula están siempre fuera del equilibrio termodinámico; el equilibrio termodinámico supondría la muerte celular. La Termodinámica clásica se fundamenta en los famosos tres principios. Estos principios son leyes sacadas de la experiencia y del sentido común. Por sí mismos no tienen base teórica y, por tanto, no son deducibles, actúan como primeros principios que cumplen las condiciones de *completitud*, es decir, explicación de todos los fenómenos que caen bajo su ámbito, *consistencia interna*, es decir, no hay contradicción entre ellos, *independencia* en su formulación, y *no son muy numerosos*. Han sido bastante las formulaciones de los principios termodinámicos. El primer principio es el principio de conservación de la energía. El segundo principio es el principio de aumento de entropía. El tercer principio nos da un punto de partida: en el cero absoluto la entropía es cero.

El segundo principio de la Termodinámica nos dice que los sistemas aislados espontáneamente cambian a situaciones de mayor homogeneidad o desorden. Nos habla, pues, de la dirección de los cambios en la naturaleza, cosa que no tenía en cuenta el primer principio. Tenemos la experiencia de que el calor fluye de los cuerpos calientes a los cuerpos fríos y no al contrario. No todo el calor se puede convertir en trabajo, pues parte del calor queda ligado al sistema por el mero hecho del cambio. La relación entre este calor ligado al sistema y la temperatura de la transformación considerada del sistema nos define otra función de estado, llamada, a semejanza de la *entalpía* y de la *energía*, *entropía*. El término entropía proviene del griego (ἐν τροπή), y significa *en el cambio*<sup>37</sup>.

En los sistemas aislados que sufren un cambio reversible espontáneo la entropía alcanzada es la máxima. En los sistemas abiertos debe tenerse en cuenta el intercambio de entropía con el exterior. Podemos definir la entropía en el interior del sistema  $S_i$  y la entropía en el exterior del sistema  $S_e$ . En los organismos vivos la disminución entrópica en todos los cambios de organización molecular y, en general, en las reacciones anabólicas se logra a costa de un aumento de la entropía del medio, lo que hizo decir a Schrödinger en la década de los cincuenta «que los seres vivos se alimentaban de entropía negativa» en su famosa Conferencia ya citada: *¿Qué es la vida?* No es, pues, correcto decir que los seres vivos no siguen las leyes de la Termodinámica y que escapan de la tendencia general hacia el desorden o aumento de entropía.

#### EN BUSCA DE LA CÉLULA Y EL CICLO VITAL DE TODO ORGANISMO VIVO

La unidad de análisis elemental de los organismos vivos es la célula. Todo organismo vivo sin excepción, desde la bacteria al ser humano está constituido o por una sola célula, los organismos unicelulares, o por una asociación de célu-

<sup>37</sup> La entropía se denota por el símbolo  $S$  (de *shift*, cambio en inglés).

las jerárquicamente estructuradas, organismos pluricelulares; más aún, estos organismos pluricelulares de generación sexuada, en un momento de su desarrollo ontogenético, están constituidos también por una sola célula: el cigoto. El término cigoto proviene del griego ζυγωτός, que significa lo unido. Desde el punto de vista fenotípico el cigoto es una célula única, formada por la unión del óvulo y el espermatozoide en el proceso de la fecundación.

Teilhard de Chardin ha afirmado que solamente existe un modelo estructural para la vida; modelo que en virtud de la diversidad nunca se repite en su concreción externa. El modelo a nivel físico es la célula. La teoría celular propuesta en 1839 por Th. Schwann en su tratado *Las investigaciones microscópicas sobre la coincidencia en la estructura de los animales y plantas*, sigue todavía vigente y ha sido confirmada en todos los organismos vivos<sup>38</sup>. La vida propiamente dicha sobre la superficie del planeta Tierra comenzó cuando empezó a existir la primera célula. Teilhard de Chardin llamaría a la célula «el grano natural de vida, tal como el átomo es el grano natural de la Materia inorganizada»<sup>39</sup>. Teilhard acusaba a los citólogos e histólogos de haber congelado a la célula para su estudio<sup>40</sup>. Cualquier tipo celular, tanto procariota como eucariota, es una unidad dinámica procesual siempre en trance de división celular. La célula es, por tanto, la unidad de constitución de los organismos vivos pluricelulares en los que, decíamos anteriormente, se da una organización jerárquica. Pero la misma célula no puede entenderse sino como un proceso, como una sucesión de fases de su ciclo vital, conocidas como las fases G<sub>1</sub>, S, G<sub>2</sub>, M del ciclo celular<sup>41</sup>. La duración de la fase G<sub>1</sub> difiere de un tipo celular a otro; siempre cualquier célula que analicemos se encuentra en una fase de su ciclo vital. Durante la fase G<sub>1</sub> la célula aumenta su tamaño por la fabricación de nuevas proteínas. Esta fase puede durar como hemos dicho un tiempo mayor. La célula detiene su actividad reproductora, es la llamada fase G<sub>0</sub> que se encuentra dentro de la fase G<sub>1</sub>; durante esta fase la célula puede decidir también entrar en apoptosis o muerte celular programada. Durante la fase S la célula duplica su DNA. Durante la Fase G<sub>2</sub> la célula se prepara para el proceso de división celular que tiene lugar durante la fase M (mitosis). El paso de una fase a otra dentro de un proceso acontece sin ningún tipo de cesura. El que la célula pueda morir, o mejor dicho el que todo ser vivo pueda morir, pertenece de modo inseparable a su misma esencia. Hans Jonas nos dice: «la vida es mortal no aunque, sino porque es vida; es mortal en su más originaria constitución, pues ese modo de ser revocable, no garan-

<sup>38</sup> E. M. RADL, *Historia de las ideas biológicas. II, Desde Lamarck y Cuvier, op. cit.* (nota 9), pp. 66-70. Puede verse: A. ALBARRACÍN TEULÓN, *La teoría celular. Historia de un paradigma*, Alianza Editorial, Madrid, 1983.

<sup>39</sup> P. TEILHARD DE CHARDIN, *El fenómeno humano*, Taurus Ediciones, Madrid, 1971, p. 99.

<sup>40</sup> La moderna Biología Celular fundida con la Biología Molecular y Bioinformática, disciplinas que Teilhard no pudo conocer, encenderían el entusiasmo innato de Teilhard de Chardin.

<sup>41</sup> BRUCE ALBERTS, DENNIS BARY, JULIAN LEWIS, MARTIN RAFF, KEITH ROBERTS y JAMES D. WATSON, *Molecular Biology of the cell*, 3.<sup>a</sup> ed., Garland Publishing Inc., New York-London, 1994, pp. 863-910.

tizado, es la relación entre forma y materia en la que descansa. Su realidad, paradójica y en constante contradicción con la naturaleza mecánica, es en el fondo una continua crisis, cuyo control nunca es seguro y en todo momento no es sino la continuación de la propia crisis como tal»<sup>42</sup>.

Decíamos que todos los organismos pluricelulares de reproducción sexuada en el primer momento de su existencia están constituidos por una sola célula, el cigoto, que nace de la fusión de los gametos masculino y femenino; comienza, así, con la fecundación una nueva unidad estructural, una nueva vida, constituida por un nuevo genoma diploide. El nuevo organismo comienza un nuevo ciclo vital a través de su desarrollo epigenético, ciclo vital característico para cada especie biológica, hasta llegar a la madurez sexual, con lo que el nuevo organismo podrá comenzar nuevos ciclos reproductivos en su descendencia.

El pajarillo del cuento comenzó su existencia también cuando su progenitor fecundó a la hembra, después ésta puso el huevo; huevo que era una sola célula envuelta en una gran cantidad de material nutritivo. Durante la incubación los padres le dieron calor y humedad, iniciando el desarrollo embrionario y la consiguiente organogénesis del pajarillo hasta la eclosión del huevo; luego fue alimentado por los padres hasta que aprendió a volar y, por último, llegó a la madurez sexual. Al llegar la primavera el pajarillo comenzó su canto buscando pareja; cuando la hembra atraída por el canto del macho fue fecundada en el apareamiento, posibilitó el comienzo de otros nuevos ciclos vitales en otros tantos pajarillos.

#### LA FINALIDAD EN LOS ORGANISMOS VIVOS

Todo proceso es direccional, presentándose consecuentemente la pregunta por el sentido. El término sentido dice J. Ferrater Mora puede usarse para «designar alguna tendencia o dirección que sigue una cosa o un proceso»<sup>43</sup>. Los seres vivos, como organismos que son, deben ser comprendidos en la visión sistémica como totalidades organizadas jerárquicamente en las que aparece una finalidad, un «*télos*» interno<sup>44</sup>. Jacques Monod en su libro *El azar y la necesidad* nos ha hecho caer en la cuenta cómo la *emergencia*, la aparición continua de novedades no previsibles y la *finalidad*, a la que llamó teleonomía, por pudor metafísico, constituyen la trama sobre la que se teje la comprensión de los procesos biológicos. «En lugar de rehusar esta noción (como ciertos biólogos han intentado hacer) es, por el contrario, indispensable reconocerla como esencial en la definición de los seres vivos. Diremos que se distinguen de todas las otras estruc-

<sup>42</sup> HANS JONAS, *El principio vida*, *op. cit.* (nota 34), p. 18.

<sup>43</sup> JOSÉ FERRATER MORA, *Diccionario de Filosofía*, Alianza Editorial, Madrid, 1981; Entrada «*sentido*», Tomo IV, p. 2992. JOSÉ GÓMEZ CAFFARENA, «Semántica del término sentido», en *Papeles del Seminario: «Racionalidad científica y convicción creyente»*, Instituto Fe y Secularidad, Memoria Académica 1979-1980, A. G. Luis Pérez, Madrid, 1980, pp. 71-81.

<sup>44</sup> MICHEL WEBER, «La vie de la nature selon le dernier Whitehead», *op. cit.* (nota 18).

turas de todos los sistemas presentes en el universo por esta propiedad que llamaremos teleonomía»<sup>45</sup>. La finalidad, teleología interna de los organismos vivos, podemos verla en los varios niveles de organización. Aparece un «téllos» en las estructuras macromoleculares, en los ajustes finos de la conformación espacial de una proteína, en las interacciones de los complejos macromoleculares: proteína-proteína y proteína-lípidos, en los mosaicos lípido-proteicos que forman las membranas, en las interacciones de proteínas con los ácidos nucleicos. Hay, así mismo, un «téllos» en la estructura y funcionalidad de una célula, en las interacciones celulares que constituyen un organismo pluricelular, en el desarrollo epigenético a partir del cigoto, en la organogénesis y funcionamiento de los órganos, en el comportamiento de los organismos, como el canto del pajarillo proclamando el territorio e invitando a la hembra a la anidación, en la construcción del nido y en la interdependencia de los componentes (seres vivos y medio) de un ecosistema. El mismo Jacques Monod en su citada obra *El azar y la necesidad* afirma:

1. Los organismos vivos son seres dotados de un proyecto que representan en sus estructuras y lo llevan a cabo en sus actuaciones.
2. Esta propiedad —a la que Monod llama *teleonomía*—, y no *teleología*, los distingue de todos los otros seres presentes en el universo.
3. La teleonomía es condición necesaria pero no suficiente, puesto que no propone criterios objetivos para distinguir a los seres vivos de otros artefactos producidos por la actividad del hombre.

François Jacob, que compartió con Monod el Premio Nobel en su obra *Lógica de lo viviente*, afirma que es necesario perder el pudor de que habla Monod<sup>46</sup>: «ya hace tiempo que el biólogo se ve enfrentado a la teleología como una mujer de la que no puede prescindir, pero con la que no quiere ser visto en público. El concepto de programa da ahora el estatuto legal a esta relación oculta»<sup>47</sup>. El porqué algunos biólogos han huido del término finalidad o teleología, puede entenderse por el predominio casi exclusivo en la ciencia de la racionalidad física, que monopolizaba para sí el carácter de científico, y sobre todo por el temor de que, tras las explicaciones teleológicas, pudieran entrar en el discurso científico elementos ajenos a la construcción de la ciencia<sup>48</sup>.

<sup>45</sup> JACQUES MONOD, *Le hasard et la nécessité. Essai sur la philosophie naturelle de la biologie moderne*, Éditions du Seuil, Paris, 1964, p. 25; IGNACIO NÚÑEZ DE CASTRO, «Azar, finalidad y trascendencia: una visión post-monodiana de la vida», en *Descifrar la vida. Ensayos de Historia de la Biología*, J. CASADESÚS (ed.), Universidad de Sevilla, 1994, pp. 337-352.

<sup>46</sup> JACQUES MONOD, «La teleonomía es la palabra que puede utilizarse, si, por cierto recato, se quiere evitar hablar de finalidad. No obstante todo sucede como si los seres vivos estuviesen estructurados, organizados y condicionados de cara un fin: la supervivencia del individuo y sobre todo de la especie», en *Lección inaugural* (viernes, 3 de noviembre de 1967), Cuadernos Anagrama, n.º 40, pp. 10-43.

<sup>47</sup> FRANÇOIS JACOB, *La lógica de lo viviente. Una historia de la herencia*, Editorial Laia, Barcelona, 1973, p. 17.

<sup>48</sup> HENRYK SKOLIMOWSKI, «Problemas de racionalidad en biología», *op. cit.* (nota 12).



El epistemólogo Ernest Nagel en su monografía *La estructura de la Ciencia*<sup>49</sup> aborda muy claramente el problema de las explicaciones teleológicas. Resumimos brevemente su argumentación:

1. Las explicaciones teleológicas en Biología son explicaciones funcionales que no suponen propósitos intencionales.
2. Si las explicaciones teleológicas pueden ser expresadas sin perder su contenido en formulaciones no teleológicas, entonces la pretendida equivalencia debe afrontar una objeción clara: toda explicación no finalista puede ser reemplazada por formulaciones finalistas.
3. Luego debe haber alguna diferencia entre los enunciados teleológicos y los no finalistas.

Francisco José Ayala ha insistido a lo largo de toda su obra, cómo las explicaciones teleológicas constituyen la distinción más fundamental entre la racionalidad física y la racionalidad biológica<sup>50</sup>. Para Ayala hay tres fenómenos para los cuales sería legítima la explicación teleológica:

1. Cuando un estado final es anticipado por un agente.
2. Los mecanismos autorreguladores por los que un sistema abierto mantiene una propiedad a pesar de las fluctuaciones del medio.
3. Las estructuras anatómicas y fisiológicas designadas para cumplimentar una función.

Para los darwinistas es clave en sus explicaciones sobre la vida la ausencia de toda finalidad en los seres vivos, en los organismos en particular y en el proceso evolutivo en general. Ocurre muchas veces que los epígonos de un autor son mucho más radicales que el autor mismo. Quisiera romper una lanza a favor de la honestidad de C. Darwin, quien en su correspondencia con Asa Gray afirmó expresamente lo contrario que aseveran los darwinistas ortodoxos. Asa Gray publicó en la revista *Nature* un artículo (4 de junio de 1874) titulado sencillamente: «Charles Robert Darwin», en la que afirmaba que Darwin había tenido el mérito de unir la morfología a la teleología. Darwin respondió subrayando

<sup>49</sup> ERNEST NAGEL, *La estructura de la Ciencia. Problemas de la lógica de la investigación científica*, Paidós Studio Básico, Barcelona, 1981, pp. 365-403.

<sup>50</sup> La obra de Francisco José Ayala ha sido ampliamente estudiada por DIEGO CANO ESPINOSA en su Tesis Doctoral: *Epistemología del discurso biológico de Francisco J. Ayala*, Departamento de Filosofía, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Málaga, 2002. Del mismo autor, «Autonomía y no reduccionismo de la Biología en el pensamiento biofilosófico de Francisco José Ayala», en *Pensamiento* (en prensa). Pueden consultarse las siguientes obras de FRANCISCO JOSÉ AYALA: «Teleological explanations in evolutionary Biology», en *Philosophy of Science*, 37, 1970, pp. 1-15; «Biology as an autonomous Science», en *American Scientist*, 56, 1968, pp. 207-221; «Comments on Methodology in the Physical, Biological and Social Sciences», en *Global Systems Dynamics*, E. O. ATTINGER (ed.), S. Skarger, Basel, 1970, pp. 28-33. Puede consultarse también: IGNACIO DE CASTRO, «La teleología: polisemia de un término», en *La mediación de la Filosofía en la construcción de la Bioética*, FRANCESC ABEL y CAMINO CAÑÓN (eds.), Universidad Pontificia Comillas, Madrid, 1993, pp. 27-39.

que le era profundamente grato escuchar lo dicho por Asa Gray sobre la teleología, y que era Gray el hombre más indicado para darse cuenta<sup>51</sup>. La ausencia de finalidad o teleología no se limita a la teleología interna (teleología instrumental o funcional o teleonomía)<sup>52</sup>, sino que también en el puro darwinismo se niega desde la ciencia toda posibilidad de una teleología externa o teleología histórica que daría cuenta de los procesos selectivos generadores de sistemas más evolucionados.

A este respecto es muy interesante la correspondencia entre dos genetistas famosos: Theodosius Dobzhansky y John Greene<sup>53</sup>. Una vez más se comprueba que las posturas ante el problema del progreso evolutivo y del sentido de la evolución dependen mayormente de la sensibilidad, convicciones previas y opciones personales, que de argumentos racionales. Uno de los problemas que se planteó más agudamente en la correspondencia entre los dos amigos fue el problema del uso de concepciones finalistas o de la teleología en los escritos evolucionistas. Greene como buen positivista confesaba que estaba desconcertado, pasmado y perturbado (*baffled, astounded and perturbed*) por el vocabulario usado por Dobzhansky. De hecho Dobzhansky usaba términos como fin, ensayo y error, creatividad y mejora (*purpose, trials and errors, creativity e improvement*), cargados de una fuerte connotación finalista, puesto que algunos procesos evolutivos suponen la aparición de algo nuevo lo que hemos llamado emergencia; en segundo lugar, tienen una coherencia interna ya que mantienen y hacen avanzar la vida y finalmente pueden, de hecho, tener como resultado un éxito o un fracaso. A lo largo de la correspondencia se puede comprobar que el desacuerdo es fruto de dos sensibilidades: desde una mentalidad positivista se comprende la postura de John Greene, desde los presupuesto de otra racionalidad, la racionalidad biológica, se comprende la postura de Dobzhansky.

El pajarillo del cuento ejecutaba acciones que van encaminadas a un fin y aunque las juzguemos con una fuerte carga antropológica —ya decía Teilhard que no tenemos otro punto de mira que el hombre—<sup>54</sup>, no podemos dudar que el canto proclamando un territorio tiene una finalidad, la de buscar pareja para anidar. La construcción de un nido es una actividad teleológica: prevé de algu-

<sup>51</sup> Citado por ÉTIENNE GILSON, *De Aristóteles a Darwin, y vuelta, op. cit.* (nota 3), p. 195.

<sup>52</sup> ALFREDO MARCOS, «Teleología y Teleonomía en las ciencias de la vida», en *Diálogo Filosófico*, 11, 1992, 42-57. Pittendrigh usó el término *teleonomía* por vez primera en 1958, como una reacción a la polisemia del término teleología, según sus palabras: «parece desafortunado resucitar el término teleología y creo que se ha abusado de él».

<sup>53</sup> Correspondencia de JOHN GREENE y THEODOSIUS DOBZHANSKY, publicada en *Biology and Philosophy*, 11, 1196, n.º 4, pp. 445-491. Puede verse IGNACIO NÚÑEZ DE CASTRO, «Evolución y sentido en la correspondencia de Theodosius Dobzhansky», en *La nueva alianza de las Ciencias y la Filosofía*, A. BLANCH (ed.), Universidad Pontificia Comillas, Madrid, 2001, pp. 109-114.

<sup>54</sup> «En primer lugar y de una manera subjetiva, resultamos ser inevitablemente *centro de perspectiva* en relación con nosotros mismos. (...) Quiéralo o no, desde ese momento el Hombre vuelve a encontrarse a sí mismo y se contempla en todo lo que observa». PIERRE TEILHARD DE CHARDIN, *El fenómeno humano, op. cit.* (nota 39), pp. 43-44.

na manera la puesta de huevos, la incubación y el cuidado de la prole en la función generativa.

#### EL GENOMA FUNDAMENTA LA CORPOREIDAD Y COMPORTAMIENTO DEL VIVIENTE

El 25 de abril del año 2003 se celebró el cincuenta aniversario de la publicación por James Watson y Francis Crick del modelo de la doble hélice de los ácidos desoxirribonucleicos (DNA)<sup>55</sup>. La hipótesis de trabajo del cristalógrafo inglés Crick y del joven científico norteamericano Watson es, sin duda, una de las más fecundas de la ciencia contemporánea. Casi un siglo fue necesario para dilucidar la estructura de los ácidos nucleicos desde que fueron descubiertos en 1869 por Friedrich Miescher, médico de Basilea, que trabajaba en Tübingen en el laboratorio del gran fisiólogo alemán Felix Hoppe-Seyler. A partir de la publicación del modelo de Watson y Crick se sucedieron una serie de descubrimientos como la confirmación por M. Meselson y F. W. Stahl de la duplicación semi-conservativa del DNA, el desciframiento del código genético por S. Ochoa, M. W. Nirenberg y H. G. Khorana, el descubrimiento de las endonucleasas de restricción por D. Nathans y H. O. Smith, y el método enzimático de secuenciación del DNA propuesto por Frederick Sanger, descubrimientos, que a la vez que validaban el modelo, hicieron avanzar de manera espectacular en unos pocos años la Biología Molecular<sup>56</sup>.

En el año 2001 se publicó el primer borrador del genoma<sup>57</sup> humano y en el año 2003, a los cincuenta años de la publicación del modelo de Watson y Crick,

<sup>55</sup> RAFAEL GIRALDO, «50 años del descubrimiento de la doble hélice del DNA», en *Razón y Fe*, 248, n.º 1259-1260, 2003, pp. 185-195. Tres artículos de la revista *Nature* podemos decir que fueron el punto de arranque de la nueva revolución: J. D. WATSON y F. H. C. CRICK, «A structure for deoxyribonucleic acid», en *Nature*, 171, 1953, pp. 737-738; M. H. F. WILKINS *et al.*, «Molecular structure of deoxypentose nucleic acids», en *Nature*, 171, 1953, pp. 738-740; R. E. FRANKLIN y R. G. GOSLING, «Molecular configuration in sodium thymonucleate», en *Nature*, 171, 1953, pp. 740-741. Pueden encontrarse copias facsímiles de los tres artículos en *Nature*, 421, 2003, pp. 397-401. Sobre el genoma humano puede consultarse: IGNACIO NÚÑEZ DE CASTRO, «Análisis antropológico del Proyecto Genoma Humano», en *Genes y Máquinas. Aspectos éticos y sociales de las Biotecnologías de la información*, ANTONIO DIÉGUEZ y JOSÉ M.ª ATENCIA (coords.), Universidad de Málaga, Thema, 2006, pp. 229-276.

<sup>56</sup> MARGARITA SALAS, «Historia de la Biosíntesis de Proteínas», en *Historia de la Bioquímica*, Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Madrid, 1985, pp. 143-155; J. D. WATSON y J. TOOZE, *The DNA story, A documentary history of gene cloning*, Freeman and Company, San Francisco, 1981; JUAN-RAMÓN LACADENA CALERO, *Historia «nobelada» de la Genética: concepto y método*, Instituto de España, Real Academia de Farmacia, Madrid, 1995.

<sup>57</sup> En primera aproximación nos referimos al genoma como: «Conjunto de los genes de un individuo o de una especie, contenido en un juego haploide de cromosomas», en *Diccionario de la Lengua Española, Real Academia Española*, 22.ª ed. IGNACIO NÚÑEZ DE CASTRO, «Reflexiones éticas en torno a la Declaración Universal sobre el Genoma Humano», en *La Moral cristiana como propuesta*, F. J. ALARCOS (ed.), San Pablo, Madrid, 2004, pp. 477-510; «El Proyecto Genoma Humano, discurso bioquímico y discurso antropológico», en *La Fe interpelada*, Jornadas de Estudio y Diálogo entre Profesores Universitarios, El Paular, 2-5 de junio de 1992, Universidad Pontificia Comillas, Madrid, 1993, pp. 29-48.

veía la luz la secuencia completa de las bases adenina (A), timina (T), guanina (G) y citosina (C) del genoma humano con una fiabilidad de más del 99,9%. Como ha escrito recientemente Francis Collins «la era genómica es ahora una realidad» y «ha comenzado una revolución en la investigación biológica»<sup>58</sup>. En Septiembre del año 2005 la revista *Nature* publicaba el primer borrador de la secuencia del genoma del chimpancé (*Pan troglodytes*), el primate más cercano evolutivamente a *Homo sapiens*<sup>59</sup>. El término «genoma» significa en general: «el conjunto de la información genética de un organismo». El término genoma fue originariamente usado para referirse al conjunto haploide de cromosomas en un organismo eucariota, más el pequeño cromosoma mitocondrial. Tal como se ha venido usando el término genoma desde el comienzo del Proyecto Genoma Humano se refiere tanto: 1) al mapa físico de la localización de los genes en los cromosomas; 2) como a la secuencia completa de pares de bases del DNA; recordemos que el DNA es una doble cadena y que las bases adenina y timina se emparejan mediante dos puentes de hidrógeno (A = T) y las bases guanina y citosina se emparejan mediante tres puentes de hidrógeno (G – C). Es decir, el genoma debe ser entendido en su doble aspecto, como *material genético* y como *información genética y conjunto de genes* que constituyen una especie biológica determinada como puede ser el *Homo sapiens*<sup>60</sup>. Estarían de acuerdo todos los biólogos moleculares en definir funcionalmente un gen como «un segmento de DNA que contiene información biológica y que, por tanto, codifica para la síntesis de los diferentes tipos de RNA y/o una cadena polipeptídica». Esta definición muy usada hoy día tiene el peligro de dejar fuera de la definición de gen las secuencias de DNA cuya función no es codificar para la síntesis de RNAs o proteínas, sino de servir de reguladores de la transcripción del DNA, como son los segmentos del DNA antecedentes al inicio de un gen a los que se une la enzima RNA polimerasa para iniciar la transcripción.

Sabemos que el genoma humano está compuesto por unos 3.200 millones de pares de nucleótidos y que consta aproximadamente de 25.000 genes en el sentido de marcos abiertos de lectura (ORF) o secuencias delimitadas por un codón de iniciación y un codón de terminación. Podemos preguntarnos qué parte del genoma corresponde a genes estructurales con información, y qué parte del genoma corresponde a secuencias relacionadas con genes. Las secuencias con información de los genes estructurales representan aproximadamente 48 Mpb, es decir, el 1,5% de todo el genoma. Las secuencias relacionadas con genes representan el 36% de todo el genoma con una extensión de 1152 Mpb. El resto del genoma 2000 Mpb (62,5%) es conocido como DNA intragénico<sup>61</sup>. No conocemos

<sup>58</sup> FRANCIS S. COLLINS, ERIC D. GREEN, ALAN E. GUTTMACHER y MARK S. GUYER, «A vision for the future of genomic research», *Nature*, 422, 2003, pp. 835-847.

<sup>59</sup> The chimpanzee sequencing and analysis Consortium, «Initial sequence of the chimpanzee genome and comparison with the human genome», *Nature*, 437, 2005, pp. 69-87.

<sup>60</sup> A. D. SMITH y otros (eds.), *Oxford Dictionary of Biochemistry and Molecular Biology*, Oxford University Press, Oxford, 1997, p. 260.

<sup>61</sup> T. A. BROWN, *Genomes*, 2.<sup>a</sup> ed., John Wiley and Sons Inc., New York, 2002, p. 23.

cuál sea la función fisiológica de esta gran cantidad de DNA, cerca de dos tercios a los que no se les ve, por ahora, que contengan ninguna misión en el genoma o en el desarrollo del organismo. Puede ser que esta porción notable del genoma tenga una función tan sutil que al presente se nos escape.

Podemos, pues, referirnos al genoma de un ser vivo y, por tanto, del hombre como el fundamento de corporeidad, en el sentido de que en el genoma está contenida toda la información de lo que ha de ser este determinado organismo a lo largo de su desarrollo epigenético. El genoma diploide se establece en la unión de los dos pronúcleos, el masculino y el femenino en la formación del cigoto durante el proceso de fecundación que más adelante se describirá. La constitución del nuevo genoma por la unión de los dos genomas haploides, materno y paterno, es, pues, condición necesaria para la constitución del nuevo individuo. Puede, pues, afirmarse que el nuevo programa se constituye en el proceso de la fecundación. En los organismos pluricelulares todas las células que van formando el nuevo individuo en su desarrollo ontogenético contienen el mismo programa escrito en la secuencias de bases de los ácidos desoxirribonucleicos (DNA). La implementación del programa a lo largo del desarrollo tiene lugar mediante la respuesta de las capacidades contenidas en el genoma a las señales recibidas en el entorno del organismo que se está desarrollando. No podemos olvidar que una de las características del organismo vivo es la de responder como un todo al conjunto de señales recibidas que pueden ser iones, nutrientes, cambios energéticos del entorno e información tanto química (acción de una hormona en un receptor de membrana), como física (respuesta a una radiación, como puede ser la luz solar); esta respuesta del genoma a las interacciones ambientales constituye el desarrollo epigenético que estudiaremos a continuación. Aunque cada célula del organismo adulto contiene todo el genoma, sin embargo ese genoma está programado para expresarse como un tipo celular determinado y no son capaces estas células programadas de desarrollar un individuo completo; las células del organismo han perdido la totipotencia. Encontramos la totipotencia solamente en las células de los meristemas de las plantas, blastómeros de los mamíferos (células de las primeras divisiones celulares en los embriones de los mamíferos) y en el cigoto, la célula totipotente por antonomasia. Así pues, aunque el genoma es condición necesaria para el desarrollo de un nuevo organismo, no es condición suficiente, necesita desplegarse en el proceso de desarrollo epigenético.

Sin embargo, podemos afirmar, con las salvedades arriba señaladas, que cuando un nuevo genoma es constituido en la singamia, como es el caso del cigoto, nos encontramos con un nuevo individuo de la especie biológica a estudiar que se irá desarrollando epigenéticamente, como sistema abierto, en el continuo intercambio de materia, energía e información. Si comparamos al genoma con un programa informático diríamos que el programa debe implementarse en el tiempo para desplegar todo el contenido del programa; igualmente si comparamos el genoma con la partitura de una sinfonía, diríamos que para oír la sinfonía es imprescindible la interpretación instrumental de la partitura.

El genoma es, pues, el fundamento de la corporeidad y, por tanto, de la diversidad biológica; pero, como decíamos anteriormente, es condición necesaria, pero no suficiente. En cada momento del desarrollo ontogenético, cada célula del nuevo organismo irá expresando un conjunto diferente de ácidos ribonucleicos mensajeros (mRNA) correspondientes a los genes que estén activos en ese momento. Así como el genoma es el mismo para todas las células de un organismo y no varía a lo largo del tiempo, salvo en el caso de una mutación puntual, en cambio el transcriptoma (conjunto de mRNA), así como el proteoma (conjunto de proteínas) son conjuntos dinámicos y dependen del momento vital de cada célula; se da, por tanto, en el proteoma, así como en el transcriptoma una interdependencia espacio-temporal, es decir, una influencia de la historia vivida por cada organismo en su continua interacción con el medio.

A pesar de que conocemos el genoma, es difícil que podamos conocer completamente el transcriptoma, puesto que este irá variando según el momento de desarrollo epigenético del organismo humano y más complejo aún será conocer las diferentes expresiones en el tiempo del genoma, es decir el proteoma de un individuo. Sin embargo, sí podemos afirmar que la corporeidad y la singularidad de un organismo están fundamentadas en su genoma, establecido en el proceso de fecundación; genoma que irá manifestándose en una secuencia temporal en los sucesivos transcriptomas y, consecuentemente, proteomas que irán constituyendo el nuevo organismo en su desarrollo temporal.

#### LA EPIGÉNESIS

*La epigénesis es el proceso de desarrollo de un individuo a partir de la célula originaria o cigoto por la interacción de los genes y su entorno.* Fue C. H. Waddington quien desenterró el vocablo usado por Aristóteles, epigénesis, aplicado al desarrollo: «Hace algunos años (hacia 1947) introduje la palabra “epigenética”, derivada del término aristotélico “epigénesis”, y que ha caído más o menos en desuso, como un nombre adecuado para la rama de la Biología que estudia interacciones causales entre los genes y sus productos, interacciones que dan el ser al fenotipo»<sup>62</sup>. Mediante el desarrollo epigenético la estructura del organismo en cuestión irá diferenciándose y haciéndose más y más compleja. Aristóteles, luego de observar el desarrollo de los pollos, formuló la teoría de la epigénesis. Esta teoría sostenía que un nuevo organismo se podía desarrollar partiendo de una porción de material viviente amorfo, mediante un proceso de diferenciación de sus partes<sup>63</sup>.

<sup>62</sup> C. H. WADDINGTON, «Las ideas básicas de la Biología», en C. D. WADDINGTON y otros, *Hacia una Biología teórica*, op. cit. (nota 17), p. 27.

<sup>63</sup> GIOVANNI BLANDINO, S.J., *Problemas y Teorías sobre la Naturaleza de la Vida*, op. cit. (nota 4), pp. 33-36. Puede verse: E. M. RADL, *Historias de las Ideas Biológicas*, op. cit. (nota 9), tomo I, pp. 241-249. Puede consultarse: CHRISTIAN KUMMER, *Philosophie der organischen Entwicklung*, Kon-Wissenschaften in Philosophischer Perspektive Texte 2, Verlag W. Kohlhammer GmbH, Stuttgart Berlin Köln, 1996.

El desarrollo epigenético se lleva a cabo, pues, por interacción del DNA con el medio en respuesta a las señales recibidas, señales autocrinas, paracrinas, endocrinas y ectocrinas. «Toda interacción de los genes con el entorno determina el fenotipo. Según Waddington, desacreditado durante cuarenta años, este término reencuentra un vivo interés y evoluciona. En filosofía de la Biología designa toda *variabilidad estructural del sistema (por tanto, de complejidad) fenotípica, sin variación del genoma*. La Biología molecular lo limita a las variaciones heredables reversibles de la expresión génica sin mutaciones en la secuencia del DNA»<sup>64</sup>. La epigénesis representa, por tanto, el proceso mediante el cual el organismo se va adaptando a su entorno y expresando su programa a partir de sus propias capacidades<sup>65</sup>. Las reglas que gobiernan la regulación fisiológica y celular, y los niveles más elevados de organización no residen en el genoma sino en las redes interactivas epigenéticas que organizan las respuestas genómicas a las señales del medio a lo largo del desarrollo<sup>66</sup>.

La complejidad biológica, ese tercer abismo de la complejidad del que hablaba Teilhard de Chardin<sup>67</sup>, depende menos del número de genes y mucho más de cómo esos genes se expresan a lo largo del desarrollo debido a los mecanismos epigenéticos. Como ejemplo de lo que acabamos de decir está el hecho de nuestra diferenciación con los primates superiores. Muy recientemente se ha terminado de secuenciar el genoma del chimpancé. Dentro de los segmentos codificantes de DNA para proteínas las diferencias con el genoma humano son aproximadamente de 1,06%. Como afirma T. A. Brown: «esto es solamente parte del problema, porque muchas de las diferencias claves yacen en los cambios sutiles en los patrones de expresión génica que están implicados en el proceso de desarrollo y en la especificación e interconexiones dentro del sistema nervioso»<sup>68</sup>. Así, pues, los estudios en epigenética nos están revelando otro nivel de información genética en el interior de los cromosomas mucho más maleable que la información lineal contenida en la secuencia de bases del DNA. En efecto, la información del DNA no consiste en un texto lineal estático, sino que por el contrario es una compleja máquina bioquímica que opera en un espacio tridimensional y consta de distintos elementos dinámicos que interaccionan entre sí<sup>69</sup>. Hoy día

<sup>64</sup> PHILIPPE DALLEUR, «Fécondité de la notion "bord" des formes vivantes chez Thom», en *Revue Philosophique de Louven*, 104 (2), 2006, pp. 312-346.

<sup>65</sup> MIKHAIL SPIVAKOV y AMANDA G. FISHER, «Epigenetic signatures of stem-cell identity», en *Nature reviews Genetics*, 8, 2007, pp. 263-271.

<sup>66</sup> RICHARD STROHMAN, «Epigenesis: The missing Beat in Biotechnology?», en *Biotechnology*, 12, 1994, pp. 156-163.

<sup>67</sup> PIERRE TEILHARD DE CHARDIN, *El grupo zoológico humano*, Taurus, 5.ª ed., Madrid, 1967, p. 37.

<sup>68</sup> T. A. BROWN, *Genomes*, op. cit. (nota 61), p. 480; IGNACIO NÚÑEZ DE CASTRO, «La Biofilosofía de Pierre Teilhard de Chardin», en *Pensamiento*, vol. 61, n.º 230, 2005, pp. 231-252; *Teilhard de Chardin: el hombre de Ciencia y el hombre de Fe*, Cuadernos de Fe y Cultura, Universidad Iberoamericana, Iteso, México, 2006.

<sup>69</sup> W. WAYT GIBBS, «El nacimiento de la epigenética», en *Investigación y Ciencia*, abril 2004, pp. 17-23.

conocemos también que además de la información del DNA que da lugar a proteínas, hay un segundo plano de información en el DNA que se transcribe en RNA activos que alteran el comportamiento de los genes codificadores lo que ha venido en llamarse el *genoma oculto*<sup>70</sup>; el DNA redundante que antaño se desechó por ignorarse su función, podría convertirse en el fundamento de la complejidad humana. Por otra parte, conocemos también que el silenciamiento de algunos genes es de capital importancia para explicar los cambios fenotípicos que se dan a lo largo del desarrollo en hermanos gemelos monocigóticos.

Los dos mecanismos bioquímicos mejor conocidos para explicar la epigénesis son: en primer lugar, la metilación de citosinas en el DNA de las células germinales<sup>71</sup> y en el embrión temprano; y, en segundo lugar, en la acetilación<sup>72</sup> o metilación<sup>73</sup> de las histonas (H2A, H2B, H3 y H4), proteínas que junto con el DNA forman los nucleosomas que componen los cromosomas. De esta manera la epigénesis guarda mayor relación con la historia del individuo, la ontogénesis, que con la historia de la especie, la filogénesis.

Así, pues, «la construcción de un ser vivo es un proceso dinámico de autoconstrucción, que no tiene un determinismo fijista o preformista»<sup>74</sup>. La información no está fijada de antemano. «En efecto, la información no está predefinida en la secuencia de nucleótidos del genoma heredado de los progenitores, al modo como está fijada de antemano, por ejemplo en los planos de la construcción de un edificio. Las configuraciones de los materiales no son estables, ni estáticas sino activas porque contienen *información genética*, esta se amplifica, se retroalimenta y se regula»<sup>75</sup>. La información se implementa a lo largo de la ontogénesis.

Recientemente el profesor Diego Gracia ha defendido la llamada información extragenética. Refiriéndose al proceso que va desde la información genotípica a la información fenotípica, afirma: «Es un proceso complejo en el que intervienen distintas informaciones, unas genéticas, pero otras claramente extragenéticas. Cuando las últimas no hacen acto de presencia, el fenotipo se altera,

<sup>70</sup> W. WAYT GIBBS, «El genoma oculto», en *Investigación y Ciencia*, enero 2004, pp. 7-13.

<sup>71</sup> PETER L. JONES, GERT C. JAN VEENSTRA y PAUL A. WADE *et al.*, «Methylated DNA and MeCP2 recruit histone deacetylase to repress transcription», en *Nature Genetics*, 19, 1998, pp. 187-191; EN LI, «The mojo of methylation», en *Nature Genetics*, 23, 1999, 5-6.

<sup>72</sup> J. BLAND, *About Gender: Epigenesis*, 2003; <http://www.gender.org.uk/about/38aepgen.htm>.  
MARÍA ELENA TORRES PADILLA, ANDREW J. BANNISTER, PAUL J. BURD, TONY KOUZARIDES y MAGDALENA ZERNICKA-GOETZ, «Dynamic distribution of the replacement histone H3.3 in the mouse oocyte and preimplantation embryos», en *International Journal of Developmental Biology*, 50, 2006, pp. 451-461.

<sup>73</sup> KATHERINE L. ARNEY, SIQIN BAO, ANDREW J. BANNISTER, TONY KOUZARIDES y AZIM SURANI, «Histone methylation defines epigenetic asymmetry in the mouse zygote», en *International Journal of Developmental Biology*, 46, 2002, pp. 317-320.

<sup>74</sup> NATALIA LÓPEZ MORATALLA y MARÍA J. IRABURU ELIZALDE, *Los quince primeros días de una vida humana*, EUNSA, Pamplona, 2004, p. 42.

<sup>75</sup> NATALIA LÓPEZ MORATALLA, «Indeterminación biológica y alma humana», en *Sobre el alma*, ALFONSO PÉREZ LABORDA (ed.), Facultad de Teología San Dámaso, Collectanea Matritensia, Madrid, 2005, pp. 119-162.



o simplemente resulta inviable. Esto quiere decir que ambas informaciones, la genética y la extragenética, son necesarias para la aparición de un organismo vivo y el defecto de una de las dos hace imposible el logro de la nueva realidad biológica»<sup>76</sup>. Según Diego Gracia la negación de la existencia de esa información extragenética y la afirmación de que la información genética sería condición no sólo necesaria sino también suficiente para constituir un nuevo ser vivo, daría lugar a un nuevo preformismo distinto del antiguo, pero también determinista. El profesor Diego Gracia asevera que para los biólogos epigenetistas actuales el genoma es condición necesaria y suficiente para el desarrollo del organismo vivo. «Llamábamos preformacionistas, en ese sentido nuevo o distinto del clásico, a quienes consideran que el genoma tiene la información necesaria y suficiente para constituir un nuevo ser vivo»<sup>77</sup>. La Embriología comparada nos describe claramente el desarrollo embrionario de los animales, no mamíferos, como los ovíparos en los que la información está toda ella contenida en el huevo, y no reciben otras señales extragenéticas que las correspondientes al oxígeno, la temperatura y humedad del medio, como el huevo del que nació el pajarillo del cuento que fue incubado por sus padres. En los mamíferos placentarios, sí vamos a encontrar desde el comienzo de la vida del nuevo organismo un diálogo molecular entre la madre y el embrión. Este diálogo no corresponde a una nueva información extragenética añadida al programa impreso en el genoma, sino a la implementación o desarrollo del programa mediante las señales autocrinas, paracrinas, endocrinas y ectocrinas, señales que no son genéticas, sino que median en el desarrollo epigenético.

La comprensión actual de la epigenética no consiste, como algunos han malentendido, en volver a la antigua tesis del preformismo o del homúnculo<sup>78</sup>. La epigenética nos lleva a una nueva comprensión del dinamismo interno de la implementación del programa genético por la interacción con el medio en lo que van a intervenir, como hemos indicado, factores autocrinos, señales que se producen dentro de una misma célula; factores paracrinos, señales que van de célula a célula, siendo muy importante la topología celular en el embrión para aclarar las interacciones entre los blastómeros; factores endocrinos hormonas producidas por el mismo individuo en desarrollo, y factores ectocrinos provenientes del exterior. En el caso de los mamíferos tendrá una gran importancia la interrelación molecular con factores ectocrinos maternos, ya desde la fecundación en el oviducto y a través de la placenta posteriormente a la anidación. Decíamos

<sup>76</sup> DIEGO GRACIA, *Como arqueros al blanco. Estudios de bioética*, edición de José Lázaro, Triacastela, Madrid, 2004, pp. 370-371. Del mismo autor, «El estatuto de las células madre embrionarias», en *Gen-Ética*, CARLOS ALONSO y FEDERICO MAYOR (coords.), Editorial Ariel, Barcelona, 2003, pp. 67-93.

<sup>77</sup> *Ibidem*, p. 374.

<sup>78</sup> «Las confusiones en este tema, por otra parte tan delicado, son difíciles de deshacer si no se desmonta primero la equivocación de percibir el comienzo de la fecundación como si fuera una chistera de prestidigitador, de la que, poco a poco sale todo cuando estaba oculta-mente encerrado allí antes». JUAN MASÍÁ CLAVEL, S.J., *Tertulias de bioética. Manejar la vida, cuidar de las personas*, Sal Terrae, Santander, 2005, p. 115.

anteriormente que todo ser vivo es un sistema abierto en continuo intercambio de materia, energía e información que va modulando la expresión del genoma fundamento de la corporeidad. «A diferencia de lo que sucede en la construcción de un ser inerte o un artefacto, que sigue una actividad y un plan externo a él mismo, el ser viviente se autoorganiza determinando su propia información, disponiendo los elementos materiales para que el proceso vital continúe»<sup>79</sup>. El pajarillo del cuento se desarrolló dentro del huevo en el nido que construyeron sus progenitores a partir del genoma que había heredado, sus progenitores le suministraron las condiciones de humedad y calor en el proceso de incubación; las células del embrión respiraban el oxígeno que permeaba a través del cascarón del huevo y creció como un individuo de la misma especie biológica que sus padres desplegando los mismos colores en sus plumas y la misma armonía en su canto con los mismos gorjeos, trinos y floreos que primavera tras primavera lo habían hecho sus antecesores.

La epigénesis representa, por tanto, el proceso de sintonización final mediante el cual cada individuo se va adaptando de forma eficiente a su entorno a partir de las capacidades contenidas en su programa genético. «La aparición de nueva información con el proceso mismo, implica el *refuerzo* incesante de la información del inicio: una información emergente no contenida en el genoma en la situación de partida, sino en su proceso de constitución y desarrollo»<sup>80</sup>. Los sistemas más evidentes de capacidad de aprendizaje molecular lo constituye el sistema inmunitario y el sistema nervioso central. En el caso del sistema nervioso central, esta capacidad de aprendizaje es de capital importancia, pues el número de conexiones sinápticas en el cerebro humano supera con creces el número de nucleótidos del genoma; el número de pares de nucleótidos es 3.200 millones, el número de neuronas supera los 100.000 millones y el número de conexiones sinápticas supera los 100 billones. Nos asomamos de nuevo al abismo de la complejidad teilhardiano.

#### VIVIR ES EVOLUCIONAR

Hemos visto que todo viviente debe ser considerado como un *proceso*. El ser vivo, como todo proceso, no puede ser definido atemporalmente. El viviente lo definimos desde el tiempo y dependerá de la escala de observación del tiempo que utilicemos la consideración total del proceso concreto. Consecuentemente dependerá de la ventana temporal que apliquemos al ser vivo, el que veamos únicamente su reactividad inmediata a los estímulos, al que llamaremos *tiempo metabólico*. La consideración del devenir del organismo desde su comienzo hasta su fin nos definirá su *tiempo ontogenético*. Si consideramos poblaciones

<sup>79</sup> NATALIA LÓPEZ MORATALLA y MARÍA J. IRABURU ELIZALDE, *Los quince primeros días de una vida humana*, *op. cit.* (nota 74), p. 43.

<sup>80</sup> NATALIA LÓPEZ MORATALLA, «Indeterminación biológica y alma humana», *op. cit.* (nota 75), p. 145.

de individuos y los mecanismos hereditarios en virtud de los cuales se transmiten los caracteres genéticos de padres a hijos, tendremos como resultado un *tiempo genético*. Por último, en una escala cronológica que abarque centenares de generaciones, se registrarán los lentos procesos de cambio en los caracteres de los individuos de una población determinada, pudiendo hacer que esta población se escinda en dos grupos, no fecundos entre sí, o especies biológicas diferentes<sup>81</sup>. Es el tiempo *filogenético* o *tiempo evolutivo*.

Vivir es permanecer en un proceso continuo de cambio. Vivir es, pues, evolucionar; el tiempo como categoría biológica es el tiempo de la evolución. Sería interesante antes de seguir adelante reflexionar sobre qué queremos decir cuando decimos que vivir es evolucionar. La evolución no es nada más que la visión humana en la escala temporal filogenética de esa continua emergencia de novedad propia de todo viviente. «Nada en Biología tiene sentido si no es a la luz de la evolución» decía Theodosius Dobzhansky<sup>82</sup>. Desde el punto de vista etimológico el término evolución proviene de la raíz latina «*evolvere*» que significa la acción o efecto de desenvolverse, desarrollarse, desplegarse algo. La palabra evolución implica la idea de proceso gradual y ordenado a diferencia de revolución que indica más bien despliegue súbito y posiblemente violento.

La historia del término evolución aplicado a los fenómenos biológicos tomó cuerpo de doctrina en el siglo XIX, cuando Charles Darwin la aplica al origen o transformación de las especies de vegetales y animales. El término evolución, tomado de la filosofía de Spencer<sup>83</sup>, aparece en los escritos de Darwin en la sexta edición del *Origen de las especies*, publicada diez años después que la primera (1859)<sup>84</sup>. Podemos igualmente leer a Lamarck sin encontrar el término evolución. Probablemente Darwin, conociendo el término no quiso usarlo en las primeras ediciones, porque en el pensamiento biológico de la primera mitad del siglo XIX, el término evolución era usado en biología del desarrollo, en contraposición a los preformistas. Sin embargo, después de la introducción del término por Darwin, han quedado fijados los términos *evolución*, para indicar el origen de las diferentes especies y *evolucionismo*, para indicar la doctrina que afirma que los diferentes organismos vivos proceden por cambios sucesivos de

<sup>81</sup> Sobre las escalas temporales en Biología puede consultarse: C. H. WADDINGTON, *La naturaleza de la vida*, Editorial Norte y Sur, La Aventura de la Ciencia, Madrid, 1963, pp. 36-37. Sobre las teorías evolutivas puede verse: MIGUEL DE RENZI, «El neodarwinismo y las críticas impuestas a su reduccionismo radical por la paleontología y la Biología del desarrollo», en *Evolucionismo y Cultura*, *op. cit.* (nota 14), p. 80. ALFREDO MARCOS, «Sobre el concepto de especie en Biología», en *La mediación de la Filosofía en la construcción de la Bioética*, *op. cit.* (nota 50), pp. 41-60.

<sup>82</sup> Citado por NATALIA LÓPEZ MORATALLA, *La dinámica de la evolución humana. Más con menos*, EUNSA, Pamplona, 2007, p. 52.

<sup>83</sup> «Un año antes de abandonar su puesto en el *Economist*, Spencer comenzó a publicar unos *Principios de Psicología*, posteriormente incorporados a su sistema, en los que, con anterioridad a la formulación por Darwin de su doctrina de la selección natural (1859), concibió la idea de una interpretación general de la realidad a base del principio de evolución». JOSÉ FERRATER MORA, *Diccionario de Filosofía*, tomo IV, *op. cit.* (nota 43), p. 3107.

<sup>84</sup> ÉTIENNE GILSON, *De Aristóteles a Darwin, y vuelta*, *op. cit.* (nota 3), p. 117.

otros organismos anteriores, en contraposición al fijismo. Los términos evolución y evolucionismo se refieren a los organismos vivientes y son usados, desde entonces, como categorías biológicas. Étienne Gilson atina muy bien cuando afirma: «la verdad esencial que creía poner en evidencia Darwin era doble: primero que con el paso del tiempo las especies han cambiado; y segundo, que éstas se han modificado en virtud de un fenómeno general que él (Darwin) llamaba la selección natural»<sup>85</sup>.

Es interesante hacer notar que fue el cambio de escala temporal, por influencia del geólogo Charles Lyell, el que hizo ver a Charles Darwin el mundo con los ojos de un biólogo desde el tiempo filogenético, o tiempo evolutivo. Miradas las poblaciones de individuos a escalas de tiempo genético es muy difícil asistir al maravilloso espectáculo de la evolución. Hemos de tomar la distancia de las grandes escalas temporales, con la ayuda sobre todo de la Paleontología, para poder atisbar el proceso evolutivo —tanto la *anagénesis* (o evolución dentro de la especie) como la *cladogénesis* (o aparición de una nueva especie)—. Como muy bien apuntaba Bergson, el filósofo autor de *l'Évolution créatrice*, la idea del evolucionismo se halla en germen en la clasificación general de los seres vivos llevada a cabo por los naturalistas. El naturalista aproxima entre sí los organismos que se asemejan y luego divide el grupo en subgrupos, en el interior de los cuales es mayor aún la semejanza, pero a los naturalistas, desde Aristóteles a Carlos Linneo, les faltó mirar el universo con una ventana temporal de centenares y miles de años. No podemos olvidar que hasta bien entrado el siglo XIX se calculaba que habían pasado ¡unos seis mil años desde la creación del mundo!

En el estudio de la evolución hemos de distinguir dos facetas: en primer lugar, el hecho biológico en sí mismo, que nos dice que todos los organismos vivos, microorganismos, plantas y animales, proceden por evolución de un tronco común desde que comenzara la vida sobre el planeta Tierra hace unos 3.500 millones de años. Hemos de considerar también antes de la aparición de la vida una evolución química prebiológica, proceso por el cual se fueron seleccionando las macromoléculas, sillares fundamentales de los organismos vivos. Cómo pudo esto acontecer es hoy día sujeto de numerosas investigaciones y se apuntan diferentes teorías explicativas. En segundo lugar, hemos de estudiar las diferentes teorías propuestas para explicar este hecho biológico, hecho que tiene las características de todo hecho histórico, siendo la más relevante el ser irreplicable. Por otra parte, una teoría es un conjunto de doctrinas basadas en hipótesis falsables por la experiencia, que tienen coherencia interna y que pueden dar explicación de los hechos observados; qué duda cabe que a escala pequeña, en el laboratorio, pueden producirse pasos evolutivos por selección natural.

En este sentido la evolución hemos de afirmarla hoy día como un hecho histórico que pertenece a la historia natural, como fue un hecho histórico la caída del Imperio romano o la batalla de las Navas de Tolosa. Como todo hecho his-

<sup>85</sup> *Ibidem*, p. 122.

tórico son hechos únicos y, por tanto, irrepetibles, aunque nadie duda de que ambos acontecimientos tuvieron lugar. Son verdades cuyo estatuto epistemológico es diferente a las verdades de la Física. Los vestigios de la civilización romana nos hablan de la historia del Imperio. Los relatos de la batalla de las Navas de Tolosa narrados por los protagonistas de la misma, las huellas arqueológicas encontradas en el lugar de la batalla, nos confirman el hecho que tuvo lugar el 16 de julio de 1212 entre los ejércitos cristianos y los almohades capitaneados por Miramamolín. Igualmente, las huellas fósiles, pertenecientes a organismos que vivieron en el pasado, nos permiten construir la historia filogenética de los organismos actuales. Pero es más, las técnicas modernas de secuenciación de los genomas y proteínas de los seres vivos actuales, permiten ver las homologías, diferencias y puntos de divergencia, a escala molecular, de los organismos vivos y reconstruir desde este corte sincrónico la diacronía del proceso evolutivo.

La evolución es, pues, un hecho histórico; todo está en continuo cambio y devenir. Otro aspecto, muy distinto, es considerar las diversas teorías que en la actualidad nos explican cómo ha podido acontecer el hecho evolutivo. Para responder a la segunda cuestión: ¿cómo ha tenido lugar el hecho evolutivo?, se han propuesto varias teorías. Lamarckismo y darwinismo aparecen como dos grandes conjuntos de explicación. Lamarck creyó en la herencia de los caracteres adquiridos. Teoría no confirmada por la experiencia. Darwin acudió a la criba de la *selección natural* de las variedades, a semejanza de la selección artificial tan en boga entre los horticultores centroeuropeos del siglo XIX. Darwin no conoció la obra de Gregorio Mendel, por lo tanto le faltó el apoyo conceptual de la genética para explicar las variaciones encontradas en los seres vivos. El neodarwinismo conserva el concepto de selección natural como mecanismo cernidor o criba de todas las posibles mutaciones al azar. El neodarwinismo ha sido capaz de sintetizar el hecho evolutivo y la genética como ciencia explicativa de la herencia.

Hans Jonas en la Introducción a su libro *El principio vida* sintetiza una serie de características que para él describen lo que es la vida:

«Entregada a sí misma y en completa dependencia de su propio rendimiento, para cuya prestación está sin embargo en manos de condiciones que no puede controlar y que se le pueden negar; dependiente por tanto del favor o desfavor de la realidad externa; expuesta al mundo, contra el cual y simultáneamente a través del cual tiene que ir afirmándose; independizada de la causalidad del mundo a la vez que sometida a ella; habiendo salido de la identidad de la materia y necesitada de ella; libre, pero dependiente, aislada, si bien precisada de contacto; buscando el contacto, amenazada de destrucción por él, y no menos amenazada por la carencia del mismo; puesta en peligro por todos los lados, tanto por el poder, como por la fragilidad del mundo, y situada en la más floja de las cuerdas entre uno y otro riesgo; fácilmente perturbable en su proceso, que sin embargo no debe detenerse nunca; vulnerable en su reparto organizado de funciones, que sólo es eficaz en su totalidad; en su centro mortalmente atacable y en su temporalidad expuesta en cualquier instante al final; así es cómo la forma viva lleva su atrevida existencia particular en

la materia, paradójica, lábil, insegura, rodeada de peligros, finita, profundamente hermanada con la muerte»<sup>86</sup>.

Como decíamos al principio, no somos capaces de definir la vida. Cuando nos enfrentamos a un organismo vivo un cierto apofatismo se apodera de nosotros, pero sí podemos, a pesar de lo elusiva que resulta la comprensión total de un organismo vivo, describir aquellos rasgos que nos hacen distinguir el Moisés de Miguel Ángel, que nunca habló, de un pajarillo que canta y revolotea por el bosque. Ésta es la tarea de la Biofilosofía o Filosofía Natural de la vida en nuestro tiempo.

c/ Virgen de las Flores, 23  
29007 Málaga (Spain)  
ignacastro@prebesi.org

IGNACIO NÚÑEZ DE CASTRO

[Artículo aprobado para publicación en abril de 2008]

---

<sup>86</sup> HANS JONAS, *El principio vida, op. cit.* (nota 34), p. 18.