

LA *BIG HISTORY* COMO SÍNTESIS DE LA COSMO-BIO-ANTROPO-EVOLUCIÓN: COMIENZO DEL UNIVERSO Y EMERGENCIA DE LA VIDA

RICARD CASADESÚS

Facultat de Filosofia, Universitat Ramon Llull, Barcelona

RESUMEN: En este artículo tratamos un tema de moda, la *Big History* (Mega-Historia), haciendo una descripción sintética de la evolución: desde la evolución cósmica a la evolución biológica. Presentamos aquí una síntesis de la evolución cósmica y la evolución biológica, así como la descripción científica y la reflexión filosófica de diversas teorías que intentan explicarlas, subrayando el carácter emergente y complejo, que creemos es efecto estructural del proceso evolutivo. A esta evolución global la denominamos *cosmo-bio-anthropo-evolución*. Cabe destacar también la exposición que hacemos de los recientes descubrimientos científicos que corroboran experimentalmente la Teoría del *Big Bang*, y, por tanto, afirman el inicio temporal del universo.

PALABRAS CLAVE: Teoría de la Evolución; Big Bang; Big History; emergencia; Teoría Sintética de la Evolución; neodarwinismo.

Big History as Synthesis of the Cosmo-Bio-Anthropological Evolution: The Beginning of Universe and the Emergence of Life

ABSTRACT: In this paper we discuss the hot topic of *Big History*, doing a brief description of the evolution: from the cosmic evolution to the biological evolution. Here we present an abridgement of cosmic evolution and biological evolution, and the scientific description and philosophical reflection of different theories attempting to explain them, highlighting the emerging and complex characters, which we believe that are structural effects of the evolutionary process. We called this global evolution *cosmo-bio-anthropological evolution*. Also, it is to be noted the exposition we did on recent scientific discoveries that experimentally corroborate the Big Bang Theory, and so, they assert the temporal beginning of the universe.

KEY WORDS: Theory of Evolution; Big Bang; Big History; emergence; Synthetic Theory of Evolution; neodarwinism.

INTRODUCCIÓN

El término *evolución* designa, en un sentido general, un proceso continuo de cambio. En filosofía de la naturaleza, particularmente, *evolución* significa el proceso por el que un germen despliega su riqueza o por el que se manifiesta lo que ha estado escondido o latente.

Sin embargo, para la ciencia, la evolución cósmica, biológica y antropológica aparece como un todo que va desde la primera partícula hasta el ser humano. Todo lo existente se encuentra en constante cambio en estos tres niveles. Desde la ciencia, la evolución es un proceso que funciona según las leyes naturales y que no necesita ninguna intervención externa. De hecho, cabe añadir, que una intervención tal no puede ser objeto de reflexión científica.

En este artículo se describe, sucintamente, sin entrar en muchos detalles, la historia de nuestro universo, desde el inicio del cosmos, pasando por el origen de la vida, hasta el surgimiento del ser humano. Esto es lo que hemos denominado la *cosmo-bio-antropo-evolución*.

Ciertamente, cuando se habla de evolución, rápidamente se piensa en la evolución biológica, sin embargo, antes del surgimiento de la vida, y además para llegar a ese estadio, ya ha tenido lugar la evolución de la materia. Por ello, empezamos este artículo con la descripción de la evolución cósmica como prólogo de la evolución biológica y antropológica.

1. LA EVOLUCIÓN CÓSMICA

Hasta el s.XX, en Cosmología regía el Principio Cosmológico Perfecto, que además de postular la homogeneidad e isotropía espacial (Principio Cosmológico¹), postula también la constancia temporal en todo el universo.

Existían en los años 40 del siglo pasado varias teorías cosmológicas para intentar describir el origen y la evolución del universo. Las principales y más conocidas son: (i) *Teoría del estado estacionario* (con creación continua) de Sir Hermann Bondi (1919-2005), Thomas Gold (1920-2004) y Sir Fred Hoyle (1915-2001), que afirma la expansión del universo, pero sin tener éste ningún origen en el tiempo, es decir, el universo sería eterno y siempre igual; (ii) *Teoría del Big Crunch* (o de la gran implosión o colapso), que propone un universo cerrado en el cual la expansión producida por una gran explosión inicial iría frenándose poco a poco, hasta que el universo llegaría a contraerse y se colapsaría sobre sí mismo, lo cual produciría una nueva gran explosión y el surgimiento de un nuevo universo, y así infinitamente; (iii) *Teoría de la autocreación del universo* de Stephen W. Hawking (1942-2016) *et al.*, que postula que el universo se habría creado sin la existencia de un creador ni de un inicio temporal; (iv) *Teoría del Big Bang* (o de la gran explosión), que supone que el universo es fruto de una gran explosión primigenia, a partir de la cual éste se va expandiendo. Esta última teoría es la más aceptada en el campo de la astronomía para explicar el origen y la evolución de nuestro universo.

Para juzgar una teoría cosmológica sólo cabe apoyarse en los datos de la experiencia y en su interpretación teórica físico-matemática. En base a esto, hoy en día el modelo del *Big Bang caliente* (*Hot Big Bang*) es el modelo estándar en Cosmología. A continuación veremos por qué.

¹ El Principio Cosmológico fue formulado por primera vez por el cardenal Nicolás de Cusa a mediados del s. XV, al describir el universo como una esfera con su centro en todas partes y sus circunferencias en ninguna. El Principio Cosmológico establece que el universo ha de ofrecer el mismo aspecto a todos los observadores posibles, sea cual fuere el lugar en que se encontraren, prescindiendo de las irregularidades locales. Cfr. ROMANA 1966, 37.

1.1. La teoría del estado estacionario

Como hemos explicado antes, toda *Teoría del estado estacionario* se rige por el Principio Cosmológico Perfecto. Por lo tanto, supone la perfecta equivalencia de todos los observadores posibles no solo respecto del espacio, sino también respecto del tiempo. Las teorías del estado estacionario entrañaron una revolución de los postulados fundamentales de la Física, porque no respetaban el Principio de Conservación de la masa y la energía, al introducir el concepto de creación continua (*continuous creation* o *continual creation*)² de la materia. Pero, además, estas teorías aportaron la novedad de la existencia de una *evolución cósmica*.

Bondi extendió el Principio Cosmológico al tiempo, y afirmó que el aspecto del universo tenía que ser *siempre* el mismo para cualquier observador, lo cual significa que el universo a gran escala no cambia nunca de aspecto. Esto solo puede darse teóricamente en los tres casos siguientes: (i) en un universo estático en el que se cumple el Principio de Conservación de la masa y la energía; (ii) en un universo en expansión y producción continua de nueva materia para mantener constante la densidad media del universo; (iii) en un universo en contracción y aniquilación de materia para mantener también constante la densidad media.

Ahora bien, de estos tres casos, las pruebas experimentales corroboraron el caso (ii), en lo que a la expansión del universo se refiere (como veremos más adelante con la Ley de Hubble), puesto que se observó que el universo está expandiéndose porque las nebulosas³ se van alejando. Al dejar vacío el lugar que ocupaban, la única manera de conseguir que el aspecto del universo no varíe es ir colmando esos *huecos* con materia nuevamente creada, para así mantener constante la densidad (=masa/volumen) media del universo, ya que para que esto sea así, si aumenta el volumen del universo (expansión), debe aumentar también su masa (creación de materia). Luego, esta nueva materia producida se condensa en el decurso del tiempo en el espacio intergaláctico hasta formar nuevas nebulosas, que irán reemplazando a las antiguas.

Ahora bien, Hoyle se percató que la *Teoría del estado estacionario* era incompleta, porque no contaba con ecuaciones de campo gravitatorio. Por eso, Hoyle añadió a esta teoría una modificación de las ecuaciones de campo de la Teoría de la Relatividad General de Einstein (porque estas ecuaciones de Einstein solo sirven para sistemas que cumplen el Principio de Conservación de

² Bondi ya advirtió explícitamente que por creación de la materia no hay que entender producción de ésta a partir de la radiación, sino realmente *ex nihilo*, a partir de la nada. Pero, la creación de materia no puede variar sensiblemente de un lugar a otro, sino que ha de ir apareciendo por creación continua en el espacio intergaláctico más o menos vacío, o bien, como demostró McCrea, en el interior de las galaxias. Cfr. ROMANA 1966, 105 y 107-108.

³ Las *nebulosas* son regiones del medio interestelar constituidas por gases (principalmente hidrógeno y helio) y además de elementos químicos en forma de polvo cósmico. Tienen una importancia cosmológica notable porque muchas de ellas son los lugares donde nacen las estrellas por fenómenos de condensación y agregación de la materia.

la masa y la energía), con el fin de encontrar unas leyes físicas que conduzcan al estado estacionario⁴.

Sin embargo, fueron surgiendo unos indicios experimentales que hicieron que Hoyle abandonara su adhesión a la Teoría del estado estacionario. Estos indicios, que se pueden hallar en el cosmos, llevan a la consideración de que el universo ha tenido en el pasado un estado de densidad mucho mayor que el actual. Esto descartaría la creación continua de la materia y todos los modelos del estado estacionario. Las tres observaciones que conducen a la existencia de un pasado cósmico superdenso, y que aduce Hoyle para hacerle cambiar de opinión son: (i) la radiación de fondo cósmica descubierta por Penzias y Wilson, como veremos un poco más adelante; (ii) la gran proporción de He/H en las estrellas y nebulosas gaseosas de la Vía Láctea, que no puede explicarse exclusivamente a partir del H por reacciones termonucleares en el interior de la Vía Láctea; (iii) los centros de condensación (o nudos) de gases, que son el origen de las galaxias elípticas, no se forman sino que son vestigios de una fase mucho más densa del universo, que se han ido consumiendo durante los tiempos de vida de las galaxias⁵.

1.2. La teoría del Big Bang

De forma opuesta a esa teoría, según la *Teoría del Big Bang*⁶, el universo se estaría expandiendo como fruto de una gran explosión primigenia. Así, el universo surgió de una singularidad extremadamente densa y caliente hace 13.700 millones de años (Ma). No tenemos información sobre qué podía haber antes del tiempo límite al que podemos aproximarnos, el denominado *tiempo de Planck* ($5.39 \cdot 10^{-44}$ s). Ni siquiera podemos preguntarnos sobre ello, puesto que no hay teorías físicas que lo puedan describir. Solo podemos tratar de explicar el universo a partir de este momento, que llamamos *tiempo de Planck*. Este modelo está basado en la solución de Friedmann-Lemaître de la ecuación de la teoría de la relatividad de Einstein y simplificada con las hipótesis cosmológicas de homogeneidad e isotropía de Robertson-Walker, además de basarse en la física de altas energías, extrapolada a altísimas temperaturas. Como decíamos, este modelo fue aceptado como estándar desde los años 70 del pasado siglo (con el Premio Nobel otorgado el 1978 a Penzias y Wilson quedó claramente confirmada su aceptación universal) por dar razón de la armonía que descubre entre los *tres hechos cósmicos*⁷: expansión del universo, nucleosíntesis primordial y radiación cósmica de fondo.

La expansión del universo fue descubierta por Edwin P. Hubble (1889-1953) al final de los años 20 del siglo pasado. Hubble, analizando los

⁴ Cfr. ROMANA 1966, 103-104 y 109.

⁵ Cfr. *ibid.*, 187-188.

⁶ Paradójicamente, el nombre de la teoría no se lo dieron los científicos que la postulaban o defendían, sino uno de sus mayores opositores, Fred Hoyle, quien en un programa de radio de la BBC en 1949 se refirió a esa teoría despectivamente con el mote *big bang*.

⁷ Cfr. DONCEL 2003, 11-13.

espectros luminosos de todo un conjunto de galaxias, descubrió que las rayas espectrales de la mayor parte de ellas estaban corridas hacia el rojo respecto a las de nuestros átomos terrestres. Hubble interpretó sus observaciones como una proporcionalidad entre la velocidad de alejamiento de las galaxias y su distancia a nosotros. Si las velocidades son proporcionales a las distancias, todas esas galaxias han tardado lo mismo en salir de un centro común. Ese tiempo de la expansión sería la *edad del universo*, estimada en 13700Ma, como hemos dicho.

El segundo *hecho cósmico* es el de la nucleosíntesis primordial. Conocida espectralmente la abundancia relativa de elementos en el universo (75% H, 25% He, 10^{-10} Li...), físicos nucleares propusieron en los años cuarenta del s.XX mecanismos de nucleosíntesis, o formación de los núcleos de esos elementos a partir del simple protón o núcleo de hidrógeno. Se sabía bien que el Sol realiza continuamente esa fusión de núcleos de hidrógeno en helio. Pero, resulta inconcebible que ese 25% de He en el universo provenga de esa fusión nuclear en estrellas aisladas. Por lo tanto, se requería una nucleosíntesis primordial del He y otros elementos ligeros mucho más abundante, realizada en todo el universo, durante un estado inicial del universo muy denso y muy caliente. Así nació la idea del *Big Bang caliente* o *Hot Big Bang*.

Aunque fue el astrofísico y sacerdote católico belga Georges Henri J. E. Lemaître (1894-1966) quien puso los cimientos de la *Teoría del Big Bang*, sin embargo fueron el astrónomo ucraniano Georgiy A. Gamow (1904-1968) y su colaborador, el cosmólogo americano Ralph A. Alpher (1921-2007), quienes consideraron la cuestión térmica al modelo del *Big Bang* al estudiar en 1948 cómo sería la radiación térmica correspondiente a ese estado inicial, tras la enorme expansión ulteriormente sufrida por el universo hasta nuestros días. Esa expansión habría enfriado enormemente la radiación, que debería permanecer en nuestros días como radiación térmica, que calculaban que debía ser de unos 5 grados de temperatura absoluta (K). Ese *fósil* de la radiación térmica inicial debería aparecer por todo el universo, como radiación electromagnética con una distribución de frecuencias dada por la curva espectral de Planck.

Hemos de añadir a éstos un tercer hecho: la radiación cósmica de fondo. En 1965 Arno Penzias y Robert Wilson, técnicos de la compañía Bell-Telephone-Telegraph de Estados Unidos, descubren un ligero ruido de fondo que perturbaba su telefonía inalámbrica. El ruido resultaba inevitable y parecía debido a una misteriosa radiación electromagnética, idéntica en todas partes. Poco más tarde, R. H. Dicke y sus colaboradores de la Universidad de Princeton interpretaron como tal la radiación descubierta por Penzias y Wilson, y mediante medidas precisas de su curva espectral determinaron la temperatura correspondiente de 2.73K, que resultaba siempre la misma independientemente de la dirección de procedencia. Esta radiación de fondo se consideró un argumento sólido para el modelo cosmológico del *Big-Bang caliente*. No obstante, su total isotropía, que representaba fosilizada la total homogeneidad del universo en un estadio inicial de centenares de millones de años, presentaba dificultades para explicar el origen de las galaxias. Sin embargo, en 1992 la sonda espacial COBE (*Cosmic*

Background Explorer), equipada con sofisticados detectores de microondas capaces de analizar la radiación cósmica de fondo, proveniente de seis mil zonas angulares del universo extragaláctico, sorprendió a los cosmólogos con un primer *mapa cósmico*, en el que se apreciaban amplias zonas angulares en las que la temperatura correspondiente a la radiación de fondo era unas pocas millonésimas de grado más elevada que en el resto. Tales anisotropías se interpretan como el reflejo fosilizado de estructuras iniciales del universo, que permitirían explicar la formación de galaxias, estrellas, planetas... Esta importante investigación fue premiada con el Premio Nobel de Física en el año 2006.

En resumen, según este modelo y con las simplificaciones de Robertson-Walker, el universo se está expandiendo con un ritmo de 71km/s/Mpc⁸. Esta expansión comenzó hace unos 13700Ma y generó fluctuaciones que fueron creciendo hasta formar las galaxias. Además, el modelo también aporta el dato de la temperatura de la radiación de fondo (2.73K), que es el residuo fósil de la radiación que existió en el pasado.

1.3. *El Big Bang caliente*

No obstante, aunque el modelo del *Big Bang caliente* reconstruye las fases de la evolución del universo, sin embargo ignora lo anterior al *tiempo de Planck* ($5.39 \cdot 10^{-44}$ s). Así, pues, este modelo es una reconstrucción teórico-conjetural, es decir, sin base experimental, al menos hasta la centésima de segundo.

A continuación, se presentan los estadios del universo que predice este modelo en función del descenso de temperatura e indirectamente del tiempo, en relación con las transiciones de fase que separan las diversas interacciones a partir del *tiempo de Planck*. Metodológicamente, hemos dividido los estadios de la evolución cósmica en dos fases. La primera fase está constituida por las etapas que van desde el *Big Bang* a la nucleosíntesis primordial. Esta era estuvo dominada por la radiación.

Hasta el *tiempo de Planck* no hay distinción entre las fuerzas físicas fundamentales, sólo existe una interacción supersimétrica cuántico-relativista, que es indescriptible. Esta fuerza fundamental, que mantenía unificadas las cuatro fuerzas físicas fundamentales que conocemos, dio lugar a la teoría llamada GUT (*Grand Unification Theory*), Teoría de la Gran Unificación. En este estadio la temperatura fue enormemente alta, mayor de 1.2×10^{29} K.

Seguidamente, con la transición a la etapa GUT se inicia la separación de la interacción gravitacional de esa fuerza fundamental unificada, es decir, se produce el desacoplo de la gravitación relativista y de la interacción cuántica. Esta etapa termina con la separación de las interacciones nuclear fuerte y electrodébil a 10^{-35} s del *Big Bang*. En este estadio tenemos una especie de *caldo*

⁸ Mpc: megapársec (distancia equivalente a 3.26 millones de años luz). Un año luz son 0.946×10^{16} m.

o *sopa cósmica* de partículas elementales y primitivas, formada por quarks⁹ y antiquarks libres, leptones¹⁰ y antileptones, y bosones¹¹ intermediarios GUT. En este estadio se conjetura que habría un pequeñísimo exceso de 1 sobre mil millones de partículas de materia —quarks y leptones— sobre los de antimateria —antiquarks y antileptones—. El universo se fue expandiendo y enfriando y, a la vez, se van separando las interacciones de esa fuerza fundamental unificada. Esta etapa termina a una temperatura de 10^{28}K .

A continuación, la evolución del universo pasa por la transición electrodébil, en la que sigue con la separación de las interacciones, particularmente, se separa la fuerza electrodébil, que unificaba las interacciones electromagnética y nuclear débil. En esta etapa, pues, se produce el desacoplo de la interacción electromagnética y la interacción nuclear débil a los 10^{-12}s del *Big Bang*. En este mismo estadio tendría lugar también la bariogénesis o asimetría bariónica, a saber, la cantidad de bariones¹² sería mayor que la de antibariones, lo cual produciría un resto de bariones (materia) después de la aniquilación entre ambos tipos de partículas. Esta materia residual es la que daría lugar al universo actual. En este estadio, la temperatura va disminuyendo, aunque todavía sería superior a $1.2 \times 10^{15}\text{K}$.

La transición a la siguiente etapa pasa por la rotura de la supersimetría electrodébil a 10^{-8}s , que produciría ya la separación total de las fuerzas físicas fundamentales (gravitación, electromagnética, nuclear fuerte y nuclear débil), tal como las conocemos hoy. Esto se produciría a una temperatura superior a $2.4 \times 10^{12}\text{K}$. En este estadio, tenemos una *sopa cósmica* constituida por un plasma de quarks y gluones.

La etapa que sigue podemos llamarla época de los hadrones¹³, puesto que en ella se forman estas partículas, después de la transición QCD (*Quantum Chromo-Dynamics*), a 10^{-5}s del *Big Bang*. El surgimiento de estas partículas se da gracias a que el plasma de quarks y gluones se enfría hasta el orden de 10^{13}K , punto en que pueden formarse bariones tales como protones y neutrones, por confinamiento de tres quarks (y los antibariones, de tres antiquarks). Al descender la temperatura, las parejas, por ejemplo, de protón-antiprotón se aniquilan en electrón-positrón o en dos fotones, con lo que desaparecen los antinucleones, y sólo queda el exceso (de 1 sobre mil millones) de nucleones libres, correspondiente al exceso de quarks sobre antiquarks.

⁹ En Física de partículas, los quarks, junto con los leptones, son los constituyentes fundamentales de la materia. La combinación de varios quarks forman las partículas subatómicas, tales como protones y neutrones.

¹⁰ De la familia de los leptones, cabe destacar el electrón, el muón y el neutrino.

¹¹ Los bosones más conocidos son el fotón y el gluón.

¹² Los bariones son una familia de partículas subatómicas formadas por tres quarks. Como hemos visto antes, los más representativos, por formar el núcleo del átomo, son el neutrón y el protón.

¹³ En la clasificación de los hadrones encontramos a los mesones, quarks y antiquarks, y bariones. Una clase de bariones son los nucleones, de los cuales destacan el protón y el neutrón.

Siguiendo este enfriamiento, a $3 \times 10^{10} \text{K}$ y entre 0.1s y 1s del *Big Bang*, los hadrones y antihadrones se aniquilan análogamente a la etapa anterior, siendo ahora los leptones las partículas dominantes de la materia. En este estadio se produce también el desacoplo de los neutrinos.

A continuación, igualmente como antes, los leptones y antileptones también se aniquilan, quedando un resto de leptones. Así, en esta etapa aparecen los electrones libres a 1s después del *Big Bang* y a una temperatura de $1.2 \times 10^{10} \text{K}$.

Por último, la etapa previa a la nucleosíntesis primordial, situada a más de 10s del *Big Bang*, está dominada por los fotones, que interaccionarán con protones y electrones. La *sopa cósmica* estaría constituida ya en este estadio por protones, neutrones, electrones y fotones.

La segunda fase de la evolución cósmica que describimos ahora comienza con la nucleosíntesis primordial. Esta era está dominada por la materia. La etapa de la BBN (*Big Bang Nucleosynthesis*¹⁴, como se la denomina) tiene lugar a los 3 minutos del *Big Bang*. Debido a la expansión del universo, éste se fue enfriando y hacia una temperatura de $1.2 \times 10^{10} \text{K}$ los neutrones se integraron dentro de los núcleos. Como resultado, además de H, surgieron en ese plasma primordial núcleos ligeros de D (isótopo del H), He³, He⁴, Li⁷ y Be⁹, por fusión de H. El resto de elementos más pesados no se formaron en este estadio sino más tarde con la nucleosíntesis estelar, debido a la imposibilidad de formar núcleos estables de más de cinco u ocho nucleones.

Consiguientemente, tiene lugar la etapa de recombinación, es decir, la formación de átomos de helio a partir de hidrógeno atómico, que se produjo a los 370000 años del *Big Bang*, tras la transición del plasma de bariones, electrones y fotones a gas. En este estadio de evolución del universo se desacopla la radiación cósmica de fondo —que es la que vemos hoy— el universo es eléctricamente neutro y su expansión empieza a acelerarse. Esto ocurre a la temperatura notablemente más baja de 3120K (=2847°C). Además, el alto grado de isotropía de esa radiación de fondo muestra que el universo era muy homogéneo en esa etapa.

Debido a la transición a expansiones más aceleradas, se llega a la etapa de la formación de protogalaxias. Las nubes de gas hidrógeno y helio se condensaron en estrellas, que produjeron por fusión nuclear los bioelementos C, N, O... hasta el Fe en sus núcleos (nucleosíntesis estelar). Esa abundancia de C y O que tuvo lugar a la vez exige una sintonía muy fina entre los valores de las constantes físicas, por eso se la denomina en física teórica *fine-tuning*. Posteriormente, esas estrellas de primera generación habrían explotado (supernovas) y sus restos se habrían expandido por el espacio originando sistemas masivos de estrellas, nubes de gas, polvo... que dieron lugar a las galaxias, y entre éstas, la Vía Láctea con nuestro sistema solar¹⁵. En estas explosiones, enormemente energéticas, que aún hoy en día siguen ocurriendo, se formaron los elementos químicos de número atómico superior al del Fe. Esto ocurrió hace del orden

¹⁴ Cfr. GORBUNOV & RUBAKOV 2011, cap.1.

¹⁵ Cfr. GUERRA 2011, 19-32.

de 10^9 años después del *Big Bang*, cuando la temperatura sólo era de 373K ($=100^\circ\text{C}$). Finalmente, después de 13700Ma del *Big Bang* llegamos a la situación actual del universo, en que encontramos una temperatura residual de 2.73K, correspondiente a la radiación cósmica de fondo.

1.4. *Discusión*

Las implicaciones metafísico-teológicas que de ello pueden seguirse, unas apuntan a la existencia misma de un creador del universo, y otras a la naturaleza y modo del acto de creación. Así, por ejemplo, el modelo del estado estacionario de Bondi, Gold y Hoyle exige la eternidad e infinitud de la materia en el universo, de lo que Hoyle y otros deducieron la negación de un creador. No obstante, este paso de la Física a la Metafísica, que hizo Hoyle al negar la existencia de un creador del universo, es una extrapolación inválida, puesto que —como observa el P. Romañá¹⁶, S.J.— tal consecuencia no fluye de las premisas sino que es una deducción metafísica incorrecta, que nada tiene que ver con las teorías científicas, igualmente como la exige el 2º postulado del *materialismo dialéctico*, doctrina para la que «la única realidad del mundo es la materia y para Dios no hay lugar» (1º postulado del *materialismo dialéctico*).

Estas incorrecciones procedimentales —que se han de evitar— se producen cuando se mezclan o se trasladan los conceptos de las ciencias a la teología o la filosofía, provocando una confusión conceptual de significados. Esto mismo le ocurrió al astrofísico inglés Stephen Hawking cuando le asignó el mismo significado al término *creación* en Cosmología que en Metafísica, confundiendo el significado que tiene para ésta última (la inepción del ser) con el que le da la Cosmología (el inicio temporal del universo). Del mismo modo, pues, tampoco puede confundirse el concepto de *creación continua* en Cosmología (aparición de nueva materia en presencia de materia ya existente en el universo) con el de *creación continua* en Metafísica (conservación del ser).

Asimismo, como advierte el P. Romañá¹⁷, la pretensión de Hoyle de haber eliminado al Creador por haber formulado el *nuevo campo* (de creación), es confundir la causa de un fenómeno con el modo de producirse. Pues, ese *nuevo campo* o campo de creación, cuya existencia postulaba Hoyle, tiene que ser de naturaleza completamente distinta de la de los demás campos (gravitatorio, eléctrico...), pues éstos explican acciones y reacciones (causas y efectos) que se ejercen entre entidades preexistentes. Así, pues, mientras en todo campo hay interacción entre sus distintas partes, en el campo de creación de Hoyle, al excluir la causa o acción de esa creación, no ocurriría esto, puesto que la presencia de la materia preexistente no es causa de la creación de la materia nueva sino, a lo más, condición *sine qua non*. Entonces, la acción creadora, que se termina en la materia nueva creada, no se sabe de qué provendría.

¹⁶ Cfr. ROMANÁ 1966, 197.

¹⁷ Cfr. *ibid.*, 198.

A pesar de ello, Bondi apoya la opinión de Hoyle al decir en el capítulo XII de su *Cosmología*: «De ahora en adelante la cosmología nueva hace del concepto de creación un concepto físico; permite estudiarlo por métodos físicos, en tanto que hasta ahora las otras cosmologías se contentaban con enviar a la metafísica toda cuestión que pudiese formularse sobre este punto»¹⁸. Pero, aunque Hoyle, Hawking, Bondi... pudieran llegar a describir, por medio de ecuaciones, según qué leyes por las que se realiza la creación del cosmos y puedan llegar a predecirla, no podrán *nunca* dar la explicación de por qué, cuando tales condiciones se verifican, la creación se produce. Y no les quedará más recurso que remitirse a la Metafísica. Asimismo, léase el siguiente comentario que hizo el matemático inglés Prof. Henry Thomas Herbert Piaggio (1884-1967), colaborador de la prestigiosa revista *Nature*, en su reseña del libro *Energy and Matter* del médico australiano Dr. Ralph Lyndal Worrall (1903-1995), donde éste último hace una crítica beligerante a la teoría del Prof. Edward Arthur Milne (1896-1950), astrofísico y matemático inglés, que apareció en el número de la revista *Nature* del 15 de octubre de 1949:

Las teorías físicas han de estar basadas por completo en la evidencia experimental y en la coordinación matemática de esta evidencia. Si están o no de acuerdo con la Teología o el materialismo dialéctico es algo improcedente para juzgarlas. Los más de nosotros pensamos que fue monstruoso que las teorías astronómicas de Galileo fuesen condenadas por el Santo Oficio. Pero esto ocurrió hace trescientos años y ya está pasado de moda. En cambio lo que sí es alarmante es que las teorías astronómicas del Prof. Milne sean condenadas por el Dr. Worrall *porque la escala cinemática del tiempo de Milne involucra un presupuesto teológico, a saber, un principio del tiempo y una supuesta creación del Universo*. Esperamos que no vamos a tener que contemplar un nuevo No-santo Oficio con poder para obligar a retractarse de las teorías que puedan ser consideradas como base apta para la Teología¹⁹.

Hemos visto, pues, cómo la *Teoría del estado estacionario* surge de una mentalidad materialista y atea sobre la creación continua. Sin embargo, como señala el P. Romañá, esa creación continua de Hoyle tiene que ser,

¹⁸ BONDY 1960, 140: «The steady-state theory differs from the theories so far discussed in that the problem of the origin of the universe, that is, the problem of creation, is brought within the scope of physical inquiry and is examined in detail instead of, as in other theories, being handed over to metaphysics».

¹⁹ PIAGGIO 1949, 635: «theories concerning physics should be based entirely on the experimental evidence available and the mathematical co-ordination of this evidence. Whether these theories agree or not with theology or dialectic materialism is entirely irrelevant. Most of us think it was monstrous that Galileo's astronomical theories were condemned by the Holy Office. However, this was more than three hundred years ago, and is now obsolete; but it is alarming that Prof. E. A. Milne's astronomical theories are condemned by Dr. Worrall on the ground that *Milne's kinematical time-scale involves a theological assumption, namely, a beginning of time at a supposed creation of the universe* (WORRALL 1948, 113). Let us hope that there will never arise a new Unholy Office, with power to force recantation of scientific theories which are considered likely to support theology».

necesariamente, una producción (creación) de la materia tan *ex nihilo* como la producción (creación) global de la materia en un momento inicial del universo (*Teoría del Big Bang*), puesto que tanto Hoyle como Bondi y Gold no pueden explicar cómo aparece esa nueva materia que se añade a la existente en la creación continua más que diciendo que la nueva materia aparece donde antes no había absolutamente nada²⁰. Además, esa producción *ex nihilo* de esa materia nueva exige, por el Principio de Causalidad, un Creador para que no se dé un efecto sin causa. Por lo tanto, como escribía con razón en 1950 el físico y filósofo de la ciencia inglés Herbert Dingle (1890-1978), sobre la teoría de Hoyle: «La hipótesis de la creación continua de materia nos exime, es verdad, de postular un único milagro inicial, pero a condición de que admitamos una serie continua de ellos»²¹.

Sin embargo, con la aparición del Teorema BGV²² (Borde-Guth-Vilenkin) en 2003, quedó refutada la posibilidad del modelo del estado estacionario. Bajo ciertas condiciones, el Teorema BGV es una refutación a la posibilidad de un universo eterno en el pasado, exigiendo la existencia de un comienzo. Dicho comienzo elimina la idea de repetición *ad infinitum*, implícita tanto en las cosmologías orientales como en la reciente concepción cosmológica de Stephen Hawking. Asimismo, el Teorema BGV es un fuerte apoyo teórico para la Teoría del *Big Bang*.

2. EVOLUCIÓN DE LA VIDA

Hace 4650Ma, nuestro Sol nació como una estrella de una nueva generación en la galaxia de la Vía Láctea. Los planetas empezaron a formarse a partir del disco de polvo y gas que rodeaba al joven Sol. Probablemente, la Tierra, empezó a partir de granos de polvo en ese disco, desarrollándose como una bola que se construía mediante colisiones y que se mantenía unida gracias a la gravedad. Las medidas de la radiación de elementos radiactivos en los meteoritos, que son restos de los materiales que formaron nuestro sistema solar, indican que nuestro planeta se formó hace 4600Ma. La primitiva Tierra continuó desarrollándose mediante un continuo bombardeo de cometas. Empezó a calentarse debido a este bombardeo, y también debido al calor radioactivo interno. El hierro se hundió hacia el centro y los minerales menos

²⁰ Debido a los postulados de su modelo del estado estacionario, ésta es la única explicación que pueden dar para que la densidad media del universo se mantenga invariable, puesto que niegan la posibilidad de que la aparición de la nueva materia sea fruto de interacciones entre partículas preexistentes o bien de una conversión de la energía que contienen esas partículas en materia.

²¹ DINGLE 1950, 456-457: «It [continuous creation's hypothesis] exempts us from having to postulate a single initial miracle on condition that we admit a continuous series of miracles».

²² Cfr. BORDE et al. 2003.

pesados migraron hacia la superficie. Los cometas transportaban grandes cantidades de hielo a la Tierra, contribuyendo a la formación de los océanos. También trajeron materia orgánica que pudo contribuir a la emergencia de la vida. Hace 4000Ma, el bombardeo se hizo más lento, se desarrolló la corteza, la superficie se había enfriado, se habían formado los mares, y surgió la primera atmósfera²³.

Como vemos, nuestra galaxia, la Vía Láctea, está llena del conjunto de materiales para producir la vida durante generaciones de estrellas. Actualmente, los científicos han sido capaces de identificar moléculas orgánicas complejas y aminoácidos en nubes interestelares. Este material llegó a la Tierra introducido en cometas. El astrofísico inglés John R. Gribbin (1946-) lo explica así: «La materia prima a partir de la cual se formaron las primeras moléculas vivas en la Tierra fue traída a su superficie en minúsculos granos de material interplanetario, que en el corazón helado de cometas fueron preservados de entre los residuos interestelares de la nube molecular gigante, a partir de la cual se formó el Sistema Solar»²⁴.

Ahora bien, la probabilidad de que una estrella adecuada tenga un planeta a la distancia adecuada, y adecuado también para la vida, se estima en 2/100000. Además, hace falta también una estabilidad climática, que en la Tierra es debida, en parte, a la Luna; pues, si la Tierra no tuviera la Luna, la inclinación de su eje variaría caóticamente, lo que implicaría una gran inestabilidad climática que dificultaría la existencia de vida en la superficie de la Tierra. Así, la probabilidad de existir un planeta como la Tierra es, pues, bastante inferior a 2/100000.

Aunque, a día de hoy, no se sabe exactamente cómo surgió la vida, sí sabemos que ésta tuvo lugar gracias al surgimiento de las biomoléculas (moléculas complejas compuestas principalmente por C, H y O, junto con nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S), entre otros elementos químicos). Luego, durante una fase de enfriamiento lento de los planetas, con altas presiones y temperaturas moderadas, se formaron moléculas inorgánicas simples, como silicatos o carbonatos, gracias a los enlaces químicos. Estas moléculas primarias eran necesarias para el siguiente paso evolutivo: la formación de moléculas complejas.

Pero, hay otros factores planetarios que considerar para el surgimiento de la vida en la Tierra, como la necesidad de una protección contra la radiación cósmica. Así, la vida no empezó a surgir en la superficie de la Tierra hasta que no hubo una capa de ozono (O₃) que absorbiera las radiaciones ultravioletas. Así, pues, al cabo de varios billones de años, la atmósfera de la Tierra, originalmente compuesta por metano (CH₄), hidrógeno (H₂), amoníaco (NH₃) y dióxido de carbono (CO₂), se convirtió en un lugar rico en oxígeno (O₂), gracias a la fotosíntesis producida por cianobacterias.

²³ Cfr. EDWARDS 2004, 11.

²⁴ GRIBBIN 2001, 178: «The raw material from which the first living molecules were assembled on Earth was brought down to the surface of the Earth in tiny grains of interplanetary material, preserved in the frozen hearts of comets from the interstellar debris of the giant molecular cloud from which the Solar System formed».

Sin embargo, para conseguir materia viva, hacen falta moléculas que contengan información y que puedan dirigir su propia replicación o reproducción. Estas biomoléculas son los compuestos químicos que se producen naturalmente en los organismos vivos. Los tipos principales son los carbohidratos, aminoácidos y proteínas, polisacáridos, lípidos y ácidos nucleicos (ARN y ADN), y a menudo están formados por largas cadenas.

Pero, para abordar la relación entre materia y vida, se debe tener en cuenta la emergencia de nuevas propiedades, funcionalidades y potencialidades en función de la estructura. Es decir, una molécula tiene propiedades muy distintas de las de sus componentes por separado.

Esas biomoléculas se combinaron entre sí y desarrollaron las estructuras de las membranas de superficie. Hace entre 3800 y 4100Ma, aparece una nueva estructura a partir de ellas: la célula. Una célula es más que la simple suma de sus constituyentes; es decir, el todo es más que la suma de las partes. La célula tiene un nivel de complejidad muy alto y tiene capacidad de crecimiento y autorreproducción. Vemos, pues, cómo sigue esa dinámica creativa primera, aunque ahora de forma distinta. Ahora, las leyes que describen esta etapa de la evolución del universo son las leyes de la química y la biología. No obstante, en ellas sigue vigente la formación de estructuras cada vez más complejas y con propiedades emergentes. Los primeros fósiles que tenemos de seres vivos son los estromatolitos, estructuras que se formaban cuando las bacterias depositaban laminillas configuradas a partir de granos minerales. Existe evidencia de señales de vida, encontradas en el carbón de las rocas de Groenlandia, datado en 3850Ma.

Inicialmente, las células eran simples procariotas, es decir, sin núcleo. Pero, más tarde, hace 1400Ma aparecieron células más sofisticadas, con núcleo (eucariotas). Y, aún más tarde, hace 700Ma, surgieron sobre la Tierra los organismos pluricelulares, que podían utilizar oxígeno para producir energía, comenzando la especialización de las células, cuya agrupación forma un tejido. Y diferentes tipos de tejidos forman un órgano que efectúa una función particular. Varios órganos funcionando conjuntamente conforman un organismo, que tiene almacenada toda su información en el ADN, situado en el núcleo de las células, y que constituye el genoma. La información del ADN se traduce en proteínas por medio de un código genético; y esta información genética se transfiere parcialmente a los descendientes.

Los primeros animales pluricelulares que aparecen en la relación de fósiles hallados son la fauna Ediacara, de hace 580Ma. Los fósiles nos dan información de una maravillosa explosión de formas de vida en el mar, durante el período Cámbrico (545-495Ma atrás), al tiempo que los animales crecían en tamaño y desarrollaban caparazones y esqueletos. Hace unos 375Ma, los primeros vertebrados se trasladaron a tierra firme. Hubo una gran extinción de vida hace 248Ma, en la cual se perdió el 90% de las especies marinas. A continuación, hubo un período durante el cual la vida floreció, con los dinosaurios, los reptiles voladores, los reptiles marinos y los mamíferos. Fueron los períodos Triásico (248-206Ma atrás) y Jurásico (206-144Ma atrás). Los pájaros y las plantas

fanerógamas aparecieron al principio del período Cretáceo (144-65Ma atrás). Al final de este período, hace 65Ma, probablemente debido al impacto de un gran cometa, los dinosaurios, junto con más de la mitad de las especies vivientes de la Tierra, desaparecieron. La extinción de los dinosaurios dejó hábitats que fueron ocupados por los mamíferos. Éstos proliferaron y se diversificaron. Aparecieron los primates, los caballos, y los mamíferos marinos²⁵.

Como puede verse, la aparición de niveles superiores de vida surge como resultado de agregaciones cooperativas, que a su vez, competirán entre sí. La cooperación de células procariotas da lugar —como mostró Lynn Margulis²⁶— a las células eucariotas. La cooperación entre éstas dio lugar a agregados pluricelulares indiferenciados, que llegarán a ser organismos pluricelulares diferenciados. Vemos, pues, cómo la evolución va avanzando fragmentariamente. Así, todos los organismos vivos comparten la misma estructura celular y el mismo código genético, lo cual representa una sólida evidencia de que todos los organismos vivos comparten un ancestro común, a partir del cual todos ellos evolucionaron²⁷.

Hemos visto cómo la evolución de la vida en la Tierra se ha prolongado, al menos, durante 3000Ma, y, afortunadamente, todavía hoy continúa. Se han hallado registros fósiles antiguos en rocas sedimentarias, es decir, en rocas que se han formado en el fondo de los lagos o del océano. Los depósitos sedimentarios se forman continuamente por alteración de las rocas que están expuestas al aire y a la humedad, proceso que conduce a la fragmentación de los materiales superficiales de la corteza terrestre. A continuación, el aire y el viento se encargan de transportar los fragmentos a niveles inferiores situados en el fondo de los lagos y océanos. Los depósitos sedimentarios incluyen también productos procedentes de la actividad biológica, consistentes en compuestos bioquímicos producidos por los organismos vivos, y en fósiles microscópicos y macroscópicos. Todos estos materiales son depositados y comprimidos hasta formar capas estratificadas de rocas en un proceso que dura largos períodos de tiempo geológico.

Las rocas sedimentarias constituyen una capa relativamente delgada en la superficie terrestre, ya que su grosor es por término medio de 2.5km. Esta capa muestra un gradiente de la composición y contiene importante información acerca de nuestro pasado. Poco después de la solidificación de la corteza terrestre (hace aproximadamente 4600Ma), se puso en marcha el proceso de erosión por parte del agua y del aire, y se inició también el proceso de sedimentación. Es posible datar cada capa mediante el empleo de varias técnicas según distintos tipos de radiactividad. Los depósitos sedimentarios más antiguos se han localizado cerca de la frontera de Sudáfrica con Suazilandia, en el *Transvaal central*. La zona de *Barberton Mountain* (Sudáfrica) abarca unos centenares

²⁵ Cfr. EDWARDS 2004, 11-12.

²⁶ Cfr. MARGULIS 2002.

²⁷ Cfr. LOZANO 2011.

de kilómetros cuadrados de terrenos geológicos extremadamente importantes, incluyendo las rocas de Onverwacht, depositadas hace aproximadamente 1700Ma²⁸.

Así que lo que sabemos sobre la evolución biológica está fundado en los conocimientos geológicos. El largo período de tiempo desde la formación de la Tierra permite ubicar los seres vivos en una evolución progresiva donde el efecto a largo plazo permite variaciones importantes. Cabe decir que los seres vivos se inscriben en un ambiente preciso, donde el estudio ecológico ha llevado a tener en cuenta la importancia de las condiciones de vida. Así, el medio ambiente da las posibilidades e impone las constricciones. En caso de modificación del medio ambiente, los seres vivos deben adaptarse, cambiar o extinguirse. Otra serie de hechos los proporciona la embriología, que permite revelar los mecanismos internos de regulación y de programación del ser vivo. Pero, todos estos hechos del proceso evolutivo se deben interpretar; y su interpretación se funda en los principios de otro orden, el orden filosófico. Estos principios fundantes se configuran en una filosofía de la naturaleza.

No obstante, debemos recordar lo que dijo el premio Nobel de Física de 1998, Robert B. Laughlin (1950-) en su autobiografía: «Soy carbono, pero no necesito haberlo sido. Tengo un significado que trasciende a los átomos de los que estoy hecho»²⁹.

Como hemos visto ya, el descubrimiento de la expansión del universo, hacia el año 1929, introdujo la idea de un universo dinámico. Pero, setenta años antes, la teoría de la evolución biológica ya había introducido la idea de un dinamismo global de la vida, con una historia y una diversificación de las especies, y la geología había preparado esta idea con el concepto de un dinamismo de la Tierra. Todo, pues, parece estar sometido al cambio.

Así pues, como la define Jacques Monod³⁰, la vida es un proceso de morfogénesis espontáneo y autónomo que reposa en las propiedades de reconocimiento de las proteínas, que dan lugar a una aparición de orden, de diferenciación estructural, a partir de una mezcla desordenada de moléculas individualmente desprovistas de toda actividad. Este surgimiento de la complejidad es posible por la información que ya estaba presente, aunque sin expresar, en los componentes proteínicos. La capacidad que tienen los ácidos nucleicos para autorreplicarse es lo que posibilita que las perturbaciones no solo no destruyan las estructuras presentes, sino que permitan el surgimiento, a través de las mutaciones, de novedades capaces de mantenerse y reproducirse, y de dar lugar, por tanto, a la evolución de las formas vivas.

²⁸ Cfr. HOYLE & WICKRAMASINGHE 1982.

²⁹ LAUGHLIN 1998: «I am carbon, but I need not have been. I have a meaning transcending the atoms from which I am made».

³⁰ Cfr. MONOD 1981.

3. LA TEORÍA DE LA EVOLUCIÓN DE DARWIN

La teoría de la evolución biológica vino a romper con la visión estática y prediseñada del mundo. En realidad, esta teoría forma parte de toda una nueva aproximación al estudio del pasado de la Tierra. Antes de que Charles R. Darwin (1809-1882) abordara el problema del origen de las especies, los geólogos y cosmólogos habían comenzado ya a desafiar la cosmovisión fijista medieval, postulando que la propia Tierra, e incluso el universo, habían cambiado significativamente desde su origen. Esta visión de un universo físico en evolución permitió imaginar que los seres vivos también podían estar sometidos al cambio natural.

Una de las características del pensamiento científico moderno es que todos los rasgos del mundo natural, cosmológico, geológico y biológico, pueden ser explicados como el resultado de fuerzas naturales actuando durante largos periodos de tiempo³¹.

Sin embargo, la idea de la evolución no era nueva, enciclopedistas como Diderot o el científico francés Maupertuis ya trabajaron con ella, pero ninguno de ellos dio con una respuesta satisfactoria que explicase por qué las especies cambian.

La primera teoría coherente de la evolución la propuso el naturalista y filósofo francés Jean B. de Lamarck (1744-1829). Lamarck quería explicar lo que le parecía una progresión de la naturaleza desde los organismos más pequeños hasta los animales y plantas más complejos. Para explicar esta evolución postuló varios principios: la existencia en los organismos de un impulso interno hacia la perfección, la capacidad de los organismos para adaptarse a su entorno, la generación espontánea y la famosa teoría de la herencia de los caracteres adquiridos.

Lamarck estaba profundamente interesado en la *dimensión vertical* de la evolución, es decir, la evolución en su dimensión temporal. Darwin, sin embargo, inicialmente, centró su interés en el problema de la diversidad, en la evolución de las especies a través de la diversificación geográfica, la *dimensión horizontal* de la evolución. Ese interés se despertó por su tan narrado viaje alrededor del mundo en el Beagle (1831-1836).

Darwin sabía que para convencer a los creacionistas no bastaba con probar que las especies modernas eran descendientes modificados de especies más tempranas, sino que tenía que demostrar cómo había ocurrido este proceso y por qué estaban adaptadas a sus entornos locales.

3.1. *La observación como método*

A lo largo de su viaje en el Beagle, Darwin realizó observaciones científicas sobre el origen de los volcanes y de los terremotos, sobre la formación de los

³¹ Cfr. BOWLER 1984.

arrecifes de coral y sobre la interpretación de los fósiles de grandes mamíferos extinguidos. También sobre la diversidad de los tipos humanos y sobre la velocidad de depósito de los sedimentos de los Andes y el tiempo geológico. Así, pues, en Darwin encontramos dos grandes etapas en sus observaciones científicas: la etapa geológica (1831-1851) y la etapa biológica (1852-1882).

No obstante, en tiempos de Darwin, los naturalistas ya habían recopilado gran cantidad de información sobre el mundo natural y la habían sistematizado. Los taxonomistas habían conseguido clasificar los organismos en una jerarquía de dos reinos (animales y plantas) divididos en *phylum*, que a su vez se subdividían en clases, ordenes, familias, géneros y especies³².

Pero Darwin, con su teoría sobre la evolución de las especies, logró unificar la Biología construyendo un sistema coherente a partir de un aparente marasmo de hechos. Las numerosas formas de vida de nuestro planeta son fácilmente separables en especies, y el número de estas especies es, desde luego, muy elevado.

En el seno de una especie dada, los organismos que la componen tienen mayor semejanza entre sí que con los miembros de otra especie distinta, y casi sin excepción, la reproducción sólo es posible entre individuos de una misma especie.

¿Por qué las especies difieren unas de las otras? ¿Existe alguna relación entre los organismos que en la actualidad pueblan la Tierra y los fósiles hallados en la corteza terrestre? ¿Cómo se modifican las especies como respuesta a los cambios, tanto climáticos como ecológicos, que se producen en su medio ambiente? La Teoría de la Evolución de Darwin proporciona respuestas adecuadas a estas preguntas.

Durante su épica singladura en el Beagle, la creencia de Darwin en la evolución se originó, fundamentalmente, a partir de cuatro grupos de observaciones:

- 1) La presencia de especies emparentadas, aunque distintas, en áreas contiguas de los continentes.
- 2) Las semejanzas estructurales entre las formas de vida actuales y las fósiles correspondientes a una misma área.
- 3) Las semejanzas entre las especies que viven en las islas y las que se encuentran en los continentes próximos.
- 4) Las diferencias en cuanto a los tipos de vida y hábitos alimentarios entre especies que viven en islas muy próximas, en el caso del archipiélago de las Galápagos.

De estas observaciones, saca Darwin los siguientes principios:

- (i) En la reproducción de los seres vivos, las propiedades de los padres se transmiten a los hijos.
- (ii) Los organismos dentro de una población no son todos iguales, se da una variación natural de propiedades.

³² Cfr. MAYR 1982.

- (iii) En cada sistema ecológico, se producen muchos más descendientes de los que, en comparación con los recursos disponibles, podrían sobrevivir.

Todos estos hechos pueden explicarse fácilmente si aceptamos que las distintas especies no han sido creadas individualmente sino que proceden, a través de continuas modificaciones, de formas ancestrales comunes.

Darwin en su obra *El origen de las especies*³³, se enfrentó al reto de tratar de convencer a sus contemporáneos de que las especies no habían sido creadas con sus formas actuales, sino que habían evolucionado en el tiempo.

Ciertamente, el propio Darwin no probó la existencia de la evolución. Se limitó a afirmar que con la evolución es posible dar explicación a numerosos hechos empíricos que de otra forma es difícil comprender³⁴.

No obstante, como veremos a continuación, la gran aportación de Darwin fue proporcionar un posible mecanismo que explicase la evolución: la *selección natural*. La selección natural permitía dar cuenta de las causas del diseño adaptativo de la vida sin recurrir a una explicación teológica. Sin embargo, durante los años siguientes a la publicación de *El origen de las especies*³⁵, aunque se constató una positiva acogida del principio del origen común de las especies, de la aceptación del hecho de la evolución —la mayoría de los naturalistas se hicieron evolucionistas— no se aceptó igualmente el mecanismo de la selección natural. Uno de los principales problemas que planteaba la teoría de Darwin a los biólogos, sobre todo a los morfólogos y experimentalistas, herederos de la morfología trascendental pre-darwiniana, era el carácter fundamentalmente histórico que imprimía a las formas orgánicas³⁶.

3.2. *Los postulados de la teoría de Darwin*

La teoría completa de Darwin se publicó el 22 de noviembre de 1859 en su obra *On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life*. Su argumentación constaba de varias subteorías o postulados, de los que podemos destacar los cuatro fundamentales³⁷:

i) *Evolucionismo*. El mundo no es estático, evoluciona. Las especies cambian continuamente, surgen unas y se extinguen otras. El registro fósil muestra que los organismos, cuanto más antiguos son, más diferentes son a los actuales.

ii) *Gradualismo*. El proceso evolutivo es gradual y continuo. No consiste en cambios súbitos y saltos discontinuos. En este caso, las discontinuidades en el registro fósil se interpretan como una imperfección del mismo.

iii) *Origen común*. Darwin fue el primero en postular que todos los organismos descienden de ancestros comunes por un continuo proceso de

³³ Cfr. DARWIN 1859.

³⁴ Cfr. HOYLE & WICKRAMASINGHE 1982.

³⁵ Cfr. DARWIN 1859.

³⁶ Cfr. RUSSELL 1916.

³⁷ Cfr. MAYR 1982.

ramificación. Mientras que Lamarck consideraba que cada organismo o grupo de organismos representa una línea evolutiva independiente originada por generación espontánea que evolucionaba debido a un impulso interno hacia la perfección, Darwin defendía que los organismos semejantes estaban emparentados y descendían de un ancestro común. Esto implicaba que los organismos vivientes podían remontarse hasta un origen único de la vida.

iv) *Selección natural*. La selección natural constituía la clave para interpretar su propio esquema. Es un proceso que consta de dos fases. En primer lugar está la producción de variabilidad. Darwin no conocía el origen de esa variación, pero tenía un conocimiento empírico de la enorme reserva de diferencias intraespecíficas. La segunda fase es la selección a través de la supervivencia en la lucha por la existencia.

Como vemos, la argumentación de Darwin era sorprendentemente sencilla. Los organismos tienden a tener muchos descendientes. Como estos descendientes, a su vez, dejarán muchos descendientes, la población crecerá rápidamente, hasta llegar a un punto en el que los recursos disponibles no sean suficientes para mantenerla. Entonces, muchos organismos morirán antes de tener descendencia.

No obstante, la Teoría de la Evolución de Darwin describe bien la micro-evolución, es decir, la evolución a escala filogenética dentro de un mismo género o familia. Sin embargo, por el avance de la genética y, sobre todo, con la teoría cromosómica de la herencia de los caracteres adquiridos, llegó la crisis del darwinismo clásico. Los biólogos se preguntaban cómo compaginar la existencia de la selección natural (que es un proceso gradual y continuo) con las mutaciones (que son discontinuas).

4. LA TEORÍA SINTÉTICA DE LA EVOLUCIÓN

Tras la publicación de la obra de Darwin, los debates y las polémicas ocupan todo el final del s.XIX. Pero, con el cambio de siglo llegó la crisis. Algunos científicos de la primera mitad del s.XX creían que había que *enterrar* a Darwin y a sus teorías. Incluso, Darwin era considerado anticientífico y contrario a las teorías biológicas de moda, basadas en la genética y las mutaciones. Pero, Darwin abrió una brecha que nunca se cerró del todo. Bastaban algunos datos nuevos para reconstruir el paradigma bajo aspectos diferentes.

La solución al problema que planteaba la *herencia por mezcla* se encontraba en la literatura de la época. Gregor Mendel, un monje agustino austriaco, con una sólida formación como físico, publicó en 1866 un artículo titulado *Versuche über Pflanzen-Hybriden* (Experimentos sobre híbridos de plantas) en las *Actas de la Sociedad de Historia Natural de Brno*, que supondría un hito en la historia de la biología. En ese artículo, describía los resultados de los experimentos que había realizado con guisantes de jardín durante unos 8 años, resultados que mostraban que ciertos rasgos característicos de la especie eran

transmitidos por cada progenitor a la generación siguiente mediante unidades discretas, denominadas *factores* (que ahora denominaríamos *genes*), unidades que se conservan sin cambios, es decir, no *mezclables*, que se recombinan de nuevo en cada generación según unas proporciones determinadas.

La conclusión de los resultados de Mendel es que las propiedades no se heredan por mezcla del material hereditario de padre y madre, sino en forma de factores de herencia. Así, para un factor determinado, se da una variante paterna y otra materna, y cada uno de ellos contiene una de las dos variantes, del padre y la madre.

Luego, los cambios en la herencia genética (mutaciones) se producen de dos modos distintos:

- los factores hereditarios se recombinan de distintas maneras y así surgen nuevas combinaciones con nuevas propiedades para el individuo portador.
- se presentan cambios en cada paquete de genes y salen variantes auténticamente nuevas (que se llaman *alelos*).

Es decir, Mendel encuentra que los caracteres son discontinuos en la herencia genética. Luego, la evolución podría ser fácilmente explicada únicamente en términos de herencia genética y mutación³⁸.

Así pues, durante los primeros años del s.XX, los científicos tenían ideas diferentes sobre las causas del cambio evolutivo. La mayor parte de naturalistas y paleontólogos pensaban que la evolución era el resultado de la selección natural actuando sobre pequeñas diferencias intraespecíficas, mientras que los primeros genetistas enfatizaban el papel de la macro-mutación.

Estas contradicciones entre la Teoría de la Evolución de Darwin y la Genética de Mendel siguieron hasta después de la IIª. Guerra Mundial, cuando se hizo una síntesis de ambas teorías, llegando así a la Teoría Sintética de la Evolución³⁹.

Durante la década de los años veinte, se consiguió probar que la mayoría de las mutaciones tienen efectos pequeños, y que las grandes mutaciones que defendían los primeros genetistas eran improbables. Todos estos descubrimientos contribuyeron a reforzar el núcleo de las ideas darwinianas.

Aparecen nuevas ideas que fecundarán las tesis de Darwin. Éstas se basan en la aplicación de técnicas estadísticas a la Biología, lo cual abrió la puerta al nacimiento del movimiento científico del *neodarwinismo* en los años 30 del s.XX (aunque este término fue acuñado a finales del s.XIX por Georges J. Romanes), con el intento de armonizar mejor la teoría de Darwin con las mutaciones de Mendel.

Después del redescubrimiento de Mendel a principios del s.XX por H. M. De Vries (1848-1935) —quien había acuñado el término *mutación*— y K. Correns (1864-1933), la genética mendeliana dio lugar a la teoría mutacionista para explicar el origen de la novedad.

³⁸ Cfr. BOWLER & MORUS 2007.

³⁹ Cfr. SEQUEIROS 2009b.

Pero, fue el médico y biólogo americano T. H. Morgan (1866-1945), premio Nobel de fisiología y medicina del 1933, quien integró el modelo teórico de Mendel con la teoría cromosómica de la herencia, dando lugar así a la Genética clásica.

Son dos los conceptos que forman la idea neodarwinista de los procesos de la evolución: (a) las mutaciones y los sucesos de recombinación no persiguen finalidad alguna; (b) las ventajas de los cambios y las adaptaciones aparecen sólo *a posteriori*, como consecuencia de la optimización⁴⁰ por medio de la variación y la selección.

La causa de la variabilidad son pequeños cambios constantes que no se pueden medir, consecuencia de un proceso de propagación no perfecto del todo. La consecuencia de ello es que todas las propiedades que repercuten positivamente en el número de los descendientes tienen un efecto de retroalimentación.

La evolución es explicada, pues, por cambios genéticos de poblaciones, debidos a las mutaciones y al principio de selección natural. Según el neodarwinismo:

- Se conserva el gradualismo. La evolución es concebida como un proceso lento sin cambios, que explicaría tanto la anagénesis⁴¹ como la cladogénesis⁴².
- El fenotipo⁴³ es siempre una manifestación del genotipo⁴⁴. El grado de diferencia morfológica es proporcional al grado de diferencia genética.

⁴⁰ Como señala Schuster, experimentos de laboratorio a propósito de la evolución han mostrado que, de hecho, es posible una optimización gradual de las propiedades de las moléculas mediante un proceso darwiniano. Aun cuando la frecuencia de las mutaciones individuales no está en relación alguna con su efecto, bien puede afirmarse que la selección se orienta hacia un proceso evolutivo: se escogen aquellas variantes que tienen más descendientes. En este sentido, la evolución correspondería a la técnica matemática de optimización de Monte Carlo, en la que las transiciones producidas por un proceso casual sólo se aceptan en el caso de que sirvan para mejorar la solución. Luego, podríamos decir que la teleología que quieren evitar tanto los biólogos, se substituiría por una teleonomía (término acuñado por Pittendrigh). Es decir, los seres vivos persiguen ciertamente objetivos, aunque la orientación hacia un fin sería sólo aparente, es decir, no es condición o fuerza motriz, sino el resultado del proceso de la evolución. La teleonomía consiste en las condiciones físicoquímicas y biológicas que determinan la aparición de la conciencia en el proceso evolutivo. Cfr. SCHUSTER 2008, 25-56.

⁴¹ La anagénesis o evolución filética es la evolución progresiva de las especies que implica un cambio en la frecuencia genética de una población entera en lugar de un suceso de bifurcación. Así, en la anagénesis, los cambios graduales conducen hacia el desarrollo de una especie nueva que sustituye a la antigua.

⁴² La cladogénesis es un suceso de bifurcación evolutiva en el que cada rama y sus ramas más pequeñas son un *clado*; un mecanismo evolutivo y un proceso de evolución adaptativa que conduce hacia el desarrollo de una mayor variedad de organismos.

⁴³ El fenotipo significa las manifestaciones aparentes del patrimonio hereditario del individuo más o menos modificado por el medio ambiente.

⁴⁴ El genotipo es la totalidad de la información genética que posee un organismo en particular, en forma de ADN. Junto con la variación ambiental que influye sobre el individuo, codifica su fenotipo.

- El desarrollo del individuo desde la etapa embrionaria al adulto, no aporta ningún conocimiento especial, lo que ponía en cuestión la ley biogenética de Haeckel⁴⁵.

Toda esta serie de nuevos desarrollos en la teoría evolutiva desde Darwin llevaría a una síntesis, que se expresó y comentó ampliamente a lo largo de los años 30 y 40, que serviría para llegar a un acuerdo en la comunidad biológica, con respecto a los principios fundamentales de la evolución. Esta síntesis moderna ampliaba la teoría de Darwin a la luz de la teoría cromosómica de la herencia, la Genética de poblaciones y el concepto biológico de *especie*, y se caracterizó por un rechazo total de la herencia de los caracteres adquiridos, un énfasis en la condición gradual de la evolución y el reconocimiento de la importancia decisiva de la selección natural⁴⁶.

Con la introducción de la Genética de poblaciones en el pensamiento científico, aparece la llamada Nueva Síntesis o Teoría Sintética de la Evolución, que hemos enunciado antes. Con la Bioestadística, se descubre que lo que evoluciona no es el individuo en particular, sino las poblaciones en conjunto.

Se considera a Theodosius G. Dobzhanski (1900-1975) como el padre de la *Nueva Síntesis*, al publicar en 1937 *Genetic and the origin of species*. A sus ideas se unen los zoólogos Robert E. Grant y Julian S. Huxley —quien acuñó en 1942 la expresión *Síntesis Moderna*—, el ornitólogo Ernst W. Mayr, el botánico George L. Stebbins, el genetista Edmund B. Ford y el paleontólogo Georges G. Simpson, entre otros.

La Teoría Sintética de la Evolución intenta armonizar tres factores que hasta entonces se consideraban irreductibles con las ideas de Darwin:

- (i) Las *mutaciones* (o cambios de diversa índole en los cromosomas, o más concretamente, los cambios de composición y de ordenación de los genes).
- (ii) La *selección natural*, es decir, el éxito diferencial de los nuevos caracteres que depende de la presión selectiva del medio sobre el desarrollo y funcionamiento de los organismos. Entonces las mutaciones serían causa y el medio actuaría como condicionante.
- (iii) Los mecanismos de *aislamiento* (tanto geográfico, como etológico, como de otro tipo). El aislamiento es una condición negativa de la evolución: cuanto más pequeña es la población y mayor y más continuado sea el aislamiento, la posibilidad de cambio evolutivo continuado en el tiempo es mayor.

La *Síntesis Moderna* es, pues, el resultado de la convergencia de tres

⁴⁵ La ley biogenética de Ernst Haeckel postulaba que la ontogenia, o desarrollo embrionario de un animal, era una recapitulación breve de su filogenia o secuencia evolutiva. O sea, que en los embriones se resumían las transformaciones experimentadas durante su evolución como especie y se podían observar consecutivamente las especies antecesoras.

⁴⁶ Cfr. GARCÍA AZKONOBETA 2005.

disciplinas: la Genética, la Paleontología y la Zoología. Los esfuerzos individuales de cada uno de estos campos confluyeron en el famoso Congreso de Princeton (1947). Este congreso culminó con un acuerdo general entre las diferentes disciplinas biológicas y paleontológicas, que llevó a la aceptación de la Genética de poblaciones⁴⁷.

La *Síntesis Moderna* tiene cinco presupuestos esenciales:

(i) La selección natural es la principal fuerza directriz de la evolución (restringida fundamentalmente al nivel individual).

(ii) Las mutaciones son aleatorias con respecto a las necesidades adaptativas del organismo.

(iii) Hay recombinación en poblaciones con reproducción sexual.

(iv) Se da una prevención del flujo genético debido a un aislamiento geográfico o ecológico, y mecanismos de aislamiento genéticos.

(v) Existe una deriva genética, es decir, una pérdida aleatoria de genes del acervo genético, en poblaciones pequeñas o en poblaciones cuyo tamaño o distribución geográfica cambia rápidamente.

Además, de estos cinco componentes pueden derivarse varios otros.

Cabe recordar que la Teoría Sintética de la Evolución o de la Biología evolutiva es una teoría macroscópica y, por tanto, no se basa en estructuras moleculares.

Por otro lado, la Teoría Sintética rechaza, entre otras cosas:

(i) Macromutaciones o mutaciones sistémicas

(ii) Herencia lamarckiana.

(iii) Evolución progresiva como una tendencia inherente.

(iv) Despliegue y evolución autónoma de taxones superiores.

(v) Ortogénesis (evolución dirigida internamente).

(vi) Autogénesis (evolución autónoma de taxones sin interacción con el entorno).

(vii) Bauplanes (tipos como actores en la evolución).

(viii) Saltaciones (saltos de un taxón ancestral a un taxón descendiente).

(ix) Evolución cíclica, es decir, evolución de taxones superiores en analogía al ciclo vital de un individuo (nacimiento, juventud, madurez, senectud).

No obstante, el consenso alcanzado en la *Síntesis Moderna*, sobre los mecanismos y modos de actuación de la selección natural, empezó pronto a desgajarse⁴⁸.

A pesar de ello, de acuerdo con Adrian Walker, hay que considerar que aún pervive un darwinismo estricto o ultradarwinismo, esto es, la tesis según la cual la interacción entre mutación y selección natural sería ya una explicación suficiente del nacimiento de nuevas formas de vida⁴⁹.

⁴⁷ Cfr. SEQUEIROS 2009b.

⁴⁸ Cfr. REIF, JUNKER & HOßFELD 2000.

⁴⁹ Cfr. DELSOL 1995.

Sin embargo, las teorías contemporáneas de la evolución se oponen claramente al ultradarwinismo, por lo que algunas fueron rechazadas durante decenios. Actualmente, se las integra, como complementarias, en una concepción darwinista más amplia, que se requiere como explicación de la evolución biológica real. La mayor parte de ellas introducen la colaboración constructiva de una coevolución, ilustrando así el hecho de que en la evolución real no basta la simple causalidad ascendente individual, sino que se requiere también causalidad colateral y aun descendente.

CONCLUSIÓN

La evolución cósmica, biológica y antropológica que hoy contemplamos presenta un proceso, desde las partículas elementales a las sociedades humanas, con un claro carácter progresivo. Como hemos expuesto en este artículo, actualmente, la Teoría cosmológica del *Hot Big Bang* parece la más creíble, puesto que explica de forma razonable la formación de la materia en el universo, la aparición de las leyes físicas y, además, se ve confirmada por los complementos de la inflación y de la presencia de materia y energía oscuras en el universo. Consiguientemente, la Teoría de la Evolución —con todos sus complementos— presenta unos hechos que confirman, en mayor parte, sus postulados. Hemos querido subrayar aquí que en este proceso cosmo-bio-antropoevolutivo emergen realidades nuevas con propiedades nuevas, irreducibles a las de sus componentes.

BIBLIOGRAFÍA

- Abbott, B. P. et al. (2016). «Observation of gravitational waves from a binary black hole merger», *Physical Review Letters*, 116, pp.61102-1–61102-16.
- Ayala, F. J. (2007). *Darwin y el Diseño Inteligente. Creacionismo, Cristianismo y Evolución*. Madrid: Alianza Editorial.
- Bondi, H. (1960). *Cosmology*, 2ª ed. Londres: Cambridge University Press.
- Borde, A., Guth, A. H., Vilenkin, A. (2003). «Inflationary spacetimes are incomplete in past directions», *Physical Review Letters*, 90, pp.151301-1–151301-4.
- Bowler, P. J. (1984). *Evolution: The History of an Idea*. Berkeley (Estados Unidos): University of California Press.
- , Morus, I. R. (2007). *Panorama general de la ciencia moderna*. Barcelona: Crítica.
- Darwin, C. R. (1859). *On the origin of species by means of natural selection or the preservation of favoured races in the struggle for life*. Londres: John Murray. (Las citas están tomadas de la 6ª edición de 1872, siguiendo la paginación de *The origin of species by means of natural selection*, Signet Classics, Nueva York, 2003)
- Delsol, M. (1995). «La théorie synthétique de l'évolution. Essai d'analyse épistémologique», *Revue Philosophique de Louvain*, 93, pp.93-110.
- Dingle, H. (1950). «Does the «New Cosmology» Exist?», *The Listener*, 2 de noviembre, pp.456-457.

- Doncel, M. G. (2003). *El diálogo teología-ciencias hoy. II. Perspectivas científica y teológica*, Cuadernos del Institut de Teologia Fonamental, nº40. Barcelona: Cristianisme i Justícia.
- Edwards, D. (2004). *Breath of Life. A Theology of the Creator Spirit*, Orbis Books, Maryknoll (Nueva York).
- García Azkonobieta, T. (2005). *Evolución, desarrollo y (auto)organización. Un estudio sobre los principios filosóficos de la evo-devo*. Tesis doctoral, San Sebastián: Universidad del País Vasco.
- Gorbunov, D. S., Rubakov, V. A. (2011). *Introduction to the Theory of the Early Universe. Hot Big Bang Theory*. Singapur: World Scientific Publishing.
- Gribbin, J. R. (2001). *Stardust: The cosmic recycling of stars, planets and people*. Londres: Penguin.
- Guerra Sierra, A. (2011). *Hombres de ciencia, hombres de fe*. Madrid: Rialp.
- Guitton, J., Bogdanov, G., Bogdanov, I. (1992). *Déu i la Ciència*. Barcelona: Fundació Catalunya Cristiana.
- Hoyle, F., Wickramasinghe, N. Ch. (1982). *La nube de la vida. Los orígenes de la vida en el universo*, trad. F. Vallespinós. Barcelona: Crítica.
- Jou, D. (2014). «La evolución cósmica, biológica y antropológica» en E. Marlés (ed.), *Trinidad, universo, persona. Teología en cosmovisión evolutiva*. Estella (Navarra): Editorial Verbo Divino, cap.3.
- Laughlin, R. B. (1998). autobiografía consultada el 18 de agosto de 2011 en http://nobel-prize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1998/laughlin-autobio.html.
- Lewontin, R. C. (1970). «The units of selection», *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1, pp.1-18.
- Lozano, M. (2011). «De los quarks a las comunidades humanas, hacia el Dios trinitario. Un enfoque integral transdisciplinario de la creación evolutiva» en J. Romero Moñivas (ed.), *De las ciencias a la teología. Ensayos interdisciplinarios*. Estella (Navarra): Verbo Divino, pp.353-373.
- Margulis, L. (2002). *Planeta simbiótico: Un nuevo punto de vista sobre la evolución*. Madrid: Debate.
- Mayr, E. (1982). *The growth of biological thought. Diversity, evolution and inheritance*. Cambridge (Estados Unidos): Harvard University Press.
- Monod, J. (1981). *El azar y la necesidad*. Barcelona: Tusquets.
- Piaggio, H. T. H. (1949). «Energy and Matter» (book review), *Nature*, 164, nº 4172, p.635.
- Reif, W., Junker, T., Hobfeld, U. (2000).: «The synthetic theory of evolution: general problems and the German contribution to the synthesis», *Theory in Biosciences*, 119, pp.41-91.
- Romañá, A. (1966). *Idea sobre el estado actual de la Cosmología*, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Publicaciones del Observatorio del Ebro, nº 12, Tortosa.
- Russell, E. S. (1916). *Form and Function. A contribution to the History of Animal Morphology*. Chicago y Londres: The University of Chicago Press.
- Schuster, P. (2008). «Evolución y diseño. Ensayo de inventario de la teoría de la evolución», en S. O. Horn y S. Wiedenhofer (eds.), 2008: *Creación y evolución*. Barcelona: Claret, pp.25-56.
- Sequeiros, L., (2009a). «Lo que fue y lo que significó el evolucionismo de Darwin en la ciencia, la cultura y la religión de su tiempo», conferencia pronunciada en el curso *Origen y desarrollo de las especies y de la raza humana: el libro del Génesis y la Biología de Darwin*, Universidad Pontificia de Salamanca, El Burgo de Osma, 28 de julio.

- , (2009b). «La evolución y la actualidad de la biología evolucionista en el contexto de la ciencia actual», conferencia pronunciada en el curso *Origen y desarrollo de las especies y de la raza humana: el libro del Génesis y la Biología de Darwin*, Universidad Pontificia de Salamanca, El Burgo de Osma, 28 de julio.
- Worrall, R. L. (1948). *Energy and Matter*. Londres: Staples Press.

Facultat de Filosofia
Universitat Ramon Llull
ricard.casadesus@gmail.com

RICARD CASADESÚS

[Artículo aprobado para publicación en enero de 2018]