

Material de lectura num. 7 (obligatorio)

ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LA VIDA: APUNTES PARA UNA LECTURA TEOLÓGICA

Extracto del libro "Ciencia y religión: Dos visiones del mundo" (Agustín Udías Vallina).
Santander, Sal Terrae, 2010. Cap. 9 *El origen de la vida y el hombre*

El camino a la complejidad

En el universo primitivo, en las primeras fracciones de un segundo después del *big-bang*, la materia estaba formada únicamente por una especie de aglomerado de las partículas y antipartículas más simples (quarks y leptones) que se mantenían independientes a una enorme temperatura (10^9 K) y que continuamente interactuaban con los fotones portadores de la energía, convirtiéndose en energía y volviendo a aparecer como materia. Las entidades de la materia estaban, por tanto, exclusivamente formadas por los elementos más simples que conocemos. A partir de esos elementos simples, la materia empieza a agruparse y organizarse, creando compuestos cada vez más complejos. Primero, hacia unos 10^{-5} de segundo, se produce el confinamiento de los quarks para formar los protones, neutrones y mesones, los elementos constitutivos de la materia. Un segundo más tarde, cuando la temperatura ha bajado a unos 10^9 K, se forman los primeros núcleos de materia, formados por los núcleos de hidrógeno (un protón), deuterio (un protón y un neutrón) y helio (dos protones y dos neutrones). Al continuar la expansión y enfriamiento del universo, la densidad de la materia empieza a superar la de la radiación; unos trescientos mil años más tarde, la radiación se desacopla de la materia, quedando libres los fotones; y un poco más tarde empiezan a formarse los primeros átomos neutros mediante la captura de electrones por los núcleos. En este estadio, los únicos átomos que formaban la materia del universo eran los más sencillos: hidrógeno y helio, con una proporción semejante a la actual (75% de hidrógeno y 25 % de helio).



La fuerza gravitacional empieza a actuar sobre los átomos, agrupándolos y concentrándolos en ciertas regiones. Ya vimos cómo la heterogeneidad observada en la radiación cósmica de fondo ha mostrado que las condiciones iniciales del universo no eran totalmente isotrópicas y homogéneas, sino que se daban ya ciertas pequeñas heterogeneidades y estructuras. Estas estructuras se van a comportar como las semillas de las futuras concentraciones de materia y van a dar origen, unos 10 millones de años más tarde, a las futuras primeras galaxias. En estas galaxias se forman, entre 2.000 y 5.000 millones de años después, las primeras estrellas, formadas todavía exclusivamente por átomos de hidrógeno y de helio.

En el interior de las estrellas es donde se dan las condiciones de presión y temperatura para que, a partir de los átomos de hidrógeno y de helio, se sinteticen los átomos más pesados. Por ejemplo, tres átomos de helio dan uno de carbono. Carbono más helio, da oxígeno. Carbono, hidrógeno y oxígeno son los átomos básicos para la vida. En el interior de las estrellas, en este estadio primitivo del universo, se preparan ya los elementos necesarios para la formación de los seres vivos. Ahí es donde se sintetizan todos los demás átomos, hasta los más pesados. Hemos visto cómo las estrellas no son estáticas, sino

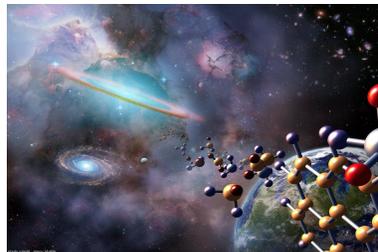
que están sujetas a una lenta evolución, uno de cuyos últimos estadios es la explosión de su capa externa, en lo que se conoce como una nova o super-nova, que aparece en el cielo con un enorme brillo. En esta explosión, los átomos pesados que se había sintetizado en su interior son expulsados al espacio interestelar, formando nubes de polvo. El material en las nubes de polvo interestelar empieza a aglutinarse por efecto de la fuerza de gravitación, para formar moléculas y agrupaciones que finalmente forman asteroides y pequeños planetas o planetesimales, que son atrapados gravitacionalmente por estrellas para formar discos de materia a su alrededor. A partir de estos discos, la materia se sigue agrupando para formar planetas, que giran alrededor de las estrellas. Algunos planetas son grandes globos de material ligero, prácticamente hidrógeno y helio, mientras que otros están formados por materiales de mayor densidad. Estos últimos suelen estar en órbitas más cercanas a la estrella. Hasta hace poco, sólo se conocían los planetas del sistema solar; pero, desde hace unos años, se han observado planetas en torno a otras estrellas. Hasta el presente, las observaciones han sido, sobre todo, indirectas, basadas en la influencia que los planetas producen en la estrella alrededor de la cual giran, aunque hay ya algunas observaciones más directas. Una de esas estrellas es el Sol, y uno de los planetas que giran alrededor suyo es la Tierra. El Sol no ocupa ningún lugar privilegiado dentro de nuestra galaxia, al estar situado cerca del borde de la misma. Se trata de una estrella normal, es decir, una estrella que se encuentra en lo que se llama la «secuencia principal», estable al menos en los próximos 6.000 millones de años.

De la materia inerte a la vida

Las rocas más antiguas de la tierra permiten determinar con bastante exactitud que la Tierra se formó hace 4.500 millones de años y ocupa la tercera órbita en torno al Sol, con Mercurio y Venus más cercanos a dicho Sol, y Marte, Júpiter y Saturno más distantes del mismo. La distancia de la Tierra al Sol (entre 143 y 152 millones de km.) es la adecuada para mantener una temperatura media en su superficie de 15°C, la necesaria para el desarrollo de la vida. Los planetas más cercanos tienen temperaturas muy altas, y los lejanos muy bajas. La presencia de un satélite, la Luna, relativamente grande, favorece la estabilidad del eje de rotación de la Tierra y la existencia de mareas altas que resultan en una estabilidad climática. De hecho, en los últimos 550 millones de años el clima de la Tierra ha sido muy estable, con variaciones de temperatura media global inferiores a 10°C, favoreciendo la evolución de vida compleja. En su interior, la Tierra tiene un núcleo metálico compuesto básicamente de hierro, que se encuentra en su parte externa fundido. El movimiento de este material produce la existencia del campo magnético terrestre que protege a la Tierra de radiaciones adversas, tanto solares como cósmicas. El campo magnético terrestre es, en realidad, como una especie de paraguas protector de la Tierra. La presencia de los grandes planetas, Júpiter y Saturno, protege a la Tierra de impactos, y su distancia al Sol y entre ellos es la adecuada para favorecer la estabilidad axial de la Tierra. Las rocas que forman la corteza terrestre son silicatos de aluminio y de sodio; y las más pesadas, silicatos y óxidos de magnesio y de hierro. El movimiento de las placas tectónicas y el volcanismo mantienen una dinámica que renueva continuamente parte del material de la corteza. La acción de la erosión conduce a la formación de rocas sedimentarias. La misma Tierra sólida es un planeta en continuo cambio, lo que también va a favorecer el desarrollo en ella de la vida. El 71% de la superficie de la Tierra está cubierto por océanos, con lo que el agua es un elemento abundante, necesario para el desarrollo de la vida. Envolviendo su superficie se encuentra la atmósfera, compuesta hoy de un 78% de nitrógeno y un 21% de oxígeno, con pequeñas cantidades de otros gases. La presencia de oxígeno en la

atmósfera, como ya veremos, es una contribución de los seres vivos; originariamente, la atmósfera carecía de oxígeno y estaba formada, además de por nitrógeno, por otros gases como dióxido de carbono, amoníaco y metano. Por su posición en el sistema solar, ni muy cerca ni muy lejos del Sol, la estabilidad de su rotación sobre sí misma y de su traslación alrededor del astro solar, su composición, su densidad (que da origen a un campo de gravedad moderado), la existencia de un campo magnético y la abundancia de agua en forma líquida, la Tierra reúne las condiciones adecuadas para que en ella se desarrolle la vida.

En su época más remota, no había vida sobre la Tierra. Cómo se formaron los primeros seres vivos sobre ella es un problema todavía no resuelto del todo. Darwin había especulado con que la vida podría haber empezado en aguas someras calientes con mezclas de amoníaco y sales fosfóricas, de forma que por la acción de la luz, el calor y la electricidad se formarían proteínas, cambios más complejos y, finalmente, los primeros seres vivos primitivos. Las primeras consideraciones sobre el origen de la vida, desde un punto de vista científico, fueron las del químico orgánico ruso Alexander Oparin en los años 1920 y 1930. Oparin supuso que en la atmósfera primitiva se encontraban ya los elementos necesarios para la vida, como metano, amoníaco, dióxido de carbono y agua. Por la acción del calor y de las descargas eléctricas, se habrían dado reacciones químicas que condujeron a la formación de aminoácidos, formados por cadenas de carbono unidas a hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. La unión de varios aminoácidos daría lugar a la formación de péptidos y, en cadenas muy largas, de proteínas. En las aguas someras calientes, en las que se habrían depositado estas sustancias, se darían procesos por los que la multiplicación de aminoácidos y proteínas llevaría a la formación de agregados que Oparin llamó «protobiontes», es decir, previos a la vida, a partir de los cuales podrían haber surgido formas primitivas de vida precursoras de las primeras células vivas. El proceso se proponía todavía a nivel especulativo, sin una base experimental que lo refrendase. Esta base la buscaron Stanley Miller y Harold Urey, de la Universidad de Chicago, en experimentos de laboratorio realizados a partir de 1953. En ellos demostraban que era posible la formación de moléculas orgánicas a partir de mezclas que simulaban la atmósfera primitiva, formada de nitrógeno, dióxido de carbono, metano, amoníaco y otros gases, sometidos a la acción de la radiación solar y de descargas eléctricas. Con estas condiciones, que simulaban las que se suponía pudieron haberse dado en la Tierra primitiva, consiguieron la formación de moléculas orgánicas de aminoácidos y aldehidos. La repetición de estos experimentos logró aumentar la complejidad de las moléculas orgánicas producidas, aunque quedaba todavía un largo camino por recorrer para llegar a la vida. Estos estudios demuestran, por lo menos, la posibilidad de la formación de los estadios previos a la vida a partir de la combinación de compuestos químicos no orgánicos, bajo ciertas condiciones, que pudieron haberse dado en la Tierra primitiva. El paso definitivo de la obtención de una célula viva a partir de estos compuestos no se ha llegado a conseguir. No se ha logrado todavía producir una célula viva en laboratorio, y tenemos que admitir que su producción sigue siendo todavía un misterio.



En los años 1920 y 1930, Oparin supuso que en la atmósfera primitiva se encontraban ya los elementos necesarios para la vida, como metano, amoníaco, dióxido de carbono y agua. Por la acción del calor y de las descargas eléctricas, se habrían dado reacciones químicas que condujeron a la formación de aminoácidos, formados por cadenas de carbono unidas a hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. La unión de varios aminoácidos daría lugar a la formación de péptidos y, en cadenas muy largas, de proteínas. En las aguas someras calientes, en las que se habrían depositado estas sustancias, se darían procesos por los que la multiplicación de aminoácidos y proteínas llevaría a la formación de agregados que Oparin llamó «protobiontes», es decir, previos a la vida, a partir de los cuales podrían haber surgido formas primitivas de vida precursoras de las primeras células vivas. El proceso se proponía todavía a nivel especulativo, sin una base experimental que lo refrendase. Esta base la buscaron Stanley Miller y Harold Urey, de la Universidad de Chicago, en experimentos de laboratorio realizados a partir de 1953. En ellos demostraban que era posible la formación de moléculas orgánicas a partir de mezclas que simulaban la atmósfera primitiva, formada de nitrógeno, dióxido de carbono, metano, amoníaco y otros gases, sometidos a la acción de la radiación solar y de descargas eléctricas. Con estas condiciones, que simulaban las que se suponía pudieron haberse dado en la Tierra primitiva, consiguieron la formación de moléculas orgánicas de aminoácidos y aldehidos. La repetición de estos experimentos logró aumentar la complejidad de las moléculas orgánicas producidas, aunque quedaba todavía un largo camino por recorrer para llegar a la vida. Estos estudios demuestran, por lo menos, la posibilidad de la formación de los estadios previos a la vida a partir de la combinación de compuestos químicos no orgánicos, bajo ciertas condiciones, que pudieron haberse dado en la Tierra primitiva. El paso definitivo de la obtención de una célula viva a partir de estos compuestos no se ha llegado a conseguir. No se ha logrado todavía producir una célula viva en laboratorio, y tenemos que admitir que su producción sigue siendo todavía un misterio.

Hace unos 3.800 millones de años, la Tierra, aún sin vida, estaba formada por continentes distribuidos de manera muy distinta de la actual, sometidos a una constante erosión, sacudidos por terremotos y afectados por erupciones volcánicas, con una abundancia de agua en los océanos y con una atmósfera, todavía sin oxígeno, compuesta de nitrógeno, dióxido y monóxido de carbono, metano, amoníaco y otros

gases. Con una temperatura adecuada, quizás un poco más alta que la actual, la radiación solar, en especial ultravioleta, fue haciendo posible, en zonas propicias de mares superficiales o lagos, la síntesis de moléculas orgánicas, tales como aminoácidos aldehídos, azúcares y algunas bases orgánicas más complejas. En esta especie de sopa de sustancias orgánicas se fueron formando cadenas primitivas de proteínas que, poco a poco, se concentrarían en pequeños glóbulos. A partir de este material, todavía inerte, y en virtud de un proceso que aún desconocemos y que no ha podido duplicarse en el laboratorio, se formarían las cadenas de ácidos desoxirribonucleicos (ADN) y ribonucleicos (RNA), que constituyen los bloques del material genético de los seres vivos. Los primeros seres vivos, que aparecen hace unos 3.500 millones de años, habrían sido bacterias unicelulares, llamadas «procariotas», es decir, sin un núcleo que contuviera el material genético. Este tipo de seres vivos pueden subsistir en condiciones muy extremas, como las que pudieron darse en una época en la que el impacto de meteoritos sobre la Tierra era muy abundante. Entre las células procariotas, se distingue entre bacterias y arqueobacterias. Entre las primeras se encuentran las cianobacterias, como las algas azules, células capaces de realizar la importante función fotosintetizadora, que consiste en romper las moléculas de agua, utilizando la energía de la luz solar, sintetizando azúcares para su nutrición y desprendiendo oxígeno. Por esta acción fotosintetizadora, similar a la de las plantas, se fue aportando oxígeno a la atmósfera, cuyo nivel, en un largo periodo de tiempo (entre 2.000 y 1.500 millones de años), llegó a la proporción actual de un 21%. Una atmósfera con abundante oxígeno es un requisito para la evolución posterior de los seres vivos, y no deja de ser sorprendente que la presencia de este gas sea debida precisamente a la acción de seres vivos.

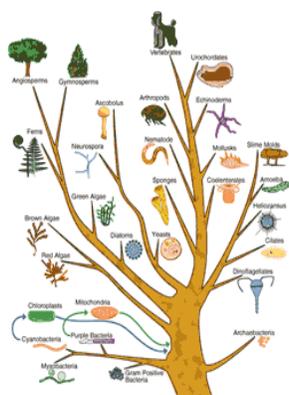
Modernamente, el estudio del origen de la vida ha recibido un nuevo impulso con la aportación de estudios que buscan la existencia de vida fuera de la Tierra. Estos estudios, que reciben el nombre de bioastronomía y exobiología, buscan encontrar evidencias de presencia de la vida en otros planetas dentro y fuera del sistema solar. La posible presencia de rastros de vida en un meteorito procedente de Marte causó expectación, aunque no fue confirmada. La investigación espacial de este planeta sigue buscando presencia de agua y de algún tipo de vida. El presupuesto del que parten algunos investigadores es que la aparición de la vida constituye un estadio que, dadas unas determinadas condiciones, resulta inevitable, por lo que debe de abundar la presencia de vida a lo largo y ancho del universo. Aunque no se tiene aún evidencia alguna de existencia de vida fuera de la Tierra, su búsqueda constituye un programa activo de investigación. Dentro de él está el programa de búsqueda de vida inteligente fuera de la Tierra, que tampoco ha tenido todavía ningún resultado positivo. Siguen siendo, por tanto, cuestiones abiertas la posible existencia de vida fuera de la Tierra y si esa vida ha evolucionado para llegar a producir seres inteligentes.

Evolución de la vida

Un estadio importante en la evolución de la vida en la Tierra lo constituye la aparición, entre hace 2,000 y 1.500 millones de años, de las primeras células eucariotas, es decir, aquellas que tienen un núcleo bien formado en el que se encuentra el material genético¹. De este tipo de células es del que están formados la mayoría de los seres vivos actuales, entre ellos nosotros mismos. En comparación con

1 Julián CHELA FLORES, «The Phenomenon of the Eukaryotic Cell», en R.J. RUSSELL, W.R. STOEGER y E.J. AYALA (eds.), *Evolutionary and Molecular Biology. Scientific Perspectives on Divine Action*, Vatican Observatory, Città del Vaticano 1998, pp. 79-98.

la célula procariota, la eucariota supone un enorme avance en complejidad. Durante un largo periodo, entre hace 2.500 y 600 millones de años (lo que se conoce como «periodo Precámbrico»), la vida estaba reducida exclusivamente a animales unicelulares. En un momento dado, las células vivas, que han estado funcionando como entidades independientes, empiezan a agruparse para formar vida más compleja. Las células individuales pierden su identidad aislada para adquirir diversas funciones dentro de un todo único formado por muchas células, creando nuevas formas de vida. Dado este paso, hace unos 600 millones de años, en el periodo Cámbrico, comienza una rápida proliferación de animales multicelulares.



Así como la evolución de los animales unicelulares ha sido lenta a lo largo de 2.000 millones de años, una vez que aparecen los animales multicelulares, éstos se propagan en múltiples formas, hasta la aparición del hombre en sólo 600 millones de años. De forma muy breve, podemos seguir la aparición de las diversas formas de seres vivos, siguiendo los indicios que nos ha dejado el registro de los fósiles, como sigue: los primeros seres vivos multicelulares (animales y plantas) en aparecer son los de vida acuática, hace unos 600 millones de años. Hace 540 millones de años, se produce una verdadera explosión de animales con conchas de diversas formas y tamaños, cuyos restos se conservan ya claramente. Hace unos 490 millones de años, aparecen los primeros vertebrados de vida marina, distintos tipos de peces. Hace unos 350 millones de años, los anfibios abandonan la vida puramente acuática. Hace

unos 310 millones de años, se produce una enorme proliferación de reptiles, tanto terrestres como marinos, de todo tipo y tamaño, hasta los más grandes dinosaurios, y aparecen los primeros reptiles voladores, que serán los predecesores de las aves. Hace 200 millones de años, aparecen los primeros mamíferos, que conviven todavía con los reptiles y las aves. Al desaparecer los grandes reptiles, hace unos 60 millones de años, se desarrollan y propagan los mamíferos, y entre ellos, hace 40 millones de años, aparecen los primates primitivos, de los que, hace unos 6 millones de años, se separa la rama de los homínidos de los cuales desciende el hombre. A primera vista, parece como si la evolución hubiera progresado en línea recta desde las bacterias hasta el hombre. Ésta es una apreciación falsa, y el camino seguido es el de muchas ramificaciones, algunas de las cuales han sobrevivido hasta hoy, otras han evolucionado, y otras muchas se han extinguido. La evolución de la vida se asemeja, de esta forma, a un árbol frondoso con innumerables ramas, unas todavía vivas y otras muertas.

Este breve resumen de la evolución de la vida sobre la Tierra puede hacer pensar en un camino gradual y sin sobresaltos. Pero la realidad es muy diferente, ya que a lo largo de la historia de la Tierra ha habido una serie de momentos en los que se han producido extinciones masivas de los seres vivos existentes en esa época. Las más importantes son las siguientes: hace unos 438 millones de años, en el Ordovícico tardío, un importante proceso de extinción acabó con el 50% de las especies de braquiópodos. Unos años más tarde, hace unos 350 millones de años, en el Devónico superior, tuvo lugar una extinción algo menor, que afectó aun 30% de los animales. Hace 245 millones de años, entre el final del Pérmico y el comienzo del Triásico, se produjo una extensa extinción que acabó con el 50% de todos los animales y el 90% de las especies marinas, entre ellas los trilobites, que se habían extendido enormemente. Una extinción menor, hace 208 millones de años, en el Triásico superior, eliminó el 35% de todas las familias de animales. Finalmente, hace 65 millones de años, entre el Cretácico y el Terciario, desaparece la mitad de las formas de vida, entre ellas todos los dinosaurios, que con una

enorme variedad de formas y tamaños habían poblado la Tierra. Además de estas extinciones mayores, han sucedido otras extinciones menores a lo largo de la historia de la vida sobre la Tierra. Estas extinciones se deben a fenómenos no del todo bien conocidos, tales como el impacto de enormes meteoritos o erupciones volcánicas masivas que han alterado el clima de la Tierra, produciendo épocas de temperaturas extremas, tanto altas como bajas, con cambios bruscos a los que ciertas especies no pudieron adaptarse. En concreto, la extinción de los dinosaurios se ha atribuido a la caída de un meteorito en el Golfo de México. La desaparición de unas especies hace que otras proliferen, como ocurrió con la desaparición de los dinosaurios, que permitió la expansión de los mamíferos. Éstos son fenómenos que se producen aleatoriamente, afectando al proceso de la evolución de los seres vivos, por lo que depende también de factores independientes de los procesos biológicos. Cambios bruscos en el clima debidos a factores externos, como la caída de un meteorito, pueden producir la extinción de unas especies y favorecer la expansión de otras.

Los mecanismos de la evolución

Como hemos visto en el origen del universo solo existían las partículas más simples, que empezaron a unirse para formar materia cada vez más compleja. Las fuerzas que actúan para ir agrupando estos elementos simples en otros más complejos son las cuatro fuerzas de la naturaleza. Procesos nucleares que vencen la repulsión entre protones los agrupan en núcleos atómicos de cada vez mayor número atómico. La fuerza electromagnética atrae entre sí a partículas de distinto signo. Los núcleos formados por protones y neutrones, al atraer a los electrones libres, forman átomos neutros. Los átomos se agrupan en moléculas, siguiendo estructuras cristalinas cada vez más complejas. La gravitación tiende a atraer la materia entre sí, formando agrupaciones, y de esta forma van apareciendo unidades compuestas por una multiplicidad de elementos más simples. El polvo interestelar, formado por el material expulsado en la explosión de supernovas, va agrupándose, debido a la fuerza de la gravitación, primero en pequeños asteroides atrapados en el campo de gravedad de una estrella y, finalmente, en planetas de mayor tamaño. Los planetas evolucionan en virtud de continuos impactos de meteoritos y de procesos radiactivos que acaecen en su interior y que producen volcanismo y movimientos tanto en dicho interior como en la corteza. Todos estos procesos van aumentando la complejidad de la materia a lo largo de los miles de millones de años de la edad del universo.

Una vez aparecida la vida, y en virtud de procesos que aún no comprendemos del todo, ésta evoluciona hacia formas cada vez más complejas. Un punto fundamental de la teoría de la evolución biológica es la propuesta de un mecanismo por el que unas especies más simples evolucionan en otras más complejas. Darwin propuso como mecanismo de la evolución de las especies la selección natural. Por ella entendía la organización adaptativa de los seres vivos al medioambiente en la lucha por la supervivencia. Los individuos que hubieran sufrido algún cambio al azar que les proporcionaba alguna ventaja subsistirían, mientras que los que no se hubieran visto afectados por tan ventajoso cambio acabarían desapareciendo. En sus propias palabras, «como se producen más individuos que los que pueden subsistir, deberá existir una lucha por la existencia... ¿Podemos dudar que los individuos que tienen alguna ventaja, debido a un cambio útil, tienen más posibilidades de subsistir y reproducirse que los otros? A esta preservación de las variaciones favorables y rechazo de las negativas yo le denomino "selección natural"»². Darwin desconocía las leyes de la herencia, lo que de alguna manera debilitaba su argumento, ya que entonces se

2 Charles DARWIN, *El origen de las especies*. Debate, Madrid 1998, cap. 4.

pensaba que las variaciones se distribuirían mezclándose entre los sucesores, por lo que finalmente se debilitarían. Ignorada por Darwin, la solución al problema estaba en las leyes de la herencia, que habían sido descubiertas por el agustino Gregor Mendel en su convento de Brno (República Checa), en sus trabajos con cruces de plantas de guisantes. Mendel publicó sus trabajos en 1866, en una publicación científica local, pero tuvieron muy poco eco. No fue hasta 1900 cuando se re-descubrieron sus trabajos y se reconoció su importancia, entre otros, por los biólogos Hugo de Vries y Kart Correns.

Utilizando las leyes de Mendel, de Vries propuso una versión modificada de la evolución en la que los cambios son producidos por alteraciones de los genes, que producen grandes modificaciones de los organismos. Frente a esta postura se situaban quienes defendían la acumulación de pequeños cambios. Esta cuestión, debatida en la década de 1930, se resolvió con los trabajos de Theodosius Dobzhansky, que propuso el problema en términos genéticos, en lo que vino a denominarse la «teoría sintética de la evolución», que pronto fue aceptada por la mayoría. Después del descubrimiento de la estructura del ADN en 1953 por James Watson y Francis Crick, la comprensión del mecanismo de los cambios evolutivos recibió un fuerte impulso, incorporando el punto de vista de la genética molecular. En 1968, el genetista japonés Motoo Kimura propuso la que se conoce como «teoría de la neutralidad», según la cual el grado de divergencia entre especies en la secuencia nucleótida proporciona una estimación del tiempo que ha transcurrido desde su divergencia. A este efecto se le ha llamado el «reloj molecular» de la evolución. Nuevas técnicas de biología molecular proporcionan hoy medios poderosos de investigación de la evolución a nivel molecular³.



Podemos concluir, por tanto, que todos los seres vivos actuales, con su gran variedad (se calcula que hay más de dos millones de especies diferentes), son descendientes de unas mismas formas primitivas unicelulares de vida que vivieron hace 3.500 millones de años. Un mecanismo de producción de mutaciones, su transmisión a través de la herencia y su selección motivada por la mejor adaptación al medio marcan el camino seguido en la evolución. En principio, las mutaciones se producen al azar y pueden ser *puntuales*, afectando tan sólo a unos pocos nucleótidos dentro de un gen, o *cromosómicas*, con cambios en el número o disposición de los genes en un cromosoma. Estas mutaciones pueden ser espontáneas o producidas por agentes externos, como radiaciones ultravioleta o cósmicas. Las mutaciones son generalmente perniciosas para los organismos que las sufren, pero algunas pueden proporcionarles una ventaja en su adaptación al medio. Estas mutaciones ventajosas aumentan las probabilidades de supervivencia y reproducción de los organismos que las han sufrido y de esa forma se mantienen. Los organismos, sin esas mutaciones o con mutaciones negativas, acaban desapareciendo con el tiempo. De esta forma, el proceso de mutación proporciona a cada generación muchas nuevas variaciones genéticas, a pesar de que la tasa de mutación sea baja. En algunos casos se da lo que se conoce como «selección direccional sostenida», cuando los cambios persisten en una misma línea y de una manera más o menos continua durante un largo periodo de tiempo. La separación de los sexos en la reproducción introduce en la evolución un nuevo factor, por el cual los elementos que favorecen la

3 Francisco AYALA, «The Evolution of Life: An Overview», en R.J. RUSSELL, W.R. STOEGER y F.J. AYALA (eds.), op. cit, pp. 21-57.

atracción entre los sexos favorecen la reproducción y se mantienen en el proceso evolutivo⁴. Otra manera de mirar la evolución es desde el punto de vista de un proceso de generación y transmisión de información, en este caso genética. Una vez que se ha generado una información nueva, que podemos llamar útil, en el sentido de dar al que la posee una cierta ventaja sobre los que no la tienen, esa información se transmite a sus descendientes, que acabarán imponiéndose a los demás. En la transmisión de información podemos considerar la eventualidad de acierto-fallo, y sólo los aciertos sobreviven y se vuelven a propagar⁵.

En conclusión, el mecanismo evolutivo se puede resumir en tres elementos: variaciones genéticas al azar, lucha por la subsistencia y selección natural. En el primero, la variabilidad genética se deriva de la mutación de los genes y la recombinación de los genes en la reproducción sexual. La lucha por la subsistencia da como resultado que los individuos cuyas mutaciones genéticas han redundado en alguna ventaja frente al medio sobreviven y se reproducen, mientras que los que no las poseen acaban desapareciendo. La selección natural se puede considerar, por tanto, como el resultado de las variaciones genéticas y la competición por la subsistencia. En cuanto al ritmo en que progresa la evolución, se plantean dos posibilidades: una de pequeñas variaciones de forma continua, y otra de saltos de variaciones grandes. En realidad, estas dos posibilidades no son excluyentes, y es posible que se hayan dado ambas a lo largo del proceso de la evolución biológica. Un problema que a veces se plantea es la duración relativamente corta de la evolución biológica sobre la tierra, que puede hacer pensar que es difícil explicarla sólo por fenómenos de puro azar. Mientras los primitivos seres vivos unicelulares evolucionaron durante 3.000 millones de años, la gran variedad de animales y plantas lo hicieron tan sólo en unos 600 millones de años hasta el presente.

Puntos de reflexión

Como hemos visto, todos los indicios muestran que la vida se ha desarrollado y evolucionado sobre la tierra, desde la aparición de los primeros seres vivos unicelulares hasta los animales y plantas actuales, a lo largo de una prolongada historia de unos 3.500 millones de años. El mecanismo de la selección natural, que hemos descrito brevemente, parece la explicación más plausible de lo que ha movido la evolución. Más aún, se ha de considerar que la evolución biológica es parte de la evolución cósmica, que empezó con los primeros instantes después del *big-bang*. Tanto en la evolución cósmica como en la biológica, hemos visto que la línea seguida ha sido la del incremento de la complejidad en los sistemas que se van formando a partir de elementos más simples. Podemos decir que a lo largo de toda la historia del universo y de la vida sobre la tierra, el camino seguido ha sido siempre el de un aumento de complejidad a lo largo del tiempo. Podemos preguntarnos: ¿es éste un camino necesario?; ¿podría, por ejemplo, un hipotético observador en los estadios más primitivos de la evolución de la vida en la Tierra haber predicho que al cabo de un cierto tiempo aparecería la vida inteligente? Es decir, ¿se trata de un proceso totalmente determinista que no pudo haber seguido otro camino? Sabemos que la evolución ha seguido una trayectoria determinada, pero no hay ninguna ley física que le haya obligado a seguirla, y podría haber seguido otra distinta. De hecho, en la evolución, tanto cósmica como biológica, intervienen factores que son fruto del azar, como la caída de meteoritos sobre la Tierra o la colisión de galaxias.

4 Ibid., pp. 38-42

5 Charles BIRCH, «Neo-Darwinism, Self-organization and Divine Action», en R.J. RUSSELL, W.R. STOEGER y F.J. AYALA (eds.), *op. cit.*, pp. 226-248.

Esto indica que en la evolución se dan tanto los procesos que son consecuencia de las leyes de la naturaleza como la historia de procesos fortuitos. El mismo mecanismo de la evolución biológica parte de cambios genéticos al azar que la selección natural filtra, conservando los que propocionan ventajas, tanto en la supervivencia como en la reproducción. Ambos factores -leyes e historia- son necesarios. El proceso, por tanto, no es totalmente determinista. La aparición misma de la vida depende de unas condiciones iniciales que pueden darse o no, dependiendo de muchos factores, como la distancia adecuada del planeta con respecto a su estrella, la estabilidad de su órbita, la abundancia de agua, etc. Las leyes físicas mismas, por tanto, no predicen la aparición de la vida. Y, una vez aparecida ésta, tampoco predicen el curso concreto que va a seguir.

Otra pregunta que podemos hacernos es por qué la línea seguida en la evolución es la de una mayor complejidad, lo que implica un grado mayor de orden. La segunda ley de la termodinámica indicaría más bien que los procesos naturales deben seguir la línea de un incremento de entropía, lo que implica siempre un mayor desorden. Mientras que la energía es necesaria para crear orden, los sistemas, dejados a sí mismos, acaban disipándose naturalmente en el desorden. Lo cual parecería indicar que lo natural sería un camino, no hacia una mayor complejidad, sino todo lo contrario. La Tierra recibe continuamente la energía proveniente del Sol y del interior de sí misma, producida en ambos casos por fenómenos nucleares y radiactivos. En principio, se puede pensar que esta energía se puede emplear en la evolución de sistemas cada vez más complejos, creándose nuevos niveles de orden. En ese camino hacia sistemas de una mayor complejidad aparecen, en un momento dado, los primeros seres vivos. La aparición de la vida plantea muchas preguntas: ¿fue éste un proceso continuo de la materia inerte a la vida o supone una discontinuidad?; ¿por qué se dio en un momento concreto de la historia de la Tierra y no se ha vuelto a producir?; ¿por qué, una vez cruzado el umbral, la vida se ha desarrollado del modo en que lo ha hecho?

Dado que el camino seguido por la evolución cósmica y biológica, en lo que conocemos de la evolución de la vida sobre la Tierra, ha sido, de hecho, un camino de una mayor complejidad a lo largo del tiempo, se podría preguntar si esto constituye una dirección en el proceso. La pregunta que podemos hacernos es si existe una «direccionalidad» intrínseca en el proceso de la evolución. Por «direccionalidad» no entendemos «finalidad», sino, simplemente, si es posible detectar una dirección que, de hecho, haya seguido la evolución. Como la evolución depende en parte de fenómenos fortuitos, éstos, en un momento dado, inclinan el camino en una dirección determinada. Por ejemplo, la extinción de los dinosaurios, probablemente debida al impacto de un meteorito hace unos 60 millones de años, favoreció el desarrollo de los pequeños mamíferos que ya habían aparecido. Éstos constituyeron la línea de desarrollo en los siglos siguientes, que dando los reptiles, que habían sobrevivido, estancados. En la evolución de los mamíferos, la dirección seguida es la de especies con un desarrollo cerebral cada vez mayor, desembocando en los primates y, finalmente, en el hombre. A *posteriori*, vemos que el desarrollo del cerebro permitió a los animales una mejor adaptación al medio, pero no está nada claro que este proceso fuera inevitable. Aunque la ciencia, al estudiar la evolución, se atiene a presentar lo que sucedió y a proponer posibles mecanismos del modo en que sucedió, no puede hablar de una dirección ni, mucho menos, de una finalidad en el proceso. Sin embargo, una reflexión posterior sobre los datos aportados por ella sí puede plantear la existencia al menos de una



direccionalidad en la línea de la complejidad, e incluso una verdadera finalidad en todo el proceso⁶. Esta direccionalidad se puede observar en los procesos cosmológicos, químicos y biológicos que conducen finalmente a la aparición de la vida inteligente con el hombre. Más aún, se sabe cómo el principio antrópico implica que el hecho de que la evolución haya desembocado en la existencia de vida inteligente en la Tierra supone que la edad, la expansión del universo y el valor de muchas constantes físicas tengan que ser las que son. Como ya se vio, pequeños cambios en estos valores habrían imposibilitado la existencia presente del hombre.

Ahora bien, Darwin nunca consideró que el proceso evolutivo implicara un movimiento de progreso, cosa que sí hicieron muchos de sus inmediatos seguidores. La idea del progreso es algo que está profundamente inscrito en muchos puntos de vista evolutivos. El progreso supone asignar un cierto valor a la direccionalidad de que hemos hablado antes. Sin embargo, desde el punto de vista puramente de la ciencia, el valor no es algo que entre en su consideración. No podemos decir que un ser vivo más complejo sea de alguna manera «mejor» que otro más simple. Teniendo en cuenta que muchos seres vivos han quedado estancados a niveles más primitivos de organización, no se puede pensar en una línea de cada vez mayor progreso en el simple mecanismo de supervivencia. Es probable que los insectos estén mejor preparados para sobrevivir en un futuro que otros animales más complejos. Desde el punto de vista de la ciencia, la complejidad no es en sí misma un valor, y la evolución en esa línea no se puede considerar siempre un progreso. La idea del progreso adquiere una gran importancia en el darwinismo social, y es desde él desde donde se ha extendido a otros aspectos de la evolución. Se considera que, movido únicamente por el proceso evolutivo biológico, el hombre ha ido avanzando y progresando, dando siempre a los estadios más modernos un valor mayor que el de los estadios anteriores, pero esto no se puede aplicar a la pura evolución biológica. La idea de progreso supone siempre la existencia de un fin o meta hacia la que se tiende, de forma que el avance en esa dirección se considere siempre positivo, lo cual queda fuera de la consideración puramente científica.

Evolucionismo y religión

Al considerar la relación entre evolucionismo y religión, nos vamos a centrar en la tradición religiosa que propone la concepción de un Dios creador, es decir, la tradición judeo-cristiana, de la que participa también el islam. Más concretamente, trataremos el caso del cristianismo. De esta forma, la primera pregunta que nos podemos plantear es la siguiente: ¿es la fe cristiana en la creación compatible con el evolucionismo? Ya vimos en el capítulo anterior las diversas reacciones suscitadas en ambientes cristianos después de la publicación de la obra de Darwin y su desarrollo posterior. De acuerdo con lo visto, podemos empezar contestando a la pregunta en un sentido positivo⁷. De una forma muy breve, podemos decir que la evolución, como teoría científica, describe cómo se han formado el universo y los seres vivos, mientras que la fe en la creación afirma su relación con Dios. Ambas cosas no tienen por qué oponerse o estar en contradicción. Tradicionalmente, en una concepción estática del universo, la creación se concebía como una creación en un momento dado o distribuida a lo largo del tiempo, con actos discontinuos de Dios, que va creando las distintas criaturas, por ejemplo, en la forma en que nos lo describe el texto del Génesis.

6 William STOEGER, «The Immanent Directionality of the Evolutionary Process, and Its Relationship to Theology», en R.J. RUSSELL, W.R. STOEGER y F.J. AYALA (eds.), *op. cit.*, pp. 163-190.

7 Stefan NIKLAUS BOSSHARD, «Evolución y creación», en *Fe cristiana y sociedad moderna*, 3, Ediciones SM, Madrid 1984, pp. 103-150.

Con respecto al sentido de dicho texto, nos planteamos el problema de su interpretación literal. Los textos de la Biblia tienen que interpretarse teniendo en cuenta el contexto histórico y cultural de la época en la que se compuso cada uno de ellos (lo que se conoce como los «géneros literarios» presentes en sus libros). En dichos textos, la creación se expresa en términos de las cosmovisiones disponibles para cada autor, es decir, la mesopotámica primero, y la griega después. Detrás de estos relatos está el mensaje religioso que su autor quiere transmitir y que, en este caso, es que todo lo ha creado Dios, todo depende de él y todo es bueno.

El magisterio de la Iglesia Católica, como ya vimos, aceptó que la finalidad de estos textos del Génesis no era exponer una explicación científica acerca de cómo aparecieron los seres vivos, sino transmitir un mensaje religioso sobre la creación y expresar su dependencia del Creador. El modo en que se ha realizado la obra de la creación lo ha ido descubriendo el hombre, poco a poco, a través de la ciencia, y ésta indica hoy que ha sido por el camino de una evolución cósmica y biológica. Evolución y creación pertenecen en realidad a dos visiones o lenguajes diferentes sobre una misma realidad. La evolución, que nos es conocida a partir de la reflexión científica sobre los datos de la observación y la experiencia, indica la forma en que se ha realizado la creación en el tiempo. Corresponde al «cómo» de la creación, sobre el que no tenemos un conocimiento a priori ni revelado. La revelación sólo nos indica el hecho mismo de la creación, es decir, que todo ha sido creado por Dios.



Sin embargo, si aceptamos la imagen de la evolución del universo tal como nos la presenta hoy la ciencia, tenemos que modificar ciertos aspectos de nuestra concepción de la creación. En primer lugar, tenemos que partir de que la causalidad de Dios no tiene lugar en el nivel de las causas físicas, sino que es una causalidad trascendente, es decir, tiene lugar en el nivel mismo del existir,

de forma que el existir de la criatura depende siempre fundamentalmente de Dios. Dios es la causa última del ser de las criaturas, de su conservación en la existencia y de su evolución. No hace falta pensar en nuevas intervenciones de Dios a lo largo del proceso evolutivo, ya que Dios está siempre actuando y haciendo que unos seres surjan de otros. Como dice Piet Schoonenberg, la cosmovisión evolutiva nos descubre en realidad la forma de actuar de Dios en la creación⁸. Hemos de considerar también que el acto creador de Dios está fuera del tiempo e incluye toda la evolución que sí tiene lugar en el tiempo. Esta manera de ver la creación recibe a veces el nombre de *creatio continua* (creación continua), según la cual el acto creador no se limita al primer instante, dejando luego al universo libre para evolucionar por sí solo, como lo considera el pensamiento deísta, sino que es continuo y simultáneo con cada uno de los instantes de la evolución. Karl Schmitz-Moorman, en su reflexión sobre la creación de un mundo en evolución, utiliza además el concepto de *creatio appellata* (creación llamada), cuya idea básica es que la creación del universo consiste en que es llamado por Dios a salir de la nada hacia Él. Según dicho autor, la llamada que Dios hace al universo a salir de la nada no produce criaturas ya totalmente desarrolladas, sino que produce las estructuras y los elementos más simples con los que se inicia el proceso de la evolución cósmica y sus diversos estadios⁹. Desde el punto de vista de la ciencia, el universo evoluciona; y desde el punto de vista de la fe, es obra de Dios en cada momento. Dos puntos

8 Piet SCHOONENBERG, *El mundo de Dios en evolución*, Carlos Lohlé, Buenos Aires 1966, pp. 11-35.

9 Karl SCHMITZ-MORMANN, *Teología de la creación de un mundo en evolución*, Verbo Divino, Estella 2005, pp. 213-219

de vista distintos, pero compatibles y en posible diálogo.

En este diálogo surge la pregunta: ¿existe un diseño o finalidad en la evolución o existe tan sólo el puro azar? Ya hemos visto cómo el mecanismo propuesto para la evolución biológica supone que se producen cambios al azar que se perpetúan o desaparecen por causa de la selección natural. Lo cual no implica necesariamente que todo el proceso, tal como se ha producido, sea exclusivamente fruto del azar. Como reflexiona Arthur Peacocke, no hay razón para pensar que el azar, presente a nivel molecular en relación con las consecuencias biológicas, se convierta, como quiere Jacques Monod, en un principio metafísico para interpretar el universo¹⁰. Peacocke utiliza la imagen de la danza para expresar la libertad y espontaneidad presentes en el incesante acto de la creación evolutiva. Para él, el mundo creado se presenta como una expresión de la desbordante generosidad divina. La ciencia, en efecto, no puede hablar de diseño o finalidad. Esta perspectiva no entra en su metodología, que se limita a describir los procesos que encuentra en la naturaleza y proponer los mecanismos que han actuado en ellos. Ello no significa negar que existan otros niveles de reflexión, como la filosofía y la teología, que sí pueden plantearse la cuestión de si en el conjunto de toda la evolución del universo existe una finalidad. No se trata, por tanto, de proponer el diseño a partir de ciertas lagunas en la explicación científica y a su mismo nivel, como intentan los defensores del diseño inteligente, sino de considerar todo el proceso evolutivo desde otra perspectiva, y descubrir en él una finalidad que le da sentido. Para la teología, esa finalidad vendría dada por el plan global de Dios en la creación, que incluiría la aparición, al final de la evolución, de criaturas capaces de relacionarse con él, como veremos más adelante. De todas formas, conviene recordar que la frontera entre ciencia y filosofía es a veces confusa, y ha de intentarse definirla con la mayor claridad posible. El problema con la evolución es que muchas veces se presenta ligada a una ideología materialista y atea, lo que puede llevar a identificar la teoría científica con su interpretación ideológica. La ciencia en sí misma no entra en planteamientos que pertenecen a la reflexión filosófica. Cuando alguien propone que la racionalidad científica es la única que explica toda la realidad, está moviéndose en el campo de las ideologías, no de la ciencia. Desde este punto de vista, los mecanismos de la evolución se convierten en la explicación última de todo, dando así origen a un darwinismo que es una ideología global y no una teoría científica. Este tipo de ideología, que a veces se encuentra mezclada con la explicación científica, no se sigue de la ciencia misma y es realmente una filosofía materialista. Y lo que hace es crear un conflicto con el pensamiento religioso, al negar la realidad de Dios y su acción creadora.

Más aún, podemos plantearnos si la visión evolutiva del mundo creado ofrece posibles accesos a nuestra propia concepción de Dios. Denis Edwards, por ejemplo, entre otros teólogos, nos ofrece algunas perspectivas de una teología dispuesta a tomarse en serio la evolución¹¹. Propone Edwards que la visión trinitaria de Dios, concebido como un Dios de relaciones mutuas que es comunión en el amor y la amistad más allá de lo comprensible, sería a la vez fiel a la fe cristiana y a las perspectivas contemporáneas de un mundo en evolución. Plantea que la idea de que Dios es una trinidad de personas en relación mutua es congruente con un mundo en el que las relaciones son fundamentales, como implica un mundo en evolución. Concibe también la creación como un acto de auto-limitación divina, es decir, obra de un Dios que acepta libremente las limitaciones que conlleva el amor. Esta idea está desarrollada en las teologías que hablan de la *kénosis* (vaciamiento) o auto-repliegue amoroso del Creador en favor de

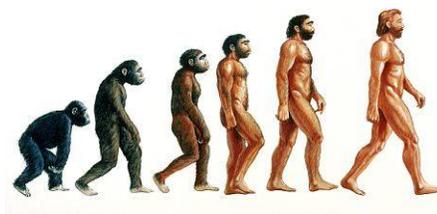
10 Arthur PEACOCKE, *Creation and the World of Science*, Oxford University Press, 2004, pp. 86-111.

11 Denis EDWARDS, *El Dios de la evolución. Una teología trinitaria*, Sal Terrae, Santander 2006.

las criaturas, aportando una nueva imagen de Dios y de su relación con la creación¹². No podemos entrar en el desarrollo de estas ideas, que presentamos sólo como un ejemplo de cómo el diálogo con la visión científica de un mundo en evolución puede iluminar la visión teológica de la relación de Dios con el mundo.

Origen y evolución del hombre

Un momento especial en el proceso de la evolución es la aparición del hombre. Desde el punto de vista de la biología, el hombre es una especie más dentro de la clase de los mamíferos y perteneciente a la rama de los primates. Lo que conocemos hoy de la evolución del hombre nos muestra cómo, hace unos seis millones de años, se produce la separación de la rama que va a dar origen a los homínidos y, finalmente, al hombre actual, de la que descienden también los simios actuales. Hace unos



cuatro millones y medio de años, aparecen en la sabana africana unos seres con características todavía cercanas a las de los primates, pero que apuntan ya a las de los humanos, a quienes se ha agrupado en el género de los australopithecus, del que existen varias especies; estos seres caminaban de forma más o menos bípeda y tenían una capacidad craneal de entre 330 y 600 centímetros cúbicos. Hace unos dos millones y medio de años, aparecen los primeros individuos con mayor capacidad craneal en los que descubrimos ya las características humanas y que pertenecen al género *homo*. Estos seres son conocidos como homínidos u hombres primitivos, de los que se conocen varias especies, como el *Homo habilis* (800 cm) y el *Homo erectus* (1.000 cm). También de origen africano, estos hombres primitivos, de pequeña estatura y morfología bastante distinta de la nuestra, pero que ya caminaban completamente erguidos, eran capaces, aunque de forma rudimentaria, de tallar la piedra para hacer utensilios y de usar el fuego. Desde su África original, el *Homo erectus* se extendió lentamente por Europa y Asia, a una velocidad aproximada de un kilómetro por siglo.

El que suele denominarse como el «hombre moderno», al que nosotros pertenecemos, y cuyo nombre científico es *Homo sapiens*, es decir, el hombre que conoce, tuvo también un origen africano hace entre 150.000 y 200.000 años. Los restos más antiguos que se han descubierto son, sin embargo, de hace unos 40.000 años y se conocen con el nombre de «hombre de Cro-Magnon», por la localidad francesa en la que se encontraron por primera vez. Este antepasado nuestro, en todo morfológicamente igual a nosotros, poseía ya una cierta cultura, tallaba la piedra, enterraba a sus muertos y era capaz de expresiones artísticas y religiosas que aún hoy nos admiran, como las pinturas rupestres de Altamira. A Europa y Asia llegó el hombre moderno hace unos 35.000 años y se extendió por todo el territorio a una velocidad aproximada de un kilómetro por año. No sabemos cómo el hombre moderno sustituyó, en su extensión por África, Europa y Asia, al hombre primitivo, que podía haber ya desaparecido, pues no se han descubierto restos suyos posteriores a 300.000 años. Desde Asia, el hombre pasó a las islas del Pacífico y Australia hace 40.000 años y, finalmente, a América, a través del estrecho helado de Bering, hace unos 15.000 años. En su expansión, el hombre moderno encontró a un hombre anterior que había

12 John POLKINGHORNE, *La obra del amor. La creación como kenosis*. Verbo Divino, Estella 2008; Manuel GARCÍA DONCEL, *El diálogo teología-ciencias hoy. II: Perspectivas científica y teológica*, Institutí de Teologia Fonamental, Sant Cugat del Valles 2003, cap. 8: «La kénosis del Creador».

ocupado zonas de Europa de Asia, el hombre de Neanderthal, al que se ha dado este nombre por el valle de Alemania donde se encontraron sus primeros fósiles. Su nombre científico es *Homo neardenthalensis* u *Homo sapiens neardenthalensis*, según se le considere una especie distinta o una subespecie del *Homo sapiens*. El hombre de Neanderthal aparece hace unos 300.000 años y, después de convivir durante un tiempo con el Cro-Magnon, desaparece, sin saberse bien por qué, hace unos 35.000 años. Algunos de los últimos neanderthales vivieron en la península Ibérica. Con un aspecto algo distinto del nuestro, de baja estatura y gran corpulencia, los neanderthales poseían también una cultura, aunque más primitiva que la de sus contemporáneos cro-magnones. Entre ellos parece ser que hubo contactos culturales, y es posible también que se mezclaran, aunque esto último no ha sido aún demostrado. Su situación en la evolución del hombre no está del todo bien definida, y no se le considera un antepasado del hombre moderno. La evolución cultural del hombre moderno nos es más conocida. Nómada, cazador y recolector en un principio, el hombre se hace sedentario y domestica plantas y animales, convirtiéndose en agricultor y ganadero, hace aproximadamente unos 12.000 años, después de la última glaciación. A partir de este tiempo se empiezan a formar los primeros grupos urbanos y tenemos los primeros vestigios de directos de las culturas más primitivas. La elaboración de la escritura, que nos permite tener acceso directo a estas primeras culturas, se desarrolla hace unos 6.000 años. Desde esas fechas nos son conocidas ya las antiguas civilizaciones de Egipto, Mesopotamia, India y China. De sus documentos escritos conocemos cómo empezaron a desarrollarse en ellas la religión, el arte, la ciencia y la técnica.

El hombre, fruto de la evolución e imagen de Dios

Ante la información que hemos resumido de la evolución del hombre entroncado con la rama de los primates, ¿cómo interpretar lo que la fe cristiana nos dice de la creación del hombre «a imagen de Dios»? El hecho de que el hombre haya sido resultado de la evolución biológica ¿niega el que sea también creado por Dios a su imagen? ¿Se reduce la naturaleza del hombre a lo puramente biológico? Empecemos por lo que el Génesis nos dice de la creación del hombre, que encontramos en dos textos. El primero aparece en el relato de la creación del sexto día. Después de crear los animales, dice Dios: «Hagamos al hombre a nuestra imagen y semejanza... Y creó Dios al hombre a su imagen; a imagen de Dios los creó; varón y hembra los creó» (Gn 1,26-27). En el segundo relato se dice: «El Señor Dios modeló al hombre de la arcilla del suelo, sopló en su nariz aliento de vida, y el hombre se convirtió en ser vivo» (Gn 2,7). En el primer relato se insiste en la especial dignidad del hombre, hecho a imagen de Dios, y su posición de dominio sobre los animales: «...llenad la tierra y sometedla, dominad los peces del mar, las aves del cielo y todos los animales que se mueven sobre la tierra» (Gn 1,28). En el segundo, más gráfico, los animales son creados después del hombre, también de la arcilla, y es el hombre el que les da nombre, lo que indica su preeminencia (Gn 2,19-20). Ambos textos muestran una discontinuidad entre la creación de los animales y la del hombre. El hombre es creado a imagen de Dios, y por eso recibe el encargo de dominar sobre el resto de la creación. La misma idea está presente en el Salmo 8, que, hablando del hombre, dice: «Lo has hecho poco menor que un dios, de gloria y honor lo has coronado, le has dado el mando sobre las obras de tus manos; todo lo has sometido bajo sus pies». La idea del hombre como imagen de Dios se puede interpretar como que el hombre ha sido llamado a existir en comunión con Dios, de lo que se sigue su posición preeminente frente al resto de la creación, ante la cual realiza la función de ser representante de Dios. Para Karl Rahner, en el hombre se da una trascendencia en principio ilimitada, así como una ilimitada apertura al ser en cuanto tal, a través del conocimiento y la libertad. Esta apertura al ser en cuanto tal implica su apertura a Dios. Así, en el

hombre el mundo vuelve sobre sí mismo y llega a poseer interioridad, libertad, historia y una última perfección personal. Según Rahner, la hominización designa, por tanto, el proceso por el que el mundo se encuentra a sí mismo en el hombre y es confrontado espiritualmente con su origen y su fin, que es Dios¹³. Según Ladaria, la novedad radical del hombre consiste precisamente en esto: en la aparición de un ser llamado a la comunión con Dios, lo cual le sitúa por encima de cualquier criatura que no esté constituida por esta relación a lo divino. De esta manera, el hombre procede, por una parte, del barro de la tierra, es decir, es fruto de la evolución; pero tiene también, por otra parte, una vida que procede de Dios¹⁴. La idea del hombre como «imagen de Dios» será elaborada por la tradición cristiana, sobre todo en San Pablo y en los Santos Padres, como en relación con la verdadera imagen de Dios que es Cristo. El misterio de la Encarnación viene a realizar plenamente la comunión del hombre con Dios en la persona de Jesucristo. De esta forma, el hombre es en realidad imagen de la verdadera imagen de Dios que es Cristo. El hombre está llamado desde su creación a la comunión con Dios, una vez que haya sido revestido de la imagen de Cristo resucitado.



Frente a esta visión religiosa y cristiana del hombre, tenemos la descripción estrictamente científica de la evolución, que nos muestra su aparición a partir de la evolución de una primitiva rama de primates. En primer lugar, tenemos que aceptar que el hombre nace de la vida animal y está en continuidad con ella, pero se le han añadido nuevas posibilidades, como la autoconciencia, la libertad, el lenguaje simbólico, el sentido moral y la

cultura, que no se dan, al menos en el mismo grado, entre las especies animales, lo cual apunta también a una discontinuidad. En los animales superiores, como algunos simios, encontramos algunos de estos elementos, pero no en la forma en la que se encuentran en el hombre. El mismo Darwin vio en el sentido moral la característica que diferenciaba al hombre. Esto indica que el hombre inicia un camino distinto, no reducible al de los animales.

Este cambio se ha dado de forma gradual en los hombres primitivos y no es detectable en sí, sino sólo por sus consecuencias. Con los pocos datos de que se dispone, se discute, por ejemplo, si ya entre los homínidos, como el *Homo erectus*, había algún tipo de lenguaje. Dado el tipo de desarrollo cultural que nos ha llegado, es muy probable que el neanderthal poseyera ya un cierto lenguaje simbólico¹⁵. Lo mismo podríamos decir de la autoconciencia, del sentido moral (la apreciación del bien y del mal en sus comportamientos) y de la libertad. Aunque podemos encontrar indicios de algunos de estos elementos entre los animales superiores, cuyo comportamiento está menos rígidamente establecido, sólo en el hombre se dan en plenitud. Esto indica que la transición del animal al hombre se da con una cierta continuidad, pero también en discontinuidad. Habría que aceptar, además, la existencia de una cierta «infancia» del hombre, en la que las características humanas, aunque ya presentes, no están aún del todo desarrolladas. Estas características propiamente humanas nacen de la existencia en el hombre de

13 Karl RAHNER, «El problema del hombre en el marco de una teoría de la evolución general», en *Fe cristiana y sociedad moderna*, 3, Ediciones SM, Madrid 1984, pp. 78-83. «Hominización», en *Sacramentum Mundi. Enciclopedia Teológica*, tomo 3, Herder, Barcelona 1973, pp. 543-545.

14 Luis F. LADARIA, *Antropología teológica*, Universidad Pontificia Comillas, Madrid 1983, pp. 118-126.

15 Camilo J. CELA CONDE y Gisele MARTY, «Beyond Biological Evolution: Mind, Moráis and Culture», en R.J. RUSSELL, W.R. STOEGER y F.J. AYALA (eds.), *op.cit.*, pp. 445-462.

una dimensión espiritual no reducible a la mera materia. La presencia de esta dimensión marcaría el inicio de la existencia del hombre, que se produce en un momento que no podemos fijar con exactitud en el proceso evolutivo. Sólo a partir de las consecuencias que tiene en sus comportamientos, podemos saber cuándo esta dimensión ya estaba presente y cuándo, por consiguiente, la criatura era ya un hombre. A la ciencia, que sólo examina lo observable y de algún modo cuantificable, se le escapa en sí misma esta dimensión. Naturalmente, si reducimos al hombre a lo puramente biológico, muchos de estos comportamientos son difíciles de explicar, como la autoconciencia y el sentido moral; y de otros hay que negar que existan, como es el caso de la libertad. A lo sumo, los comportamientos humanos serían indeterminados o imprevisibles, pero no libres. Como lo expone Juan Pablo II en el documento ya citado: «El momento del paso a lo espiritual no es objeto de una observación de este tipo, que puede, sin embargo, descubrir, en el nivel experimental, una serie de signos muy preciosos de la especificidad del ser humano. Pero la experiencia del saber metafísico, de la conciencia de sí y de su carácter reflexivo, la de la conciencia moral, la de la libertad, o incluso la experiencia estética y religiosa, están en el ámbito del análisis y de la reflexión filosófica, mientras que la teología le extrae el sentido último según los designios del Creador»¹⁶. Considerando la creación continua, en la que Dios actúa en cada momento, no hace falta pensar en una intervención especial con respecto a la aparición del hombre, a cuya creación se dirige toda la evolución, ya que todo el proceso evolutivo está en función de él, que es la criatura que puede relacionarse con Dios en libertad. Toda la evolución es, así, una preparación para la creación del hombre, llamado a unirse con Dios y, a través de Él, a unir toda la creación. La visión cristiana va aún más allá, pues en Jesucristo Dios se ha unido realmente al hombre y se ha hecho presente en la humanidad. Es a través de él como el hombre puede unirse con Dios. En Jesucristo podemos decir que se completa y alcanza su culmen el proceso entero de la evolución.

Una visión cristiana de la evolución: Pierre Teilhard de Chardin



Pierre Teilhard de Chardin (1881-1955), sacerdote jesuita, geólogo y paleontólogo, desarrolló, en paralelo con su carrera científica, un sistema de pensamiento original que puede situarse entre las fronteras de la ciencia, la filosofía, la teología y la mística y en el que ofrece una visión cristiana de la evolución. Durante su vida, las autoridades eclesásticas prohibieron la publicación de la mayoría de sus escritos no científicos, aunque algunos ensayos fueron publicados en revistas, y otros circularon entre sus amigos y admiradores en copias privadas. Las dos obras extensas, *El fenómeno humano* y *El medio divino*, a pesar de todos los esfuerzos de su autor por lograr la autorización para su publicación, no llegaron a ser publicadas durante su vida.

Cuando, después de su muerte en 1955, los escritos de Teilhard empezaron a ser publicados, causaron inmediatamente un enorme impacto y fueron traducidos a muchos idiomas¹⁷.

El profundo interés que despertaron en todas partes las ideas de Teilhard se puede medir por el número de publicaciones sobre ellas, que entre 1956 y 1980 ascendía a más de 3.000, entre libros y artículos publicados en diversos países. El pensamiento de Teilhard ha sido y sigue siendo todavía hoy

16 JUAN PABLO II, «Discurso a la Academia Pontificia de las Ciencias» (24 de octubre de 1996): *Acta Apostolicae Sedis* 89 (1997) 186-190.

17 Pierre TEILHARD DE CHARDIN, *El fenómeno humano*, Taurus, Madrid 1965; Pierre TEILHARD DE CHARDIN, *El medio divino*, Taurus, Madrid 1965.

objeto de numerosos estudios que lo analizan en sus aspectos científicos, filosóficos y teológicos. Más recientemente, se ha despertado un creciente interés por los aspectos místicos de su obra, de forma que se le empieza a considerar como uno de los místicos más importantes del siglo XX. En los años de su composición, entre 1916 y 1955, los escritos de Teilhard fueron vistos con sospecha en ambientes eclesiásticos, sobre todo por su incorporación de la evolución al pensamiento cristiano y sus ideas sobre el origen del hombre, el pecado original y el papel de Cristo en un universo evolutivo, llegándose, después de su publicación, a prohibir su lectura en los seminarios. El mismo Teilhard era consciente de la novedad de su pensamiento, con el que trataba de dar una visión cristiana de la evolución, y no le extrañaba la resistencia que encontraba en algunos ambientes eclesiales.

El pensamiento de Teilhard de Chardin parte de la aceptación de una visión global del universo en evolución. Su trabajo científico como geólogo y paleontólogo, en el que estuvo activo durante toda su vida, le puso en contacto con el registro fósil de la evolución biológica y, más en concreto, con el de la evolución del hombre. Hay que recordar que Teilhard estuvo vinculado al descubrimiento de fósiles humanos primitivos en China. La evolución, con la que entró en contacto desde sus primeros años de estudios de geología, no era para él una mera hipótesis científica, sino la revelación de la más profunda esencia del universo, la regla universal que sigue toda realidad.

Cuando escribía Teilhard, la evolución geológica de la Tierra y la evolución biológica de los seres vivos sobre ella, propuestas ya por Charles Lyell y Charles Darwin a mediados del siglo XIX, eran ya suficientemente conocidas, desarrolladas posteriormente y aceptadas en los ambientes científicos. La evolución y expansión del universo, tal como la conocemos hoy a partir del modelo del *big-bang*, cuya confirmación experimental no llegó hasta 1964 con la observación de la radiación cósmica de fondo, no había sido aún establecida. Teilhard conocía, sin duda, los modelos de universos en expansión, resultado de la aplicación de la teoría general de la relatividad, propuestos por Einstein, Friedman, De Sitter y Edington entre 1919 y 1935, así como la propuesta de George Lemaitre, en 1931, del origen del universo a partir de la explosión del átomo primigenio, aunque no los cita. Para Teilhard, la evolución, vista globalmente, tiene una dinámica muy clara, que va de lo más simple a lo más complejo. Le basta, por tanto, suponer que al principio sólo existían las partículas más elementales, cuya combinación daría origen primero a átomos, y luego a moléculas cada vez más complejas. La complejidad, no el tamaño o el número, constituye para él el único verdadero eje de la evolución. Al infinito de lo pequeño (lo subatómico) y de lo grande (el espacio intergaláctico) hay que añadir, según él, un tercer infinito: el de lo complejo. Teilhard ve la evolución siguiendo esta dirección de lo más simple a lo más complejo, de las partículas más elementales a los átomos, de éstos a las moléculas, y de la formación de moléculas cada vez más complejas a los seres vivos. Una vez que surge la vida sobre la Tierra, aparece un nuevo nivel, que él denomina la «biosfera». La evolución continúa ahora a lo largo de los seres vivos, de los animales unicelulares más primitivos hasta los mamíferos, y dentro de ellos, siguiendo la línea de una mayor complejidad del cerebro, hasta la aparición del hombre. Con el hombre aparece la conciencia, que forma un nuevo nivel que él llama la «noosfera». En su terminología, el universo ha progresado, a través de la cosmogénesis, a la biogénesis, y de ahí a la antropogénesis, siguiendo siempre la línea de una creciente complejidad. Esta complejidad no puede explicarse por una mera suma de elementos simples, sino que es el resultado de un proceso en el que entidades con nuevas cualidades van emergiendo a medida que la materia se hace más compleja.

Para explicar este proceso Teilhard propone la presencia de un «interior» en las cosas, además de su «exterior», cuya naturaleza y funcionamiento es el objeto de las ciencias naturales. Este interior de las cosas está ligado a su complejidad y crece con ella. Más aún, el interior se revela finalmente en el hombre como su conciencia, su capacidad de reflexión sobre su mismo pensamiento. El nivel de complejidad es, por tanto, también el nivel de conciencia, que hay que reconocer que está presente ya, de una manera incipiente, en la materia inerte, y que va ir desarrollándose hasta alcanzar su plenitud en el hombre. La interioridad y la conciencia, a su vez, están relacionadas con lo que él llama la «dimensión espiritual», que también se reconoce claramente en el hombre, pero que debe extenderse, en niveles primitivos, a toda la materia. En su pensamiento, materia y espíritu son dos dimensiones de una misma realidad, y la evolución, siguiendo la línea de una mayor complejidad, avanza también siempre en dirección hacia una mayor espiritualización o potenciación de la dimensión espiritual. Paralelamente al exterior e interior de las cosas, propone Teilhard una doble energía: la energía física, que él llama «energía tangencial», asociada al exterior de las cosas, y la energía asociada con el interior de las cosas y que él denomina «energía radial». La energía tangencial está relacionada con la interacción de los elementos en un mismo nivel y es la que estudia la física, mientras que la energía radial impulsa los elementos hacia niveles superiores y es la responsable del movimiento evolutivo hacia una mayor complejidad y, en consecuencia, hacia la vida, conciencia y espíritu. La presencia de este movimiento universal hacia uniones cada vez más complejas conduce a Teilhard a proponer que la metafísica del ser debe ser sustituida por una metafísica de la unión. En esta nueva metafísica, «ser» es equivalente a «unir y ser unido». Por lo tanto, la energía radial que impulsa hacia la unión es consecuencia de la realidad misma de las cosas. Aunque a lo largo de la evolución, a medida que aumenta la complejidad siguiendo el imperativo de la unión, van apareciendo en ciertas etapas nuevas propiedades, como la vida y la conciencia, lo cual indica la presencia de ciertas discontinuidades, Teilhard insiste en que hay que reconocer también una continuidad en todo el proceso evolutivo. En su pensamiento, Teilhard ha seguido el camino inverso al generalmente seguido en las ciencias experimentales, que, comenzando por las partículas elementales y sus interacciones físicas y siguiendo por la química y la biología, busca también poder explicar la presencia de la conciencia en el hombre. Este camino, siguiendo el método analítico, es fundamentalmente reduccionista y trata de explicar la naturaleza de lo más complejo a partir de sus elementos más simples. Teilhard, al contrario, comienza con la naturaleza de lo más complejo, el hombre o, como él prefiere llamarlo, «el fenómeno humano». En él encuentra la presencia de la conciencia y el espíritu como un dato fundamental que, al ser el resultado de la evolución, le lleva a considerar que estas características deben encontrarse ya de alguna manera, aunque a niveles ínfimos, en todos los estadios de la materia. Esto es lo que él llama el interior de las cosas.



Teilhard no concluye su análisis de la evolución con la aparición del hombre, sino que lo proyecta hacia el futuro, ya que la evolución sólo puede seguir progresando ahora a nivel humano. Para él la humanidad (noosfera), después de cubrir la Tierra como una membrana pensante y personalizada, se va socializando cada vez más y replegándose sobre sí misma con una rapidez y presión constantemente aceleradas, hasta converger en un estado que él llama de «superconciencia». Este proceso se realiza por la colaboración libre de los hombres que van buscando una mayor unidad (cultural, económica, política,

religiosa...). En los fenómenos actuales de la globalización y el fortalecimiento de las instituciones internacionales se pueden ver ya indicios, todavía muy incipientes, de este proceso. Teilhard invoca aquí el principio de que, para que tenga sentido, la evolución tiene que ser convergente. Es ésta una idea central en su pensamiento. Para él, una evolución divergente quitaría todo sentido al proceso, cuyas etapas marcan claramente una dirección que va de la materia inerte a la conciencia humana. La inevitable convergencia del Universo está pidiendo un punto en el que converja, para evitar caer en el sinsentido. En este último estadio, por tanto, la evolución debe tender hacia un punto final de convergencia que, al darse en el nivel de la conciencia y la persona, debe ser a la vez «superconsciente» y «superpersonal». En ese punto final de convergencia de todo el proceso evolutivo, que Teilhard denomina el «Punto Omega», se dará la unión, en la que todas las conciencias, y con ellas todo el universo, encontrarán su consumación. La fuerza que lleva hacia esa convergencia es la energía que está asociada al interior de las cosas y que impulsa los elementos hacia niveles superiores, es decir, la energía radial. Puede chocarnos la propuesta de Teilhard de que en el nivel humano esta energía adopta la forma del «amor». En efecto, las conciencias (los hombres) sólo pueden converger en el Punto Omega por un proceso que sea a la vez comunicante y diferenciante, para unirse sin perder su individualización, lo cual sólo puede realizarse, en el nivel humano, por el amor. Teilhard da al término «amor» un sentido muy general, lo define como una «afinidad interna mutua» y designa con él «las atracciones de naturaleza personal». El amor es para él, por tanto, la fuerza que impulsa el movimiento convergente de la humanidad. Añade, además, que el Punto Omega no sólo es el punto de convergencia de todo el universo, sino también la fuerza creadora que atrae hacia sí todo el movimiento evolutivo. Es decir, no es sólo un punto pasivo al que tiende el universo, sino un punto activo que lo atrae todo hacia sí. Al analizar las características del Punto Omega, Teilhard encuentra que, para poder cumplir su función de centro universal de unificación, debe ser preexistente y trascendente. No puede extrañarnos que, llegado a este punto, identifique el Punto Omega con la idea tradicional de Dios propuesta por la religión. Dios aparece así, al mismo tiempo, como creador y consumidor de la creación, y realiza esta última función a través de la convergencia en Él, en el nivel del espíritu, de las conciencias humanas.

Teilhard no concluye aquí su itinerario, sino que da un paso más con la consideración de lo que él llama el «fenómeno cristiano». A quien haya seguido el camino de sus reflexiones, basadas en las perspectivas de la ciencia, que le han descubierto un universo evolutivo, y su propuesta de que sólo su convergencia en un Punto Omega asegura su sentido pleno, Teilhard le hace volver sus ojos hacia el cristianismo. Por «fenómeno cristiano» entiende él la existencia, descubierta experimentalmente en el seno de la humanidad, de una corriente religiosa caracterizada por unas propiedades de notable semejanza con todo lo que hemos descubierto a partir del estudio del fenómeno humano. Teilhard conecta el fenómeno cristiano con el lento y complicado ascenso en el corazón de la humanización, desde su mismo origen, de la necesidad de adoración expresada en las distintas tradiciones religiosas. Así descubre que el cristianismo constituye un verdadero *phylum* evolutivo humano que, por su orientación hacia una síntesis basada en el amor, progresa exactamente en la misma dirección que la flecha definida ya en la biogénesis y la antropogénesis.

El fundamento de la fe cristiana, es decir, la aparición de Dios hecho hombre en Jesucristo, es interpretado por él dentro del esquema de la evolución. Como el misterio de la encarnación supone el misterio trinitario en Dios, para Teilhard este misterio cristiano debe ser también coherente con el carácter evolutivo del mundo. Además, su metafísica de la unión exige que la esencia de Dios mismo sea

también la de la unión de tres personas. De esta forma, el espíritu que guía y sostiene la marcha de la evolución hacia adelante es ahora la fe en la encarnación del Verbo de Dios en Cristo, que implica esencialmente la conciencia de hallarse ya en relación actual con el polo espiritual y trascendente de la convergencia cósmica universal. En otras palabras, para el cristiano, el Punto Omega se identifica con Cristo, en quien Dios se ha hecho ya presente en el corazón mismo de la materia para animar y llevar adelante toda la evolución hacia sí. Él es a la vez el modelo a seguir y la fuerza que lo hace posible. La fe cristiana ha llevado a Teilhard a reconocer en Cristo el Punto Omega y, de esta forma, a reconocer también que la cosmogénesis y la antropogénesis se convierten finalmente en lo que él llama una «Cristogénesis», es decir, un proceso en el que todo el universo se convierte en el cuerpo cósmico de Cristo. En ella se da la consumación convergente de todo el universo en el nivel del espíritu iniciado desde su mismo origen. Esta concepción lleva, según Teilhard, a la consideración de la dimensión cósmica de Cristo. En sus propias palabras: «Erigido como primer motor del movimiento evolutivo de complejidad-conciencia, el Cristo cósmico llega a ser cósmicamente posible... En último análisis, la cosmogénesis, después de ser descubierta siguiendo su eje central —primero biogénesis, después noogénesis—, culmina en la Cristogénesis, con la que todo cristiano sueña»¹⁸. Con esta identificación de Cristo con el Punto Omega de la evolución cósmica culmina la propuesta de Teilhard de Chardin de una evolución entendida desde el punto de vista cristiano.

Recientemente, esta visión teilhardiana ha sido reelaborada por Schmitz-Moorman, que desarrolla una nueva concepción de la creación bajo estos presupuestos¹⁹. Propone este autor la metafísica de la unión como el modo en que Dios crea. Como esta metafísica se aplica también a Dios, en él se encuentra la unión del misterio trinitario. Así, el modo de crear por unión de Dios es consecuencia de su modo de ser. La creación toda está orientada a la unión con Dios a través del hombre, única criatura capaz de conocer y amar y, por lo tanto, de unirse con Dios. Éste es el sentido que da a lo que él llama la *creatio appellata*, en la que, como ya vimos, Dios llama hacia sí a las criaturas para que lleguen a ser más y más similares a él, lo que tiene lugar finalmente en el hombre. Al tener que realizarse esta unión a través del hombre creado libre, Schmitz-Moorman llama a la creación, también, *creatio libera*.

18 Pierre TEILHARD DE CHARDIN, «Le Christique», en *Oeuvres. 13: Le coeur de la matière*, Éditions du Seuil, Paris 1976, p. 109.

19 K. SCHMITZ-MOORMANN, *op. cit.*, pp. 213-253.