

REPENSAR A TEILHARD de CHARDIN

LA EVOLUCIÓN: PROCESO DE COMPLEJIFICACIÓN

Una nueva interpretación científica sobre la materia, el espíritu, la energía, la complejidad, el espacio, el tiempo, la vida, el pensamiento y la sociedad.

Chardin

Majadahonda. Abril del año 2005
Cincuenta aniversario de la muerte de Pierre Teilhard de

6-2-2005

José Luis Bozal González **Copia de trabajo** Versión final

Dedicado a mi querida esposa Isabel Callejo
Compañera de reflexiones
Sin ella no hubiera existido este libro

“Sin preocuparme, por una vez, de salvar en mis expresiones ninguna ortodoxia (ni científica, ni religiosa) y, sin embargo, con la consciencia de no obrar más que por fidelidad, llevada hasta el extremo, a mi doble vocación humana y cristiana, he aquí el sorprendente espectáculo cuya evidencia quisiera yo que saltara a la vista mediante un sencillo ajuste de nuestra mirada ante lo que todos vemos. No ya una tesis, sino una presentación, e incluso, si se quiere, **un llamamiento. El llamamiento de un viajero que, por haber dejado el camino, ha llegado de repente por suerte a un punto de vista desde el que todo se ilumina y que grita a sus compañeros:**

VENID Y VED “

Teilhard de Chardin 14 de julio de 1953 ¹

¹ “La activación de la energía”. La trama del Universo. Pág. 322

INDICE

<i>PRÓLOGO</i>	6
<i>BIOGRAFÍA DE TEILHARD DE CHARDIN</i>	8
<i>1.- INTRODUCCIÓN</i>	12
<i>2.- LA TRAMA BÁSICA DEL UNIVERSO. MATERIA.</i>	16
2.1. El observador	17
2.2. Partículas elementales y fuerzas de interacción	18
2.3. Definición de Energía y Espíritu.	18
2.4. Crítica al concepto teilhardiano de la Trama Básica del Universo.	20
<i>3.- LA LEY BÁSICA DEL UNIVERSO. COMPLEJIDAD</i>	21
<i>EL DESPLIEGUE DE LA KOSMOSFERA</i>	21
3.1. Definición y medida de la Complejidad. Complejidad estructural y funcional.	21
3.2. Comentario crítico a la ley de complejidad y conciencia de Teilhard	23
3.3. Los corpúsculos. La centredad.	24
3.4. Los corpúsculos. ¿Azar o necesidad?	25
3.5. Los primeros corpúsculos: átomos y moléculas.	26
<i>4.- LA VIDA. ANIMACIÓN</i>	28
4.1. Los individuos protoplásmicos. Basibiones	28
4.2. La memoria base de la vida.	30
4.3. La complejificación activa de los seres vivos.	31
<i>4.4. Espacio y Tiempo conceptos derivados de la Información.</i>	32
4.5. La célula	33
4.6. Los agentes autónomos de S. Kauffman. Orden desde lo aleatorio.	34
4.7. El concepto de Orden.	36
<i>5.- EL DESPLIEGUE DE LA BIOSFERA. CEFALIZACIÓN</i>	38
5.1. El Principio de Conservación	38
5.2. Los seres monocelulares.	38
5.3. La complejidad del código genético y la del individuo que genera.	39
5.4. Los vegetales. Coordinación química	41
5.5. Los animales. Coordinación nerviosa.	44
5.6. La línea principal de complejificación en los animales.	46
<i>6.- EL PENSAMIENTO. REFLEXIÓN – HOMINIZACIÓN</i>	48

6.1. Definición de Reflexión.	48
6.2. Ventajas de la Reflexión.	50
7.- EL DESPLIEGUE DE LA NOOSFERA. CORREFLEXIÓN - SOCIALIZACIÓN	52
7.1. La Correflexión.	52
7.2. Etapa de socialización de expansión. Desde el primer homínido hasta el Homo Sapiens	52
7.3. Etapa de Socialización de Expansión. Desde el Homo Sapiens hasta la Civilización	54
7.4. Etapa de Socialización de Compresión.	56
7.5. El pensamiento artificial. Ciberización	58
8.- OTRAS CUESTIONES	60
8.1. Cosmogénesis.	60
8.2. El Tiempo en la Cosmogénesis.	61
8.3. Entropía energética e informacional	61
8.4. Vida en otros planetas a la luz de la Cosmogénesis	62
8.5. Muerte y envejecimiento	63
8.6. Significado del mal en el mundo.	64
8.7. Individuo y Sociedad.	64
8.8. Emociones. Esperanza/Miedo. Alegría/Tristeza. Y Amor.	65
8.9. Punto Omega y Ultrahumanidad.	66
9.- REFLEXIÓN FINAL	69
GLOSARIO	70
BIBLIOGRAFÍA	85

PRÓLOGO

Fui un lector apasionado de la obra de Teilhard que descubrí en 1967. En esa época acabé mi carrera de Ingeniería y me propuse construir una Teoría de la Complejidad que objetivara dicho concepto. Trabajé intensamente en esa dirección e incluso realicé algunas publicaciones. Fue también objeto de una Tesis doctoral inacabada. A lo largo de estos 37 años he seguido trabajando de modo intermitente en dicha teoría que me parece fundamental para sedimentar el concepto de la evolución como proceso de complejificación.

Todavía hoy no existe unanimidad en el significado de complejidad. La Teoría de la Información ha sido una herramienta crucial para comprender este concepto y para establecer el significado de “Información” y su papel en la Ciencia. Teilhard no pudo utilizar estos conceptos puesto que se desarrollaron en la década de su muerte y en campos alejados de su área principal de conocimiento. Mi tardía licenciatura en Historia y mis estudios sobre el Paleolítico Superior en Madrid me acercaron todavía más a la Biología Evolucionista y me permitieron conocer mejor el campo de trabajo en el que Teilhard era un especialista.

El cincuenta aniversario de la muerte de Marie-Joseph-Pierre Teilhard de Chardin me pareció una buena ocasión para realizar este libro, con el objetivo de actualizar su visión sobre la evolución como un proceso de complejificación a la luz de los descubrimientos científicos de estos últimos cincuenta años. Intentaré hacer comprender la validez científica de sus planteamientos fundamentales cuando hablaba basándose en la ciencia. También trataré de rebatir las objeciones basadas en interpretaciones superficiales de su Teoría, que en la mayoría de los casos son sólo prejuicios por su condición de sacerdote católico. Analizaré las justas críticas debidas a la ambigüedad de algunos de los conceptos básicos necesarios para la confirmación experimental de su Teoría.

Este libro es una visión crítica de la Biología Evolucionista de Teilhard que mantiene lo esencial de su teoría, concretando y definiendo sus conceptos básicos desde un punto de vista científico: complejidad, interior, energía, espíritu, corpúsculo, vida... Estas redefiniciones permiten ver que el cuadro general que planteó no está obsoleto, sino que encaja dentro de una visión amplia del concepto de evolución. La acusación de teoría finalista no es aplicable según la redefinición que se hace en este libro y la etiqueta de ortogénesis debe ser comprendida en su sentido correcto como desarrollo orientado hacia más complejidad sin la acción de misteriosas fuerzas interiores.

A los lectores no familiarizados con la obra de Teilhard les recomiendo la lectura de “El grupo Zoológico Humano” que es suficiente para la comprensión de su Teoría Evolucionista desde una perspectiva puramente científica que es la que trata el presente libro. Escrita hacia el final de su vida, esta obra es una síntesis depurada de su pensamiento liberado de los agobios de la autorización religiosa muy presente en “El Fenómeno Humano”.

Para aquellos que no tengan una visión general de las teorías evolucionistas recomiendo “El enigma de la esfinge. Las causas, el curso y el propósito de la evolución” de Juan Luis Arsuaga.

Quisiera también resaltar el magnífico trabajo de Faustino Cordón cuya obra “La alimentación como base de la Biología Evolucionista” es una provechosa contribución aunque parcial a la comprensión de los detalles del proceso.

Las diferentes lecturas y escritos personales sobre estos temas a lo largo de estos años han asentado algunos conceptos que me parecen fundamentales para la comprensión del proceso de la evolución y forman la base del presente libro.

BIOGRAFÍA DE TEILHARD DE CHARDIN

En este inicio intentaré dar una breve semblanza de la biografía y obra de Teilhard de Chardin. También expondré de un modo sucinto los rasgos más importantes de su teoría de la evolución, de modo que permita seguir los razonamientos y críticas que se hacen en este libro. Nada puede sustituir la lectura directa de su obra, pero, desgraciadamente, no se han reeditado sus libros y sólo pueden encontrarse en castellano en ediciones antiguas.

Primeros años 1881-1923

Marie-Joseph Pierre Teilhard de Chardin nace el 1 de mayo de 1881 en Sarcenat (Francia), a pocos kilómetros de Clermont- Ferrand. Es el cuarto hijo de una familia burguesa acomodada que tendrá once hijos. Estudia en el colegio de los jesuitas de Villefranche-sur-Saône y en 1899 decide ser jesuita e ingresa en el noviciado de Aix-en-Provence.

Siguió el proceso normal de formación de todo jesuita que duró trece años. Los dos primeros (*noviciado*) los pasó en Francia y los siguientes cuatro años (*juniorado*) en Jersey (Inglaterra) recibiendo estudios de filosofía. En 1905 se le envía a El Cairo (Egipto) donde debe cumplir su periodo de tres años llamado de “*magisterio*” como profesor de Física y Química. En este período se consolida definitivamente su interés por la paleontología que será su profesión científica para el resto de su vida. Y los últimos cuatro años de su formación los realiza en Hastings (Inglaterra) donde recibe formación teológica (*teologado*) y es ordenado sacerdote el 24 de agosto de 1911.

De 1912 a 1914 los pasa en Paris dedicado al estudio y la investigación paleontológica en el laboratorio de Marcellin Boule, director del Museum de Historia Natural de Paris. Mantiene contactos con el Abate Henri Breuil (nombre mítico en la Prehistoria de ese período). En 1913, invitado por Breuil, viene a España, en la que será su única visita, a las excavaciones de las cuevas de El Castillo, Altamira, Pasiega,...acompañados por Hugo Obermaier (prehistoriador alemán que trabajó en España muchos años y también sacerdote).

1914-1918. Primera Guerra Mundial. Participa como camillero de segunda clase en el 8º regimiento ligero de tiradores marroquíes, que pasó luego a ser el 4º regimiento mixto de zuavos y tiradores. Está en la primera línea de fuego de diversos frentes teniendo un comportamiento ejemplar obteniendo varias condecoraciones: la Cruz de guerra, la Medalla militar y acabada la guerra es nombrado caballero de la Legión de Honor. En

1918 pronuncia sus votos solemnes de incorporación definitiva a la Compañía de Jesús. Es un período de intensas emociones humanas y de profundas reflexiones que inician la construcción de su pensamiento.

Desde el fin de la guerra hasta 1923 en que parte para China, se dedica intensamente, en la Universidad de la Sorbona en París, a completar su formación científica en ciencias naturales, geología, botánica, zoología. Presenta su Tesis doctoral sobre los Mamíferos del Eoceno inferior francés y continua sus trabajos en el Museum e imparte clases en el Instituto Católico de París. Plantea y difunde, en ámbitos reducidos, especialmente entre estudiantes y jóvenes clérigos franceses, los primeros esbozos de su teoría. Empieza a ser incómodo para sus superiores religiosos. Le retiran como profesor de Geología en el Instituto Católico y le destinan a China.

Todos estos años de formación sientan las bases de la dualidad a la que se va a enfrentar. De una parte, período de formación religiosa intensa que sedimenta de un modo definitivo su compromiso con su profunda fe cristiana y su insoluble unión con la Iglesia Católica y con la Compañía de Jesús, a pesar de los terribles y amargos momentos a los que fue sometido en la fase final de su vida. Por otra parte, período en que se concreta su pasión por la paleontología y por la ciencia como medio de conocimiento del mundo y en el que completa su formación científica. Y también, período de vivencias sobre la transitoriedad de la vida humana y la globalidad de la Humanidad marcada por los grandes movimientos sociales.

Años de plenitud creativa 1923-1945

Durante estos veintidós años su sede principal está en China, principalmente en las ciudades de Tientsin y Pekín. Explora diferentes zonas de China trabajando para el Museum de Paris y para el Servicio Geológico de China. Su descubrimiento más importante es el del *Sinanthropus Pekinensis* en el yacimiento de Chu-Ku-Tien (1929), especie de *Homo Erectus* de China (500.000 años de antigüedad). Desde allí realiza multitud de viajes por diferentes zonas de Asia: Manchuria, Mongolia, Desierto de Gobi, India, Java, Birmania. Regresa a Francia en varias ocasiones e incluso realiza un viaje a Somalia y Abisinia en África. Participa como geólogo en una expedición a través del Desierto de Gobi, patrocinada por la familia Citroën, conocida como el Crucero Amarillo (1931). Viaja a los Estados Unidos en cuatro ocasiones. En 1939 estalla la Segunda Guerra Mundial lo que le obliga a permanecer en China, dominada por Japón y sin posibilidades de hacer trabajo de campo durante los seis años de guerra. Recorrió el mundo, vio culturas muy distintas, trabajó profesionalmente en su especialidad científica. Adquirió una profunda madurez humana, no por viajar y trabajar solamente, sino por encajar esas experiencias vividas en su edificio conceptual de la evolución. Alcanzó un alto prestigio personal en el mundo científico.

¿Qué pasó en estos años con su reflexión filosófica? Su pensamiento ha ido adquiriendo forma y madurando, como se observa en los escritos de los primeros años de este período. Su desencuentro filosófico-teológico con sus superiores religiosos se va agudizando y su prestigio científico les causa profunda preocupación, mientras su fidelidad y obediencia se mantienen inquebrantables.

Durante este largo período escribe muchos artículos e imparte conferencias tanto de paleontología como de filosofía y de temas religiosos, estos últimos siempre incardinados dentro de su visión general del mundo.

Entre 1938 y 1939 escribe lo que ha sido considerada su obra fundamental “**El Fenómeno Humano**”. Él mismo la define como una Memoria científica sobre una Introducción a la explicación del Mundo. Considera que la trama básica del Universo, la materia, tiene un interior (conciencia) que sólo se manifiesta en las formas evolutivas más complejas. Cree que la conciencia no es sólo una propiedad del hombre sino que es una propiedad de toda materia. Enuncia una ley de Complejidad/Conciencia según la que el incremento de complejidad conlleva un incremento de la Conciencia que en las formas inferiores no se manifiesta por encontrarse muy disperso. Ambas cosas son las dos caras de un mismo proceso. Considera que el Universo es un inmenso proceso evolutivo (Cosmogénesis) que se inicia en lo inanimado, la *previda*, (átomos, moléculas) y que por un proceso de creciente complejificación genera la *vida* (célula, vegetal y animal formando la Biosfera), para alcanzar la reflexión (*pensamiento*) en el hombre. El siguiente paso evolutivo, una vez alcanzada una única especie humana, consiste en un proceso de *socialización* que conduce a la convergencia de toda la Humanidad. Así se crea la capa pensante (noosfera) que significa el máximo de complejidad y, por lo tanto, de conciencia. Plantea una extrapolación según la que el proceso de socialización llevará a la Humanidad a una superconvergencia en que toda ella se aglutinará en una Superconciencia Cósmica que llama Punto Omega (Dios).

Últimos años 1946-1955

A mediados de 1946 regresa a París que será su residencia básica hasta 1951. Esta larga estancia en París le permite mantener múltiples contactos con la élite intelectual y pronunciar conferencias para exponer su visión del mundo. Está muy interesado en contrastar sus teorías con el mundo científico y también en hacer comprender a sus superiores religiosos la ortodoxia de las mismas, que hacen inteligible el mensaje cristiano en el mundo moderno dominado por la ciencia. Su prestigio sigue creciendo, se le nombra oficial de la Legión de Honor. En 1947 tiene un infarto que marca el inicio de su quebranto físico.

En octubre de 1948 viaja a Roma con el objetivo de obtener una doble autorización: para aceptar la cátedra de Paleontología que le han ofrecido en el Collège de France y para publicar su obra “El Fenómeno Humano”. Se le niegan ambas cosas. Este hecho produce en él una gran amargura.

En 1949 finaliza “El Grupo Zoológico Humano”, obra más estrictamente científica y liberada de los condicionantes de aprobación por la jerarquía religiosa y en la que de un modo más sintético, sin modificar los aspectos globales expuestos en “El Fenómeno Humano”, consigue concretar su visión sobre el lugar del hombre en la Naturaleza. Su convencimiento definitivo de que jamás recibirá la aprobación para publicar su obra unido a que en 1951 se le aleja de nuevo, exiliándolo a los Estados Unidos, agudizan su amargura. En ese mismo año realiza un viaje a África del Sur para visitar los yacimientos de australopitecos y otro a América del Sur.

Pasa sus últimos años (1951-1955) en Nueva York trabajando para la Fundación Wenner-Gren, realiza varios viajes por los Estados Unidos, también se desplaza a África del Sur y Rodesia. Sigue dando conferencias y profundizando en algunos aspectos de su teoría. En 1954 planea escribir un nuevo libro titulado “Las Singularidades de la Especie Humana” que finalmente queda reducido a un conjunto de artículos². La preocupación de sus superiores religiosos llega al extremo de ordenarle que no escriba más. En el verano de ese año recibe autorización para una estancia en París, donde nuevas discrepancias con la jerarquía le hacen acortar su estancia y regresar a Nueva York donde muere el 10 de abril de 1955 a las seis de la tarde.

Unos años antes había hecho testamento a favor de su secretaria Jeanne Portier, lo que permitió que su obra fuera publicada gracias al impulso de amigos y admiradores que constituyeron un Comité Científico en el que figuran personalidades notables del mundo científico de aquella época. En él figura Miguel Crusafont Pairó director entonces del Museo de Sabadell que hoy lleva su nombre y que fue el traductor al castellano de las obras clave.

El conjunto de sus obras se publicó agrupando por temas el conjunto de escritos que había realizado a lo largo de su vida: *La visión del pasado*, *El porvenir del hombre*, *La aparición del hombre*, *La energía humana*, *La activación de la energía*. También escribió sobre temas religiosos como: *El medio divino*, *El himno del Universo*. Todos ellos fueron publicados en España por la Editorial Taurus que tenía como Director de Publicaciones Religiosas a Jesús Aguirre.

Su éxito fue fulgurante en la década de 1960-70 y también fue fulgurante su declive. En el mundo científico el desarrollo del neodarwinismo y los desarrollos en biología molecular y genética orientaron el evolucionismo en otra dirección. El libro de Jacques Monod “El azar y la necesidad” marcó en 1970 una nueva línea de pensamiento básicamente ligada a la aleatoriedad del proceso evolutivo. En el mundo religioso tras un inicio de fuerte discusión, que llevó incluso al Santo Oficio en 1957 a emitir un decreto retirando los escritos de Teilhard de las librerías católicas y de las bibliotecas de los seminarios o instituciones religiosas, se le sumió en el más profundo de los olvidos.

² “La aparición del hombre”. Las singularidades de la especie humana. Págs. 261-335

1.- INTRODUCCIÓN

El 10 de abril de este año 2005 se cumplen cincuenta años de la muerte en Nueva York de Pierre Teilhard de Chardin. El impacto de sus teorías en las décadas de los 60/70 del siglo XX fue espectacular en España, Francia e Italia. Probablemente, sus teorías transgresoras encajaron con los movimientos sociales, transgresores a su vez respecto de la organización socio-política, en ese período en que pareció posible refundar las bases de la Sociedad. Este impacto fue como un fogonazo que alcanzó a los más diversos colectivos: científicos, filósofos, teólogos y políticos. Creyentes y no creyentes encontraron en esta teoría la coherencia explicativa de su fe religiosa o laica.

Su teoría se inscribió dentro de las opciones científicas que tenían una visión amplia del fenómeno evolutivo y que se desarrollaron en el último período de su vida. Sus planteamientos chocaron con la Teoría Sintética, que condenaba a todas las teorías finalistas y ortogenetistas, entre las que fue rápidamente incluido, agravado además por sus escritos místico-religiosos donde extrapolaba su teoría evolucionista hacia una explicación teológica coincidente con el cristianismo. Aunque intentó constantemente separar su teoría evolucionista como científico del resto de sus creencias, no le fue posible. Este hecho le marcó todavía más en el mundo científico. Su construcción global

es un buen edificio, pero cuando se analizan por separado los conceptos de cada parte del proceso evolutivo hay muchas ambigüedades intolerables para la Ciencia. El concepto de complejidad está en la base de su edificio y sólo lo intuye. Su obra “El Grupo Zoológico Humano” escrita en 1950 es la culminación de su trabajo como científico en biología evolucionista.

Para la Iglesia-Organización del último período de su vida representó un verdadero quebradero de cabeza. La heterodoxia de sus planteamientos no era asumible para una Iglesia que se debatía entre los movimientos conservador y adaptador al mundo moderno. Inclusive para este último su visión del mundo y de Dios significaba un cambio tan profundo y una ruptura con la tradición teológica que imposibilitaba su aceptación en el marco de la organización eclesial. La denegación, a finales de 1948, por parte del Superior General de los jesuitas, de autorizarle a presentar su candidatura a una cátedra del Collège de France y a publicar su obra “El Fenómeno Humano”, ponen de relieve la preocupación que generaba en la jerarquía eclesiástica su autoridad intelectual en el mundo científico-filosófico. Este temor provocó la decisión de obligarle a dejar París. Se instaló en Nueva York necesitando permiso para cualquier desplazamiento. Fue desautorizado por la Iglesia. Su obediencia fue ejemplar, pero le produjo una profunda amargura para cumplir esa misión que siempre creyó tener: hacer ver al mundo las líneas de su futuro. La última página del Diario (7 de abril de 1955)³ resume su visión religiosa incardinada en la científica. Cosmogénesis => Biogénesis => Noogénesis => Cristogénesis.

Teilhard reunió las condiciones necesarias para abordar el polifacético problema del lugar del hombre en la Naturaleza. Sólo alguien como él, pluridisciplinar, firmemente aposentado en la Ciencia, con amplia formación filosófica, trabajador incansable y con una fe inquebrantable en la existencia de una explicación coherente, podía llegar a construir un edificio con sentido sobre este tema. Planteamiento discutible, pero interesante y digno de una reflexión profunda antes de proceder a una descalificación precipitada de sus teorías que como toda obra humana tiene errores y ambigüedades, pero también el enorme valor de la coherencia global.

Este libro no es un comentario sobre la obra de Teilhard, sino un esfuerzo por hacer ver que su Teoría de la Evolución, a la luz de cincuenta años más de ciencia, no es una teoría muerta en lo referente a sus grandes líneas. Los desarrollos de la Teoría de la Información y del papel del observador en su aprehensión del mundo permiten una comprensión y, en algunos casos, una definición de los conceptos más ambiguos y oscuros del edificio teilhardiano.

Aunque he revisado toda la obra publicada me he basado fundamentalmente en “El Grupo Zoológico Humano” (1950) que es la mejor síntesis de su pensamiento en el aspecto científico, complementándolo con artículos y escritos de sus últimos años (1939 en adelante).

He procurado mantener la nomenclatura teilhardiana y su significado, reelaborándolo cuando ha sido necesario. Para su correcta comprensión he incluido un glosario con los términos más significativos.

³ “El porvenir del hombre”. Pág. 382

El libro se inicia, después del prólogo y esta introducción, con el **capítulo segundo, “La trama básica del Universo. Materia”**. En él se analiza el papel del observador, de sus modelos y de la información en el conocimiento. Se considera a las fuerzas de interacción, incluida la gravedad, como propiedades de la materia que inician el proceso de complejificación. Las dos caras de todo proceso de conocimiento son la energía y la información. Haciendo un paralelismo entre la definición operacional de Energía y la de Espíritu se define a este como todo aquello capaz de producir complejificación.

El **capítulo tercero, “La ley básica del Universo. Complejidad. El despliegue de la Kosmosfera”**, trata sobre el tema básico de definir y medir la complejidad. Aplicando la Teoría de la Información se da una nueva medida operativa de la complejidad utilizando el concepto de entropía condicional en un sistema que procesa información. Se definen la complejidad estructural o morfológica y la funcional o comportamental.

Se inicia el proceso de complejificación con la aparición de átomos y moléculas. Su formación precisa coincidencia espacio-temporal de sus componentes lo que unido a las leyes de interacción produce el fenómeno de complejificación de lo inanimado.

El **capítulo cuarto, “La vida. Animación”**, concreta en la aparición de la memoria la base de los procesos de regeneración, replicación, aprendizaje y alimentación que son los signos distintivos de lo animado, o sea de la **vida**. La memoria equivale a la existencia de estados internos que son la causa de lo que llamamos comportamientos animados. Los comportamientos animados son comparables a los de los sistemas booleanos secuenciales y esta comparación ayuda a comprender que la mutación de aparición de la memoria consiste en un cambio en la organización que relaciona sus componentes megamoleculares. También se justifica en este capítulo que la vida no es un fenómeno altamente improbable, fruto del azar, sino una forma de organización posible en determinadas circunstancias; para ello se utilizan los resultados de las nuevas teorías sobre los sistemas complejos adaptativos. La evolución de estos sistemas hacia el límite del caos, o sea, el punto de máxima capacidad de procesamiento de información y de máxima complejidad, abre una interesante explicación sobre la posibilidad de que la vida no sea un epifenómeno.

Se da por primera vez una definición de los conceptos de espacio y tiempo derivados del concepto de información.

El **capítulo quinto, “El despliegue de la Biosfera. Cefalización”** plantea el desarrollo del Árbol de la Vida a partir del Principio de Conservación o de supervivencia en sus dos principios básicos:

- Principio de alimentación. Obtención de la energía /materia necesaria para la estructura
- Principio de complejificación. Obtención del máximo de información, con el mínimo de gasto estructural, necesario para preservarse de las agresiones del medio

Se analiza el desarrollo de los seres unicelulares, los pluricelulares, los vegetales y los animales justificando en cada caso el incremento de complejidad de los pasos

evolutivos uno por uno, llegando hasta los mamíferos. Se explica el papel del código genético y se separa la complejidad de éste de la del ser al que da origen.

El capítulo sexto, “El pensamiento. Reflexión-Hominización”, plantea de un modo concreto en qué consiste la mutación hominizante que está en el origen de la reflexión, es decir, del pensamiento. Se define:

Reflexionar, o sea, trabajar sólo con representaciones mentales (modelos simbólicos) y con sus relaciones, deducidas de reglas que se han mostrado válidas en la obtención de resultados comprobados experimentalmente a posteriori.

También se trata, otra vez, de una mutación, fruto ahora de una reorganización en la estructura neuronal del cerebro. Se introduce una nueva capacidad, la de la replicación informativa artificial, añadiéndola a la replicación informativa biológica y a la replicación informativa genética. Siempre mayor capacidad de procesamiento de información. Siempre mayor complejidad.

El capítulo séptimo, “El despliegue de la Noosfera. Correflexión-Socialización”, plantea las etapas del proceso de la hominización y el desarrollo de la Noosfera hasta nuestros días. Introduce la correflexión, o sea la reflexión conjunta de toda la sociedad, como una “mutación” en la que se alcanza el máximo nivel en el proceso de complejificación. Se explican las dos fases del proceso: socialización de expansión y socialización de compresión.

El capítulo octavo, “Otras cuestiones” trata de explicar algunos temas que son consecuencia de esta visión de la evolución y que no han sido tratados a lo largo del texto:

Cosmogénesis. El significado global del proceso. Se presenta un cuadro-resumen de las distintas etapas tratadas a lo largo del texto. Se trata el problema entropía/neguentropía

Muerte y envejecimiento. Se justifica el papel de estos procesos dentro de la Cosmogénesis.

El significado del mal en el mundo. Tema muy querido por Teilhard y justificado como los errores en los tanteos evolutivos.

Individuo y Sociedad. Individualismo frente a grupalismo. ¿Por qué existen comportamientos altruistas?

Emociones. Esperanza/Miedo. Felicidad/Tristeza. Y Amor. ¿Qué son? y ¿qué papel juegan en la evolución?

Termina este capítulo con una disquisición sobre el Punto Omega y la Ultrahumanidad sobre el que se hacen unos comentarios con la advertencia de que no son el objeto del presente libro, pero parecía imprescindible decir algo sobre un tema tan presente en la obra de Teilhard.

2.- LA TRAMA BÁSICA DEL UNIVERSO. MATERIA.

2.1. El observador

El observador, o sea nosotros, es el elemento fundamental para el conocimiento. Todo está en nuestra mente, tanto los modelos perceptuales directos, fruto de lo que decimos que es nuestro exterior, como los modelos simbólicos de lo que llamamos nuestro interior (en ambos casos vivencias). Todo modelo es una estructura de relaciones entre elementos y por lo tanto una restricción al puro azar. Sólo puede haber conocimiento cuando hay relaciones de dependencia en y entre los modelos. Funcionamos procesando información, comparando modelos perceptuales con simbólicos o simbólicos entre sí, estructurando y reestructurando una y otra vez nuestros modelos con el objetivo constante de conseguir la máxima simplificación de los modelos simbólicos representativos de la experiencia.

Siempre se produce en la mente del observador dicho proceso de información. Toda experiencia en el mundo de la Física es fruto de un proceso energético exterior y un proceso informativo interior, este último, sobreentendido, y cuya comprensión es de una importancia trascendental para lo que vamos a tratar en este libro. Cuando recibimos un conjunto de modelos perceptuales directos intentamos reducir su sobreabundancia informacional buscando relaciones que simplifiquen el modelo simbólico representativo de lo que estamos percibiendo. Realizamos un procesamiento de la información que elimine redundancias y nos permita ‘comprender’ y explicar la experiencia percibida mediante un modelo simbólico que tenga el menor número de elementos posibles. Realizamos en los modelos las simplificaciones que consideramos que no afectan a lo que estamos analizando. Este es el gran proceso de la Física y de la Ciencia en general. La incesante búsqueda de modelos que simplifiquen la compleja información recibida y generada.

El método científico, que es una conquista humana de primera magnitud, nos proporciona una regla de verdad que no puede sustituirse por nada. Sólo la comparación del modelo perceptual directo con el modelo simbólico de mi mente puede darme la “verdad” de mi modelo. Sé que tras esta aparentemente simple afirmación hay un mundo de discusión filosófica, pero no veo otra forma de validación de verdad. El modelo debe ser validado por los resultados experimentales, intentando ser objetivos de modo que cualquier ser humano pueda recibir la misma información realizando el experimento en las mismas condiciones que el transmisor original de esa información. La información sobre el experimento, sus condiciones de realización y sus resultados es inamovible, en cambio la teoría que la sustenta puede no ser cierta. El experimento y el receptor de la información no pueden desligarse. Así como tampoco debe nunca confundirse el modelo simbólico con la “realidad” ya que aquel lleva una carga simplificadora y reduccionista muy importante.

Todo este preámbulo pretende poner en valor el papel del observador y por tanto de la información en el desarrollo de la ciencia, distinguiendo las percepciones sensoriales que provocan el modelo perceptual directo, de los modelos simbólicos que elaboran modelos, teorías y leyes. La Ciencia ha sobreentendido el papel del observador y en algunos casos sus extrapoladores han asignado valor de verdad a las teorías, necesariamente basadas en modelos simplificados, priorizándolas frente a las evidencias experimentales (dificultades en los cambios de paradigma). La

mecánica cuántica ha introducido el observador, obligando a una reflexión profunda de su papel. Vamos, pues, con la trama básica del Universo.

2.2. Partículas elementales y fuerzas de interacción

A lo largo de la historia ha existido una preocupación constante por identificar los componentes más simples de la Naturaleza. Se conjeturaba que mediante combinaciones de ellos se podían obtener todos los demás. Este problema de la Filosofía se ha ido convirtiendo en un problema de la Física, incluyendo en los últimos años a la Astronomía, al unir el mundo de las partículas elementales con los procesos cósmicos del Big Bang, del nacimiento y muerte de las estrellas, de los agujeros negros, de la materia oscura del Universo.

Las nuevas teorías físicas sobre las partículas elementales, los quarks, las supercuerdas, y las fuerzas de interacción que forman la base de las teorías modernas sobre la trama del universo asignan a esos “entes” una realidad evanescente sólo validada por la concordancia con los resultados experimentales obtenidos en los grandes aceleradores de partículas. Lo único seguro es que nos encontramos con unos entes que se combinan entre ellos de acuerdo con fuerzas de interacción que hay que considerar como propiedades de la trama básica. Históricamente se les ha considerado corpúsculos de materia, entendiendo a ésta como condensación de energía, des pues de la famosa fórmula de Einstein identificándolas. La combinación de estos corpúsculos, gracias a las fuerzas de interacción genera nuevos corpúsculos: electrones, protones, neutrones,...y de ellos por nuevas combinaciones: átomos, moléculas, etc. Aparecen nuevas propiedades de dichos entes como consecuencia del nuevo sistema de relaciones (organización) entre las partículas elementales que los componen.

Pero, ¿qué son esas fuerzas de interacción? Sólo hipótesis necesarias para explicar el comportamiento observable de las partículas elementales. Salvo esto, que no es poco, nada más podemos decir. Einstein intentó, sin conseguirlo, una Teoría Unificada que explicara esas interacciones, incluida la gravedad, como alteraciones de la malla espacio-temporal que formaba la base del Universo. Nos vemos obligados por lo tanto a considerar las fuerzas de interacción, incluida la gravedad, como propiedades de la materia/energía.

2.3. Definición de Energía y Espíritu.

Pero, ¿qué es la energía? La Física clásica la define como la capacidad de producir trabajo. La Física relativista ha ampliado su definición incorporando la energía másica o de reposo. Su invariancia respecto a los cambios en el sistema la ha convertido en un parámetro básico en la Física. Es una medida relacionada con todo tipo de cambio experimentado por la materia. El observador sabe que hay energía cuando obtiene una percepción sensorial o sea una información. No hay información sin un sustrato material o sea sin energía. No hay causalidad sin energía. Realmente sólo podemos definir la energía por sus efectos.

¿Qué es lo que impulsa a la materia/energía hacia la complejificación? No sé lo que es pero si puedo afirmar que esa materia/energía contiene en su seno una propiedad que está en la base del proceso de complejificación y que dicha propiedad son las fuerzas de interacción y la ley de gravitación universal. Es algo extraño, ¿no? Sin embargo, experimentalmente está ahí y justamente esa propiedad de la materia/energía es la que propicia la evolución en lo inanimado hacia mayores formas de complejidad. Si llamásemos espíritu a lo que produce el efecto de las fuerzas de interacción y la ley de la gravedad tendríamos una justificación a dicho concepto. Podríamos definirlo como la capacidad de producir complejificación. Esto no explica la esencia del concepto, pero lo hace medible por sus efectos.

Existen pues dos conceptos básicos y paralelos. Ambos conforman esa trama básica del Universo:

ENERGÍA Capacidad de producir trabajo. Cambios en la materia.
ESPÍRITU Capacidad de producir complejificación. Elaboración simbólica

El concepto físico de Energía hace referencia a todo aquello capaz de provocar un cambio en la percepción, es decir aquello que transporta una información al observador.

El concepto físico de Espíritu hace referencia a todo aquello capaz de provocar complejificación, es decir aquello que obliga al observador a realizar una mayor elaboración simbólica.

La lógica científica se ha aplicado para ambos conceptos con el mismo rigor, en ambos casos no explicamos los conceptos pero reconocemos su existencia por la medición de sus efectos. No debemos caer en la trampa de pensar que el concepto energía es más sólido que el de espíritu por el hecho de que el primero proviene de la física, fue definido para la ciencia en el siglo XIX y tiene una larga tradición, mientras que el segundo proviene del mundo sociológico y nunca ha sido definido hasta hoy. Ambos tienen efectos que nos hablan de su presencia. Incluso en el mundo inanimado ambos están presentes. Una molécula es una construcción de átomos que contienen energía (son capaces de producir efectos perceptuales directos) y contienen espíritu (son capaces de reunirse para producir un ente más complejo).

Todo este razonamiento nos suena extraño porque tenemos prejuicios respecto a los nombres de determinados conceptos fruto de la educación y del lenguaje recibido, lo que ha producido modelos mentales entrelazados que nos evocan una serie de relaciones entre conceptos que hacen chirriar nuestra forma de entenderlo. La ciencia ha establecido un procedimiento de verdad en base a la comparación entre el modelo perceptual directo y el modelo simbólico elaborado, que es al que debemos acogernos con todas sus consecuencias. Y en este caso la definición científica del concepto de espíritu nos choca por las enormes resonancias que tiene en nuestras sociedades. Si nos atenemos estrictamente a la definición que he dado tenemos claro que su valor de verdad está en la experiencia que observamos en el proceso de

la evolución y en nuestra propia existencia. Cada vez entes más complejos por lo tanto cada vez más espíritu.

2.4. Crítica al concepto teilhardiano de la Trama Básica del Universo.

Teilhard expresó su idea de que no hay que reducir lo animado a lo inanimado sino que hay que admitir que lo animado es consecuencia de la complejidad de lo inanimado. Sólo en los entes complejos aparecen las propiedades de lo animado. Lo que en el mundo precientífico se ha llamado espíritu, fuerza vital, alma, ... no es más que una propiedad que surge de la creciente complejificación de la trama básica del universo. Teilhard la llama espíritu/materia y cree que se manifiesta en lo inanimado de modo tan difuso que es imperceptible para nosotros.

Su intuición es buena pero su hipótesis explicativa no lo es. ¿Hay que considerar que hay una porción pequeñita de espíritu en la materia? ¿Hay “algo” que impulsa a la materia hacia la complejificación? Sus detractores siempre han afirmado que su fe cristiana le llevaba a esa síntesis y a plantear una evolución teleológica.

No parece discutible que en los entes complejos aparecen propiedades nuevas y tampoco lo es la idea genérica de un proceso de complejificación creciente. El modelo de trama básica del Universo debería huir de su mecanicismo ingenuo e incluir en su desarrollo las propiedades que la organización aporta al comportamiento de los sistemas.

Teilhard dice⁴:

“No hay, concretamente; Materia y Espíritu, sino que existe solamente Materia convirtiéndose en Espíritu. No hay en el mundo ni Espíritu ni Materia: La `Trama del Universo` es el Espíritu-Materia”

No estoy de acuerdo con esta síntesis teilhardiana ya que la considero innecesaria. Ese Espíritu-Materia teilhardiano no es más que Materia con capacidad de generar propiedades especiales por complejificación. No es una síntesis ya que diremos que hay espíritu donde observemos complejificación. El espíritu es sólo un nombre con el que las sociedades precientíficas explicaban los comportamientos animados suponiendo la existencia de un indefinido interior que distinguía lo animado de lo inanimado.

⁴ “La energía humana” Esbozo de un universo personal. La formación de la persona pgs.63/64

3.- LA LEY BÁSICA DEL UNIVERSO. **COMPLEJIDAD**

EL DESPLIEGUE DE LA KOSMOSFERA

3.1. Definición y medida de la Complejidad. Complejidad estructural y funcional.

La información y su procesamiento están en la base de la ciencia. Repito lo apuntado en el apartado anterior: Energía e Información. Cuando nuestro modelo simbólico de una experiencia tiene un menor número de elementos que otro con el que lo comparamos es cuando podemos afirmar que el segundo es más complejo que el primero (suponiendo igualdad organizativa en la estructura que los define). La complejidad está ligada a la información y a su procesamiento. Voy a definirla de un modo más preciso a fin de que nos sirva de guía en el proceso evolutivo de complejificación.

Las dos preguntas básicas son: ¿Cómo se define la complejidad? y ¿Cómo se mide o, por lo menos, cómo podemos saber que un sistema es más complejo que otro? La objetivación de este concepto ha sido sentida desde hace largo tiempo por investigadores del campo biológico puro y del cibernético. Investigadores contemporáneos a Teilhard (los pioneros Norbert Wiener y Von Neumann) expresaron la importancia del concepto y apuntaron sus notas básicas. Lo relacionaron en todo momento con el concepto de información, el cual fue objetivado para la ciencia por C. Shannon, también contemporáneo de Teilhard. En estos últimos cincuenta años el desarrollo espectacular de la Cibernética en su vertiente de la inteligencia artificial, teoría de la información, autómatas, redes neuronales, etc. junto al de la Biología en el campo molecular, la genética, las teorías de la evolución, etc. han puesto de manifiesto la imperiosa necesidad de definir y comprender el concepto de complejidad. Se han escrito multitud de trabajos e incluso existe un conocido centro en USA sobre el tema (Instituto de Santa Fe), sin que hasta hoy exista una buena respuesta a esas preguntas.

He trabajado y reflexionado de modo intermitente a lo largo de muchos años sobre el concepto de complejidad y desde el primer momento lo asocié al procesamiento de información y más unido a la dificultad que a la cantidad, aunque naturalmente el incremento de cantidad implica normalmente, pero no siempre, mayor dificultad. En todo sistema existe una estructura física formada por elementos relacionados. El sistema realiza una función definible por sus entradas desde su mundo exterior y sus salidas o respuestas hacia ese mundo exterior. Voy a distinguir por lo tanto dos tipos de complejidad: la correspondiente a su estructura y la de su función. La **complejidad estructural** o morfológica es la correspondiente a la cantidad de elementos físicos del sistema, relacionada por lo tanto con la energía y la materia implicada. La **complejidad funcional** corresponde al procesamiento de información que dicho sistema realiza y define el comportamiento del sistema. La complejidad estructural siempre será superior a la complejidad funcional y la diferencia entre

ambas nos da el grado de redundancia de la estructura que implementa esa función. La complejidad estructural es igual a la suma de las complejidades funcionales de los elementos que componen la estructura del sistema, lo que nos proporciona una medida de la máxima complejidad funcional que esa cantidad de elementos serían capaces de proporcionar.

La medida de la complejidad está asociada al número mínimo de pasos elementales de decisión (bits) necesarios en promedio para conocer los valores de salida o respuestas de un sistema a partir de sus valores de entrada. En términos de teoría de la información esta definición se corresponde con la suma de entropías condicionales del valor de salida cuando se conocen todas las variables de entrada excepto una de ellas o, dicho de otro modo, es la suma de la necesidad de conocimiento de cada variable de entrada para conocer el valor de salida cuando el resto de entradas son conocidas. La idea básica es siempre encontrar el modelo de menor número de elementos capaz de cumplir con la función del sistema.

Teilhard lo intuye y explica las notas de la complejidad⁵:

“.....no designaré naturalmente, en primer término, con el vocablo *complejidad, la simple agregación;*.....

Con esta palabra no designaré tampoco la *simple repetición geométrica,* indefinida, de unidades,.....

Entiendo designar con esta expresión, muy precisamente, la combinación; es decir, esa forma particular y superior de agrupación cuya característica es reunir sobre sí cierto número fijo de elementos (pocos o muchos, no hace al caso) – con o sin la nota auxiliar de agregación y de repetición- en un conjunto cerrado, de radio determinado; como el átomo, la molécula, la célula, el metazoo, etc.”

Decimos que el comportamiento de un conjunto de elementos en un experimento físico es más complejo que otro cuando el modelo simbólico que construimos en nuestra mente para reproducir el comportamiento del modelo perceptual exige un mayor número de elementos simbólicos y de interconexiones entre ellos que el del conjunto con el que lo comparamos, de modo que ese modelo de simulación requiere un procesamiento de la información con un mayor número de pasos elementales de decisión que el otro. He aquí que nuestra presencia como observador, aunque teóricamente no influya en el comportamiento del experimento, sí que determina la complejidad observada en el experimento. La ciencia consiste en un macroproceso de búsqueda de la complejidad funcional a partir de la observación de la complejidad estructural.

La observación de un elemento cualquiera genera en nosotros dos modelos: uno morfológico y otro comportamental. Ambos modelos simbólicos responden a la observación experimental que realizamos de dicho elemento. La complejidad estructural corresponde al morfológico mientras que la funcional corresponde al comportamental. Cuando hablamos del procesamiento de información, de por ejemplo un átomo, estamos analizando su comportamiento frente a estímulos exteriores (impacto de un fotón,

⁵ “El grupo zoológico humano”. Diversas formas de ordenación de la Materia. Verdadera y falsa complejidad.

ionización,...) y con todo ello creamos el modelo de comportamiento como un sistema con entradas y salidas del que definimos su complejidad funcional.

No hay complejidad sin observador. No hay ciencia sin nosotros. La Física es una construcción de nuestra mente. Es un macromodelo simbólico del comportamiento de lo inanimado. He aquí el papel fundamental de la Información y de nuestra forma de pensar. He aquí el papel fundamental de la comparación y de la analogía. Hace años que vengo pensando que el mecanismo básico para el conocimiento se basa siempre en la ‘comparación’ entre el modelo neuronal interno y el modelo sensorial externo. El resultado de esa comparación confirma o desmiente la identidad total o parcial de los modelos y permite el conocimiento. Es evidente que esto mismo vale para la comparación entre modelos simbólicos, lo que permite la modificación de modelos internos, la búsqueda de identidades parciales, de reglas, de simplificaciones, etc. En definitiva un incesante construir y reconstruir de nuestros modelos internos. Desearía destacar que este mecanismo es idéntico para el científico más sofisticado que para el indígena de una tribu primitiva. Su diferencia está en la asignación de valor de verdad, pero no en la forma de adquisición de conocimiento.

3.2. Comentario crítico a la ley de complejidad y conciencia de Teilhard

En “El fenómeno humano”⁶ hace una amplia disquisición sobre la consciencia (algo confusa, sobretodo porque se presta a una interpretación vitalista pura). Considera que la trama básica del Universo, la materia, tiene un interior (conciencia) que sólo se manifiesta en las formas evolutivas más complejas. Cree que la conciencia no es sólo una propiedad del hombre sino que es una propiedad de toda materia. La trama del Universo, dice, es “bifaz por estructura” y “coextensivo a su Exterior, existe un Interior de las cosas”. Enuncia su famosa ley de Complejidad/Conciencia según la que el incremento de complejidad conlleva un incremento de la Conciencia que en las formas inferiores no se manifiesta por encontrarse muy disperso. Ambas cosas son las dos caras de un mismo proceso. Lo enuncia así⁷:

“Perfección espiritual (o ‘centreadad’ consciente) y síntesis material(o complejidad) no son sino las dos caras o mitades entrelazadas de un mismo fenómeno”

“Desde este punto de vista, se podría decir que cada ser está construido (en el plano fenomenológico) como una elipse, sobre dos focos conjugados: un foco de organización material y otro de centración psíquica, ambos variando solidariamente en el mismo sentido”

⁶ “El fenómeno humano”, cap. II El interior de las cosas. Leyes cualitativas del crecimiento. Págs. 75 a 84.

⁷ “El fenómeno humano”. Leyes cualitativas del crecimiento. P.77

La traducción de esta ley a los términos de la definición de complejidad que he expresado sería:

Complejidad funcional (o cantidad de espíritu o procesamiento de información) y complejidad estructural (o cantidad de energía o de estructura) no son sino las dos caras de un mismo fenómeno

En todo fenómeno hay un proceso exterior (modelo perceptual) o falsamente exterior (modelo simbólico que hace función de perceptual) y un proceso interior (modelo simbólico). El primero nos está hablando de la estructura, de la energía y por lo tanto de la complejidad estructural del fenómeno que intentamos aprehender. El segundo está construyendo el modelo simbólico mínimo que se adecue a las características del primero y por lo tanto está definiendo la complejidad funcional del fenómeno. Siempre objeto y sujeto. Siempre exterior e interior. Siempre energía y espíritu. Siempre complejidad estructural y complejidad funcional. Siempre, en palabras de Teilhard, complejidad y conciencia. Siempre nosotros.

El planteamiento que he realizado sobre el interior y el exterior y sobretodo la distinción entre ***estructura/energía/modelo perceptual/complejidad estructural*** y ***espíritu/información/modelo simbólico/complejidad funcional*** creo que resuelve los múltiples intentos de Teilhard en distintos escritos por explicar, sin conseguirlo, de modo científicamente coherente los conceptos de conciencia, energía espiritual, las disquisiciones sobre energía tangencial y radial, etc. El uso que hace de la palabra energía es muy confuso y le hace perder fuerza a su construcción global. No se comprende exactamente el significado de energía psíquica, energía espiritual, energía humana,...Asimila siempre complejidad con energía en sentido físico y no la aplica también al espíritu o a la conciencia o interior de las cosas. Probablemente le influyó el concepto escolástico de simplicidad del espíritu y el desconocimiento de que la información es algo también mensurable como lo es la energía. La hipótesis de las dos energías⁸: una energía tangencial y una energía radial como explicación del proceso de complejificación es muy desafortunada y ha sido, con razón, motivo de crítica.

3.3. Los corpúsculos. La centreadad.

La experiencia nos habla de un fenómeno evolutivo de construcción de corpúsculos cada vez más complejos a partir de la trama básica. La Materia se despliega aplicando la ley de complejidad y produciendo cada vez entes más complejos. El mundo de lo inanimado se construye mediante combinaciones con cada vez mayor cantidad de elementos. Se produce un fenómeno de corpusculización, concretado en ciertas combinaciones de éxito sobre las que se reinicia el proceso por combinación entre ellas. Primero partículas elementales, después átomos y moléculas para desembocar en el explosivo mundo de la química orgánica. He aquí toda la Física y la Química.

La aparición del corpúsculo como combinación estable engendra la aparición de un “centro” y de un interior/exterior. Teilhard le llama “centreadad”, no de simetría sino de

⁸“El fenómeno humano”. Una línea de solución. Pág. 82

acción. Le dedica un artículo completo⁹ en 1944. En él se nota con mayor claridad que al no distinguir bien complejidad funcional de estructural confunde la energía y la información produciendo confusión en el lector. El corpúsculo es un sistema que, para serlo, debe tener todas sus partes interconectadas. Es decir, no puede separarse una de las partes sin desvirtuar el sistema. Existe una conexión informativa entre todas las partes y, por tanto, una conexión energética. La aparición de un centro se produce en los sistemas jerárquicos en los que un elemento o subsistema tiene un papel predominante en la operativa del sistema. Este centro es un elemento imprescindible en los sistemas cuya acción está coordinada hacia un objetivo.

Nosotros, como observadores, vemos un interior/exterior del corpúsculo. Recibimos y construimos un modelo perceptual del mismo, comparamos ese modelo con un modelo simbólico que ya tenemos construido o que lo construimos ad hoc. Trabajamos en el perfeccionamiento y simplificación del modelo simbólico. Calculamos la complejidad estructural del modelo perceptual como suma de las complejidades funcionales de los componentes del sistema. Calculamos la complejidad funcional del procesamiento de información que el corpúsculo es capaz de realizar. Podemos ver si hay una buena adaptación entre estructura y función y el grado de mal uso de la estructura o de redundancia existente. La complejificación podrá producirse por dos caminos distintos: modificando la interconexión de los elementos constituyentes del corpúsculo, es decir incrementando la complejidad de la función realizada sin modificar la complejidad estructural (disminuyendo la redundancia); o bien aumentando el número de elementos de la estructura del corpúsculo incrementando la complejidad de la función sin mejorar el aprovechamiento de la estructura (manteniendo constante la redundancia). La evolución realiza ambas cosas.

Complejificación es siempre incremento de complejidad funcional o sea más interior.

3.4. Los corpúsculos. ¿Azar o necesidad?

Utilizando el título de la obra de Jacques Monod, ¿estos corpúsculos son fruto del azar o de la necesidad?. Esta es una pregunta trascendental para el desarrollo evolutivo. ¿De entre los miles de millones de combinaciones potenciales entre partículas elementales sólo son posibles los átomos que conocemos? ¿De entre los miles de millones de combinaciones potenciales entre átomos sólo son posibles un número comparativamente reducido de moléculas? ¿Y estas combinaciones estables son una casualidad estadística (un epifenómeno en palabras de Teilhard) o son una necesidad estadística (la esencia del fenómeno)?

Jacques Monod en su famoso libro “El azar y la necesidad. Ensayo sobre la filosofía natural de la biología moderna” (1970) sólo parece querer demostrar que no se necesita inventar nada fuera de la ciencia y su procedimiento analítico, para explicar la aparición de la vida y el funcionamiento de los seres vivos. Estoy de acuerdo, pero no explica las propiedades nuevas que aparecen al crecer la complejidad de los corpúsculos. Se limita a negar la validez de las teorías animistas y vitalistas por buscar explicaciones fuera de

⁹ “La activación de la energía”. La centrología. Pekín 13 de diciembre de 1944. Págs. 89 a 117

la materia. Sin embargo, no concibe la propia materia como poseedora de propiedades que se manifiesten de forma visible en los complejos muy grandes y que expliquen las características de lo vivo y de la teleonomía en la evolución.

3.5. Los primeros corpúsculos: átomos y moléculas.

El mundo de los **átomos** parece más fruto de la necesidad que del azar, ya que se estima que todos los posibles se reducen a los que conocemos en la Tabla periódica de los elementos con sus isótopos y algunas combinaciones inestables conseguidas artificialmente en el laboratorio. Muchos años de experimentación y sólo esas combinaciones son posibles formando corpúsculos estables. La capacidad de complejificación por unión de partículas elementales sólo parece conducirnos a algo más de un centenar de átomos. Ahí se agota ese primer estadio de corpusculización.

Las **moléculas** abren un inmenso caudal de posibilidades. Existen una infinidad de combinaciones estables. Los átomos son un alfabeto con el que se pueden construir todo tipo de palabras (moléculas). Hay que respetar las reglas de la gramática pero las combinaciones son inmensas.

Para que se produzca la aparición de moléculas es preciso que se dé un proceso de contacto entre los átomos implicados. En el mundo inanimado parece que el fenómeno evolutivo de complejificación se produce por un proceso casual, no dirigido por el corpúsculo que se complejifica. La molécula se complejifica añadiendo nuevos átomos a su estructura, pero no los busca. Necesita que se den las circunstancias de coincidencia espacio-temporal adecuadas, para ello se requiere mucho tiempo (tiempo geológico de construcción de los planetas). Proceso idéntico al de la formación de átomos básicos a partir de las partículas elementales (tiempo cosmológico de formación de las estrellas). La coincidencia espacio-temporal unida a la ley de atracción produce el fenómeno de complejificación en lo inanimado.

La capacidad de complejificación de las moléculas de la química orgánica es varios grados superior a las de la inorgánica. Teilhard habla de quimismo mineral y quimismo orgánico y también de un mundo que cristaliza frente a un mundo que se polimeriza. No hay duda que el desarrollo de grandes complejos moleculares precursores de la vida fueron (al igual que los átomos y las moléculas en general) procesos casuales fruto de las coincidencias espacio-temporales que se produjeron en un momento de la historia evolutiva (azar), pero no es menos cierto que en el proceso de génesis cósmica de estrellas, planetas, etc., lugares de nacimiento de átomos y moléculas, debía aparecer también el proceso de constitución de grandes complejos moleculares (necesidad). “La Física y la Química convertidas en los capítulos preliminares de una Historia Natural del Mundo”¹⁰. La construcción de lo inanimado es una historia cuyas etapas son conocidas aunque no se pueda precisar para el pasado ni predecir para el futuro las fechas de cada una de ellas.

¹⁰“El grupo zoológico humano”. Mecanismo de la corpusculización. El paso de la vida. Pág. 30

La ciencia observa los mismos procesos en todo el Universo, si bien en distintos estadios de evolución. Todas las partículas elementales, átomos y moléculas que vamos conociendo en la inmensidad del cosmos son las que ya habíamos observado en la Tierra. Estamos ante un gigantesco proceso de Cosmogénesis en distintas etapas evolutivas. La primera de estas etapas, que acabamos de ver, constituye una esfera de lo inanimado que he llamado Kosmosfera.

4.- LA VIDA. ANIMACIÓN

¿Cual fue el siguiente paso en la historia de la evolución? Las moléculas convertidas en megamoléculas deben dar el paso de asociarse, no para crear otra megamolécula sino para crear un nuevo corpúsculo o individuo manteniendo su identidad. Ya habíamos visto que la aparición de un nuevo corpúsculo proviene de la asociación de los de nivel inferior. Estos mantienen su identidad pero subordinan su actuación al corpúsculo de orden superior, o sea de mayor complejidad. El nuevo sistema adquiere centeidad. Se convierte en un sistema con propiedades inéditas.

4.1. Los individuos protoplásmicos. Basibiones

Los **individuos protoplásmicos (basibiones** de F. Cerdón)¹¹ son el resultado de la asociación de megamoléculas. Con ellos apareció una nueva propiedad: la capacidad de replicación. Probablemente en aquella ‘sopa’ primordial de la tierra juvenil se dieron las condiciones y las coincidencias espacio-temporales para que las megamoléculas encontraran la fórmula asociativa de éxito. La replicación permitía mantener la organización asociativa para generar nuevos individuos y mantener la estructura de las megamoléculas mediante una continua reparación de los elementos deteriorados.

Teilhard intuye ese mundo de asociación de lo megamolecular sin atreverse a darle status de corpúsculo. Se da cuenta que el salto a la compleja estructura celular es excesivo¹²:

“Forzosamente, entonces, se insinúa así una zona de lo Megamolecular entre las otras dos zonas que hemos supuesto limítrofes de lo Molecular y lo Celular”

Dos procesos distintos: **la regeneración molecular** y **la replicación**. La primera no es privativa de los individuos protoplásmicos sino que ya debe darse en las megamoléculas. Stuart Kauffman¹³ explica los experimentos demostrativos de la capacidad de las megamoléculas para regenerarse e inclusive para replicarse de un modo rudimentario. La novedad está en la replicación que aportó la capacidad de transformar la ‘sopa’ en una multitud de protoplasma. Aparece el concepto de alimento.

Este fantástico proceso está explicado en “La alimentación, base de la biología evolucionista” de Faustino Cerdón. Este interesante autor, muerto en el 2000 en Madrid, plantea en su ambiciosa obra una evolución de los seres vivos en tres grandes estadios: protoplasma, célula y animal. Cada nuevo estadio se forma por la asociación de los

¹¹ “Tratado evolucionista de biología”. Nota en pág. XXIX del Prefacio. “Estas entidades del nivel biológico intermedio entre el molecular y el celular se comenzaron denominando individuos protoplásmicos...Razones meditadas nos han aconsejado troquelar el neologismo basibión (ser vivo básico)”

¹² “El fenómeno humano”. Una era olvidada. Pág. 105

¹³ “Investigaciones”. Cap 2 El origen de la vida. Págs. 49 a 80.

seres del nivel anterior y su nueva estructura, evolución y diversificación viene determinada por la búsqueda y captación de su alimento. Justifica el incremento de complejidad por las ventajas que reporta a los seres de nivel inferior el nuevo proceso alimenticio. El libro “Conversaciones con Faustino Cordón sobre Biología Evolucionista” de A. Núñez, es un buen resumen divulgativo del conjunto de la obra inacabada de este autor.

Faustino Cordón les asigna a los individuos protoplásmicos una entidad de corpúsculo, primer paso de complejificación biológica y cuarto paso de complejificación desde las partículas elementales. Desarrolla de un modo exhaustivo el proceso de aparición del protoplasma en el que se origina la vida y su evolución desde el heterotrofismo al autotrofismo.

Este planteamiento sobre los individuos protoplásmicos queda reforzado por Stuart Kauffman cuando afirma¹⁴:

“El nuevo y radical punto de vista sobre el origen de la vida al que me adhiero es el de una vida basada en conjuntos de moléculas colectivamente autocatalíticos y no en la replicación de moldes por sí misma. Y lo que es más: como sugeriré más adelante, la emergencia de esos conjuntos no es improbable., sino que se convierte en casi segura en redes de reacciones químicas de suficiente diversidad”

El proceso de complejificación se va produciendo por saltos. Cada vez que aparece lo que hemos llamado corpúsculo, fruto de la asociación complejificante de los corpúsculos del nivel anterior, aparecen propiedades nuevas. Este proceso se repite de nuevo en el estadio siguiente. Cada vez mayor capacidad de procesamiento de información. Mayor complejidad funcional y correlativamente mayor complejidad estructural o viceversa.

F. Cordón plantea que todo organismo (corpúsculo) es acción y experiencia. La acción es la respuesta energética dada hacia el exterior (salida) como consecuencia del procesamiento de información (complejidad funcional) realizada de modo unificado (centredad) por el corpúsculo (complejidad estructural) a raíz de los estímulos perceptuales que ha recibido (entrada). La experiencia es la información conservada (memoria) en los modelos simbólicos que servirán como elementos de comparación con los modelos perceptuales futuros. En este párrafo se han puesto entre paréntesis los términos equiparables a los de F. Cordón en la nomenclatura adoptada en este libro.

La nueva propiedad de la regeneración y la replicación significa un importante salto cualitativo que tiene que deberse a una forma particular de organizar la asociación de las megamoléculas. Hay un descubrimiento en la manera de procesar la información por parte del individuo protoplásmico que le permite tener una información almacenada (memoria) de cómo son las macromoléculas y estructurar los pasos energético/materiales para reconstruirlas o construirlas desde cero. Aparece por primera vez la información almacenada, o sea, la memoria. Esta nueva propiedad está ligada al concepto de realimentación (N. Wiener). La salida del sistema (efecto) se convierte en

¹⁴ “Investigaciones”. Pág. 61

entrada (causa). Por primera vez al modelo perceptual se le unen estados internos del sistema para determinar la salida. La respuesta dada hacia el exterior para un mismo estímulo es diferente según cual sea el estado interno del sistema. Desde el punto de vista del procesamiento de la información hemos *pasado de sistemas combinatoriales a sistemas secuenciales*.

4.2. La memoria base de la vida.

La aparición de *la memoria (estados internos del sistema) es la base para las dos propiedades de regeneración molecular y replicación* y todavía para una tercera propiedad: *el aprendizaje*. Esta nueva capacidad de adaptarse al medio, gracias a la acumulación informativa de la experiencia pasada, lo que unida a las dos propiedades anteriores, da la posibilidad de ir cambiando la estructura en base a las experiencias de éxito. El corpúsculo de nivel superior evoluciona y con él todos los corpúsculos de nivel inferior que lo componen. Se ha abierto un campo nuevo de complejificación, dirigido por el resultado de sus interacciones con el medio. El procesamiento de la información es el eje de la vía abierta. Han aparecido los seres animados. La animación. En definitiva *ha surgido LA VIDA*.

Teilhard expresa el lugar de la vida en la evolución del modo siguiente¹⁵:

“...la Vida no es una anomalía curiosa, floreciente esporádicamente sobre la Materia, sino que la Vida es exageración privilegiada de una propiedad cósmica universal; la Vida no es un epifenómeno sino la esencia misma del Fenómeno.

El individuo protoplásmico ha realizado ese salto: regeneración, replicación y aprendizaje. Todo ello gracias al maravilloso descubrimiento de los estados internos del sistema, capaces de guardar (memoria) un modelo simbólico de su pasado y reutilizarlo en sus respuestas a los estímulos perceptuales. La capacidad de memorizar se aplicó, en algún momento, a dos funciones distintas: la filogenética y la ontogenética. El ADN, o el ARN, es el gran invento material de la memoria para el proceso de *replicación* filogenética o replicación informativa genética, la plantilla modificable en palabras de N. Wiener. La memoria fisiológica (no genética) de cada individuo es la base de su proceso de *aprendizaje* ontogenético o replicación informativa biológica.

N. Wiener expresa esa doble función de la memoria¹⁶:

“He hablado en el capítulo anterior sobre los problemas de aprendizaje y autopropagación en su aplicación a las máquinas y, al menos por analogía, a los sistemas vivos. En éste repetiré algunos comentarios que hice en el prólogo y que pienso llevar a la práctica. Como he señalado, estos dos fenómenos están estrechamente

¹⁵ “El grupo zoológico humano”. Física y Biología: El problema. Pág. 22

¹⁶ “Cibernética o el control y comunicación en animales y máquinas”. Capítulo añadido en la segunda edición: Ondas cerebrales y sistemas autoorganizados. Pág. 233

relacionados, ya que el primero es la base de la adaptación del individuo al entorno a través de la experiencia, y que el segundo, al que denominamos aprendizaje ontogenético, al suministrar el material sobre el que operan la variación y la selección natural, es la base del aprendizaje filogenético.”

4.3. La complejificación activa de los seres vivos.

A partir del momento de la aparición de la vida, el proceso de complejificación se acelera. Los individuos protoplásmicos toman en sus manos la dirección del proceso. Hemos pasado de una complejificación pasiva en el mundo inanimado a una activa en el mundo animado. No hay que esperar a la coincidencia espacio-temporal de los corpúsculos de un nivel para pasar al nivel superior sino que por aprendizaje de la experiencia se ensayan soluciones nuevas que resuelvan los problemas planteados por el medio (adaptación). El corpúsculo modifica su estructura (mutación) y su comportamiento (experiencia) para subsistir adaptándose al entorno, si este cambia debe encontrar soluciones.

Teilhard expresa esta propiedad de complejificación dirigida (aunque lo atribuye a la célula)¹⁷:

“La esencia de la verdadera complejidad corpuscular, hemos visto antes, estriba en expresarse (a diferencia de lo que acontece, por ejemplo, en el cristal) en grupos unitarios cerrados sobre sí mismos. Ahora bien, hay dos modos distintos de concebir semejantes sistemas cerrados, según que se hallen definitivamente detenidos sobre sí (caso de una molécula de agua o de gasolina), o bien, por el contrario, que se muestren capaces de modificar su composición, es decir, su complejidad, sin deshacerse (caso justamente de la célula). En esta segunda especie de corpúsculos, la unidad permanece verdaderamente cerrada sobre sí misma en todo instante, pero con una *cerradura móvil*, pudiendo la complejidad continuar aumentando también en cada instante sin ruptura de la partícula....

.....lo que define a los vivientes más elementales (virus, bacterias), por próximos que se hallen todavía a las proteínas, ¿no es ciertamente haber hallado el medio de dejar una puerta siempre abierta a un aumento de complejidad o de heterogeneidad unificada?.”

Gran intuitor. Observa bien esa capacidad de modificación con incremento de complejidad, atribuyéndolo ya a los seres más elementales, que llama vivientes, sin completar una explicación que probablemente exigía un mayor desarrollo de otras ramas de la Ciencia.

¹⁷ “El grupo zoológico humano”. Mecanismo de la corpusculización. El paso de la vida. Pág. 34

F. Cerdón explica este proceso de manera exhaustiva basándose en la alimentación como guía del mismo. Lo expresa del siguiente modo¹⁸:

“En resumidas cuentas; los seres vivos de un nuevo nivel (la célula, sobre la evolución del protoplasma; el animal, sobre la evolución de las células) se originan al servicio de la alimentación del inferior y como culminación de la evolución de los trofismos de este nivel inferior; y, a su vez, culminan en la capacidad de aplicarse, como un todo, a una actividad trófica genuina- sólo al alcance de su actividad somática- la cual, por estar necesariamente al servicio de la alimentación del nivel inferior: 1) posee un objeto con un nivel más de complejidad que los precedentes, y 2) exige la doble actividad de captar el objeto alimentario y la de transformarlo en objeto alimentario del nivel inferior y ponerlo al alcance de éste.”

4.4. Espacio y Tiempo conceptos derivados de la Información.

La existencia de estados internos en el sistema (memoria) es la causa de la aparición de otros dos conceptos trascendentales: el espacio y el tiempo. El sistema con realimentación endógena frente a cualquier estímulo (modelo perceptual) tiene que realizar dos operaciones distintas: una *primera* consistente en obtener una respuesta hacia el exterior generada a partir de una función de decisión cuyas variables de entrada son el estímulo y el estado interno y una *segunda* operación para obtener otra respuesta hacia su interior, modificadora de su estado interno, fruto de otra función de decisión aplicada a las mismas variables de entrada que la anterior. *La primera función de decisión es de tipo espacial y la segunda es de tipo temporal.*

Espacio y tiempo son conceptos derivados del de información. Son la estructura del conjunto de relaciones (funciones de decisión) simbólicas que tratan las informaciones perceptuales en los modelos simbólicos.

Son conceptos de una gran abstracción y trabajosamente contruidos. *Se trata de la estructura de relaciones, no de objetos.* Están fuertemente interrelacionados por encontrarse dentro del mismo sistema. Probablemente tienen una estructura matemática de grupo. Para el espacio es evidente y para el tiempo es cierta gracias a la reversibilidad de nuestro mundo simbólico, pero inexistente en el mundo experimental.

Los modelos perceptuales y simbólicos con los que trabaja nuestro cerebro están materialmente contruidos por un conjunto de neuronas que forman un grafo de conexiones sinápticas que procesan la información, materializada en los patrones de

¹⁸ “La alimentación base de la biología evolucionista”. El soma. Pág. 88

impulsos nerviosos, de un modo jerárquico. Los conceptos de espacio y tiempo, tal como los he definido, se generan en ese procesamiento neuronal de la información.

Seguramente es una osadía por mi parte esta presentación de dos conceptos que han formado parte de las discusiones filosóficas y científicas desde los griegos, pero hace años que le doy vueltas a estos conceptos sin que ninguna explicación me haya resultado satisfactoria. La definición kantiana es quizás la más completa desde un punto de vista filosófico, pero en el fondo se limita a expresar una tautología, “formas a priori de nuestra sensibilidad”. La trama básica de nuestro pensamiento. Kant no conocía la evolución. Otras explicaciones no parecen poder escapar al hecho de que lo que se va a definir está ya en la definición. ¿Cómo escapar del tiempo o de la sucesión para definirlo? Estamos atrapados en su malla porque nuestro pensamiento no puede escapar a los métodos de procesamiento de la información que están en su misma base.

4.5. La célula

El siguiente paso de complejificación es la **célula**. Nuevo corpúsculo formado por la asociación de individuos protoplásmicos. Quinto paso de complejificación cósmica y segundo de complejificación biológica. Iniciada por las ventajas de subsistencia y adaptación al medio que ofrecía a sus individuos protoplásmicos. Desarrollándose posteriormente mediante el perfeccionamiento y evolución progresiva de sus componentes que fueron especializándose en sus funciones hasta constituir la célula tal como hoy la conocemos. Una sofisticada maquinaria que ha ido adaptándose a lo largo del tiempo a los medios cambiantes (autotrofismo y heterotrofismo), constituyéndose en un corpúsculo de gran plasticidad y pieza básica en la construcción de los seres vivos.

La célula profundiza en las notas esenciales de la vida: regeneración molecular, replicación, aprendizaje. Todo lo dicho para el individuo protoplásmico es aplicable en mayor grado a la célula. El conocimiento exhaustivo de la biología celular ha sido el gran éxito de la segunda parte del siglo XX y el descubrimiento del ADN el momento culminante. Uno de sus descifradores, Sir Francis Crick, ha muerto en estos días. El desarrollo de la genómica ha abierto unas perspectivas tanto prácticas como teóricas insospechadas hace algunos años.

La novedad más importante aportada por la evolución celular en sus primeras etapas fue el descubrimiento de la fotosíntesis. Las células primigenias, formadas por la asociación de individuos protoplásmicos que todavía podían ser autónomos, obtenían de reacciones químicas energía liberada utilizable en sus reacciones químicas de síntesis. En algún momento el cloroplasto primigenio apareció siendo capaz de realizar reacciones químicas de síntesis a partir de elementos inorgánicos y fotones de luz. La célula autótrofa había aparecido, aprovechando una ventaja competitiva fundamental de adaptación al medio. Me sigue sorprendiendo que a pesar de todos los avances de la biología y la bioquímica no hayamos sido capaces de reproducir artificialmente el proceso de fotosíntesis, teniendo en cuenta las enormes consecuencias prácticas que tendría para nuestra sociedad.

El aumento de complejidad en la célula es evidente, tanto en lo cuantitativo como en lo cualitativo. Centreidad más evidente. Mayor complejidad funcional correlacionada con una mayor complejidad estructural.

La secuencia descrita para la aparición de los dos niveles de corpúsculos: individuos protoplásmicos y células, cumplen lo que podría ser una ley de la evolución enunciable del modo siguiente: las condiciones que propician la aparición de un corpúsculo (organismo) de mayor complejidad se dan en un momento histórico de la evolución y una vez aparecido dicho corpúsculo evoluciona adaptándose a las transformaciones del medio sin que vuelva a repetirse el proceso de creación ni las condiciones que lo propiciaron. Así ocurre en la aparición de los átomos, de las moléculas, de los individuos protoplásmicos y de la célula. Tanto el monofiletismo como el polifiletismo son posibles, pero una vez pasado el tiempo de su aparición ya no volverán a darse esas condiciones y lo que veremos son sus secuencias evolutivas.

4.6. Los agentes autónomos de S. Kauffman. Orden desde lo aleatorio.

Llegados a este punto voy a comentar algunas de las hipótesis lanzadas por S. Kauffman cuya coincidencia con las tesis o intuiciones teilhardianas son notables. Sobre el origen de la vida afirma¹⁹:

“Me dispongo a presentar un punto de vista, aun teórico, según el cual la vida es una potencialidad de la materia. Afirmo que la vida es una propiedad emergente y esperada, de las redes complejas de reacciones químicas. Bajo condiciones bastante generales, a medida que se incrementa la diversidad de las especies moleculares en un sistema reactivo se alcanza un umbral más allá del cual la formación de conjuntos de moléculas colectivamente autocatalíticos es casi inevitable. Si ello es así, hemos nacido de la diversidad molecular, hijos, en segunda generación de las estrellas.”

El desarrollo que realiza del concepto de agente autónomo como sistema autocatalítico capaz de reproducirse y llevar a cabo uno o más ciclos de trabajo termodinámico recuerda el concepto teilhardiano de corpúsculo con sus notas de centreidad, actuación en provecho propio e incremento de complejidad. Su esbozo de jerarquización de los agentes autónomos está en consonancia con la formación de corpúsculos de mayor nivel como consecuencia de la asociación de corpúsculos del nivel inferior. Su preocupación por incorporar los sistemas fuera del equilibrio, que componen la biosfera, a la Biología, equivale a la preocupación teilhardiana por tender un puente entre ésta y la Física.

S. Kauffman propone un conjunto de posibles leyes para la co-construcción de una biosfera y la primera dice²⁰:

¹⁹ “Investigaciones”. El origen de la vida. Pág. 64

²⁰ “Investigaciones”. Leyes para la co-construcción de una biosfera. Pág. 221

“Las comunidades de agentes autónomos evolucionarán hacia una ‘frontera del caos’ dinámica en y entre los miembros de la comunidad, consiguiendo gracias a ello una apreciación gruesa de su entorno que optimiza su capacidad para discernir y actuar sin titubeos”

A lo largo de las páginas siguientes explica el enunciado de esta ley utilizando como ejemplo simplificado las redes booleanas aleatorias y su comportamiento dinámico (asimilándolas a genes binarios). Explica los tres clases de régimen en que un sistema de este tipo puede estar: ordenado, caótico ó en la frontera del caos. Ciertas propiedades de la red determinan el régimen en que permanecerá. Lo aplica al sencillo ejemplo²¹ de una célula con una red genética de tres genes binarios, indicando con 1 el estado activado del gen y con cero el desactivado. T indica el instante inicial y T+1 el siguiente. La función booleana es:

T	T+1
ABC	ABC
000	→ 110
001	→ 010
010	→ 010
011	→ 100
100	→ 011
101	→ 110
110	→ 111
111	→ 110

Esta función sólo significa que el sistema es de complejidad inferior a la que podría ser máxima ya que:

si A=0 en T	C=0 en T+1 independientemente de B y C	
si A=1 en T	B=1 en T+1	« de B y
C		
Fallos	si B=0 en T	B=1 en T+1
C		« de A y
	si C=0 en T	B=1 en T+1
	si C=1 en T	C=0 en T+1
		« de A y B
		« de A y B

Aplicando mi medida de la complejidad sería:

$$K(T+1) = K(A) + K(B) + K(C)$$

La complejidad de A (T+1) se mide por la suma de: la entropía condicional de A(T) cuando B(T) y C(T) son conocidos, la entropía condicional de B(T) cuando A(T) y C(T) son conocidos y la entropía condicional de C(T) cuando A(T) y B(T) son conocidos. Si suponemos equiprobables los valores de 1 y 0 para A, B, y C., la complejidad buscada es:

²¹ “Investigaciones”. Leyes para la co-construcción de una biosfera. Pág. 225

$$K(A \text{ en } T+1) = 0.75+0.75+0.75=2.25$$

Idénticamente $K(B \text{ en } T+1) = 0.25+0.25+0.25=0.75$ por lo tanto $K(T+1)=4$

$$K(C \text{ en } T+1) = 0.50+ 0 +0.50=1$$

Obsérvese que la K máxima para un sistema de tres variables sería $K(A)=K(B)=K(C)=3$ o sea

$K_{max} = 9$, si le restamos el número de fallos que son cinco volvemos a obtener el valor 4

$$K(T+1) = K_{max} - \text{Fallos} = 4$$

Este sencillo ejemplo permite ver varias cosas interesantes. En primer lugar el buen resultado de la medida de la complejidad. La complejidad calculada es la funcional. La estructural dependerá de la implementación física que compongan los elementos constituyentes de la célula. Cada elemento distinguible tendrá una complejidad funcional, la suma de todas ellas será la complejidad estructural. La relación $K_{funcional} / K_{estructural}$ nos da una medida de la redundancia de la estructura para implementar la función, o sea de la eficiencia.

También puede observarse en el ejemplo que hay determinados estados o ciclos de estados hacia los que el sistema tenderá a lo largo del tiempo cualquiera que sea el punto de partida. Se les llama atractores. Este comportamiento es muy interesante ya que su extrapolación permite afirmar que la creación de un agente autónomo no proviene de la probabilidad de que sus componentes se encuentren, sino que hay algunas combinaciones que son altamente probables. En palabras de S. Kauffman²²:

“Lo anterior merece por sí solo un comentario especial: resulta que una red dotada de lógica aleatoria presenta, sin embargo, un orden asombroso. Por ejemplo, si tomamos 10.000 genes y los conectamos al azar, con la única limitación de que cada gen modelo tenga sólo 2 entradas, aunque el diagrama de cableado sea aleatorio y la función booleana asignada a cada gen (de entre las 16 posibles con 2 entradas) haya sido arbitrariamente elegida, esa insensata maraña de 20.000 cables se pondrá a sí misma en orden. ¡El sistema se las arregla para orbitar en torno a sólo unos 100 estados de entre los 2 elevado a 10.000, o sea 10 elevado a 3.000 posibles! Es auténtico orden gratuito, como me gusta decir. La selección no necesita luchar contra todo un maremágnum para lograr que las células se comporten con un orden exquisito”

4.7. El concepto de Orden.

No hay que confundir el concepto de orden con el de complejidad. Decimos que un sistema está ordenado cuando su modelo simbólico necesita el mínimo de información para su descripción. Un sistema con tres elementos totalmente enlazados entre sí o sea

²² “Investigaciones”. Leyes para la co-construcción de una biosfera. Pág. 240

completamente dependientes estaría ordenado al máximo y en cambio el mismo sistema con los tres elementos independientes tendría el mínimo de orden o sea sería caótico. La entropía es precisamente la medida del grado de orden y, por lo tanto, mínima en el sistema ordenado y máxima en el caótico. Obsérvese que mientras el grado de orden crece desde un valor mínimo a uno máximo, la complejidad es cero para ambos sistemas extremos y tiene un valor máximo en algún sistema intermedio, la fórmula propuesta en este libro para la complejidad cumple perfectamente con este requisito. Entre el sistema completamente interconectado (rígido) y el caótico (no es sistema), el agente autónomo tiene que estar situado en la zona media para ser un sistema y, a su vez, ser capaz de modificar su estructura para sobrevivir en entornos cambiantes. Ni totalmente ordenado, ni totalmente caótico. Un número de ligazones entre sus elementos suficientes para asegurar la centreidad y la redundancia necesaria pero al mismo tiempo conseguir el máximo de procesamiento de información con esa estructura y capacidad de modificarse para adaptarse al cambio. Este conjunto de condiciones sólo se cumple buscando el máximo de complejidad.

Precisamente en el límite del caos es donde los sistemas atraviesan la máxima capacidad de procesamiento de la información. La conclusión de esta larga disquisición es que los sistemas dinámicos, léase agentes autónomos o corpúsculos, evolucionan hacia el límite del caos que coincide con el punto donde se obtiene la máxima capacidad de procesamiento de la información o sea ***la de máxima complejidad. Evolución hacia la máxima complejidad y necesidad (no azar) de aparición de corpúsculos. ¡! Puro Teilhard ¡!***

5.- EL DESPLIEGUE DE LA BIOSFERA. *CEFALIZACIÓN*

He querido usar el mismo título que en el Grupo Zoológico Humano para abordar las consideraciones que deseo realizar sobre el espectacular desarrollo de la vida, lo que Teilhard llama el “árbol de la vida”, antes de la aparición del hombre.

5.1. *El Principio de Conservación*

Los corpúsculos vivos deben mantener una dinámica constante con el medio para mantener su estructura organizativa. Actúan de forma activa sobre el medio para sustentarse. Si el medio cambia ellos cambian, ya sea por huida hacia otros medios iguales al de origen, ya sea modificando su estructura para adaptarla al aprovechamiento del nuevo medio. Mientras los corpúsculos no vivos dependen pasivamente para su existencia de las características del medio en el que se encuentran y no tienen posibilidades activas de adaptación, los vivos han dado un salto cualitativo de independencia frente al medio para su supervivencia. Esta cualidad sólo fue posible gracias a la aparición de los estados internos (memoria) y a las capacidades asociadas de regeneración, replicación, aprendizaje y alimentación.

En definitiva, el corpúsculo vivo debe mantener una estructura adaptada a su medio y preparada para adaptarse a los cambios que puedan producirse en el mismo, debe permanecer entre el orden y el caos, tener biodiversidad, o sea soluciones alternativas para los cambios posibles. Este es un proceso sin fin ya que el medio siempre cambia aunque sólo sea por la propia interacción de los corpúsculos que lo habitan. *El desarrollo de los corpúsculos vivos se producirá en la dirección de máxima seguridad para la existencia de su estructura. PRINCIPIO DE CONSERVACIÓN. Derivan de él dos principios básicos: el de alimentación (obtención de la energía/materia necesaria para la estructura) y el de complejificación (obtención del máximo de información, con el mínimo gasto estructural, necesario para preservarse de las agresiones del medio).* El corpúsculo vivo necesita estructura para conservar su estructura, para procesar y mantener su información y para coordinar el conjunto de los procesos.

Todo el desarrollo de F. Cordón se centra en el principio de la alimentación como primer factor de evolución y tiene parcialmente razón en tanto en cuanto el aporte de energía es la primera condición indispensable para sobrevivir, pero una vez conseguida hay variedad de soluciones para el principio de complejificación. El despliegue de la biosfera o el árbol de la vida son ni más ni menos que la plasmación histórica de esa búsqueda de soluciones del Principio de Conservación.

5.2. *Los seres monocelulares.*

La reconstrucción completa del árbol de la vida no es posible, ya que debemos basarnos en la ordenación morfológica de los tipos que conocemos combinados con los tipos obtenidos por la paleontología. Esto nos permite una ordenación cronológica razonable en el bien entendido que los tipos que vemos hoy son fruto de una larga evolución desde su antepasado primigenio, inventor de una solución al principio de conservación en su momento histórico. Nos gustaría ver el momento de la mutación o de la adaptación y de sus condiciones, pero desgraciadamente eso no parece posible. Teilhard trata este problema con amplitud en “El Fenómeno Humano”²³ y muy sintéticamente en “El Grupo Zoológico Humano”²⁴, sobretodo como contraposición a los fijistas que utilizan este argumento para negar la evolución.

El primer grupo del árbol de la vida en el que hay que fijarse es en **los seres monocelulares** que se dividen en tres grandes grupos, es decir tres grandes soluciones aportadas al Principio de Conservación:

Las proto-Plantas, que desarrollaron la función clorofílica como respuesta al importante cambio producido en el medio. Modificaron su forma de alimentación y su autotrofismo condicionó el desarrollo del mundo vegetal.

Los proto-Animales, parásitos de las anteriores, que basaron su alimentación en la captación de los elementos orgánicos producidos por las proto-plantas y su heterotrofismo condicionó el desarrollo del mundo animal

Aquellos seres que sin realizar la función clorofílica elaboraron materia orgánica partiendo de inorgánica.

En todos ellos el principio de alimentación predomina claramente y condiciona el desarrollo del tipo de individuos. Estas soluciones marcaron el desarrollo futuro de sus descendientes.

¿Podríamos medir o, por lo menos, establecer una ordenación, de menor a mayor, de la complejidad de los distintos tipos de células o de seres monocelulares? Para ello deberíamos establecer un modelo del conjunto de procesos celulares y a partir de dicho modelo podríamos aplicar las medidas de complejidad expuestas anteriormente. Es un proceso difícil y laborioso.

5.3. La complejidad del código genético y la del individuo que genera.

²³ “El fenómeno humano”. Ramificaciones de la masa viviente. Págs. 146/147

²⁴ “El grupo zoológico humano”. El despliegue de la biosfera y la segregación de los antropoides. Pág. 44

¿Podemos tener una medida de la complejidad celular a partir de su código genético? En él está contenida la información de partida para la replicación y podemos estar tentados en identificar la complejidad del código con la del ser que engendra.

El código genético puede considerarse un mensaje escrito con un alfabeto de cuatro símbolos correspondientes a los cuatro nucleótidos que se combinan para formarlo y que difieren entre ellos por la base que llevan: Adenosina, Timina, Guanina y Citosina. También sabemos que el código define la secuencia de formación de proteínas constituidas por secuencias de aminoácidos y puede entenderse también como otro mensaje escrito, esta vez tomando los aminoácidos como los veinte símbolos del nuevo alfabeto. Ya se demostró que el código genético define cada aminoácido de la secuencia de la proteína por medio de tres nucleótidos (codón). El código genético de una célula es una fuente de información cuya complejidad podría calcularse eliminando las redundancias y asignando un coeficiente de complejidad funcional y de complejidad estructural que permitiría su ordenación por complejidad creciente.

Esta ordenación, aunque interesante, no nos daría probablemente una secuencia histórica ya que los organismos monocelulares que han llegado hasta nuestros días pueden haber desarrollado un proceso de complejificación que haya alterado el orden de complejidad histórico.

Existen dos poderosas razones para ver que la complejidad del código genético no es la del ser que engendra: la primera, el código genético es sólo el mensaje desencadenante del proceso de embriogénesis y, en él, el medio es tan importante como el código; la segunda, no hay que confundir la complejidad del código con la del organismo a que da lugar.

Sobre esto último, hay que decir que un código de menor complejidad que otro puede engendrar seres de mayor complejidad. Voy a aclarar esta aparente contradicción con un sencillo ejemplo aplicado a un sistema booleano combinatorio:

Las funciones booleanas AND y NAND tienen la misma complejidad de acuerdo con mi definición. En ambos casos su complejidad K es de 1 (Suma de entropías condicionales del valor S de salida cuando una de las variables es conocida). Consideremos ahora los dos códigos genéticos que se comparan en las columnas siguientes:

Generar con AND de dos variables variables	Generar con NAND de dos variables
un sistema formado por la repetición repetición	un sistema formado por la repetición
tres veces del AND incorporando cada incorporando cada	tres veces del NAND
vez una nueva variable.	vez una nueva variable
La complejidad de una función AND NAND	La complejidad de una función
de dos variables es $K(F)=1$	de dos variables es $K(F)=1$

La complejidad funcional del sistema
sistema
AND de cuatro variables es $K(F)=0.5$
 $K(F)=1.25$

La complejidad funcional del
sistema
NAND de cuatro variables es

Códigos de igual complejidad generan sistemas de complejidades distintas dependiendo de las formas de interrelación. En el AND, la $K(F)$ decrece al aumentar el número de elementos, mientras para la NAND la $K(F)$ crece para la misma situación. En ambos casos la complejidad estructural $K(E)$ sería la misma, ya que se trataría de la utilización física de tres elementos básicos de la misma complejidad o sea $K(E)=3 \times 1=3$. Sabemos que cualquier sistema booleano puede ser implementado con funciones NAND, mientras que esto no es posible sólo con funciones AND.

Toda esta explicación nos ha de servir para poder abordar sin confusiones el caso de la complejidad de los seres pluricelulares, ya que en el mundo de la biología existe una gran perplejidad por la poca diferencia, por lo menos cuantitativa, que se observa entre los genomas de seres tan diferentes como el ratón y el hombre (Proyecto Genoma). Esto proviene de la creencia intuitiva de que toda la complejidad está en el genoma cuando en realidad las instrucciones del genoma pueden engendrar complejidades distintas dependiendo exclusivamente de dichas instrucciones cuando el medio en que se aplican es el mismo.

5.4. Los vegetales. Coordinación química

Los seres pluricelulares son nuevos corpúsculos que aparecen como consecuencia de la agrupación de células. Esta asociación se produce por la mejora que representa para sus individuos en relación con su supervivencia. Inicialmente debió ser una mera reunión de células que se coordinaron sin especializarse ni perder su identidad plena como células independientes, es decir asociación sí, pero separable si fuera necesario. F. Cordón incluye en este grupo a **los vegetales**, los saprofitos y las esponjas al considerar que su alimento es celular y por lo tanto su comportamiento trófico no difiere del de los unicelulares. No hay procesamiento del alimento por células especializadas en prepararlo para el resto del corpúsculo. La coordinación de los procesos entre las células asociadas es de tipo químico, o sea del mismo tipo que el de los procesos celulares. Su complejidad es superior a la de los seres unicelulares ya que se trata de agregaciones de células coordinadas. Su complejidad funcional, la verdaderamente importante, es superior a la de los seres unicelulares por su mayor capacidad de procesar información de su entorno y generar respuestas (tropismos, nastias,...).

F. Cordón define al vegetal del modo siguiente²⁵:

“El vegetal es una mera asociación de células que no se ha elevado a un modo de acción conjunta superior, lo que sólo sucederá en el animal. Lo dicho significa que en la asociación vegetal no habremos de considerar más que alimento celular, esto es, alimento captado por acción y experiencia de células y transformado en cada una en alimento necesario

²⁵ “Conversaciones con Faustino Cordón sobre biología evolucionista”. Pág. 183

para los individuos protoplásmicos que las constituyen. Lo que sucede en el vegetal es que el alimento celular, que aprovechan en definitiva todas y cada una de las células asociadas, ha de producirse con la cooperación de ellas, que, en definitiva, tienen tres especializaciones principales: una, la de aportar agua, que toman del suelo con algunos principios alimentarios indispensables disueltos; otra, encargada de captar CO₂ de la atmósfera y, con el concurso del fotón(por mediación del agua), transformarlo en las moléculas endergónicas que constituyen la base de la materia y energía de todas, función reservada a las células autótrofas verdes de las hojas; y, la tercera, de células encargadas de constituirse, al morir, en conducciones adecuadas para transportar el agua y principios nutritivos que toman del suelo las primeras hacia las segundas(células del cambium que se transforman en xilema), y células adecuadas para transportar hacia abajo las moléculas endergónicas producidas por las células verdes y, de este modo, alimentar a los pelos radicales(células del cambium que se transforman en floema).”

Más adelante²⁶ hace una síntesis rápida del proceso de evolución del mundo vegetal partiendo de la idea de cómo se produjo la primera asociación de células para crear el primer tipo de vegetal.

“Por consiguiente, en un suelo así cubierto densamente por esa fina lámina vegetal de asociaciones sencillas, se establecería una concurrencia entre las asociaciones para la mayor explotación de los recursos del suelo y del aire. Se comprende que la solución fue, por un lado, que las células absorbentes del suelo penetrarán cada vez más en éste y se ramificarán por él, extendiendo las llamadas células radicales, manteniéndose en contacto con las células autótrofas mediante conducciones capilares inicialmente muy cortas. Y por supuesto, se entiende también que las células autótrofas tendieran a separarse entre ellas y a proyectarse hacia la atmósfera para aprovechar cada vez mejor el carbónico atmosférico y el fotón. La condición, como antes dijimos, consiste en que, en ningún momento, se rompa la conexión hídrica entre los dos tipos de células, ya que ambas son igualmente necesarias para crear el alimento celular común. La historia de la evolución del mundo vegetal es la concurrencia para lograr esta realización del mejor modo. Son obvias las conquistas diversas logradas en este camino y, en un grado destacado, en los grandes árboles.”

Teilhard no trata el tema de los vegetales, incluso lo excluye. Cuando inicia el mundo de los pluricelulares dice²⁷:”Reducido a su propia esencia, y separado del enorme tronco de los Vegetales sobre el que se enrolla (y del que nada diremos), el mundo animal...”. Parece tener prisa por entrar en el mundo animal, para seguir lo que llama el Hilo de Ariadna de la complejificación en el sistema nervioso de los animales. Creo que es una prisa injustificada puesto que la complejidad vegetal no resta valor al proceso de complejificación sino todo lo contrario.

²⁶ “Conversaciones con Faustino Cordón sobre biología evolucionista”. Pág. 188

²⁷ “El grupo zoológico humano”. El despliegue de la Biosfera y la segregación de los antropoides. Pág. 50

Teilhard no habla de los vegetales porque en su esquema evolutivo de complejificación, el proceso de cefalización es su objetivo fundamental. En su tiempo el concepto de información como magnitud medible todavía no tenía el peso de hoy en día y necesitando una buena guía para la complejificación hacia el hombre, la encontró en el desarrollo del cerebro. Su intuición es buena pero le falta comprender que lo importante es el proceso informativo y no el soporte material sobre el que ese proceso se realiza. En los vegetales el proceso de información existe igual que en los animales, lo que es distinto es el soporte físico que en los vegetales, al igual que en la célula, es sólo químico, lo que comporta una gran lentitud en dicho proceso, mientras que en los animales, como veremos, se superpone al proceso químico otro invento maravilloso que es el proceso neuronal.

Los vegetales crean un problema dentro de la teoría de Faustino Cordón, ya que si el alimento es la guía de la evolución y del cambio de nivel de complejidad de los organismos, tan sólo un cambio en la alimentación puede producir un cambio de nivel. La aparición del vegetal como nuevo organismo pluricelular de nivel superior no le parece lógica, ya que no ha habido un cambio en el modo de alimentación. El vegetal consume alimento celular de modo directo, por lo tanto para Cordón es muy difícil integrarlo en su desarrollo evolucionista por el alimento. Si no ha habido cambio de alimento no puede haber habido cambio de nivel de organismo. Como ya dije, la evolución se rige por el principio de conservación, no sólo por el principio de alimentación. Aunque no haya habido cambio en la alimentación, sí puede producirse un cambio de nivel de corpúsculo u organismo si el ecosistema en el que se mueven los organismos de nivel inferior ha cambiado. No ha cambiado el alimento pero si las condiciones de supervivencia, por tanto es necesario mejorar el proceso de información y con ello la complejificación funcional y estructural para enfrentarse a los retos de la modificación del ecosistema.

El vegetal es una asociación de células que tiene plena identidad de corpúsculo o de organismo. Tiene centredad, hay una perfecta coordinación en el conjunto de sus funciones, existen estados internos (memoria) para enfrentarse al problema de su conservación, se reproduce mediante células que contienen la información y energía necesarias para la construcción de un nuevo ser de su misma especie. Por lo tanto es un estadio más en el proceso evolutivo. Su principal característica para el procesamiento de la información es que debe realizarla por procedimientos químicos puros, al igual que la célula. Esto hace que su capacidad de procesamiento de información por unidad de tiempo sea muy baja. Sus tiempos de respuesta son de una extremada lentitud

El vegetal es un corpúsculo en el que se observa con gran claridad en su proceso de desarrollo embrionario la capacidad de los seres vivos de resolver el problema que plantea sintetizar en un código genético toda la información necesaria para el desarrollo de un nuevo ser. El problema consiste en lograr dar un conjunto de instrucciones en un código lo más reducido posible para la construcción de un nuevo ser cuya complejidad es enormemente superior a la del código y, además, hacerlo con la redundancia suficiente como para asegurar que el proceso se realiza correctamente a pesar de las interferencias (ruido) que pueden aparecer en el curso de su desarrollo. Esto sólo es posible utilizando sistemas de codificación sintéticos, o sea de baja complejidad pero cuya aplicación al entorno generen complejidades mayores. Ya vimos que esto es viable en el ejemplo de los sistemas AND y NAND aplicados de modo repetido. Para conseguirlo es preciso utilizar algoritmos sencillos cuya aplicación repetitiva genere

complejidad. Esto nos conduce a la utilización de fractales para el desarrollo. La geometría fractal permite la construcción de las formas que vemos en el mundo vegetal y cumple con la condición de que unas reglas sencillas (baja complejidad del código) aplicadas repetitivamente generan sistemas de mayor complejidad y propiedades inesperadas.

En el vegetal aparece con fuerza el mecanismo de reproducción sexual, que se generaliza en los reinos vegetal y animal. Analicemos las ventajas e inconvenientes de algo tan esencial para los seres vivos como es su capacidad de replicación (reproducción en los seres superiores). Es una necesidad para asegurar la supervivencia de la especie. El individuo muere y debe transmitir a sus descendientes su carga genética. Lo vivo inició su mecanismo de reproducción mediante la simple división celular de modo que las células hijas (clones) tienen ambas una carga genética idéntica a la de su madre (Mitosis). Esta es la **reproducción asexual**. En el proceso evolutivo apareció una innovación consistente en producir células hijas por la mezcla de las cargas genéticas de dos progenitores (macho y hembra) mediante un proceso de división y mezcla de ambas (Meiosis). Esta es la **reproducción sexual**.

Los seres superiores utilizan la reproducción sexual. ¿Qué ventajas aporta cuando está claro que presenta unos costes muy importantes para la especie? ¿Qué es lo que compensa el coste de producir machos, el incremento de vulnerabilidad en los períodos reproductivos y la disminución de la eficiencia cuantitativa? Tres efectos importantísimos: el incremento de la diversidad genética mejora la capacidad global de supervivencia (Principio de Conservación) frente a cambios ambientales imprevistos, ya que algún mutante sobrevivirá al cambio brusco; las mutaciones beneficiosas pueden solaparse en un individuo nacido de dos progenitores en los que sólo había una de ellas, mientras que en la reproducción asexuada se tardaría mucho tiempo en acumular en un individuo dos mutaciones beneficiosas; la especie está más protegida contra las mutaciones dañinas que se acumulan en los individuos con reproducción asexuada.

En resumen, creo que el vegetal no ha sido tratado en el proceso de complejificación con la importancia que se merece y sin embargo, considero que su funcionamiento como corpúsculo aporta conocimientos interesantes para la comprensión del desarrollo animal que incorpora otras formas de alimentación y de información superpuestas a las utilizadas por el vegetal como asociación de células (sin considerar su absoluta necesidad como alimento para el animal). Su coordinación química no podía ir más allá en su proceso de complejificación, manteniéndose siempre en un nivel inferior al del animal que, como veremos, desarrolla nuevas estrategias para su supervivencia.

5.5. Los animales. Coordinación nerviosa.

El siguiente paso evolutivo en seres pluricelulares lo tenemos en la aparición y desarrollo del **animal** que aprovecha, en esta primera etapa, un nuevo alimento que le proporciona la abundancia de vegetales (asociaciones celulares). Desarrolla un nuevo sistema de coordinación: el nervioso. Lo superpone al sistema químico de coordinación de las asociaciones celulares e integra un sistema de procesamiento de la información de mayor capacidad, y por lo tanto un incremento de la complejidad funcional notable.

Animal equivale a sistema nervioso. Este es el nuevo gran invento que se superpone a los anteriores. No los sustituye, sino que se les añade para realizar nuevas funciones: adaptación a nuevo alimento o adaptación a nuevo medio. Siempre complejificación

Individuo protoplásmico → vida
Célula y vegetal → coordinación química
Animal → coordinación nerviosa

Teilhard se plantea de manera muy lúcida el problema de encontrar una guía para la complejificación y la encuentra en el sistema nervioso, muy particularmente en lo que llama la cefalización. Desarrolla brillantemente su justificación en el apartado “El Árbol de la Vida. Búsqueda de la guía: Complejificación y Cerebralización”²⁸:

“...si queremos avanzar más en nuestro estudio de la Corpusculización de la Materia, hemos de hallar un hilo conductor, una brújula, que nos guíe: con ello entiendo algún modo de reconocer (aún cuando sea indirectamente) si, siguiendo tal o cual serie zoológica, la complejidad crece verdaderamente, y a qué velocidad. Pero, ¿es posible esta empresa? Al parecer, sí, con tal que se tenga en cuenta una distinción que ha de establecerse, en el viviente, entre lo que podría llamarse *complejidad esencial* o específica y *complejidad accidental* o banal”

“...poco importa el número de moléculas comprendidas en el esqueleto o la musculatura de un animal. Poco importa incluso (hasta un cierto punto) el volumen bruto de su encéfalo. Lo único que cuenta definitivamente en la clasificación absoluta (es decir por orden de complejidad) de los vivientes superiores es (además del número) la perfección, en estructura y en organización funcional, de sus neuronas cerebrales.”

En estos dos párrafos sintetiza su justificación de la guía de la complejidad. Su apreciación es correcta en lo que se podía formular en la década de 1940-50. No disponía del magnífico instrumento de la Teoría de la Información y por lo tanto de la formalización del concepto para poder aplicarlo. No tiene claro la diferencia entre lo funcional y lo estructural. Siempre asocia la complejidad a ese confuso interior que no llega a definir. Y, a pesar de todo ello, acierta en darse cuenta de que lo importante es la complejidad funcional, o sea el procesamiento de información que está relacionado con la complejidad del sistema nervioso (complejidad esencial) y, en concreto, de la capacidad de procesamiento de información que se concentra en su mayor parte en el cerebro (cefalización). Al considerar siempre la complejidad como el interior habla de una complejidad accidental o banal que asimila a la mayor o menor cantidad de esqueleto, músculo o células y que no considera importante como hilo conductor. Tiene razón, ya que esa es la complejidad estructural que posibilita el desarrollo de funciones pero que su importancia está relacionada con su forma de interconexión y con el ser capaz de realizar funciones de una mayor complejidad, pero no con la cantidad bruta de materia que lo forma. *Es decir el hilo conductor es la complejidad funcional, o sea la*

²⁸ “El grupo zoológico humano”. El despliegue de la biosfera y la segregación de los antropoides. Págs. 53/54/55

capacidad de procesamiento de información y por lo tanto el sistema nervioso, particularmente el cerebro.

La capacidad de la célula para la excitación es aprovechada por la neurona para establecer una especialización en dicha actividad que la convierte en la pieza básica del sistema nervioso. Generar un impulso electroquímico de intensidad máxima para cualquier excitación, acompañado de un potencial de acción capaz de producir una cadena rápida de excitaciones en las neuronas contiguas y modulando su nivel de disparo por medio de interconexiones químicas y físicas, permite una red de procesamiento de información de una gran complejidad. La combinación del arco reflejo: neurona sensitiva, asociativa y motora desarrollada hasta sus últimas consecuencias, abre una nueva vía de complejificación en la evolución de los animales.

El sistema nervioso con su compleja red electroquímica y de neurotransmisores plantea un problema de vulnerabilidad del animal, debido a la necesidad de recarga de los neurotransmisores que se agotan por el uso continuado durante el período de actividad. Esta es probablemente la causa fundamental para el sueño, lo que unido a los ritmos circadianos de nuestro planeta ha estructurado unas reglas de sueño/vigilia que cada especie ha adaptado a sus mejores oportunidades de supervivencia. La ventaja del sistema nervioso es tan alta que el inconveniente del sueño es compensado por las mejoras en la interpretación del entorno gracias al incremento exponencial de la capacidad de información.

5.6. La línea principal de complejificación en los animales.

El eje principal de complejificación pasa por los vertebrados frente a los invertebrados por haber buscado soluciones diferentes en su evolución. Probablemente la elección del ***exoesqueleto*** ha limitado notablemente las capacidades de desarrollo del insecto. Ha dificultado su capacidad de adquirir tamaños mayores, lo que a su vez ha impedido el desarrollo de sistemas nerviosos de tamaño suficiente para complejificarse cuantitativamente y, como consecuencia, cualitativamente.

Y entre los vertebrados la ***homeotermia*** significó otro avance en la complejificación al ser capaces de mantener una capacidad de procesamiento de información mayor por la velocidad en el tratamiento del proceso informativo (similar al que se desarrolla en el mundo de la informática donde la capacidad de producir un bit en el menor tiempo posible aporta capacidad bruta de procesamiento de información). La velocidad de transmisión neuronal disminuye con la temperatura lo que da ventajas al animal de sangre caliente frente al de sangre fría.

La homeotermia conlleva una mayor tasa metabólica lo que sería un inconveniente para la supervivencia al comportar mayores necesidades de alimento, si no fuera por la ventaja que representa una mayor capacidad de procesamiento de información. Alrededor de esa mayor capacidad informativa se desarrollan de modo armónico el resto de los sistemas del animal, que deben responder con mayor rapidez a los estímulos del medio. Gran cantidad de neuronas, fruto del tamaño, y velocidad de procesamiento,

fruto de la homeotermia, fueron ventajas evolutivas que nos llevan a las aves y a los mamíferos.

La pretendida ventaja de los insectos como seres con una capacidad de supervivencia y adaptación muy superior a los vertebrados, ha servido a algunos autores para hablar de la superioridad de esta rama de los animales. Capacidad de supervivencia y complejidad no son conceptos iguales y no debemos confundirlos.

La superioridad de los mamíferos proviene de su menor limitación a la hora de adquirir un determinado tamaño frente al problema que representa tal característica en la adaptación al vuelo. Ésta exige unas alas capaces de asegurar el desplazamiento de un volumen corporal limitado. Es probable que ese compromiso entre peso y vuelo haya significado una limitación en la cefalización de las aves. En el caso de aves adaptadas al suelo, como el avestruz, se consiguen tamaños grandes pero su cefalización sigue los esquemas de las aves. Probablemente la evolución de su especie no les permite una vuelta atrás en las soluciones encontradas y eso impide un mayor grado de cefalización. Los mamíferos adaptados a la vida marina (delfines y ballenas) presentan buena cefalización y tamaño.

Los dinosaurios consiguieron tamaño pero su falta de homeotermia y su modo cualitativo de cefalización, no consiguieron incrementar significativamente su complejidad. A pesar de sus millones de años de evolución no dejaron de ser grandes reptiles con una capacidad evolutiva limitada, fruto de las soluciones encontradas por su especie y de que, probablemente, su especialización se desarrolló tan sólo dentro de esas líneas.

De entre los mamíferos, son los primates el eje de complejificación por su mayor capacidad para el procesamiento de información. La paleontología de los antropoides se ha desarrollado notablemente en estos últimos cincuenta años y los descubrimientos realizados en dicho terreno producirían honda impresión en Teilhard. Sin embargo, su planteamiento “el eje terrestre de corpusculización pasa por el orden de los Primates, y más precisamente por la familia de los Antropoides”²⁹ sigue teniendo plena validez.

²⁹ “El grupo zoológico humano”. El despliegue de la biosfera y la segregación de los antropoides. Pág. 61

6.- EL PENSAMIENTO. REFLEXIÓN – HOMINIZACIÓN

6.1. Definición de Reflexión.

Así como el paso al animal se define por la aparición del sistema nervioso, el paso a la hominización se define por el pensamiento. Hablar de pensamiento es hablar de una nueva propiedad en el tratamiento de la información que se superpone a las que definen al animal. Propiedad nueva que implica una mayor complejidad y que aparece como una mutación en el proceso de cefalización. Aparentemente nada espectacular en sus inicios. Una mutación más como tantas otras en el despliegue de la biosfera y sin embargo una mutación hominizante cuyas consecuencias son del mismo calibre que la aparición de la vida. La aparición de la memoria y con ella la vitalización parecía una mutación más pero su desarrollo produjo sobre la tierra una nueva capa: la Biosfera. Del mismo modo la hominización también parece en sus inicios una mutación más y sin embargo su desarrollo ha producido en la Tierra una nueva capa: la Noosfera.

¿Y en que consiste esa mutación? Se ha producido un cambio biológico en la estructura organizativa del cerebro que ha provocado el desarrollo de la familia humana. Este cambio se ha construido añadiendo “algo” por encima del procesamiento normal de información del animal, o sea, superponiéndolo a los procesos habituales de tratamiento de la información en el sistema nervioso. Ese algo que llamamos reflexión consiste en la capacidad de comparar, en ausencia de los modelos perceptuales, modelos simbólicos con modelos simbólicos extrayendo leyes y relaciones simplificadoras, aplicando reglas que llamamos lógica del pensamiento.

REFLEXIONAR, es decir, trabajar sólo con representaciones mentales (modelos simbólicos) y con sus relaciones deducidas de reglas que se han mostrado válidas en la obtención de resultados comprobados experimentalmente a posteriori.

Teilhard lo explica claramente sin llegar a esa concreción cuando dice³⁰:

“Aquí, aproximando el ‘fenómeno de invasión’ a una mutación de orden psíquico afirmaremos (con razones positivamente verificables): lo que explica la revolución biológica producida por la aparición del hombre es una explosión de ciencia; y lo que, a su vez, explica esta explosión de ciencia es, sencillamente, el paso de un phylum zoológico, a través de la superficie, hasta entonces impermeable, que separa la zona del Siquismo directo de la del Siquismo reflexivo, llegada a un punto crítico de disposición (o, como aquí decimos, de enrollamiento), siguiendo este rayo particular, la Vida se ha hipercentrado sobre sí misma, hasta el punto de hacerse capaz de *previsión y de invención*”

³⁰ “El grupo zoológico humano”. Aparición del hombre: o el paso de la reflexión. Pág. 70

Es una mutación de orden psíquico “semejante a todas las demás, en cuanto a los caracteres exteriores de su aparición”³¹ y “mutación distinta a todas las demás en sus desarrollos”³². Gran intuitor vuelve a acertar en lo nuevo de esta especial mutación, sin llegar a concretar con claridad el nuevo proceso psicobiológico que está en el origen de la “explosión de ciencia”, del paso de la zona de Siquismo directo (animal) al Siquismo reflexivo (hominización) y del ser capaz de previsión y de invención (modelos simbólicos).

Profundizando algo más en el mecanismo básico de conocimiento para el animal y para el hombre, en tanto que animal, creo que se basa siempre en la “comparación” entre el modelo neuronal simbólico y el modelo neuronal perceptual. El resultado de esa comparación confirma o desmiente la identidad total (isomorfismo) o parcial (homomorfismo) de los modelos y permite el conocimiento biológico o directo. Es evidente que el modelo perceptual puede ser sustituido por otro modelo simbólico que permite comparaciones sin percepción sensorial. Esta comparación entre modelos simbólicos permite la modificación de los mismos, la búsqueda de identidades parciales, la obtención de reglas o simplificaciones de los modelos, la incorporación de nuevos modelos, la abstracción,...En definitiva un incesante construir y reconstruir de nuestros modelos simbólicos. Todo este proceso es lo que llamamos conocimiento, razonamiento, reflexión, pensamiento. Este es el “algo” que la mutación hominizante hizo posible. El nuevo mecanismo de procesamiento de información a través del cual los hombres adquirimos conocimiento racional y del que la ciencia es el ejemplo máximo. Esta nueva facultad no parece estar todavía presente en los primeros años del niño cuyo comportamiento es siempre respuesta a la percepción. El inicio de los juegos simbólicos indica el desarrollo de la reflexión. Es probable que esté relacionado con la maduración de su sistema nervioso y que ahí resida la explicación de la incapacidad del adulto de recordar nada de esos primeros años que tanto intrigaba a Freud.

En estos días mientras procedía a la revisión final del texto, he recibido el sugerente libro de Jeff Dawkins “On Intelligence”. En su teoría sobre el funcionamiento del neocórtex como una gran memoria predictiva plantea la comparación entre el modelo perceptual (le llama sensorial) y el simbólico (el predictivo del modelo neuronal interno) como la base del funcionamiento inteligente.

Desearía destacar que el mecanismo básico de la reflexión es idéntico para el científico más sofisticado que para el indígena de una tribu primitiva. El primero intenta encontrar reglas para sus comparaciones entre modelos al igual que el segundo. En el fondo no hay ninguna diferencia entre la reflexión para generar y confirmar la Teoría Unificada del Universo o para que el shamán cure una enfermedad mediante brujería. El tipo de modelos será diferente pero el mecanismo de reflexión es el mismo. El conocimiento de un artista está también sujeto a esta ley universal de la comparación. Su modelo simbólico le lleva por medio de la comparación a plasmar formas capaces de evocar en otros conocimiento a través de la comparación del modelo artístico perceptual para el observador con su modelo simbólico. El artista actúa por intuición lo que significa que no puede explicar los pasos que le llevan a plasmar un modelo simbólico externo que va a producir efectos en el observador. Por el contrario el científico debe ser capaz de explicar los pasos que le han conducido a un modelo que sólo validará la experiencia.

³¹ “El grupo zoológico humano”. Aparición del hombre: o el paso de la reflexión. Pág. 71

³² “El grupo zoológico humano”. Aparición del hombre: o el paso de la reflexión. Pág. 80

En los primeros homínidos podemos observar por los restos arqueológicos que se encuentra ya presente, aunque de un modo rudimentario, la reflexión. El australopiteco realiza un útil de forma definida. Para ello necesita haber elaborado un modelo simbólico y un conjunto de acciones secuenciales sobre las que habría reflexionado sin tener la pieza delante. Su modelo perceptual de un 'pebble tool' (canto rodado lascado por percusión para obtener filo) habría generado en su cerebro un modelo simbólico que le permitía el reconocimiento de esa pieza cuando la viera realizada. Hasta aquí comportamiento animal. Al coger un canto rodado en bruto (sin forma especial) y golpearlo con otro de modo que obtuviera una forma con filo semejante a la de su modelo simbólico y sobretodo planeara nuevas maneras de percusión para obtener esas formas y mejores resultados de la herramienta, estaba dando los primeros pasos de esa nueva capacidad mutante que hemos llamado reflexión.

6.2. Ventajas de la Reflexión.

La reflexión potencia exponencialmente el aprendizaje. La capacidad de trabajar sobre las representaciones simbólicas del mundo extrayendo modelos y conclusiones permite imaginar situaciones y plantear problemas a los que damos soluciones simuladas cuyo valor de verdad puede contrastarse cuando esas mismas situaciones o problemas aparecen en el mundo perceptual. Aprendizaje por simulación. Una formidable herramienta. El animal aprende por percepción, el hombre añade la simulación. Siempre más capacidad de procesamiento de información, más complejidad. Por tanto más neuronas, más conexiones entre ellas como base imprescindible para aplicar esta nueva propiedad de la reflexión. El homínido necesita más modelos simbólicos para simular al máximo, lo que representa una ventaja competitiva única en el mundo animal. Como consecuencia se precisa un desarrollo máximo del córtex cerebral.

La reflexión potencia exponencialmente la memoria externa. La aparición de la vida se produce por ese genial descubrimiento de la memoria que permite *la replicación informativa genética*. Durante el desarrollo de la vida, en el animal, aparece otro tipo de memoria que permite *la replicación informativa biológica* por la que se transmite información no genética de un individuo a otro, es el aprendizaje que la especie transmite y que cada individuo fija en su sistema nervioso. En el homínido, la reflexión genera otro tipo de memoria gracias a la utilización de modelos simbólicos representados en objetos externos a su propio cuerpo lo que permite *la replicación informativa artificial*. Cada nueva etapa evolutiva añade a las anteriores alguna nueva propiedad que incrementa la capacidad de procesamiento de información y por lo tanto de complejidad. El homínido recibe una información genética (vida), una información biológica (animal) y una información artificial o cultural (homínido).

La reflexión potencia exponencialmente la cooperación social. En el despliegue de la biosfera ya se observa que el grupo de animales (socialización) presenta ventajas notables de conservación (alimentación e información) frente al individuo aislado. La capacidad del grupo para procesar información y para transmitirla se incrementa substancialmente frente a la del individuo. Por esta razón el mundo animal es un mundo

de individuos socializados. La reflexión ha multiplicado la capacidad de procesamiento de información del individuo homínido frente al individuo animal.

Esta nueva capacidad de trabajar el mundo simbólico se enriquece cuando es un grupo de homínidos el que trabaja de modo coordinado sobre el mundo simbólico y lo transmite al grupo. Los resultados de ese proceso son espectaculares, ya no se trata de una transmisión biológica de una generación a la siguiente sino de la capacidad de la replicación informativa artificial de comunicar resultados simbólicos sin que el tiempo y el espacio signifiquen una barrera infranqueable entre generaciones y entre coetáneos. Están sentadas las bases de la Noosfera.

Teilhard insiste al hablar de la reflexión en algunos conceptos cuya ambigüedad no favorece en nada la comprensión de en qué consiste realmente esta nueva propiedad. Dice³³:

“...la Reflexión, tal como indica su nombre, es el poder adquirido por una consciencia de replegarse sobre sí misma y de tomar posesión de sí misma como de un objeto dotado de su consistencia y de su valor particular; no ya sólo conocer, sino conocerse; no ya sólo saber, sino saber que se sabe...”

Esta idea repetida en otros autores del “saber que se sabe” o “el repliegue sobre sí mismo” puede ser una hermosa manera de exponer la forma del conocimiento simbólico, pero igualmente puede conducir a discusiones sin fin sobre el significado real de dichas frases. En la continuación del párrafo citado habla de una especie de centralización consciente del organismo que dificulta la comprensión profunda de en qué consiste la reflexión como mecanismo cerebral mutante. Sin embargo en la continuación habla correctamente de las consecuencias del paso de la reflexión³⁴:

“... ¿cuáles son las consecuencias de una tal transformación? Ellas son inmensas Abstracción, lógica, elección e invenciones razonadas, matemáticas, arte, percepción calculada del espacio y la duración, ansiedades y sueños de amor... Todas estas actividades de la *vida interior* no son más que la efervescencia del centro nuevamente constituido explotando sobre sí mismo.”

³³ “El fenómeno humano”. El pensamiento. Pág. 201

³⁴ “El fenómeno humano”. El pensamiento. Pág. 201

7.- EL DESPLIEGUE DE LA NOOSFERA. CORREFLEXIÓN - SOCIALIZACIÓN

7.1. La Correflexión.

La mutación hominizante representó una ventaja selectiva tan importante que una vez producida se convirtió en el eje de la evolución del homínido. Crecimiento del cerebro, liberación de las manos gracias a un bipedismo integral, modificación de la mano, mayor convergencia de los ojos,... Se han aportado muchas teorías sobre las distintas causas fisiológicas que habían conducido a la hominización (bipedismo, alimentación carnívora,...) sin embargo, yo creo que el proceso real fue al revés de lo que dichas teorías proponen. Primero se produjo la mutación que propició la reflexión y posteriormente el resto del cuerpo del homínido fue transformándose para conseguir el máximo aprovechamiento de esa nueva propiedad, incrementando la capacidad de procesamiento de información, o sea de complejidad. Una vez alcanzado un corpúsculo perfectamente adaptado al máximo aprovechamiento de la nueva mutación, la evolución continúa su proceso de incremento de complejidad, como ya ha hecho en otros momentos, agrupando a los nuevos corpúsculos en una entidad superior. Ha llegado la socialización, definida por Teilhard como “asociación en simbiosis, bajo ligazones síquicas, de corpúsculos histológicamente libres y muy individualizados”³⁵. La capacidad de **CORREFLEXIÓN**, que introduce la agrupación de homínidos, genera un potencial de complejificación que va a resultar imparable en el desarrollo evolutivo. Veamos como se desarrolla esta parte de la Historia.

Teilhard distingue en la formación de la Noosfera dos grandes etapas después del paso a la reflexión:

La *socialización de expansión*³⁶. Etapa de multiplicación, de ocupación de la Tierra y de ensayos de organización social. Etapa de tanteo de la socialización.

La *socialización de compresión*³⁷. Etapa de totalización Humana, de organización económico-técnica y de globalización mundial. Etapa de paroxismo de la socialización

7.2. Etapa de socialización de expansión. Desde el primer homínido hasta el Homo Sapiens

³⁵ “El grupo zoológico humano”. Formación de la Noosfera. Pág. 89

³⁶ “El grupo zoológico humano”. Formación de la Noosfera. La socialización de expansión. Págs. 86 hasta 104

³⁷ “El grupo zoológico humano”. Formación de la Noosfera. La socialización de compresión: Totalización y personalización. Direcciones del porvenir. Págs. 105 hasta 131

La paleoantropología ha seguido siendo una ciencia muy activa desde la muerte de Teilhard. El fuerte desarrollo de otras ciencias: genética, bioquímica y biología molecular han introducido elementos nuevos a incorporar en la teoría de la evolución. La paleoantropología ha pasado por distintas etapas y teorías: neodarwinismo, teoría sintética, equilibrio puntuado... y los descubrimientos de fósiles inéditos han aportado nuevos datos al apasionante desarrollo de la hominización: Zinjanthropus Boisei (1959), Homo Habilis (1960), Australopithecus Afarensis (1974) Australopithecus Aetiopicus (1985), Homo Antecessor (1994), Ardipithecus Ramidus (1995), Australopithecus anamensis (1995), Australopithecus Garhi (1999), Orrorin Tugenensis (2001).

En estos días ha aparecido en Science el descubrimiento en Barcelona, por parte del equipo del Instituto de Paleontología Crusafont Pairó de Sabadell, del Pierolapithecus Catalaunicus, una nueva especie de primate que vivió hace 13 millones de años.

Las discusiones sobre el árbol del desarrollo de los homínidos y del primer hominoideo que podemos considerar un homínido siguen vivas. Cada nuevo descubrimiento introduce un peldaño más y un reajuste necesario. Las aportaciones de la genética, gracias al estudio de las diferencias entre los ADN mitocondriales y los genes Y en distintas poblaciones, nos permiten establecer una relación de descendencia y antigüedad entre ellas. Estos nuevos métodos han abierto un camino para establecer el árbol de descendencias, familias y movimientos del Homo Sapiens que sorprendería a Teilhard.

Creo que hay que considerar tres fases distintas en este proceso de despliegue de los homínidos una vez dado el paso de la reflexión.

Fase inicial. ¿Desde 6.000.000 de años? Marcada por la dificultad como siempre de identificar el origen del origen. La mutación se produce en un organismo cuya fisiología no está todavía preparada para el aprovechamiento máximo de las posibilidades que le ofrece la nueva capacidad adquirida. En su inicio no se distingue mucho de sus congéneres no mutantes. De ahí la enorme traba para distinguir ese instante inicial de mutación. También la confusión que se produce en distinguir en los fósiles más antiguos si se trata de homínidos u hominoideos. Teilhard plantea esa dificultad del origen en varios de sus escritos. En su época se consideraba al Australopithecus Africanus, el único conocido, como un hominoideo y sin embargo hoy se cree que es un homínido. Las discusiones sobre este punto siguen y seguirán con aproximaciones sucesivas, así como una gran incertidumbre sobre ese momento inicial (¿Dryopithecus, Sivapithecus, Ramapithecus,...!). Trabajo admirable y fascinante de los paleoantropólogos.

Fase de tanteo y maduración. Desde 3.500.000 años. Una vez descubierta la mutación fundamental de la reflexión, se produce un despliegue de variedades de homínidos que representan probablemente un conjunto de mutaciones de tanteo para buscar la forma de máximo aprovechamiento de la mutación básica. Hay que transformarse para reforzarla. “El árbol de la evolución humana es muy frondoso, con predominio de la cladogénesis (evolución ramificada) sobre la anagénesis (evolución lineal)” son palabras de Juan Luis

Arsuaga³⁸. Destaca también la coexistencia de algunos de estos homínidos y la conclusión de los estudios genéticos de la homogeneidad de la especie humana actual.

Australopitecos, Homo Erectus, Homo Habilis, Homo Neandertalensis, Homo Sapiens. Conjunto ramificado de homínidos que desemboca en el predominio final del Homo Sapiens (aparecido hace unos 100.000 años), o sea de nosotros, como forma acabada y corpúsculo humano preparado para otras etapas de complejidad.

Recientemente se ha publicado en Nature el sorprendente descubrimiento del Homo Floresiensis. Un homínido enano de 1 metro de altura y 380 cc. de cráneo que vivió hasta hace 18000 años en la isla de Flores (Indonesia) y que parece que era claramente un cazador de elefantes con una industria lítica evolucionada. Convivió con el Homo Sapiens. Este hallazgo demostraría que la mutación de la reflexión afectó a la organización neuronal y no está relacionada con el tamaño, así como que el árbol de los homínidos tuvo muchas ramas.

Fase de expansión. Desde hace unos 30.000 años. Una vez conseguido el máximo aprovechamiento por una profunda adaptación de toda la fisiología a las nuevas condiciones, se llega a un organismo estable que domina la totalidad del medio ambiente y hace que desaparezcan los menos adaptados. El Homo Sapiens se impone y desaparecen los otros homínidos. Teilhard concibe este hecho como el comienzo de la verdadera hominización y el inicio “a partir del cual puede empezar a construirse el auténtico edificio orgánico de la Noosfera”³⁹.

Este tipo de desarrollo por fases se da siempre que una gran mutación se descubre y en su desarrollo debe conseguir la máxima explotación de esa nueva propiedad. El caso de la célula es evidente. Teilhard cree firmemente en esas etapas y así lo expresa en el caso del homínido. Este proceso se da también en los grandes inventos de la humanidad. Vease el desarrollo de la aviación o el del submarino.

7.3. Etapa de Socialización de Expansión. Desde el Homo Sapiens hasta la Civilización

El Paleolítico Superior hace su aparición. Desde hace 30.000 años hasta hace 10000 años. Una gran cultura de cazadores de grandes herbívoros que se extiende por todo el planeta: África, Eurasia y América. La reflexión se revela en toda su plenitud. El aprendizaje, la memoria externa y la cooperación social crean una gran cultura humana manifestada en las formas de alimentación, en el procesamiento, conservación y transmisión de información grupal (lenguaje, arte, tecnología, animismo). Su éxito es tan enorme que se produce una sorprendente uniformidad cultural entre zonas geográficamente alejadas (tecnología ósea y lítica similar, Venus paleolíticas desde Pirineos hasta Siberia,...), lo que implica procesos de intercambio entre las bandas de

³⁸ “El enigma de la esfinge”. El árbol de la evolución humana. Pág. 198

³⁹ “La aparición del hombre”. La estructura filética del grupo humano. Cap. III. El replegamiento (o enrollamiento) filético del grupo humano. Emisión, agregación, expansión y reflexión colectiva (inicial) del ‘Homo Sapiens’. Pág. 189

cazadores. La socialización ha conseguido seguir con el proceso de complejificación gracias al grupo. El intercambio de las reflexiones individuales gracias a la capacidad simbólica nueva plasmada en la replicación informativa artificial significa una ventaja evolutiva tan inmensa que será el nuevo paso transformador de la evolución. La sociedad humana, la Noosfera.

El cambio en el medio, debido al final de la glaciación Würm, produce un derrumbamiento de esa cultura que tiene que readaptarse para sobrevivir bajo los mismos parámetros de caza y recolección. El mesolítico fue probablemente un período recesivo en el desarrollo de la humanidad, pero preparó el camino para la gran revolución neolítica. Las culturas de cazadores recolectores se forjaron alrededor del aprovechamiento del medio natural, sin intervenir en los procesos de generación y desarrollo de plantas y animales. Estas culturas sólo eran posibles con bajas densidades demográficas (bandas y grupos de reproducción) sobre grandes territorios y escasas comunicaciones entre grupos. Su capacidad de procesamiento de información, y por tanto de complejificación, eran muy limitadas y aunque evolucionaron a lo largo de sus casi 30.000 años de supervivencia fue una evolución lenta que tarde o temprano debía desembocar en el neolítico, como lo demuestra su aparición independiente en Europa y en América. En ambos casos los grupos de cazadores nómadas acabaron convirtiéndose en agricultores y ganaderos.

Los paralelismos observados entre las culturas americanas primitivas y las culturas europeas antiguas provienen probablemente de las bases culturales del mundo de los cazadores-recolectores del Paleolítico Superior y aunque el paso a la neolitización fuera independiente, las respuestas al nuevo proceso serían similares en muchos aspectos.

La Revolución Neolítica hace su aparición en el Creciente Fértil hace aproximadamente unos 10.000 años. Lento avance del control de los procesos de generación y desarrollo de las plantas y los animales: agricultura y ganadería. El hombre empieza a tomar el control de la biosfera. Su capacidad de reflexión y corrección está multiplicando su complejidad, sobre todo por el efecto de que conviven en grupos mayores. La sedentarización y la capacidad de almacenamiento de alimentos permiten una mayor densidad demográfica que precisan una organización social interna que mejora los procedimientos de comunicación y de replicación informativa artificial. Un claro ejemplo es la aparición de la escritura como consecuencia del intercambio comercial. Magnífico descubrimiento que multiplicará la capacidad de corrección. La aparición de las Grandes Civilizaciones Fluviales (Nilo, Indo, Río Amarillo) alrededor de su capacidad de producción y almacenamiento de plantas (trigo, arroz y, más tarde, en América maíz) y de control y conservación de animales (carne). Los cereales, el olivo, la vid y el cordero han formado, junto con la caza y otros animales domesticados (cerdo, vaca), la base de las sociedades europeas hasta el siglo XIX. Con ciertas variantes locales todavía sigue siéndolo en una parte de la Humanidad actual.

El recorrido histórico desde el Neolítico hasta nuestros días presenta una gran variedad de culturas, civilizaciones, imperios,... cada uno de ellos aporta una posible solución al eterno problema de la aplicación del Principio de Conservación, según las condiciones del medio y del camino elegido por sus antecesores. El proceso de complejificación ha pasado del individuo al grupo y de la biología a la cultura. Estamos de nuevo en una fase de tanteo (mutación psicológica), similar a la de aparición de nuevas especies (mutación biológica).

Este es el nuevo camino de la evolución. El Homo Sapiens ha tomado la biosfera en sus manos (habría que decir en sus cerebros) y ha iniciado un camino de tanteos buscando la organización social que permita ventajas de conservación, lo que siempre pasa por una mayor capacidad de procesamiento de información, en este caso aplicando el gran descubrimiento de la replicación informativa artificial. Así como en la fase de tanteo de la hominización el objetivo era encontrar la forma biológica de homínido que consiguiera el máximo aprovechamiento de la mutación básica (reflexión); ahora, también, en la fase de tanteo de una forma sociológica de grupo humano, el objetivo es conseguir el máximo aprovechamiento de la mutación psicológica del grupo (correflexión).

Este largo proceso no ha acabado, todavía queda por rematar la existencia de un orden mundial y de una capacidad de intercambio y comunicación para todo el planeta. Ese momento no parece lejano en términos de evolución. Las bases están puestas y la estructura mundial se ha agrupado alrededor de tres ejes: Europa, Estados Unidos y Asia, que tienen capacidades de procesamiento de información impensables potenciadas por sus intercambios y por los desarrollos tecnológicos de las TICS (Tecnologías de la Información y las Comunicaciones). ***El largo pasado evolutivo es una línea quebrada para la complejificación, pero de pendiente positiva.*** Basta ver los dos extremos de esta quebrada: al inicio una humanidad neolítica de unos pocos millones de humanos con poblaciones de algunos miles de habitantes, hoy varios miles de millones de humanos con poblaciones de millones de habitantes. Y qué decir si comparamos las capacidades de comunicar información desde el analfabetismo generalizado a la Word Wide Web plasmada en Internet. No creo que nadie pueda negar ese incremento de complejidad por la vía de la cultura

7.4. Etapa de Socialización de Compresión.

La globalización en la que estamos inmersos es un doloroso parto, como todo cambio importante en la estructura organizativa de un nuevo corpúsculo. Una organización mundial completa que abarque la totalidad del planeta sin primer mundo ni tercer mundo. Que satisfaga la necesidad de conservación de todo el planeta, tanto de la biosfera como de la noosfera. Una organización en la que todos los elementos formen un verdadero sistema cooperativo. En definitiva, una organización que cumpla con el sagrado principio de conservación en sus dos facetas: la energética/material y la de complejificación/información.

Los signos de que nos estamos moviendo en esas dos direcciones son abrumadores.

Capacidad de producción de bienes básicos para toda la población mundial.

Sistemas de transporte con capacidad de cobertura mundial.

Preocupación mundial por la biosfera.
Sistema global de investigación científica convertido en el eje de nuestra sociedad.
Sistemas de información y comunicación globales.
Declaración Universal de los derechos el hombre.
Existencia de la ONU y del Tribunal Internacional.
Macroorganizaciones políticas por áreas geográficas del mundo.

Hemos tomado el control de la evolución. Nada parece posible sin tenernos en cuenta. No es inverosímil nuestra extinción por causas naturales o por nuestra propia torpeza al no comprender el camino de la evolución, pero el proceso volvería a empezar aquí o en otro lugar del Universo.

Nos vamos a convertir en un Macrocorpúsculo formado por miles de millones de “homo” intercomunicados entre sí y cada uno con trillones de conexiones neuronales. No ha existido jamás una complejidad informacional de ese calibre y lo que puede surgir de ella es imposible de conjeturar.

La investigación científica mundializada nos ha hecho conscientes de nuestro potencial para actuar sobre los mecanismos de la evolución biológica. No sólo control de la biosfera iniciado en el Neolítico, sino también control de la evolución de las especies y, entre ellas, de nosotros mismos. El desciframiento del genoma con las impresionantes perspectivas que con ello se abren es un paso más en ese camino. Me sigue sorprendiendo que todavía hoy no seamos capaces de realizar la fotosíntesis artificialmente, pero también daremos ese paso. La clonación, las células madre, etc. son otros tantos pasos en el control de la evolución.

Este Macrocorpúsculo, entendido como la totalidad de la Biosfera y la Noosfera, tiene una característica nueva respecto a los corpúsculos de la Biosfera: que su replicación es artificial frente a la replicación biológica. La replicación artificial aporta una enorme flexibilidad a la evolución y permite una aceleración imposible de obtener biológicamente. Además las capacidades que conlleva (investigación mundializada) permite tomar en nuestras manos la evolución biológica y también la humana. Teilhard lo expresa al afirmar que la evolución al reflejarse sobre sí en el Hombre se hace consciente de sí misma haciéndose capaz de dirigirse y acelerarse a sí misma⁴⁰:

“¿Acaso lo que en el término de una generación han llegado a realizar los físicos en el campo del Átomo no llegarán a hacerlo también los biólogos en el campo de lo Celular, de lo Germinal y de la Neurona? Antes decía que por lo menos, tomada en su conjunto, la Humanidad continúa cerebralizando colectivamente por efecto de la correflexión. Mas, precisamente por efecto retroactivo de la correflexión, el individuo humano, ayudado a la vez por todos los demás, ¿no logrará algún día perfeccionar su propio sistema nervioso? Intervenir eficazmente sobre los resortes de la reproducción, de la embriogénesis, de la selección, para que no sólo el grupo social tomado en su realidad global, sino los mismos individuos, de generación en generación, se hallen cada vez más

⁴⁰ “La aparición del hombre”. Las singularidades de la especie humana. La singularidad terminal de la especie humana, un punto crítico superior de ultra-reflexión. Pág. 317

cerebralizados, y esto no por selección natural, sino por selección dirigida...”

Más adelante expresa sus temores sobre el desarrollo de estas capacidades⁴¹:

“Bien sé, y *siento*, toda la repulsión y la inquietud muy justificada que despierta semejante suposición. Como todo el mundo calibro los peligros múltiples y mortales inherentes no sólo a la posesión de un poder semejante, sino inclusive a las experiencias que han de llevar a su adquisición.”

Teilhard tiene el enorme mérito de haber sido capaz de mantener su principio de complejificación hasta sus últimas consecuencias, augurando una Megasíntesis humana y una organización planetaria cuando los tiempos en que escribía no anunciaban nada bueno en esa dirección sino más bien en la contraria. El pesimismo de la época estaba más que justificado debido a una devastadora Segunda Guerra Mundial. Tras una explicación del proceso de socialización de comprensión dice⁴²:

“Tal me parece ser la interpretación más satisfactoria del estado actual de la Vida sobre la superficie de la Tierra; y esto a pesar del lamentable recrudescimiento de los racismos y de los nacionalismos que, por desastroso e impresionante que sea para nuestras existencias particulares de postguerra, no me parece tener la menor importancia científica en el proceso de conjunto; puesto que toda tendencia humana a la fragmentación, sean cuales fueren su magnitud y su origen, resulta ser de un *orden de magnitud* claramente *inferior* al de las fuerzas planetarias (geográficas, demográficas, económicas y psíquicas), cuya presión siempre ascendente por naturaleza, nos forzarán tarde o temprano, queramos o no, a unirnos en alguna unidad humana solidariamente organizada.”

7.5. El pensamiento artificial. Ciberización

El desarrollo de los computadores ha sido tan espectacular que ha generado una amplia controversia respecto a la capacidad de las máquinas para realizar las funciones mentales del hombre. Han significado una “mutación” en la replicación informativa artificial tan poderosa que ha llevado a plantearse la viabilidad teórica de un robot que fuera capaz de efectuar las mismas funciones que un hombre. Esta posibilidad forma parte de una larga discusión entre expertos y de muchas historias futuristas. ¿Dónde están los límites, si los hay? ¿Qué es lo que diferenciaría a un hombre de un robot, si tal diferencia existe? ¿Será posible algún día un hombre artificial?

⁴¹ “La aparición del hombre”. Las singularidades de la especie humana. La singularidad terminal de la especie humana, un punto crítico superior de ultra-reflexión. Pág. 317/318

⁴² “El porvenir del hombre”. El rebote humano de la evolución y sus consecuencias. Pág. 243

Nadie discute la capacidad de construir “cuerpos” artificiales que realicen las funciones mecánicas de interrelación con objetos. Los robots de distintos tipos que se utilizan en la automatización de plantas y procesos son piernas, manos, ojos, dedos, adaptados a su función, muy rudimentarios comparados con elementos biológicos naturales, pero cumpliendo las mismas funciones. No parece haber ningún impedimento teórico para un desarrollo futuro de gran finura que los vaya aproximando a la complejidad biológica. Todos estos órganos están comandados por un centro coordinador (¿cerebro?) encargado del procesamiento de la información y de la elaboración de órdenes en función de la información perceptual recibida de sus “órganos sensoriales” y de la información de sus modelos simbólicos memorizados (¿corpúsculo?). Nada impide que la organización de ese centro coordinador modifique las órdenes emitidas como consecuencia de los resultados obtenidos en operaciones anteriores (¿aprendizaje?). Nada impide que ese centro coordinador compare modelos simbólicos entre sí y busque reglas o leyes para futuras órdenes de comportamiento (¿reflexión?) transmitidas a sus efectores (¿sistema nervioso?). Nada impide que dicho robot pueda autorepararse y replicarse (¿embriogénesis?).

Aunque parece lejana la posibilidad de un hombre artificial con las mismas capacidades que un hombre biológico por razones de complejidad, no veo ningún impedimento teórico para que sea posible. La lógica de la evolución nos lleva a ello. La síntesis de materia conduce al pensamiento. La materia es única y siempre la misma. Uno u otro camino para su síntesis conducen al mismo resultado. ¿Hay algo más teilhardiano? El Universo haciéndose consciente de sí mismo.

8.- OTRAS CUESTIONES

8.1. Cosmogénesis.

La frase de Teilhard que resumiría su concepción de la Cosmogénesis como proceso dice⁴³:

“La génesis del espíritu es un fenómeno cósmico; y el Cosmos consiste en esta génesis misma”

Hablamos de un proceso único y completamente entrelazado, unitario. Todo lo que ocurre influye en el todo. Un desarrollo guiado por la ley de complejificación entendida como un continuo incremento de la capacidad de procesamiento de información necesaria para cumplir con el Principio de Conservación. Recuerdo que espíritu es la capacidad de complejificación.

Estamos inmersos en un proceso del que no podemos evadirnos sensorialmente⁴⁴:

“No ya un *orden*, sino un *proceso*. No ya un Cosmos, sino una Cosmogénesis”

“*nada, absolutamente nada* puede entrar en nuestra vida y visión más que por *vía de nacimiento* (es decir, en función de antecedentes vinculados ellos mismos a la totalidad de los estados anteriores del universo) – sinónimo, en otros términos, de la “pan-interligazón” temporal-espacial del Fenómeno-...”

Ya no es una visión de un Universo ordenado y estático como se creyó hasta el siglo XIX, sino un Universo como proceso evolutivo de complejificación a través de sucesivas capas de corpusculización. Cada nueva etapa alcanzada y consolidada es aprovechada por la siguiente, que envuelve y utiliza a todas las anteriores.

Kosmosfera

Átomo	Fuerzas de Interacción y	Azar estadístico y
Complejificación		
Molécula	gravedad	necesidad evolutiva pasiva

Biosfera

Basibión	Memoria. Replicación biológica	Control de la replicación
Complejificación		
Célula	Coordinación química	independiente del azar activa

⁴³ “La energía humana”. El espíritu de la tierra. Pág. 26

⁴⁴ “La activación de la energía”. Reflexiones sobre la probabilidad científica. Pág. 234

Vegetal	Coordinación química
Animal	Coordinación nerviosa

Noosfera

Hombre	Reflexión. Replicación artificial	Control de la biosfera
Complejificación		
Sociedad	Correflexión	y de la evolución
superactiva		

En la etapa de complejificación pasiva es el medio el que domina completamente el proceso, y la formación de corpúsculos depende totalmente del azar, del encuentro de los elementos necesarios para su aparición, que inexorablemente se producirá.

En la etapa de complejificación activa el corpúsculo depende casi totalmente del medio, pero la formación de corpúsculos no depende del azar. En un medio adecuado genera su propia complejificación y adaptación a los cambios.

En la complejificación superactiva el corpúsculo controla el medio y superacelera su propia complejificación.

8.2. El Tiempo en la Cosmogénesis.

La Cosmogénesis es un proceso evolutivo único en el que no existe el tiempo en el sentido que nosotros lo entendemos como algo que es independiente de nosotros y que podemos llevarlo hacia delante y hacia atrás. Eso sólo está en nuestra cabeza debido a esa reversibilidad que nosotros podemos generar en nuestro mundo simbólico, pero que no se valida con el perceptual. Otra cosa es que el tiempo pase de forma distinta en función de la velocidad, Teoría de la Relatividad, pero siempre será un presente para todos los actores. Nunca podremos volver al pasado porque ya desapareció y está en nosotros. Lo más que podríamos hacer sería **ver** el pasado, dado que esos restos o imágenes están marcados en el universo y se trata de saber recuperarlos, al igual que hacemos en la paleontología viendo las huellas de nuestro pasado. Las especulaciones de la teoría de la relatividad permitirían en el mejor de los casos recuperar las imágenes del pasado pero nunca estar en él, ni modificarlo. ***El proceso es único. No hay universos paralelos. ¡No son posibles los viajes en el tiempo!*** La famosa flecha del tiempo y la paradoja de la reversibilidad quedan aclaradas al considerar que el tiempo y, por supuesto, el espacio son conceptos subsidiarios de la información como ya expliqué en el apartado de la vida. Insisto: la reversibilidad del tiempo sólo está en nuestro mundo simbólico.

8.3. Entropía energética e informacional

Se ha discutido mucho sobre la irreversibilidad que plantea el Segundo Principio de la Termodinámica y sobre la llamada muerte térmica del Universo. Teilhard la cita muchas veces e inclusive contrapone vida con entropía⁴⁵:

“Un Universo con trama primitiva *material* es irremediabilmente, estéril y fijo; mientras que un Universo de trama *espiritual* tiene toda la elasticidad requerida para presentarse a la vez a la evolución (Vida) y a la involución (Entropía).”

Si a esto añadimos que en la Teoría de la Información se ha llamado también entropía al concepto que mide la información, tenemos servida una fuerte mezcla científico-filosófica que no aporta claridad, pero cuya simetría nos gusta tanto a los humanos. Se ha hablado de dos corrientes en la evolución, la entropía y la neguentropía. La primera es el factor destructivo y desorganizador, mientras que la segunda es el constructivo y organizador. Una contra la otra en la evolución. En primer lugar no creo en las extrapolaciones directas de la Física a la Filosofía, ya que la primera trabaja con modelos simbólicos simplificados del que se obtienen deducciones contrastables experimentalmente. El caso que nos ocupa está basado en un modelo de átomos de un gas asimilados a puntos geométricos con capacidad elástica de choque, movimientos aleatorios y ninguna interacción entre ellos donde se estudia el estado estacionario de equilibrio producido por ese modelo. El modelo se ha revelado útil en el tratamiento de problemas físicos, pero nadie puede garantizar que su extrapolación sea válida para interpretar el desarrollo de la evolución. Los famosos imanes de Von Foerster generan orden a partir de agitaciones aleatorias simplemente por existir interacciones magnéticas entre ellos.

El hecho de que ambas entropías, la energética y la informacional, tengan el mismo nombre y respondan a formulaciones matemáticas idénticas, proviene del hecho de que ambas miden el grado de orden de la estructura formada por las interrelaciones entre los elementos puestos en juego, lo que nada tiene que ver con una relación directa entre ellas en la Cosmogénesis.

8.4. Vida en otros planetas a la luz de la Cosmogénesis

La Cosmogénesis es un proceso que se da en todo el Universo con estadios evolutivos distintos según las condiciones de cada galaxia, estrella o planeta. Esto conduce a pensar que también la reflexión ha aparecido, está apareciendo o aparecerá en otros lugares del Universo e inclusive nuestra desaparición sólo sería un paso atrás, pero el proceso volvería a iniciarse en nuestra querida Tierra o en otros ámbitos. ¡Apasionante encuentro de seres con reflexión!

Teilhard afirma⁴⁶:

⁴⁵ “La energía humana”. El espíritu de la tierra. Pág. 25

⁴⁶ “La aparición del hombre”. Las singularidades de la especie humana. La singularidad original de la especie humana o el paso de la reflexión. Pág. 286

“...los planetas con noosfera, lejos de ser una excentricidad en la Naturaleza, representarían sencillamente el *producto normal y último de una evolución de la Materia llevada hasta el final.*”

“...Con lo que hoy sabemos sobre las relaciones esenciales existentes entre Cosmo, Bio y Noogénesis, *debe haber*, en realidad, ‘otros mundos habitados’.”

Opinión compartida por F. Cerdón⁴⁷:

“...la naturaleza y los niveles de organismos vivos posibles en cualquier lugar y momento del cosmos hayan de corresponder con los existentes en la Tierra. La vida en otro astro tiene, pues, que haber sido, ser actualmente, o surgir en el futuro en niveles sucesivos homólogos de los niveles terrestres protoplásmico, celular, animal; no parece posible ninguna otra forma de vida.”

8.5. Muerte y envejecimiento

La muerte del individuo parece una necesidad para posibilitar la evolución biológica como consecuencia de lo que significa el proceso de envejecimiento.

El envejecimiento es la consecuencia de la acumulación de errores en la biología celular. Es probable que la fijación de la estructura junto a la acumulación de errores fuera un freno demasiado fuerte para la evolución biológica que se orientó hacia la constitución de nuevos individuos que fuesen capaces de incrementar su proceso de complejificación sin hipotecas. No parece posible que no se produzca la acumulación de errores. Probablemente será posible frenarlos y corregirlos, lo que conducirá a una larga longevidad, pero no creo que a la inmortalidad. Sin embargo, ¿será posible transmitir la información y sus mecanismos de procesamiento del cerebro y cuerpo de un individuo a un clónico suyo que dé continuidad a su vida biológica? Nada parece oponerse a esta posibilidad, hoy incipiente.

Históricamente, en la sociedad preevolucionista, se tuvo que separar el espíritu de la materia. La razón última fue preservar el espíritu de la corruptibilidad y descomposición que se observaba en los cuerpos materiales. Esto permitía que el “espíritu puro” no tuviera partes y fuese eterno. Es muy interesante el planteamiento que hace Teilhard, para superar esta dicotomía⁴⁸:

“Estructura no quiere decir corruptibilidad...Un Cosmos polarizado hacia una cada vez más creciente concentración de sí mismo, por complejo que sea, no se puede descomponer mientras no cambie la flecha del tiempo. La incorruptibilidad ya no aparece ligada a la sencillez, sino simplemente a la irreversibilidad.”

⁴⁷ “La alimentación base de la biología evolucionista”. Nota correspondiente a la pág. 17 del capítulo 1.

Pág. 26

⁴⁸ “La energía humana”. Esbozo de un universo personal. Pág. 65

Cosmogénesis como proceso único e irreversible. Incorruptible en su conjunto, sólo transformación y complejificación.

8.6. Significado del mal en el mundo.

Para el Cosmos entendido como un orden fijo no tiene explicación el mal, pero para la Cosmogénesis como proceso es un subproducto. Esa “pan-interligazón” que hace de la Cosmogénesis un proceso unitario lleva a que los tanteos y las búsquedas produzcan efectos indeseados pero inevitables para el desarrollo de la evolución.

No parece posible tantear sin errores. Son de gran valor ya que muestran los caminos no deseados y ayudan a moverse en la dirección correcta. Teilhard lo compara con “un árbol que ha tenido que luchar contra los accidentes interiores de su desarrollo y los accidentes exteriores de la intemperie, las ramas heridas, las hojas laceradas, las flores secas, enclenques o estropeadas, están en su sitio: traducen las condiciones más o menos difíciles de crecimiento, encontradas por el tronco que las soporta.”⁴⁹ y continúa:

“El Mundo, visto experimentalmente, a nuestra escala, es un inmenso tanteo, una inmensa búsqueda, un inmenso ataque: sus progresos sólo pueden hacerse al precio de muchas derrotas y muchas heridas. Los que sufren, a cualquier especie que pertenezcan, son la expresión de esta condición austera, pero noble. No representan elementos inútiles y empequeñecidos. Pagan por la marcha hacia delante y por el triunfo de todos. *Son los caídos en el campo del honor.*”

La clásica discusión filosófica sobre el problema del mal en el mundo y el valor del sufrimiento adquieren pleno sentido desde esta perspectiva evolutiva. Efectos de la probabilidad estadística, basta abrir los ojos para darse cuenta de esa realidad cotidiana.

8.7. Individuo y Sociedad.

Parece existir una contraposición entre el individuo y el grupo. Individualismo frente a grupalismo. Un dilema clásico del siglo XX. No hemos entendido que es una contraposición ficticia. El individuo lo recibe todo del grupo, sin él no es nada. Inicia su existencia con una carga genética, biológica y cultural fruto del pasado de su especie y vive en el seno de su grupo contemporáneo sin el que la vida material e informacional no le sería posible. Un individuo es lo que sea su grupo en el conjunto del medio en el que evoluciona. La Cosmogénesis lo enseña constantemente: una vez creado un corpúsculo sus individuos están unidos indisolublemente formando un sistema centrado. No podría ser de otro modo. Todos son imprescindibles y todos están protegidos por el Todo al que todos sirven y del que todos se sirven. No hay que confundir estas afirmaciones con la idea de un sistema rígido sin libertad ni creatividad. Todo lo

⁴⁹ “La energía humana”. La significación y el valor constructivo del sufrimiento. Pág. 54/55

contrario. En la Biosfera los procesos de mutación genética y la replicación informativa biológica abren campos de experimentación y de comportamientos atípicos necesarios para la evolución. En la Noosfera se añade el proceso de replicación informativa cultural para el que es más necesario que nunca su capacidad de inventar en todas las direcciones posibles. El individuo (el no divisible) sujeto de derechos y deberes. Derechos frente a su grupo y deberes para con él. Y, aunque parezca paradójico, el grupo no es nada sin el individuo, no existe sin él.

En la teoría neodarwinista se plantea el problema del egoísmo individual frente al altruismo. La supervivencia del más apto es una teoría de selección individual y el altruismo biológico y el de grupo le crea problemas de explicación. Las supervivencias del individuo y del grupo no son contrapuestas, el individuo es una materialización de los genes y cultura de su grupo. El comportamiento altruista de un individuo debe analizarse en un sentido más amplio que el puramente de su conservación material. Un individuo que no responde a los valores de su grupo, es una rémora para la conservación y evolución del mismo (células cancerígenas en un organismo).

En nuestro mundo en proceso de organización planetaria, a corto plazo, las reglas básicas de convivencia y organización están fijadas en “La declaración universal de los derechos del hombre”, que deberán ser la regla que nos permita estructurar un mundo formado por desarrollos culturales distintos y que plantean problemas de interpretación en términos de lo que está bien y lo que está mal. El relativismo cultural tendrá que dejar paso a una visión unitaria (¡ojo! no uniforme) de los derechos y deberes de los hombres y mujeres. No todo es válido y la organización mundial, que inevitablemente debe acabar de surgir en el mundo, deberá ser capaz de corregir aquello que vaya en contra de esa declaración universal aceptada por el conjunto de la humanidad. Todos dependemos de todos y tenemos responsabilidades en el proceso de la Cosmogénesis. Para Teilhard este es un camino inexorable y que se recorrerá necesariamente.

8.8. Emociones. Esperanza/Miedo. Alegría/Tristeza. Y Amor.

En toda la obra de Teilhard se habla muchas veces de sentimientos, particularmente de amor. Me ha parecido conveniente tratar de ellos y de su papel en la Cosmogénesis. Una visión integral exige colocarlos en el importante lugar que les corresponde.

Las emociones son reacciones psico-físicas (cuerpo y mente) frente a estímulos que pueden producir un perjuicio o beneficio. Son el resultado de una comparación entre modelos perceptuales y simbólicos o entre simbólicos. Tienen un papel fundamental ya que son el verdadero motor de la acción y, sobretodo, de la respuesta rápida a los estímulos. Se dan en el animal (modelo perceptual/simbólico) y en el hombre (modelo perceptual o simbólico/simbólico).

Siempre son fruto de una comparación que se produce según el esquema siguiente:

Objetivo
“Yo” => Mundo interior MI (Modelo Simbólico)

Valoración => Comparación

Provocación => Mundo exterior ME o interior MI

El objetivo simplificado es siempre: Evitar un mal (M) o Conseguir un Bien (B). De acuerdo con esta simplificación voy a considerar dos momentos distintos: Antes de la concreción del objetivo lo indicaré por Potencial y una vez concretado que le llamaré Realizado. Según eso podemos plantear el siguiente esquema elemental:



Estas emociones son las básicas y se dan en el animal asociadas a su “yo biológico”. La aparición de la reflexión introduce una enorme complejidad en la clasificación de las emociones asociadas a su “yo psíquico”. La aparición de la correflexión introduce nuevas emociones asociados al “yo social”.

El amor es una emoción interpersonal ligada a la consecución de un bien que es la correspondencia de la otra persona y es, por lo tanto, una forma de felicidad. Motor imprescindible en la Cosmogénesis en su fase de Socialización, ya que sólo la correspondencia del conjunto de los individuos puede aportar la fuerza básica para esa fase de Socialización de Compresión. Teilhard una vez más intuye, pero no explica⁵⁰:

“Solo el amor, por la misma razón de ser el único que debe tomar y reunir a todos los seres por el fondo de sí mismos, es capaz –y éste es un hecho de la cotidiana experiencia de dar plenitud a los seres, como tales, al unirlos.”

“Y lo que ahora realiza de una manera tan cotidiana a escala reducida, ¿porqué no podrá repetirlo un día a la de las dimensiones de la Tierra misma?”

8.9. Punto Omega y Ultrahumanidad.

⁵⁰ “El fenómeno humano”. Más allá de lo colectivo: lo hiperpersonal. Pág. 318

Teilhard realiza una extrapolación del proceso de convergencia de la humanidad dirigiéndola hacia una superconvergencia que nos llevaría a un supercorpúsculo que llama punto Omega y que identifica con los aspectos religiosos del fin de la Humanidad. Es evidente que se trata de una extrapolación discutible. Probablemente su ideal de unidad entre ciencia y religión le conduce a esa conclusión sobre la que no me atrevo a especular. No quería dejar de comentar este aspecto tan crucial en su pensamiento y que le daba una sólida base a su fe.

Es consciente de que su extrapolación al punto Omega es especulativa. Un año antes de su muerte escribía⁵¹:

“Anteriormente, en este libro he dado el nombre convencional de Punto Omega al polo superior, *conjeturado*, de la correflexión humana”

Sus escritos místico-religiosos están llenos de ese punto Omega que significa para él la culminación del proceso evolutivo. Para él la creación fue un proceso puesto en marcha por una entidad superior (Dios) que dio el impulso inicial con unas reglas en la Naturaleza y cuya intervención ya no fue nunca más necesaria, conduciendo a una culminación en Omega. Un Omega construido por ese proceso de síntesis en el que todo se reencuentra.

El planteamiento de Teilhard es de una enorme heterodoxia religiosa y nunca ha sido admitido en la Iglesia, aferrada a un dogma y una teología basados en valores eternos e inmutables que han sido contrariados constantemente por la ciencia, y que aún no ha encontrado un encaje con el mundo moderno. Los elementos históricos del dogma religioso se imponen constantemente sobre todos los intentos de adecuar el mensaje a un mundo que ha tomado conciencia de su proceso. ¡Lástima! La constante contradicción crea una tensión en la Sociedad que deberá resolverse de algún modo en el futuro.

Teilhard basa su extrapolación en la necesidad que se plantea a esta Humanidad convergente de saber que se dirige hacia algo. Identifica ese algo como un supercorpúsculo que estará formado por todos los seres, sobretodo los humanos, corpúsculos personalizados y cuya interrelación formará ese Omega superpersonal, motor y fin del proceso. De no ser así, interpreta que en una Humanidad sin objetivo aparecerá el *tedium vitae*, que sólo puede conducir a una huelga en la noosfera⁵².

No es mi intención hacer consideraciones respecto a este tema que se sale de los objetivos de este escrito, sobretodo teniendo en cuenta que no se dan las bases para un debate constructivo sobre él. Todos sus intentos para que este aspecto de su visión del mundo fuera debatido no tuvieron ningún éxito y creo, más bien, que perjudicaron profundamente la comprensión de su visión de la evolución en el mundo filosófico-científico, en el que tras un éxito inicial en la década de los sesenta-setenta del siglo XX, sólo recibió descalificaciones. Únicamente en algunos ambientes filosófico-religiosos todavía forma parte de una tendencia de adecuación del mensaje religioso al mundo moderno, aunque sospecho que, hoy por hoy, con poco éxito. Probablemente sería conveniente profundizar en esa línea para sentar las bases de un diálogo constructivo entre el mundo laico y el religioso. Es curiosa la visión tan convergente, en

⁵¹ “La aparición del hombre”. Apéndice. Pág. 337

⁵² “El fenómeno humano”. La tierra moderna. Pág. 277

lo que es la evolución, entre dos personalidades tan distantes en sus concepciones como Teilhard, un hombre profundamente religioso, y Faustino Cordón, un marxista convencido.

Teilhard intentó en todo momento separar el aspecto científico y religioso de su obra sin conseguirlo plenamente, quizás más por los demás que por él mismo. Siempre insistió en esa separación y así lo expresó en la que me parece su mejor obra. En ella advierte de que su intento explicativo es experimental, o sea, científico⁵³:

“Intento definir *experimentalmente* ese misterioso humano, fijando estructural e históricamente su posición actual con relación a las demás formas que, en el curso de los tiempos, adoptó en torno a nosotros la materia cósmica”

⁵³ “El grupo zoológico humano”. Advertencia preliminar. Pág. 13

9.- REFLEXIÓN FINAL

Teilhard es un ejemplo de intento de visión unificada aceptable para el conjunto de la sociedad. Su mayor deseo hubiera sido reunir en un foro mundial hombres de todas las ciencias y de todas las religiones para compartir una visión unificada de nuestra humanidad y de nuestro futuro. Nuestra mejor contribución a la celebración del cincuenta aniversario de su muerte sería iniciar un camino en esa dirección, sin descalificaciones apriorísticas de las distintas visiones y posiciones.

¡Ojalá, este escrito sirva para eso!

GLOSARIO

A

ADN. Ácido Desoxirribonucleico. Ácido nucleico unido a desoxirribosa. Es el material genético de todas las células y de muchos virus.

ARN. Ácido Ribonucleico. Ácido nucleico unido a ribosa. Sus distintos tipos participan en la síntesis de proteínas. Son el material genético único de algunos virus. Podría haber sido anterior al ADN en el proceso evolutivo.

Agente autónomo. Stuart Kauffman lo define como un sistema autocatalítico capaz de reproducirse y llevar a cabo uno o más ciclos de trabajo termodinámico. Ver cap. 3 de “Investigaciones. Complejidad, autoorganización y nuevas leyes para una biología general”.

AND. Función “Y” en el álgebra de Boole. La salida de la función sólo se activa cuando todas sus entradas están activadas.

Atractores. Estados o ciclos de estados hacia los que el sistema tenderá a lo largo del tiempo cualquiera que sea el punto de partida.

Australopiteco. Homínido bípedo que vivió en África hace unos 4 millones de años. Capacidad craneana de unos 500 cc. Se han identificado varios tipos: africanus, afarensis, anamensis y ghari.

Autótrofo. Organismo que sintetiza su propio alimento. El alimento se define como sustancias orgánicas usadas como fuente de energía o como materiales para la construcción celular. Las plantas verdes (función clorofílica) son los seres autótrofos por excelencia, aunque no los únicos. Ver heterótrofo.

B

Basibión. Nombre asignado por F. Cordón a los individuos protoplásmicos dándoles naturaleza de corpúsculo y vida independiente con anterioridad a su asociación para construir la célula.

Biogénesis. Proceso de construcción de la Biosfera.

Biosfera. Teilhard la define en p. 46 de “El Grupo zoológico humano”: “Por Biosfera, debe entenderse aquí, no como hacen erróneamente algunos, la zona periférica del globo en que se halla confinada la Vida, sino la película misma de sustancia orgánica con la

que se nos presenta hoy envuelta la Tierra: capa verdaderamente estructural del planeta, ¡a pesar de su delgadez!”

Bit. Es la más sencilla elección que puede realizarse entre dos alternativas equiprobables. Es precisamente la unidad que se toma para la medida del contenido informacional. Es la contracción de **Binary digit**

C

Cefalización. O también cerebralización. Proceso evolutivo por el que los animales incrementan su capacidad cerebral. Teilhard centra en el cerebro el proceso de complejificación significativo.

Centreidad. O Centrocomplejidad. El corpúsculo es un sistema que, para que lo sea, debe tener todas sus partes interconectadas. Es decir, no puede separarse una de las partes sin desvirtuar el sistema. Existe una conexión informativa entre todas las partes y por lo tanto una conexión energética. La centreidad implica una coordinación de todo el sistema en una dirección. Esta centreidad define un interior y un exterior al sistema. Se trata de una centreidad de acción, no de simetría.

Ciberización. Palabra nueva con la que designo el proceso de creación de pensamiento artificial como primer paso hacia, aunque lejana, la posibilidad de un hombre artificial con las mismas capacidades de un hombre biológico.

Complejidad. Magnitud asociada al procesamiento de información y más unida a la dificultad que a la cantidad, aunque naturalmente el incremento de cantidad implica normalmente, pero no siempre, mayor dificultad. Presento una nueva forma de medida: *La medida de la complejidad está asociada al número mínimo de pasos elementales de decisión (bits) necesarios en promedio para conocer los valores de salida o respuestas de un sistema a partir de sus valores de entrada. En términos de teoría de la información esta definición se corresponde con la suma de entropías condicionales del valor de salida cuando se conocen todas las variables de entrada excepto una de ellas o, dicho de otro modo, es la suma de la necesidad de conocimiento de cada variable de entrada para conocer el valor de salida cuando el resto de entradas son conocidas.* La idea básica es siempre encontrar el modelo de menor número de elementos capaz de cumplir con la función del sistema.

Complejidad funcional. O comportamental, es la correspondiente a la dificultad del procesamiento de información que dicho sistema realiza, calculada sobre el modelo que lo define.

Complejidad estructural. O morfológica, es la correspondiente a la cantidad de elementos físicos del sistema, relacionada por lo tanto con la energía y la materia implicada. La complejidad estructural es igual a la suma de las complejidades funcionales de los elementos que componen la estructura del sistema, lo que nos proporciona una medida de la máxima complejidad funcional que esa cantidad de elementos serían capaces de proporcionar.

Conciencia. Consciencia. Teilhard lo define en nota 1 de p. 37 de “El Grupo zoológico humano”: ”La conciencia, es decir *lo de dentro* –captable experimentalmente, o bien (por infinitesimal) inasible- de los corpúsculos tanto pre-vivientes como vivientes”. Teilhard llama así a ese interior, que nunca llega a definir con claridad. Considera que existe en lo inanimado en una forma dispersa, sin que pueda apreciarse, mientras que aparece plenamente en lo viviente como efecto de la complejidad.

El traductor de “El Fenómeno Humano”, Miguel Crusafont Pairó introduce la distinción entre consciencia y conciencia en Nota 1 de p. 57 donde dice: “Utilizaremos el neologismo ‘consciencia’ para indicar los estadios inferiores de ‘interioridad’ a que se refiere el P. Teilhard. La palabra ‘conciencia’ la reservaremos a la del Hombre”

Corpúsculo. Teilhard lo define en p.24 de “El Grupo zoológico humano”: “Por combinación, al contrario, nace un tipo de grupo estructuralmente terminado sobre sí mismo en cada instante (aún cuando, a partir de determinada clase, los corpúsculos vivientes, indefinidamente extensible en el interior): el *corpúsculo* (micro o mega-corpúsculo), unidad verdadera y doblemente ‘natural’ en el sentido de que, orgánicamente limitada en sus contornos con relación a sí misma, deja aparecer, además, en determinados niveles superiores de complicación interna, fenómenos precisos de autonomía.”. Hace referencia al átomo, la molécula, el individuo protoplásmico, la célula, el vegetal, el animal.

Correflexión. Reflexión conjunta de toda la Humanidad por efecto de la Socialización. Indica un estadio de complejificación superior al de la reflexión gracias a la organización de todos los hombres que posibilita el intercambio de las reflexiones individuales.

Cosmogénesis. Proceso evolutivo del Universo. No ya una visión de un Universo ordenado y estático (Cosmos) como se creyó hasta el siglo XIX, sino un Universo como proceso evolutivo de complejificación a través de sucesivas capas de corpusculización. Cada nueva etapa alcanzada y consolidada es aprovechada por la siguiente que envuelve y utiliza a todas las anteriores.

En algunas ocasiones tiene un sentido más restringido circunscrito a las primeras etapas de aparición de átomos y moléculas (cosmología)

E

Embriogénesis. Proceso de desarrollo del embrión.

Energía. En la Física Clásica se define como la capacidad de realizar un trabajo. La Termodinámica introdujo la contradicción de la existencia de energía no convertible en trabajo. La Relatividad identificó la materia y la energía ($E = mc^2$). En la Física es una magnitud invariante (primer principio de la Termodinámica). En la Filosofía está identificada como una medida general de todo tipo de cambio experimentado por la materia en todas sus formas.

Energía radial/Energía tangencial. Teilhard defiende la idea de que junto a un exterior de las cosas debe existir un interior. En “El fenómeno humano” pág.73: “coextensivo a su Exterior, existe un Interior de las Cosas”. Por ello plantea la existencia de dos energías: la material y la espiritual, sin embargo continúa creyendo que en ambos casos se trata de una sola energía. En pág. 80 del mismo texto: “Energía material y Energía espiritual, sin duda alguna se sostienen y se prolongan una a otra por medio de *algo*. En el fondo, *de alguna manera*, no debe haber actuando en el Mundo más que una Energía única”. No está nada seguro de este planteamiento energético confuso y por ello al comenzar estas disquisiciones, en pág. 79, dice: “Las consideraciones que siguen no tienen, naturalmente, la pretensión de aportar una solución verdaderamente satisfactoria al problema de la Energía espiritual. El fin que se proponen es simplemente el de mostrar, como un ejemplo, lo que debería ser, tal como lo concibo, la línea de investigación adoptada y el género de explicación perseguido por una ciencia integral de la Naturaleza”.

Sigue complicando este planteamiento, creo que de un modo desafortunado, y plantea lo que llama “Una línea de solución” en pág. 82: “Admitimos que, esencialmente, cualquier energía es de naturaleza psíquica. Sin embargo, añadiremos que, en cada elemento particular, esta energía fundamental se divide en dos componentes distintos: una **energía tangencial**, que hace al elemento solidario de todos los elementos del mismo orden (es decir, de la misma complejidad y de la misma centredad) que él en el Universo, y una **energía radial**, que le atrae, en la dirección de un estado cada vez más complejo y más centrado, hacia adelante”. Para comprender su pensamiento hay que entender que la tangencial es la energía normal de la Ciencia y por lo tanto, equiparable a la de lo Exterior y la radial es la energía que promueve la complejificación, equiparable a la de lo Interior.

No debió sentirse muy satisfecho de este planteamiento que ni siquiera lo cita en “El grupo zoológico humano” escrito nueve años más tarde que “El fenómeno humano”.

Enrollamiento. Teilhard utiliza este término para designar el incremento de interiorización y por lo tanto de centredad y de complejidad que se produce en cada nueva etapa de corpusculización. Quiere transmitir la idea de que van siendo capas que se van superponiendo y por lo tanto van produciendo un efecto de enrollamiento. En ocasiones utiliza el término replegamiento con un sentido parecido.

Entropía. Este concepto aparece en la historia de la Termodinámica, incorporado por Clausius, como una función de estado, relacionada con el flujo de calor. Se descubrió pronto que estaba relacionada con la condición de equilibrio en un sistema en equilibrio. Boltzmann demostró, brillantemente, que la Entropía era una medida del grado de orden del sistema y que en la evolución de un sistema sólo podía crecer, debido a la irreversibilidad de los procesos. Esta explicación corresponde a lo que llamaremos *Entropía energética*. Ver Segundo Principio de la Termodinámica.

Claude E. Shannon en 1949 estableció las condiciones que debía reunir una medida del contenido informacional selectivo de una fuente de información Markoviana en la que las probabilidades de aparición de las n representaciones fueran p_1, p_2, \dots, p_n . Concluyó que la única medida que satisfacía las condiciones:

- H debe ser continua con p_i

- H debe ser monótonamente creciente para pi todas iguales
- H debe ser la suma ponderada de las H individuales en dos elecciones sucesivas

era de la forma $H = -K \sum p_i \log p_i$. A esta medida le llamamos *Entropía informacional* y calcula el número de pasos elementales de decisión (bit: decisión entre dos sucesos equiprobables) necesarios en promedio para seleccionar una representación de entre el conjunto finito de representaciones posibles.

Ambas medidas corresponden a un modelo matemático idéntico que mide el grado de orden del sistema.

Entropía condicional. Concepto paralelo al de probabilidad condicional. Mide la entropía correspondiente al sistema cuando el valor de una o varias variables del sistema son conocidos. Nos informa de cuanta incertidumbre nos queda, o dicho de otro modo, cuanta información nos falta, para conocer todos los valores de las variables del sistema cuando el valor de una o varias variables son conocidos.

Epifenómeno. Fenómeno accesorio, sin importancia, respecto al fenómeno esencial.

Espíritu. En este texto se propone una nueva definición: el concepto físico de Espíritu hace referencia a todo aquello capaz de provocar complejificación o sea capaz de obligar a realizar una mayor elaboración simbólica al observador.

El espíritu, fuerza vital, alma,... es sólo un nombre con el que las sociedades precientíficas explicaban los comportamientos animados suponiendo la existencia de un indefinido interior que distinguía lo animado de lo inanimado. Teilhard considera que el espíritu es síntesis de materia y que existe también en lo inanimado de modo tan difuso que es imperceptible, manifestándose de manera clara en los seres animados.

Estructura. Materialización de un sistema. Ver sistema

F

Fijistas. O creacionistas. Niegan la evolución y siguen creyendo en una creación única de cada ser. Normalmente seguidores estrictos de una interpretación literal de la Biblia.

Filogénesis. Proceso de desarrollo evolutivo de una especie (Phylum).

Fractal. Un fractal es una figura que presenta la propiedad de autosemejanza a cualquier escala. Cualquier porción de la figura que seleccionemos y ampliemos tiene el mismo aspecto que la figura original.

Se define como todo ente geométrico que tiene una dimensión por semejanza, *dimensión fractal*, mayor que su dimensión topológica.

Tiene una dimensión fraccionaria. Se puede comprender esto pensando que son figuras que son más que un punto (dimensión 0) y menos que una línea (dimensión 1), o bien, más que una línea y menos que un área (dimensión 2). Un ejemplo clásico es la línea de costa, cuya medida depende de la escala de medida que se tome y es un fractal de dimensión mayor que 1 y menor de 2.

Frontera del caos. Ver límite del caos

H

Heterótrofo. Organismo que no puede sintetizar su propio alimento. Tienen que obtenerlo de fuentes externas. El alimento se define como sustancias orgánicas usadas como fuente de energía o como materiales para la construcción celular. Ver autótrofo.

Homeotermia. Capacidad de los animales llamados de sangre caliente de mantener constante la temperatura de su cuerpo independientemente de la temperatura de su medio ambiente.

Homínido. Todos los primates en los que se ha producido o han recibido de sus antepasados la mutación hominizante de la reflexión. En la literatura paleontológica se han incluido o excluido diversos fósiles en función de las teorías del momento sobre la hominización.

Hominización. Proceso desde el animal a la reflexión.

Hominoideo. Todos los primates que no poseen la mutación hominizante. Los simios antropomorfos y sus phyla.

I

Individuos protoplásmicos. Son los componentes de la célula.

Ribosoma → Síntesis de proteínas *Síntesis*

Aparato de Golgi → Síntesis de Carbohidratos *Síntesis*

Retículo endoplásmico → Aparato circulatorio de la célula *Transporte*

Mitocondria → Suministra energía ATP → ADP extraída de grasas, proteínas y carbohidratos

Puede funcionar un tiempo sin la célula. Tienen ADN *Fuente de Energía*

Cloroplasto → Plástidos con clorofila. Absorbe luz y sintetiza azúcares. Tiene ADN *F. Energía*

Lisosomas → Rompe moléculas orgánicas grandes. Enzimas hidrolíticas *Función Digestiva*

Centríolos y Cuerpos basales → Organizan el núcleo en la división celular. Tienen ADN para

su autoreproducción *Replicación*

Cromosoma → Contiene el ADN del que se sintetiza el ARN *Replicación e integración*

Nucleolo → Lugar del ARN y síntesis de ribosomas *Replicación e integración*

Información. Voy a dar una definición operacional de información o sea definiéndola por su efecto: El efecto de la información es un cambio en el modelo simbólico (vivencia) del receptor. Realmente deberíamos hablar de comunicación ya que la información es la llave que permite al emisor abrir en el receptor su modelo simbólico. Por ello podemos definir el contenido informacional por el número de pasos elementales de decisión necesarios en promedio para seleccionar una representación (modelo simbólico) de entre un conjunto de representaciones. La entropía es la medida del contenido informacional que definió Claude E. Shannon. (Ver entropía).

Interior. Ver Conciencia. Teilhard le dedica el Capítulo II, pág. 69, de “El fenómeno humano” en El interior de las cosas, en el que justifica la existencia de un interior de las cosas que en los seres superiores se manifiesta en la conciencia, pero que existe en la propia materia inanimada en una forma tan tenue y dispersa que no es apreciable hasta que se llega a seres más complejos. Utiliza, a menudo, la analogía de los cambios de masa inapreciables a las velocidades normales de nuestra vida, pero que se manifiestan en las velocidades próximas a la de la luz, según la Teoría de la Relatividad.

K

Kosmosfera. He utilizado este término, que Teilhard nunca usó, para designar la esfera de lo inanimado. La primera etapa de la Cosmogénesis.

L

Límite del caos. En la teoría matemática de los sistemas dinámicos existían tres estados clásicos: estable, periódico y caótico. Se descubrió la existencia de un cuarto estado entre el ordenado y el caótico al que se le llama “límite del caos” o “frontera del caos”. Dicho estado presenta la característica de ser el de máxima capacidad de procesamiento de información (Chris Langton)

M

Meiosis. Proceso de división nuclear, generalmente dos divisiones celulares sucesivas, que da lugar a células hijas con la mitad del número de cromosomas correspondiente a la célula original. Esta forma de división está en la base de la creación de una célula nueva que tenga una carga genética mezcla de las dos progenitoras y está en la base de la reproducción sexuada.

Mitosis. Proceso de división celular por el que el núcleo realiza una serie de cambios que conducen a la creación de dos células hijas ambas con idéntica dotación cromosómica a la célula madre. Base de la reproducción asexuada.

Modelo perceptual. El estímulo sensorial provoca que en el sistema nervioso se activen un conjunto de neuronas cuya estructura forma un modelo perceptual. No se trata de una reproducción isomórfica del estímulo, sino que éste provoca un procesamiento de información que reconstruye y relaciona los conjuntos neuronales activados hasta construir un modelo coherente de acuerdo con vivencias anteriores. Hay estímulo en bruto y procesamiento de información.

Modelo simbólico. La repetición de experiencias genera y memoriza en el cerebro conjuntos de neuronas cuya estructura activada se corresponde con la abstracción del conjunto de experiencias. No se trata de una reproducción isomórfica de las experiencias sino de un procesamiento de información que continuamente reelabora el conjunto neuronal activable para reproducir las huellas dejadas por el conjunto de experiencias (vivencias) y de sus interrelaciones. Este conjunto neuronal forma un modelo simbólico. Hay que destacar que las vivencias incluyen también elementos emocionales e inconscientes.

Monofiletismo. Teoría que defiende que la hominización se produjo a partir de un solo phylum. Surgió en un grupo animal único.

Mutación. Cambio químico en un gen o cambio en algún cromosoma cuyo resultado es un cambio permanente en el código genético que se transmitirá a los descendientes.

N

NAND. Función “Y negada” en el álgebra de Boole. La salida de la función sólo no se activa cuando todas las entradas están activadas.

Neguentropía. Entropía negativa. Está asociada a aquellos sistemas que incrementan su grado de orden. Se considera que los seres vivos son neguentrónicos ya que engendran sistemas ordenados. Esto lo consiguen contrarrestando localmente el incremento de entropía propio de todo proceso termodinámico, lo que se puede interpretar como si generaran una entropía negativa.

Es un concepto que ha sido y sigue siendo motivo de controversia debido a la discusión sobre el papel de la información en los sistemas termodinámicos.

Schrödinger habla por primera vez de entropía negativa en su famoso libro “¿Qué es la vida?” al preguntarse cómo consiguen los organismos vivos no caer en el estado inerte de equilibrio termodinámico y argumentar que se alimentan de entropía negativa.

El verdadero padre del término fue Léon Brillouin en “La science et la theorie de l’information” donde realiza un intento de incorporar la información dentro de la física. Identifica información con neguentropía. Si se dispone de información de un sistema se puede ejercer sobre él una acción ordenadora, pero la obtención de dicha información tiene ya un gasto energético previo que salvaguarda el segundo principio de la Termodinámica.

Noogénesis. Proceso de construcción de la noosfera.

Noosfera. Teilhard lo define en p. 90 de “El grupo zoológico humano”: “El Hombre, aparecido como una simple especie; - pero gradualmente elevado, por el juego de la unificación étnico-social, a la situación de una nueva envoltura de la Tierra. Más que un injerto, incluso más que un Reino: ni más ni menos que una “esfera”,- la *Noosfera* (o esfera pensante) sobreimpuesta coextensivamente (¡pero mucho más ligada y homogénea todavía que ella!) a la Biosfera”.

En la nota a pie de página añade: “De hecho, para expresar la verdadera posición del Hombre en la Biosfera, se necesitaría una clasificación más ‘natural’ que la elaborada por la Sistemática actual, según la cual el grupo humano no aparece lógicamente más que como una pobre subdivisión marginal (‘familia’), mientras que se comporta funcionalmente como una ‘inflorescencia’ terminal y única en el Árbol de la Vida.”

O

Ontogénesis. Proceso de desarrollo de un nuevo individuo, desde su primera forma embrionaria hasta el ser adulto, dentro de un phylum. Existe en biología una hipótesis actualmente controvertida que postula que la ontogenia recapitula la filogenia. Dicho de otro modo las fases que construyen un nuevo individuo son las mismas por las que ha pasado la especie en su desarrollo evolutivo.

Orden. En un sistema formado por un conjunto de elementos entre los que pueden existir relaciones que condicionan el estado de los elementos será tanto más ordenado cuantas más relaciones se puedan establecer entre los elementos, o sea cuanta menos independencia tengan sus elementos, o sea cuanto más ligados estén entre sí, o sea cuanto más conocemos del sistema, o sea cuanta más información tenemos de él, o sea cuanta menos incertidumbre tenemos, o sea cuanta menos entropía tiene.

Ortogénesis. Teoría que considera que la evolución está impulsada por fuerzas internas de los propios organismos, independientemente del ambiente y de la selección natural, normalmente en direcciones predeterminadas (finalismo).

En sus primeras etapas en el siglo XIX y principios del XX fue una teoría contraria al proceso de la selección natural. Desde la aparición de la Teoría Sintética se adaptó la ortogénesis como un proceso evolutivo que a través de pequeñas mutaciones dirigidas en el mismo sentido producen un resultado orientado.

Teilhard ha sido considerado con razón ortogenista. Él mismo define la ortogénesis en “La aparición del hombre” Las singularidades de la Especie Humana, nota a pie de página 271:

“Aquí, y en otras partes de esta obra, adopto este término tan discutido de ‘ortogénesis’ (término del que es tan imposible prescindir, como del vocablo, análogamente equívoco, ‘evolución’) en su sentido etimológico de desarrollo orientado; sin que esa cualidad puramente ‘vectorial’ (en ausencia de la cual no podría hablarse ni de tendencias, ni de phyla) lleve en sí ninguna idea, ni de monofiletismo, ni (al menos en su origen) de finalidad.”

P

Pan-interligazón. Neologismo utilizado por Teilhard para identificar la unidad y unicidad temporal y espacial de la Cosmogénesis. En “La activación de la energía”. Reflexiones sobre la probabilidad científica. Pág. 234.

Phylum. Grupo taxonómico formado por un conjunto de especies con las mismas características estructurales y organizativas básicas. Los zoólogos han segmentado el reino animal en alrededor de unos treinta phyla. Nuestra especie está clasificada del modo siguiente: *Reino:* Animal. *Phylum:* Cordado. *Subphylum:* Vertebrado. *Clase:* Mamífero. *Orden:* Primate. *Familia:* Homínido. *Género:* Homo. *Especie:* Sapiens

No tiene una definición fácil, ya que la categoría de phylum proviene de la clasificación taxonómica de Linneo basada en características morfológicas. El descubrimiento de las mutaciones y del código genético ha abierto otras posibilidades de clasificación no siempre coincidentes con la morfológica.

Polifiletismo. Teoría que defiende que la hominización se produjo a partir de varios phyla.

Potencial de acción. Cambio de potencial eléctrico en la membrana celular cuando la célula es excitada. Este cambio de potencial forma una onda que se propaga a lo largo de la célula y que es, a su vez, el estímulo desencadenante de la excitación de otra célula contigua. En la célula nerviosa es el impulso nervioso.

Principio de Alimentación. He elevado a la categoría de principio la imperiosa necesidad de todo ser vivo de obtener la energía /materia necesaria para el sostenimiento de su estructura. F. Cerdón basa toda su Biología evolucionista en este principio. Ver principio de conservación.

Principio de Complejificación. He elevado a la categoría de principio la necesidad de todo ser vivo de obtener la máxima información con el mínimo gasto estructura, necesaria para preservarse de las agresiones del medio. Ver principio de conservación.

Principio de Conservación. O de supervivencia. He elevado a la categoría de principio la evolución de los corpúsculos vivos en la dirección de máxima seguridad para la existencia de su estructura. De él se derivan dos principios básicos: el de alimentación (obtención de la energía/materia necesaria para la estructura) y el de complejificación (obtención del máximo de información, con el mínimo gasto estructural, necesario para preservarse de las agresiones del medio).

Punto Omega. Teilhard lo define en “El grupo zoológico humano” Págs. 125 y 126: “Cósmicamente, en fin (y aun cuando esa perspectiva tiene algo de fantástica), si, en verdad, por su parte pensante, la Materia vitalizada converge, por fuerza hemos de imaginar, correspondiendo al punto de Reflexión noosférico, *algún fin absoluto* del Universo.....” “....la de un Foco universal (le llamo *Omega*), no ya de exteriorización y expansión físicas, sino de interiorización síquica, hacia donde la Noosfera terrestre en vías de concentración (por complejificación) parece destinada a llegar dentro de algunos millones de años.”

Punto de síntesis total de la Noosfera, identificado con Dios.

R

Reduccionismo. Doctrina que considera que las propiedades de un sistema complejo pueden ser comprendidas en términos de sus componentes.

Redundancia. En Teoría de la Información es la diferencia entre la máxima capacidad de información que puede emitir una fuente y la que realmente está emitiendo. En mi Teoría de la Complejidad mide el exceso de estructura que tiene un sistema en relación con la función que realiza.

Reflexión. Acto de reflexionar, o sea, trabajar sólo con representaciones mentales (modelos simbólicos) y con sus relaciones deducidas de reglas que se han mostrado válidas en la obtención de resultados comprobados experimentalmente a posteriori. Equivalente a pensamiento.

Replegamiento. Término teilhardiano. Ver enrollamiento

Replicación. Capacidad de generar un ser igual a sí mismo. Utilizada normalmente en biología para el mecanismo que utilizan los seres de menor nivel: virus, bacterias, células.

Replicación informativa genética. Se refiere a la información que un nuevo individuo recibe de sus progenitores a través de los genes.

Replicación informativa biológica. Término utilizado en este libro para definir la transmisión de información no genética de un individuo a otro, es el aprendizaje que la especie transmite y que cada individuo fija en su sistema nervioso.

Replicación informativa artificial. Término utilizado en este libro para definir la nueva capacidad de transmisión de información que se genera en los homínidos como consecuencia de la reflexión. El homínido utiliza modelos simbólicos representados en objetos externos a su propio cuerpo, lo que añade capacidad nueva de memoria. Es lo que llamamos cultura en las sociedades humanas.

S

Segundo Principio de la Termodinámica. Tiene varias formulaciones. Fue enunciado en sus orígenes tratando de encontrar el máximo rendimiento de una máquina térmica. Dice así: “No es posible construir una máquina que, operando en un ciclo, no produzca otro efecto que la extracción de calor de un depósito y realice una cantidad equivalente de trabajo”. Lo que llevaba a la conclusión que toda máquina térmica tiene un rendimiento teórico máximo que no es posible superar. En todo proceso hay una cantidad de energía que se transforma en calor y que ya no va a poder ser convertida en trabajo. Es un proceso irreversible. Se introdujo el concepto de entropía como una medida de la calidad de la energía o dicho en otras palabras como una variable de estado en el proceso termodinámico que nos permite conocer cuanta energía útil podremos sacar del sistema.

La Mecánica Estadística había realizado otra aproximación a la Termodinámica partiendo de un modelo de átomos de un gas asimilados a puntos geométricos con capacidad elástica de choque, movimientos aleatorios y ninguna interacción entre ellos y estudiado el estado estacionario de equilibrio producido por ese modelo. Boltzmann identificó la temperatura con la energía cinética media de los átomos y la entropía con una medida del grado de desorden del sistema. Esto indicaba que los sistemas aislados se movían en la dirección de un mayor desorden o sea entropía siempre creciente. Ver entropía.

La existencia de un coste calórico en todo proceso energético ha llevado a enunciar la inexorable “muerte térmica del universo”. Estamos en un sistema energéticamente aislado que en cada proceso pierde un poco de su capacidad de producir trabajo y por lo tanto hay cada vez menor capacidad energética global. La entropía constantemente creciente ha llevado a indicar este proceso físico como la flecha del tiempo debido a su irreversibilidad.

Self-evolution. O auto-evolución. Término que utiliza Teilhard en “La aparición del hombre” Las singularidades de la especie Humana. Págs. 316 y sgs.: “La Evolución, al reflejarse sobre sí en el Hombre, no sólo se hace consciente de sí misma. Al mismo tiempo, y por añadidura, se hace capaz, en cierta medida de dirigirse y de acelerarse a sí misma.” O sea de autoevolucionar en lo biológico y en lo cultural.

Sistema. Conjunto de elementos entre los cuales existen relaciones.

Sistemas booleanos. Sistemas compuestos por elementos binarios relacionados entre sí por medio de operaciones booleanas que determinan el valor de los elementos del sistema. Pueden ser sistemas con entradas y salidas que realizan un proceso de cálculo del valor de salida partiendo de los valores de entrada. Realizan un procesamiento de la información y su gran desarrollo se debe a que están en la base de la implementación de los ordenadores. El álgebra de Boole está basada en unos ciertos axiomas básicos aplicables a elementos que sólo pueden tener dos estados Sí/No, 0/1, Verdadero/Falso y fue desarrollada por Boole en el siglo XIX creyendo que era la base del desarrollo lógico del pensamiento.

Los *sistemas booleanos combinatorios* son aquellos en que el valor de salida depende de manera unívoca del estado actual de los valores de entrada. A cada conjunto de valores de entrada le corresponde una única salida. Pero existen sistemas en los que se observan diferentes valores de salida para un mismo estado de los valores de entrada. Estos sistemas tienen memoria ya que el valor actual de salida depende de algo más que el valor actual de las entradas y por lo tanto, hay que generar en ellos variables internas (memoria) que aporten sus valores al sistema y permitan obtener diferentes valores de salida. Estos son los *sistemas booleanos secuenciales*.

T

Teleología. Se dice que un proceso es teleológico cuando está dirigido a un fin. Ver Teleonomía.

Teleonomía. Concepto derivado de teleología. Se dice que un proceso es teleológico cuando está dirigido a un fin y, se añade a veces, del cual el agente es consciente. Es un concepto muy ligado a connotaciones vitalistas y animistas que fue perdiendo fuerza desde el darwinismo. Sin embargo es innegable que determinados procesos en biología están dirigidos a un fin (la formación de un embrión) y se ha preferido cambiar el nombre por el de teleonomía considerando que el fin se alcanza por la propia estructura de la entidad implicada. En este sentido el proceso de incremento de complejidad sería un proceso teleonómico.

Teoría de la Información. Teoría desarrollada por Claude E. Shannon en 1949 “The Mathematical Theory of Communication”. Formaliza un sistema de comunicación generalizado en que el mensaje a transmitir pasa por una serie de elementos: Fuente de información, Transmisor, Canal, Receptor y Destinatario que son perturbados por el

ruido. Plantea el problema de la transmisión para mensajes discretos, continuos y mixtos. Define el concepto de entropía como la medida que le permite saber cuanta “selección” hay al elegir un mensaje entre todos los posibles o cuanta incertidumbre tiene el destinatario respecto a cual va a ser el mensaje que va a recibir (Este es el concepto de información que Shannon define). Ver entropía. El texto de Shannon analiza las capacidades de los canales de transmisión con ruido, así como los sistemas de codificación teóricamente más eficientes en cada caso.

Teoría finalista. Teoría que sostiene que los seres vivos están dirigidos hacia un fin independientemente del medio. La evolución es un proceso teleológico. Ver teleología

Teoría animista/vitalista. Teoría que defiende la existencia de unas fuerzas interiores que conducen la evolución de los seres vivos independientemente del medio.

Teoría sintética. Teoría surgida en la mitad del siglo XX que aúna el mecanismo de la selección natural con las leyes de la herencia de Mendel y con el mutacionismo. También conocida como neodarwinismo.

Trofismo. Relativo a las formas de alimentación de los seres vivos. En los ecosistemas se define la existencia de cadenas tróficas o sea formas de alimentación que hacen depender unos seres de otros dentro del ecosistema. Los organismos que se nutren de un mismo tipo de alimento en una cadena trófica se encuentran en un mismo nivel trófico. Ver Autótrofo y Heterótrofo.

U

Ultrahumanidad. Término utilizado por Teilhard para definir un estado de la Humanidad futura en que se establecerá una conciencia colectiva y unanimitaria. En “El porvenir del hombre” .De lo prehumano a lo ultrahumano o las fases de un planeta viviente (1950). Pág. 363 de: “Acaso imaginábamos que la especie humana, ya madura, estaba llegando al tope. He aquí que se nos descubre como siendo *todavía embrionaria*. Por delante de lo Humano que conocemos, sobre centenas de miles (o más probablemente de millones) de años se extiende desde ahora, ante la mirada de nuestra ciencia, una franja profunda, aun todavía oscura, de ‘Ultrahumano’”...Más adelante página 365: “...la multitud humana, en el curso de los años, no se encamina hacia una distensión, sino hacia un super-estado de tensión psíquica. Lo cual significa que ante nosotros no se anuncia el entorpecimiento del alma, sin, por el contrario, algún punto crítico de Reflexión colectiva.”

V

Vida. En el libro se explica que los procesos de regeneración, replicación, aprendizaje y alimentación que son los signos distintivos de lo animado, o sea de la **vida, son debidos a la aparición de la memoria.** Ésta equivale a la existencia de estados internos que son la causa de lo que llamamos comportamientos animados.

Vivencia. Utilizaré la explicación dada por Oscar Vilarroya en “La disolución de la mente” pág. 42: “Una vivencia incluye los elementos del entorno y del propio organismo a los que atiende el sistema cognitivo, y la manera en que éste los relaciona. En general, esto incluye: cualquier objeto interno o externo, elementos conscientes e inconscientes, elementos sensoriales, elementos preceptuales, elementos cognitivos, elementos emocionales, así como cualquier relación que pueda establecerse entre los elementos.”

Y

Yo. Hace referencia al “yo” freudiano. Las tres formas enunciadas por Freud del “ello”, parte inconsciente, primitiva e innata de la mente; el “yo”, parte de la mente que reacciona ante la realidad exterior, con la que cada uno se identifica y del que procede la consciencia; y el “super-yo” da el sentido de lo correcto y lo incorrecto, responsable de una actuación aceptable para la sociedad. El propio Freud reconocía que las distinciones entre los tres no eran fáciles de reconocer y su separación no era nítida.

En mi planteamiento de las emociones he utilizado el “yo” como el elemento clave por ser la forma consciente. Sin desarrollarlo he hecho referencia a un “yo físico”, el más primitivo y el más cercano al “ello”; un “yo psíquico” o el más cercano al “yo” y un “yo social”, el más cercano al “super-yo”. Cada uno de ellos introduce nuevas emociones.

BIBLIOGRAFÍA

Obras de Teilhard de Chardin

- “**El grupo zoológico humano**”. Madrid. Taurus Ediciones. 4ª ed. 1965
- “**El fenómeno humano**”. Madrid. Taurus Ediciones. 1965
- “**El porvenir del hombre**”. Madrid. Taurus Ediciones. 4ª ed. 1967
- “**La aparición del hombre**”. Madrid. Taurus Ediciones. 6ª ed. 1967
- “**La visión del pasado**”. Madrid. Taurus Ediciones. 5º ed. 1966
- “**La energía humana**”. Madrid. Taurus Ediciones. 2ª ed. 1967
- “**La activación de la energía**”. Madrid. Taurus Ediciones. 1ª ed. 1965
- “**El medio divino**”. Madrid. Taurus Ediciones. 6ª ed. 1967
- “**Cartas de Hastings y de Paris**”. Taurus Ediciones. 1968
- “**Cartas de Egipto**”. Madrid. Taurus Ediciones. 1967
- “**Cartas de viaje**”. Madrid. Taurus Ediciones. 2ª ed. 1963
- “**Nuevas cartas de viaje**”. Madrid. Taurus ediciones. 1960
- “**Pierre Teilhard de Chardin imágenes y palabras**”. Madrid. Taurus Ediciones. 1966
- “**Ecrits du temps de la guerre**”. Éditions du seuil. Paris. 1965

Otros autores

Jordi Agustí. “Fósiles, genes y teorías. Diccionario heterodoxo de la evolución”. Metatemas. Tusquets Editores. Barcelona. 2003.

Henri Atlan. L'organisartion biologique et la theorie de l'information". Paris. Hermann. 1972

Juan Luis Arsuaga. «El enigma de la esfinge. Las causas, el curso y el propósito de la evolución". Barcelona. Areté. 2001.

Léon Brillouin. "La science et la théorie de l'information". Masson. Paris. 1959.

Faustino Cordón. "La alimentación, base de la biología evolucionista". Vol. I Origen, naturaleza y evolución del protoplasma. Madrid. Ediciones Alfaguara. 1978

Faustino Cordón. "Tratado de biología evolucionista". Vol. I Parte segunda. Origen, naturaleza y evolución de la célula. Madrid. Aguilar. 1990

Faustino Cordón. "L evolución conjunta de los animales y su medio". Barcelona. Anthropos Editorial del Hombre. 1982

Faustino Cordón. "La naturaleza del hombre a la luz de su origen biológico". Barcelona. Anthropos Editorial del Hombre. 1981.

Nicolás Corte. "La vida i el pensament de Teilhard de Chardin". Col.lecció blanquerna. Edicions 62. Barcelona. 1964.

Claude Cuénot. "Teilhard de Chardin". Nueva colección labor. Editorial Labor. Barcelona. 1966.

Jean-Pierre Changeux. "El hombre neuronal". Espasa- Calpe. Madrid. 1985.

Franklin M. Harold. "The way of the Cell. Molecules, Organisms and the order of Life". Oxford University Press. New York. 2001.

Jeff Hawkins. "On intelligence". Henry Holt and Company. New York. 2004.

Stuart Kauffman. "Investigaciones. Complejidad, autoorganización y nuevas leyes para una biología general". Metatemas. Tusquets Editores. Barcelona. 2003.

Richard S. Lazarus and Bernice N. Lazarus. "Pasión y razón. La comprensión de nuestras emociones". Paidós. Barcelona. 2000.

Roger Lewin. "Complejidad. El caos como generador de orden". Metatemas. Tusquets Editores. 2ª ed. Barcelona. 2002.

John Maynard Smith. "La construcción de la vida". Genes, embriones y evolución. Crítica. Barcelona. 2000.

- Jacques Monod.** “El azar y la necesidad” Ensayo sobre la filosofía natural de la biología moderna. Barcelona. Barral Editores. 1971.
- Michael P. Murphy/Luke A. J. O’Neill** editan. “La biología del futuro” ¿Qué es la vida? Cincuenta años después. Metatemas. Tusquets Editores. Barcelona. 1999.
- John von Neumann.** “The computer and the brain”. Yale University Press. 7ª ed. 1969.
- Antonio Núñez.** “Conversaciones con Faustino Cerdón sobre biología evolucionista”. Barcelona. Ediciones Península. 1979.
- Stephen Oppenheimer.** “Los senderos del edén. Orígenes y evolución de la especie humana”. Crítica. Barcelona. 2004.
- Ilya Prigogine.** “Tan sólo una ilusión” Una exploración del caos al orden. Tusquets editores. Barcelona. 1983.
- Sergio Quinzio.** “Que ha dicho verdaderamente Teilhard de Chardin”. Doncel. Madrid. 1972.
- John J. Ratey.** “El cerebro: Manual de instrucciones” Random House Mondadori. Barcelona. 2003.
- Fernando Riaza.** “Teilhard de Chardin y la evolución biológica”. Ediciones Alcalá. Madrid. 1968.
- Claude Rivière.** “En China con Teilhard. Y cartas inéditas de Teilhard de Chardin”. Taurus Ediciones. Madrid. 1970.
- Michael Ruse.** “El misterio de los misterios. ¿Es la evolución una construcción social?”. Metatemas. Tusquets Editores. Barcelona. 2001.
- Claude E. Shannon and Warren Weaver.** “The mathematical theory of communication”. The University of Illinois Press. 4ª ed. 1969.
- Erwin Schrödinger.** “Mente y materia”. Metatemas. Cuadernos ínfimos. Tusquets Editores. 2ª ed. Barcelona. 1984.
- Erwin Schrödinger.** ¿Qué es la vida? Espasa- Calpe. Buenos Aires. 1947.
- Helmut de Terra.** “Mi camino junto a Teilhard de Chardin”. Alfaguara. Madrid-Barcelona. 1967.
- Oscar Vilarroya.** “La disolución de la mente”. Metatemas. Tusquets Editores. Barcelona. 2002.
- Norbert Wiener.** “Cybernetics or control and communication in the animal and the machine”. Hermann. Paris. 1958.

Jorge Wagensberg. “Ideas sobre la complejidad del mundo”. Metatemas. Superínfimos
3.
Tusquets Editores. Barcelona. 1985.