

Francisco Carrillo Gil

# **EVOLUCIÓN DE LA MATERIA DE LA VIDA Y DEL HOMBRE**

<http://iieh.com/autores/fcarrillo.html>

**Biólogo**

**© Copyright 2001-2003 Francisco Carrillo Gil.**

**© Copyright 2001-2003**

**Instituto de Investigación sobre la Evolución Humana.**

**Todos los derechos reservados.**

<http://iieh.com/autores/fcarrillo.html>

Biólogo

© Copyright 2001-2003 Francisco Carrillo Gil.

© Copyright 2001-2003 Instituto de Investigación  
sobre la Evolución Humana.

Todos los derechos reservados

## Índice:

I. Evolución de la materia y de la vida.....	3
II. De la materia a la vida, y de la vida... ¿al espíritu?...	18
III. Evolución de la especie humana.....	36

Francisco Carrillo Gil \*

- I -

## Evolución de la materia y de la vida

Procedencia: <http://www.redcientifica.com/doc/doc200108200003.html>

*La evolución en la materia no viva y viva se produce por combinaciones de elementos materiales en asociaciones cada vez más complejas. Cada vez que aparece una de estas asociaciones, es decir un nivel de organización más complejo, no desaparecen los niveles anteriores más simples, sino que permanecen como muestras del pasado, con mayor o menor éxito, coexistiendo con los agrupamientos más modernos.*

### **Introducción**

Desde que este universo nuestro empezó a evolucionar, a transformarse en el tiempo, expandiéndose a partir de la gran explosión primigenia, la materia se ha ido complicando y estructurando en niveles cada vez más complejos. Primero se formaron las partículas subatómicas, que enseguida se organizaron en átomos, asociándose entre sí; estos se organizaron en moléculas, las cuales a su vez se asociaron

---

\* **Francisco Carrillo** nació en Zaragoza en 1952. Es licenciado en Ciencias Biológicas por la Universidad Complutense de Madrid. Actualmente es catedrático de Biología y Geología del Instituto de Enseñanza Secundaria LEGIO VII de León (capital).

entre sí dando lugar a multitud de cuerpos gaseosos, líquidos y sólidos homomoleculares o heteromoleculares. Determinada materia formada por moléculas adquiere características especiales y constituye la materia viva, en donde se mezcla de forma muy particular el estado gaseoso, líquido y sólido.

Las biomoléculas se pueden hacer muy grandes y complejas dando lugar a las macromoléculas como las proteínas y los ácidos nucleicos. Todas estas biomoléculas se asocian entre sí y con otras moléculas y átomos, organizándose en células. Las células más primitivas son procariotas, de tipo bacteriano. Varias de estas bacterias se asocian entre sí en un proceso endosimbiótico y surgen las células eucarióticas de los protistas. Estas células se pueden asociar entre sí y surgen los organismos pluricelulares, los hongos, vegetales y animales.

¿Cuál será el siguiente nivel de organización o de asociación? ¿Son las poblaciones de animales y plantas y las comunidades o biocenosis de seres vivos? Si entendemos estos niveles de organización como asociaciones estrechas, físicas, tales como los átomos que forman moléculas, las moléculas que forman células, las células que forman organismos pluricelulares, todavía no ha aparecido un nuevo nivel de organización de seres vivos. Pero analicemos las anteriores asociaciones:

### **Asociación de partículas subatómicas para formar átomos:**

Los protones, neutrones y electrones están unidos entre sí pero no de forma tan estrecha como pudiera parecer. Esto es más evidente en la relación entre los núcleos atómicos (protones y neutrones) y los electrones. Estos últimos están mucho más distanciados del núcleo atómico y entre sí también hay bastante espacio, aunque todas estas partículas están organizadas según unas leyes y normas. Las nuevas entidades materiales serían los núcleos atómicos más que los átomos, siendo los electrones los nexos de enlace entre los diferentes núcleos atómicos entre sí.

### **Asociación de átomos para formar moléculas:**

Los núcleos atómicos se enlazan entre sí mediante los electrones de sus átomos. Si estos electrones están bastante libres como en los átomos metálicos se pueden mover y originan la corriente eléctrica. Los enlaces entre los átomos para formar moléculas pueden ser más o menos fuertes, es decir se necesita mayor o menor cantidad de energía para romperlos. Cuando estos enlaces se destruyen se libera al medio una cierta cantidad de energía que es la energía de enlace. Hay enlaces fuertes como los covalentes (en donde se comparten parejas de electrones), enlaces menos fuertes como los iónicos (en donde electrones sobrantes de un anión son atraídos por un catión que tiene falta de ellos) y enlaces débiles como los puentes de hidrógeno y los enlaces moleculares. De esta manera los átomos se enlazan con diferente fuerza para formar moléculas.

En los seres vivos, los enlaces entre los átomos de las biomoléculas son fuertes, es decir covalentes, mientras que las moléculas se asocian entre sí de distinta manera. Si muchas pequeñas (monómeros) se asocian para formar macromoléculas (polímeros) los enlaces son covalentes como los enlaces glucosídicos y los enlaces peptídicos. Las macromoléculas se asocian entre sí mediante enlaces más débiles, como puentes de hidrógeno. Estos últimos también enlazan las moléculas de agua entre sí; esta agua es necesaria para los seres vivos. Estos son seres hechos a base de moléculas hidrocarbonadas, con otros elementos (N, P, S, etc.), rodeadas por un medio acuoso.

Como vemos, las moléculas están más o menos estrechamente asociadas por enlaces de diversa naturaleza, en donde sigue habiendo espacio físico entre ellas. Unas están más quietas y otras son más móviles, aunque también cumplen una serie de leyes y normas en sus relaciones. Aunque desde su existencia tienen cierta libertad de actuación, observadas a un nivel más superior están mucho más determinadas y encauzadas.

## **Asociación de átomos, moléculas y macromoléculas para formar células bacterianas:**

Fue un gran salto evolutivo en la aparición de la vida. Puede que las primeras células bacterianas se formaran en la Tierra y puede que procedieran del espacio, sembrando nuestro planeta y colonizándolo. Bien fuese de una forma u otra, el hecho es que tuvieron que formarse a partir de moléculas, bien en la Tierra o bien en otro lugar del espacio. En una célula bacteriana, muchas biomoléculas se asocian en orgánulos subcelulares como ribosomas, cromosoma bacteriano, membrana plasmática, flagelos, etc. ¿Cómo se formaron estos orgánulos? Es claro que las instrucciones para su creación y organización radican en los genes de las largas moléculas de ADN hechas por polimerización de desoxirribonucleótidos.

¿Cómo se determina el orden de polimerización de estos nucleótidos en las cadenas de los ácidos nucleicos? Esta es la pregunta clave, ya que este orden o secuencia de nucleótidos determina la diversidad de los genes y por lo tanto la diversidad de los seres vivos. En el origen de la vida abundaban las biomoléculas que se fabricaban sin cesar, entre ellas nucleótidos. Puede que con el tiempo, surgiesen polimerizaciones al azar de ARN que se perpetuaron por un proceso de selección natural y este, al igual que las ribozimas descubiertas en las últimas décadas, interviniese enzimáticamente en su reproducción hasta que se inventó ¿quizá por selección natural? la traducción y la fabricación de proteínas y de enzimas a partir de las instrucciones nucleotídicas del ARN. Más adelante se formó el ADN a partir del ARN, el cual constituye una molécula más adecuada para guardar la información genética, ya que es más estable y es doble, quedando el ARN como un intermediario en la expresión de los genes. Organizada esta estrecha colaboración entre ADN, ARN y proteínas, estas macromoléculas aprendieron a protegerse del medio, rodeándose de capas lipídicas a modo de membranas plasmáticas, con lo que surgieron las primeras protocélulas, los *progenotes*. Por un proceso de evolución molecular, los ADNs fueron aumentando en tamaño al polimerizarse cada vez

más nucleótidos y fue aumentando el número de genes, los cuales habían aprendido a replicarse y a expresarse en proteínas y enzimas.

Los virus nos pueden ayudar a comprender esta evolución. Existe toda la gama de complejidad en los virus. Los más sencillos son simples moléculas de ácidos nucleicos. En un siguiente paso los ácidos nucleicos se rodean y protegen de cápsidas proteicas. Un tercer paso consiste en una segunda envoltura; una especie de membrana plasmática que rodea a la cápsida. Los más complejos como los del SIDA tienen varios envoltorios proteicos por dentro de la membrana. ¿Nos enseñan los virus cómo se fueron formando las células? Más bien parece que sean ácidos nucleicos que se han independizado de células bacterianas, vegetales o animales y que evolucionan a formas cada vez más complejas, aunque no precisamente celulares.

¿Cuánto tiempo transcurrió hasta que se formaron las primeras células bacterianas a partir de estas biomoléculas? Según la evidencia fósil este gran salto evolutivo fue relativamente rápido: En un intervalo que va desde los 4000 m.a. en que las condiciones en zonas superficiales ya pudieron ser aptas para la vida hasta los 3.800-700 m.a. en que aparecen las primeras evidencias de fósiles bacterianos. ¿Son suficientes 300 m.a. para dar ese gran paso evolutivo? Es posible, aunque cabe otra alternativa: El origen extraterrestre de las primeras bacterias que en forma de esporos muy resistentes, colonizasen la Tierra a través de meteoritos o fragmentos cometarios. Estos esporos pueden resistir en estado de vida latente mucho tiempo (se ha logrado revivir bacterias encerradas en cristales de sal de 250 m.a. de edad) y desafiar muchas agresiones ambientales, lo cual les permitiría resistir los grandes viajes espaciales. De cualquier modo, bien sea en la Tierra, bien sea en el espacio (¿en otros planetas?), las bacterias han tenido que construirse por evolución a partir de biomoléculas.

### **Asociación de células bacterianas para formar células eucarióticas:**

Este acontecimiento evolutivo debió de tener lugar hace unos 2000 m.a. Por aquel entonces la atmósfera ya tenía prácticamente la misma

cantidad de oxígeno que la actual, acumulado en ella debido fundamentalmente a la actividad fotosintética de cianobacterias. Bacterias heterótrofas anaerobias de gran tamaño, carentes de pared bacteriana, se alimentaban por fagocitosis de otras bacterias más pequeñas. Varios tipos de estas últimas lograron sobrevivir en el interior de la gran bacteria, estableciendo relaciones de endosimbiosis. En primer lugar, para alcanzar grandes tamaños, las bacterias tuvieron que perder su rígida pared celular, suponiendo que estas bacterias la tuviesen alguna vez y desarrollar mayor superficie membranosa de intercambio con el medio extracelular. Esto último lo consiguieron mediante invaginaciones de la membrana plasmática, con lo que desarrollaron un sistema de membranas internas que compartimentaban el citoplasma y rodeaban al núcleo. A parte de esto se establecieron varias asociaciones endosimbióticas. El núcleo de las células eucarióticas quizá procediera de la incorporación de algún tipo de arqueobacteria (eocito) —el material nuclear de las arqueobacterias está más próximo a las células eucariotas que el de las demás bacterias— que fusionó su material nuclear con el nucleoide de la bacteria hospedadora (urcariota) y ambos fueron rodeados por una membrana interna formándose así la doble membrana nuclear, perteneciendo la membrana interior a la de la arqueobacteria y la exterior a la membrana interna de la hospedadora.

Hay que tener en cuenta que las arqueobacterias tienen un material genético que posee ciertas semejanzas con el de las células eucariotas. Por otro lado se incorporaron bacterias aerobias que se transformaron en mitocondrias, con lo cual la bacteria hospedadora pudo vivir en ambientes oxigenados y realizar una respiración aerobia de mayor rendimiento energético. También es posible que los peroxisomas procediesen de bacterias que sabían eliminar los residuos tóxicos de las oxidaciones como el agua oxigenada. Los cloroplastos procederían de ¿cianobacterias o cloroxibacterias?, incorporadas en las células precursoras de las actuales células vegetales; y por último los cilios y flagelos procederían de la incorporación de espiroquetas, las cuales proporcionarían además los microtúbulos del huso mitótico que posibilita la mitosis. Aunque no todas estas asociaciones parecen igual de consistentes, sí parece ser que, al menos, algunas de ellas tuvieron

lugar. Así, apareció un modelo de célula nueva, de mayor tamaño, más compleja.

Al aumentar la complejidad del núcleo (rodeado de una membrana nuclear mixta y con varias fibras de cromatina en lugar de una única fibra circular), se ideó la mitosis ¿quizá por endosimbiosis con espiroquetas?, para asegurar la distribución equitativa de los genes en las células hijas durante la división celular.

Otra consecuencia de la complejidad celular causada por las endosimbiosis fue el modo en que se resolvió el intercambio de genes entre células. Este fenómeno, realizado en bacterias mediante conjugación, en condiciones adversas, aumenta la variabilidad de genes en las diferentes generaciones bacterianas; esta variabilidad, unida a la provocada por mutaciones, potenciaba la evolución de dichas células. En las células eucariotas, ante la inviabilidad del intercambio de genes por conjugación se ideó un proceso de intercambio más complejo: la reproducción sexual. Dos células de la misma especie pero de distinto signo sexual, una femenina y otra masculina se atraen, se fusionan (fecundación) y reúnen sus respectivas fibras de cromatina con los genes en una única célula doble, el cigoto. Esta célula huevo tendrá por lo tanto las fibras de cromatina duplicadas; un lote de fibras procederá de la célula masculina o padre y el otro lote de la célula femenina o madre y por lo tanto habrá una dotación doble de genes. Los genes están duplicados y las fibras de cromatina (cromosomas) apareados. A esta célula y las que resulten por división mitótica de ella, se las denomina diploides. Si posteriormente estas células desean intercambiar de nuevo genes, deben reducir su número de fibras de cromatina y de genes a la mitad mediante un proceso de meiosis, parecido a la mitosis pero más complejo. Se forman así, células con una dotación simple de fibras de cromatina y de genes, las células haploides, que ya se pueden unir entre sí o fecundarse. Estas células haploides que se fecundan se llaman gametos. ¿Cómo se distribuyen los genes en los gametos? ¿Tendrá un gameto determinado todos los genes de procedencia materna o femenina y otro gameto todos los genes de procedencia paterna o masculina? Si esto fuese así, el intercambio de genes

se realizaría de manera muy limitada y lenta a lo largo de las generaciones celulares. Lo que ocurre es que un gameto puede tener fibras de cromatina y genes paternos y maternos según un proceso de r y además durante la meiosis se produce un proceso de intercambio de genes (recombinación génica) entre cromosomas homólogos (entrecruzamiento cromatínico). Los cromosomas homólogos están apareados y uno es de origen paterno y el otro materno.

Estos dos últimos procesos, distribución al azar de los cromosomas en los gametos y recombinación génica, aumentan la frecuencia de intercambio de genes y por lo tanto barajan las mutaciones, potenciando la variabilidad génica en las sucesivas generaciones celulares. De esta forma se favorece la evolución.

Las células eucarióticas, al igual que las bacterias, también utilizan otros mecanismos de intercambio de genes: son los llamados mecanismos de transmisión horizontal, los virus como vectores de transmisión (transducción) y las bacterias, mediante genes móviles en plásmidos. De esta forma, mediante la infección vírica y bacteriana se pueden transmitir genes eucarióticos de unos individuos a otros, e incluso, de unas especies a otras, cuando estos genes son transportados por los microorganismos infecciosos.

Los seres vivos se transforman, se adaptan al ambiente cambiante, evolucionan a nivel molecular mediante las mutaciones, que modifican el ADN y por lo tanto los genes. De esta forma, el ADN responde a los cambios del ambiente, transformándose si es necesario y enriqueciéndose con nuevas experiencias a lo largo de su vida y de las generaciones, es decir mutando. A nivel celular, se completa esta adaptación y evolución con el intercambio de genes entre las diferentes células, con lo cual intercambian sus experiencias y sus logros evolutivos. Las mutaciones o cambios para adaptarse al ambiente no siempre son positivas y ventajosas y muchas moléculas de ADN se destruyen y muchas células mueren en el intento, pero siempre sobreviven algunas que se reproducen con menos competencia ya que tienen logros ventajosos respecto a otras células y la vida se expande a pesar de la resistencia ambiental. A nivel molecular (ADN) la acción-

ambiente reacción-mutación es directa y simple pero a nivel celular se complica. Los cambios ambientales, que a nivel molecular, consisten en radiaciones o moléculas químicas que afectan al ADN directamente, afectan más indirectamente a las células. El ADN está más protegido en el nucleóide de las bacterias y núcleo de células eucariotas contra los agentes mutágenos por las cubiertas celulares y el propio citoplasma, con lo cual las mutaciones se producen con menos frecuencia y las células evolucionan más despacio que las biomoléculas, además de ser más estables.

### **Asociación de células para formar organismos pluricelulares:**

Las bacterias han intentado este salto evolutivo en varios momentos de su evolución pero solo han conseguido el estado colonial: Se forman colonias de bacterias, más o menos laxas, que adoptan diversas formas, unidas por sus cápsulas bacterianas, que forman una especie de cemento mucilaginoso.

Parece ser que el verdadero estado pluricelular, en donde las células se especializan y se divide el trabajo, es una propiedad que solo pueden alcanzar las células eucariotas, aunque no todas lo hacen. Atendiendo a la forma de contactar y relacionarse las células entre sí en un organismo pluricelular se han establecido dos tipos de relaciones:

Un tipo es el de los organismos vegetales y fúngicos. Las células están protegidas por membranas de secreción (paredes) de celulosa en los vegetales y de quitina en los hongos y a pesar de esto, se asocian, estableciendo puentes intercelulares (plasmodesmos) entre sí. Estas paredes no permiten una gran diferenciación y especialización celular y por lo tanto no se forman tejidos muy especializados como ocurre en los animales. Solamente en los vegetales terrestres como las plantas se alcanzan verdaderos tejidos, aunque no llegan al grado de complejidad de los animales, y esto se debe a necesidades de adaptación al medio terrestre (tejidos protectores, de sostén, conductores y reproductores). El hecho de que en ciertas algas y hongos no muy evolucionados exista una organización pluricelular cenocítica, (una célula divide su

núcleo varias veces pero no se establecen tabiques citoplasmáticos y por lo tanto aparecen inmensas células plurinucleadas sin claras membranas de separación intercelular), hace pensar que esta podría ser una solución para permitir la comunicación intercelular en células que secretan sólidas paredes celulares. Sin embargo esta estrategia no ha prosperado en algas y hongos complejos y mucho menos en las plantas terrestres.

Otra solución ha sido la adoptada por los animales. Las células no segregan paredes celulares sino como mucho membranas de secreción blandas hechas de glúcidos y proteínas mezclados (glucocálix) que permiten una mas estrecha comunicación entre sí y por lo tanto una mejor colaboración. Esto quizá haya permitido una mayor diferenciación y especialización celular, que ya se nota al comparar los invertebrados acuáticos con las algas y mucho más en los animales terrestres en donde las dificultades de adaptación al medio terrestre han estimulado la mayor especialización, si cabe, de tejidos animales. Esta relación intercelular más estrecha, quizá sea la causante de una mayor capacidad de movimiento de los animales respecto a los vegetales y hongos.

¿Cómo se produce un organismo pluricelular a partir de una célula? La respuesta es sencilla: Las células hijas procedentes de una célula madre que se ha dividido, no se separan, sino que permanecen unidas y así sucesivamente hasta que se forma un organismo pluricelular más o menos complejo.

La clave que ha permitido el estado pluricelular en las células eucariotas hay que buscarla en la mayor capacidad que tienen estas células de almacenar información genética. A diferencia del limitado cromosoma bacteriano, las células animales, vegetales y fúngicas dispones de numerosas fibras de cromatina (cromosomas) lineales que pueden almacenar muchos mas genes, entre otros los que llevan la información de las asociaciones celulares y de la diferenciación y especialización celular para formar tejidos, por ejemplo los genes rectores, reguladores u homeóticos, que permiten un correcto desarrollo embrionario en los animales.

¿Cómo se adaptan los seres pluricelulares a los cambios y agresiones ambientales? La existencia de muchas células formando un organismo en lugar de una sola célula, complica la situación. Ahora hay que distinguir entre mutaciones o cambios que afectan al organismo como individuo y mutaciones que afectan al organismo como especie. Las primeras corresponden a las células somáticas; por ejemplo los melanomas de piel producidos por un exceso de radiación solar. Estas y otras mutaciones, en principio, no tienen por que transmitirse a la descendencia, salvo que por un mecanismo desconocido afecten a los gametos del individuo que las sufre en los seres con reproducción sexual o bien actúen sobre células originarias de nuevos seres por reproducción asexual. Las segundas afectan a las células germinales o gametos del organismo. Entonces si se pueden transmitir a los descendientes. Como los gametos suelen estar suficientemente protegidos, debido a su importancia vital, es más difícil que los organismos sexuales, que son mayoría, sufran cambios evolutivos en condiciones ambientales normales. Es en los grandes cambios ambientales cuando se acelera la evolución, aunque la naturaleza se cobra muchas víctimas, produciéndose extinciones y masacres; solamente superan las crisis ambientales los organismos que presentan las mutaciones adecuadas a los cambios del ambiente. Cabe la posibilidad que la mutación afecte a los embriones, concretamente a genes homeóticos que van a determinar el destino y la organización del embrión que está en desarrollo. En estos casos si se pueden producir cambios bruscos en los descendientes, muchos letales, pero algunos viables y con valor adaptativo.

¿Cuáles son estos cambios ambientales que aceleran los procesos evolutivos de los organismos pluricelulares? Los cambios climáticos como las glaciaciones, sequías, desertizaciones, etc.; los cambios geológicos como las orogenias, erupciones volcánicas, inundaciones marinas, movimientos continentales, etc.; los cambios magnéticos como las inversiones magnéticas, durante las cuales se debilita el escudo magnético que protege a la Tierra y los rayos cósmicos agreden con más intensidad y crudeza a los seres vivos; las catástrofes astronómicas como el impacto de asteroides y cometas sobre la Tierra (recuérdese el impacto del asteroide sobre la península de Yucatán

hace 65 m.a. que acabó con los dinosaurios); el impacto de la acción humana sobre el medio ambiente que puede llevar a la propia auto-destrucción de nuestra especie.

### **Es oportuno plantear ahora el dilema entre lamarkismo y darwinismo:**

Samuel Butler (1835-1902) desafió la tesis darwiniana de la evolución. Para Butler, la vida es materia que elige. Hay que tener en cuenta la memorización filogenética, la conversión de los afanes conscientes de una o varias generaciones en las actividades de las siguientes y por último, en la fisiología de las futuras generaciones.

“Aunque hasta ahora no tenemos idea de como los hábitos voluntarios de un organismo o incluso una especie pueden convertirse en la fisiología de una generación futura a través de la base material de la herencia, la sugerencia de Butler nos parece fascinante.” (L.Margulis y D.Sagan)

Estas ideas de Butler representan una especie de neolamarckismo; una especie de herencia de los caracteres adquiridos a largo plazo... a lo largo de varias generaciones, siempre y cuando se persista en estas adquisiciones en una serie de generaciones por resultar ventajosas para la especie. Si estas ideas son acertadas, los seres vivos son protagonistas de su propia evolución; este hecho se acentúa en la especie humana pues tiene una evolución cultural muy potente.

Recientemente se ha descubierto que los priones pueden ser fuente de “mutaciones extranucleicas” y como son muy susceptibles de cambiar por acción ambiental han podido contribuir en la evolución, reforzando el neolamarckismo.

### **Asociación de organismos pluricelulares:**

Estas asociaciones no son de tipo físico, como las células que forman organismos pluricelulares sino que son asociaciones que dejan espacios más o menos grandes entre los individuos que se asocian. Aunque

seres pluricelulares primitivos, como esponjas y pólipos, pueden formar poblaciones que están unidas físicamente; son las poblaciones coloniales.

Los seres pluricelulares por el hecho de convivir juntos no quiere decir que estén asociados con determinados fines. Así muchos seres vivos se ven obligados a convivir juntos y se establecen relaciones de competencia entre ellos por el espacio, alimento, luz, etc., bien entre individuos de la misma especie o entre individuos de diferentes especies. Se pueden establecer asociaciones de seres vivos de la misma especie (las poblaciones) y asociaciones entre seres vivos de diferentes especies (las comunidades o biocenosis). Estas asociaciones también se establecen entre organismos unicelulares.

Las poblaciones vegetales, como las de plantas, parece ser están determinadas por la mecánica reproductora y de dispersión normal de las especies y, en principio no parece ser tengan una finalidad útil para ellas, más bien todo lo contrario, pues se establece competencia interespecífica más o menos dura por el espacio, luz, nutrientes, etc., aunque quizá puedan tener un efecto protector de sus individuos.

Las poblaciones animales con fines útiles son mucho más abundantes. En primer lugar aparece la familia, núcleo poblacional con fines reproductores. Las familias pueden vivir aisladas entre sí, o lo que es más frecuente, asociadas en poblaciones mayores. Las familias pueden ser permanentes o transitorias, monógamas o polígamas, monoándricas o poliándricas. Pueden existir poblaciones de mayor envergadura, estén formadas por familias o no. Este es el caso de las colonias, de pólipos, esponjas; manadas, de elefantes, monos; bandadas, de aves; bancos, de peces; sociedades, de abejas, hormigas; etc. Las poblaciones son eventuales o permanentes y pueden tener diversas finalidades: reproductoras, protectoras, emigradoras, nutritivas, etc.

Las comunidades o biocenosis se establecen entre seres vivos de varias especies que conviven entre sí, tanto animales como vegetales. Corresponden al componente viviente de un ecosistema y por lo tanto al nivel de organización vivo más elevado que hay en la Tierra.

Las relaciones que se establecen entre los seres vivos de una comunidad pueden ser muy variadas: Pueden ser de simple coexistencia sin perjuicio ni beneficio mutuo; pueden existir relaciones de competencia entre dos o más especies: Competencia por el alimento, espacio, luz, territorio reproductor, etc.; pueden ser relaciones de depredación, de mutualismo, de simbiosis, de parasitismo, de inquilinismo, de comensalismo... Por lo tanto hay tres grandes tipos de relaciones: la primera, en la que las diferentes especies que se relacionan no salen ni beneficiadas ni perjudicadas, la segunda, en la que salen beneficiadas, al menos una de ellas, y la tercera en la que salen perjudicadas, al menos una de ellas.

## **Conclusión**

¿Se pueden establecer asociaciones de más nivel o envergadura entre los diferentes seres vivos de la Tierra? Podemos considerar al planeta Tierra como un planeta vivo, como un gran “ser vivo” inmerso en el Universo y formando parte del sistema planetario de una estrella de tamaño medio, el Sol, que pertenece a una galaxia espiral, la Vía Láctea, una de tantas galaxias espirales que hay en este Universo en proceso de expansión en el tiempo presente.

Así como a partir de asociaciones endosimbióticas de bacterias se han formado células animales y vegetales y a partir de la reunión de estas se han formado organismos pluricelulares en donde las diferentes células pierden parte de su libertad y se sacrifican para el bien del organismo pluricelular, es posible que en el futuro se puedan formar en la Tierra supraorganismos constituidos por la asociación de varios organismos pluricelulares en los que cada uno de estos organismos tenga una función determinada y se especialice en bien del buen funcionamiento del supraorganismo. Es posible que los humanos formemos parte, más o menos transformados, de estos macroseres vivos y estos nuevos seres estén mejor adaptados para salir de la Tierra y expandirse en otros mundos del Universo. Las claves del proceso evolutivo son las mutaciones, la recombinación génica (reproducción sexual), la muerte de los seres vivos, la selección natural y sobre todo

el tiempo, que en cierto modo, hace a los seres vivos inmortales, ya que les perpetua, aunque los va transformando lentamente en el proceso evolutivo y se van formando formas cada vez más complejas .

¿Hay otros “planetas vivos” en este Universo? En el sistema solar parece ser que no. ¿Hay otros sistemas planetarios en estrellas de nuestra galaxia y alguno de ellos tiene vida? Es probable que sí, aunque en el momento presente no lo sabemos. A lo largo de estos últimos años se han ido descubriendo, por métodos indirectos, otros planetas alrededor de estrellas de nuestra galaxia, del tipo de los planetas gigantes, pero queda mucho por investigar... ¡ En abril del 2000 ya se han descubierto 2 planetas de un tamaño similar a la Tierra a 110 años luz!

Como conclusión, de estas reflexiones, se desprende que la materia, tanto la inerte como la viva, tiende a asociarse entre sí, formándose, a lo largo de la evolución, y con tiempo suficiente, niveles de organización y de asociaciones de formas vivas cada vez más complejas y autónomas; de esta forma la materia viva logra existir mas tiempo o bien sobrevivir mejor.

\*\*\*\*\*

## - II -

### **De la materia a la vida y de la vida... al ¿espíritu?**

*En todos los pasos de la evolución observamos una complejidad creciente y una mayor capacidad de almacenar información. En una visión panteísta “el universo es Dios”; Dios no es el creador del universo sino que el universo, a medida que se desarrolla y evoluciona va creando al propio Dios, alcanzando cotas cada vez mayores de complejidad y de consciencia.*

#### **Introducción**

La materia, a partir de su aparición, procedente de la energía primigenia del big-bang en el comienzo del Universo, ha sufrido una constante evolución; las unidades materiales tienden a asociarse y esto lleva a un creciente estado de mayor complejidad: la materia se va constituyendo en niveles de organización cada vez más complejos en su trayectoria evolutiva que coexisten con la de anteriores niveles, más simples; Así, en el Universo hay todo un muestrario de todos los estados materiales: los de anteriores etapas evolutivas y los actuales. ¿Hasta donde llegará esta carrera evolutiva en la complejidad material? Reflexionemos sobre algunos aspectos...

#### **Surge la materia**

Surgió la gran explosión de este Universo: La energía primordial (¿Dios?) se inestabilizó (no se sabe como y por qué) y comenzó a transformarse, a crear materia, a medida que se iba expandiendo y enfriando. La energía-materia se expandía y evolucionaba en un marco de espacio-tiempo. Las primeras unidades materiales no se conocen

todavía (¿cuerdas?); pronto surgieron los quarks, los fotones, los electrones y los neutrinos.... Después, los núcleos de los primeros átomos (hidrógeno y helio), los primeros átomos, átomos más complejos... las primeras moléculas... las estrellas.... las galaxias....las moléculas biológicas.... los planetas.... los seres vivos... hasta la actualidad. El orden de aparición debió ser este o similar a este.

Si nos fijamos, en este breve relato de la evolución material, ya aparecen asociaciones y complejidad: Las hipotéticas cuerdas se asocian para formar quarks, electrones, neutrinos... Los quarks se asocian para formar protones y neutrones; los protones y neutrones se asocian para formar núcleos atómicos; los núcleos atómicos se asocian para formar átomos. Con estas asociaciones parece que se consigue mayor estabilidad material y es un proceso ligado al enfriamiento progresivo del universo en sus primeras etapas. Cada uno de estos niveles asociativos de materia, encierra una determinada cantidad de energía que, entre otras cosas, mantiene unidas entre sí las partículas materiales asociadas (energía de enlace o de asociación).

Hay que tener en cuenta que, según la teoría de la relatividad, tanto la materia y la energía por un lado y el espacio y el tiempo por otro son dos manifestaciones distintas de lo mismo. La energía y la materia están en constante transformación, la una en la otra y viceversa, aunque parece ser hay una tendencia evolutiva a crear cada vez más materia (¿enfriamiento del Universo?). Además la materia en su acción sobre el espacio tiempo surgido a partir de la gran explosión (comienzo de la creación del Universo) lo curva y deforma por su efecto gravitatorio; es como una esfera de plomo que, por su peso, deforma un tejido sobre el que se apoya.

Y los átomos se asocian para formar moléculas. Son los electrones de estos los que sirven de nexo de unión entre ellos. Como ocurre en cualquier asociación material, como resultado de ella, aparecen nuevas propiedades y una mayor potencialidad en la nueva estructura, en este caso, la molécula; esto ocurre sobre todo en las moléculas heteroatómicas: los átomos distintos unen sus características y sus "fuerzas" para formar la molécula y emerge esta con características propias, que

no son la mera suma o adición de las de los átomos constituyentes. Estas propiedades emergentes dan mayor campo de acción y autonomía a la nueva estructura material, en este caso la molécula. Esta ley es básica en cualquier asociación material. Pongamos un ejemplo simple: Una molécula de agua compuesta por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, no es la suma de sus componentes sino que tiene una entidad propia y unas propiedades y modo de existir que no tienen ni el hidrógeno ni el oxígeno.

### **Surgen los ácidos nucleicos**

Las moléculas se pueden asociar para formar macromoléculas. Algunas de estas macromoléculas han sido y son el fundamento de la vida. Son grandes moléculas de carácter polimérico, formadas por unidades, a su vez moleculares, que se repiten (monómeros) pero que no son exactamente iguales entre sí; el orden o secuencia de repetición determina un tipo de información distinta y si son lo suficientemente largas dichas macromoléculas pueden almacenar información por distintas secuencias repetitivas de los monómeros. Estas macromoléculas son los ácidos nucleicos (ADN y ARN) y los monómeros que se repiten son los nucleótidos, moléculas que son muy parecidas entre si, solo se diferencian en las bases nitrogenadas que llevan; hay cuatro bases distintas que se repiten y se pueden formar variaciones de estas cuatro bases con repetición en las larguísimas cadenas de ADN; este hecho da lugar a un gran almacenamiento de información: es la información genética y los genes son fragmentos de este ADN de diverso tamaño con una determinada secuencia de nucleótidos y de sus bases. Es un lenguaje de cuatro letras: Ejemplo de un fragmento de gen en una hebra de ADN:

.... A - C - C - T - G - A - A - G - C - C - T - T ....

(A = adenina T = timina C = citosina G = guanina)

Estas son las cuatro bases nitrogenadas del ADN.

Como vemos en la asociación de nucleótidos (moléculas) para formar ácidos nucleicos (macromoléculas) aparece una propiedad emergente nueva y fundamental: la capacidad de almacenar determinada información; es la información de los seres vivos, que se almacena en forma de genes. Si a este hecho añadimos la capacidad de replicación o reproducción que tienen estas macromoléculas, ya tenemos aquí, las bases de la esencia de los seres vivos; los seres vivos que hay en la Tierra no se entienden sin estas moléculas que son su esencia.

Y de esta manera comienza la aventura evolutiva de la materia viva. Los seres vivos son capaces de almacenar información en sus genes, de la forma antes indicada y de perpetuarse en el tiempo mediante la reproducción. Así la materia viva es una materia especial que es capaz de registrar en si misma su propia historia, sus vivencias, en forma de información genética; a lo largo de la evolución de los seres vivos se observa una tendencia a aumentar dicha información, con lo cual estos seres vivos son cada vez más poderosos, más autosuficientes, controlan mejor el ambiente; en otras palabras: logran sobrevivir mejor y son más estables. Esto trae consigo una complejidad de la materia viva creciente: aparecen seres vivos cada vez más complejos, pues así se supone que logran un aumento de información y un mejor control ambiental.

### **Leyes de la evolución biológica**

Claro está que esta tendencia evolutiva no se desarrolla de una forma lineal; es un proceso reticular y complejo; la evolución de la materia y en especial de la materia viva sigue unas determinadas leyes:

Es un proceso irreversible; no hay marcha atrás.

La materia viva nueva se monta, se estructura sobre la vieja; es decir las estructuras vivas aprovechan lo existente anteriormente y lo intentan mejorar; un ojo, por ejemplo, no sale de la nada, sino que es un órgano resultado de muchos años de evolución de estructuras precursoras que se han ido perfeccionando.

La evolución trabaja por el método ensayo - error - acierto. Las estructuras innovadoras son ensayos de la naturaleza que a veces tienen éxito, aciertan y otras no, yerran. Es el ambiente de cada momento que mediante la selección natural escogen las estructuras exitosas, mejor adaptadas al ambiente presente.

La evolución no escatima estructuras ni formas de vida. Existe una diversidad de seres vivos muy notable en la Tierra. Estos aprovechan cualquier oportunidad, cualquier ambiente, para adaptarse a él y prosperar.

En un momento dado, hay una coexistencia entre formas de vida más primitivas que quedan como testimonio de tiempos pasados, con formas de vida más modernas, muchas veces más complejas. Otras formas de vida desaparecen y no dejan descendencia. Así coexisten seres unicelulares como las amebas con seres pluricelulares como los humanos, surgidos mucho más posteriormente; lo que ocurre es que las amebas actuales, que coexisten con los humanos, no tienen por que ser iguales a las amebas primitivas; estas surgieron hace unos 1500 millones de años, se diversificaron, colonizaron determinados ambientes, han evolucionado más o menos y han llegado hasta la actualidad, es decir han tenido su éxito evolutivo; pero hace unos 1000 millones de años algunos seres unicelulares, no necesariamente amebas, dieron un salto evolutivo importante: al reproducirse no se separaron las células hijas y se formó el primer ser pluricelular, todavía muy sencillo y con pocas células: el estado colonial; actualmente hay representantes de este estado como las algas verdes del género *Volvox*, por ejemplo. Pasó el tiempo y los seres vivos pluricelulares se fueron perfeccionando hasta llegar al hombre actual por ejemplo. Pero esto no implica que desaparezcan las formas de vida como las amebas y las algas anteriormente citadas, representantes actuales de estadios evolutivos del pasado, que han encontrado su nicho ecológico y han sobrevivido.

La evolución de un determinado ser vivo hay que considerarla, no aisladamente sino en el contexto del ecosistema al que pertenece. Se puede decir que evoluciona el ecosistema y todos los seres vivos inte-

grados en él, pero si el ecosistema se desestabiliza, los seres vivos integrados también lo hacen; un determinado factor que altere el ecosistema, como la penetración de una especie extranjera, un cambio climático brusco..., y sobre todo la acción humana someten al ecosistema a una determinada presión de selección que obliga a que éste cambie, evolucione... o desaparezca y por supuesto, los seres vivos que en él viven también están sometidos a la misma presión de selección y evolucionan, unos más, otros menos, y algunos desaparecen y si el ecosistema se destruye totalmente, desaparecen todos.

Por lo anteriormente escrito podemos considerar a la evolución de los seres vivos como un proceso que recuerda a un tejido reticular, no a una línea, ni a un árbol, ni siquiera a un arbusto; aunque existen formas antecesoras, ancestros que se pueden diversificar y dar lugar a formas descendientes que por lo tanto presentan este antecesor común, en un proceso que recuerda un arbusto pero no siempre ocurre esto. La evolución, al corresponder a seres vivos que siempre se encuentran en ecosistemas, es un proceso caótico, ya que los ecosistemas también lo son.

### **Aparecen las proteínas**

Pero volvamos a las asociaciones de las estructuras vivas. Los ácidos nucleicos son adecuados para guardar información vital y se pueden reproducir o replicar fácilmente para perpetuarse; pero ellos mismos no pueden dar lugar a estructuras vivas; pero, he aquí, que aparece una asociación entre macromoléculas: los ácidos nucleicos se asocian a proteínas: en realidad, las proteínas se construyen a partir de sus monómeros, los aminoácidos, según la secuencia de nucleótidos que tienen los ácidos nucleicos en un proceso trascendente para la vida: la traducción o biosíntesis de proteínas. En las células, este proceso de traducción de los genes (se pasa de un lenguaje de nucleótidos a un lenguaje de aminoácidos) se realiza en unos orgánulos celulares, los ribosomas, y es un proceso complejo en donde interviene toda una maquinaria enzimática. Gracias a esta asociación, las proteínas funcionan como herramientas que construyen la materia viva a partir de

las instrucciones que hay en los genes; Estos no solo portan la información de cómo va a ser un ser vivo, un rosal, una mosca... sino también las instrucciones para construirlo correctamente; y de esto se encargan las proteínas, muchas de las cuales son enzimas que posibilitan las reacciones celulares para esta construcción. ¿Se realizó este proceso de traducción en los ribosomas desde un principio antes de formarse las primeras células? No estamos seguros; tal vez estos orgánulos fueron de los primeros en formarse, aunque de forma muy elemental y a partir de la formación de un conjunto cada vez más creciente de diversas proteínas se fueron construyendo otros orgánulos celulares diferentes en una protocélulas, que eso sí, debieron contener en principio el material genético, las correspondientes proteínas y una especie de cubierta protectora que las aislase del medio circundante y que a la vez permitiese un intercambio de materia y energía con el: la precursora de la actual membrana plasmática, hecha actualmente de una combinación de lípidos y proteínas que se asocian a determinados glúcidos.

### **Sobre el origen de la vida**

Si aceptamos que en el nacimiento de la vida en la Tierra, las moléculas vitales (monómeros y macromoléculas) se organizaron en orgánulos y estos dieron lugar a las primeras células, tal y como he indicado, el proceso de biosíntesis de proteínas debió de irse perfeccionando a medida que se construían dichas células y estas, a su vez, evolucionaban y se perfeccionaban; Pero ¿surgieron así las primeras células sobre la Tierra? Hay otras alternativas no descartadas:

1.- Antes de las células aparecieron los virus; no se considera probable, pues la mayor parte de los biólogos en la actualidad creen que los virus son fragmentos génicos del genoma celular que se han independizado y necesitan de la maquinaria celular para reproducirse y subsistir.

2.- Ácidos nucleicos provenientes del espacio ¿en forma de virus? (tal y como defendía Fred Hoyle) sembraron y ¡siembran! de vida la Tierra.

3.- También bacterias provenientes del espacio llegan a nuestro planeta. (ya lo indicó Arrhenius a principio del siglo XX). El dilema, en estos dos últimos casos (teoría de la panspermia) es, suponiendo que esto sea cierto, saber como llegan virus o/y bacterias a la Tierra. Pueden venir por medio de cometas y meteoritos (macro o micrometeoritos) o bien de otras formas más fantásticas, es decir por medio de seres extraterrestres inteligentes que siembran de esta forma nuestro planeta de vida... aquí entramos en el terreno de la ciencia-ficción, aunque no han faltado biólogos prestigiosos como F.Crick, que lo han propuesto. Es conocido por los científicos la resistencia que ofrecen los esporos bacterianos a condiciones extremas, como por ejemplo las espaciales. Además se calcula que cada año llegan a la Tierra más de 200.000 toneladas de materia interplanetaria, principalmente en forma de pequeñas partículas, las cuales pasan prácticamente desapercibidas, aparte de los meteoritos de mayor tamaño y de los materiales cometarios, que como es lógico suponer son mucho menos frecuentes.

Lo más difícil en el estudio del origen de la vida es deducir cómo se han construido las primeras células, por simples que estas hayan sido, a partir de constituyentes vitales moleculares y macromoleculares en las condiciones prebióticas que se suponen existieron en la Tierra, es decir vulcanología abundante, temperatura superficial elevada, fuertes descargas eléctricas, incidencia de radiaciones cósmicas más agresivas que las actuales (no existía por aquel entonces la protectora capa de ozono), atmósfera con muy poco oxígeno... En estas condiciones, en la superficie terrestre debió ser bastante difícil que se originara vida... en la actualidad, hay bastantes biólogos partidarios de que las primeras células se originaron protegidas de estas condiciones adversas superficiales: se pudieron formar bajo el agua, en las inmediaciones de las chimeneas submarinas ligadas a las dorsales oceánicas, en donde hay una fuente de calor y hay nutrientes químicos, todo ello emanado de estas dorsales; en la actualidad se han detectado ecosistemas que

viven a costa de estas dorsales y que son independientes de la energía solar, formados por bacterias de tipo “quimiosintético”, gusanos marinos, cangrejos... También las primeras células pudieron formarse bajo tierra: se ha descubierto gran cantidad de bacterias subterráneas que son independientes de la energía solar. También se conocen bacterias del tipo de las arqueobacterias que tienen ciertos rasgos diferenciales con las demás bacterias y que, muchas de ellas, viven en condiciones ambientales extremas (bacterias extremófilas), tales como a muy elevadas temperaturas; determinados biólogos creen que en el origen de la vida sobre la Tierra, las primeras células, bacterianas o no, debieron estar adaptadas a estas condiciones iniciales de temperaturas altas. Por otro lado, si analizamos la estructura molecular todos los seres vivos que hay sobre la tierra, vemos una asombrosa homogeneidad, por ejemplo en el lenguaje genético y en su código de traducción a proteínas, que es único para todos los seres vivos, en sus procesos metabólicos básicos: fermentaciones, respiraciones, fotosíntesis...; todos ellos, aunque con variaciones evolutivas, obedecen a un plan general común; estos hechos nos indican que todos los seres vivos proceden de un mismo linaje celular primitivo. Es posible, que a partir de una única célula primitiva, por reproducción surgiesen células hijas, que se extendieron por todo el planeta terrestre, en un lapso de tiempo de unos 500 - 1000 millones de años, sobre todo si estas células fueran bacterias, que tienen una gran velocidad de reproducción (en veinte minutos - media hora, una bacteria se puede dividir en dos hijas por bipartición); aunque este proceso de colonización terrestre se facilitaría mucho más considerando la teoría de la panspermia, antes citada.

Independiente del ambiente terrestre, más o menos adverso para la vida, es difícil imaginar como las macromoléculas precelulares, tales como los ácidos nucleicos, proteínas, glúcidos, lípidos... pudieron ensamblarse de forma tan ordenada y perfecta para constituir la compleja estructura celular y su maquinaria fisiológica; Este proceso precelular es el gran escollo con el que se enfrentan los estudiosos de este tema; se puede superar con la teoría de la panspermia, bien sea accidental o dirigida (extraterrestres), pero la pregunta se traslada a otros lugares del universo: ¿ existieron en algún lugar de este universo, bien fuese

planeta o no, unas condiciones más favorables que las terrestres para que se pudiesen formar células y luego estas se dispersaron y sembraron otros lugares del cosmos, como nuestra Tierra? ¿Cómo fueron estas condiciones? Son preguntas que actualmente no podemos responder; de todas formas si somos coherentes con nuestro modelo de evolución del Universo en el sentido de que a partir de la gran explosión se ha ido formando materia desde la más simple a la más compleja, como parecer ser, es así, las primeras células en dicho universo no han podido ser “creadas”; han tenido que surgir por evolución a partir de moléculas bióticas precelulares, bien sea en la Tierra o en otro lugar del espacio.

Ahora nos podemos preguntar: ¿si hay vida en otros lugares del universo, tiene que estar forzosamente hecha a base de carbono y de ácidos nucleicos - proteínas? ¿O solamente este tipo de vida surge en la Tierra? No podemos estar seguros, pues no tenemos pruebas contrastadas de que nuestra vida terrestre esté en otros lugares del cosmos. Quizá hay otras formas insospechadas de vida... pero si nos atenemos a la probable uniformidad química y física de nuestro universo: en todos los lugares del cosmos hay estrellas con un mismo tipo de quimismo y probables planetas surgidos de estas estrellas, entonces es lógico pensar que la vida natural solo surge a partir de determinados elementos tales como el carbono, aunque después las formas de esta vida puedan ser muy diversas como de hecho lo son en nuestro planeta. Hay que tener en cuenta que los átomos y las moléculas se comportan de forma similar bajo las mismas condiciones físicas. Las estrellas que se conocen son todas, dentro de su variedad, similares y son laboratorios de los mismos elementos químicos; es decir, la materia universal no viva es toda igual dentro de la gama de variedades que hay en el cosmos (tipos de estrellas, galaxias, nebulosas...); es muy probable que ocurra lo mismo con la materia viva, si es que esta aparece en otros lugares del cosmos, como por lógica es posible y hasta probable. Suponiendo que en otros planetas la evolución de los seres vivos esté más adelantada, hayan llegado a formar civilizaciones inteligentes más avanzadas que la nuestra y hayan creado seres vivos artificiales (la llamada inteligencia artificial, que nosotros estamos empe-

zando a vislumbrar), estos seres vivos (androides, robots, ordenadores...) siempre procederán de seres vivos naturales y nunca habrán surgido espontáneamente.

## **Surgen las células**

Bien sea de una manera o de otra, emergen las primeras células a partir de la asociación y cooperación de moléculas precursoras prebióticas, en la Tierra o en otros lugares de nuestro universo. ¿Qué tipo de células eran estas? ¿Fueron las células bacterianas las más primitivas o no? Hasta hace unos años se creía que las bacterias fueron las primeras células en aparecer sobre la Tierra; pero en la actualidad esto no se tiene tan claro. Algunos biólogos como Carl Woese, creen que las primeras células surgidas en la Tierra a las que se ha denominado LUCA (Last Universal Common Ancestor) no eran bacterias sino que eran más parecidas a protozoos, con genomas fragmentados en varios cromosomas lineales, antes que uno circular, y poliploides, es decir con varias copias de más de cada gen. Para estos biólogos, las bacterias aparecieron con posterioridad, descendientes sumamente especializadas y simplificadas de los LUCAS, como una adaptación a lugares más cálidos: así, las bacterias habrían desechado gran parte del “mundo ARN”: ARN guía, ARN en exceso, ARN pequeño nuclear, intrones... que las células no bacterianas conservan. Todos estos ARNs eran un estorbo en ambientes más cálidos (fuentes termales, rocas subterráneas); de esta manera simplificaron su maquinaria genética y consiguieron una velocidad de reproducción más rápida, consiguiendo conquistar posteriormente gran variedad de ambientes. En un reciente trabajo se ha descubierto que no todas las bacterias tienen un cromosoma circular sino que existen especies bacterianas que tienen varios cromosomas lineales y en determinados casos poliploides, lo que podría apoyar esta teoría evolutiva anteriormente expuesta.

Sean primero las bacterias o bien las células no bacterianas (eucariotas), el caso es que hacia los 3500 millones de años ya existían dichas células en la Tierra, como lo atestiguan los primeros fósiles. Las bacterias, debido a su rapidez reproductiva, se debieron extender rápida-

mente en el planeta y conquistaron todo tipo de ambientes; la mayor parte se protegieron de una resistente cubierta por fuera de la membrana plasmática, la pared bacteriana que entre otras funciones les protegía de los desequilibrios osmóticos con respecto al ambiente externo; actualmente son numerosísimas y con un gran éxito vital; es probable que sean los últimos seres vivos en morir en caso de una catástrofe que acabase con la vida en nuestro planeta.

### **¿Cómo han evolucionado las células no bacterianas hasta la actualidad?**

Un hito importante en su evolución fue la asociación endosimbiótica con bacterias; este es un claro ejemplo de evolución por asociación o cooperación entre especies diferentes a nivel celular. Esta colaboración debió tener lugar en épocas tempranas de la evolución celular. Primero, células eucarióticas primitivas introdujeron en su interior bacterias que practicaban una respiración aerobia; esto debió de ocurrir cuando ya existía el suficiente oxígeno en el ambiente y las células ya tenían que convivir con él y adaptarse a su presencia. Estas bacterias “fagocitadas” se convirtieron en mitocondrias y de esta forma las células eucariotas pudieron respirar adecuadamente en ambientes cada vez más ricos en oxígeno y obtener un máximo rendimiento energético; quizás este hecho posibilitó el surgimiento del nivel pluricelular posterior a partir de estas células. Una asociación endosimbiótica algo posterior permitió el surgimiento de las células eucarióticas fotosintéticas, las células vegetales: en este caso las bacterias introducidas fueron bacterias fotosintéticas análogas a las actuales cianobacterias o bien cloroxibacterias, originando los cloroplastos de las células vegetales.

### **Surgen los organismos pluricelulares**

A diferencia de las bacterias, las células eucarióticas han conseguido formar organismos pluricelulares. Las células bacterianas como mucho, forman colonias: sus células se unen entre si mediante una espe-

cie de cemento mucilaginoso derivado de su cápsula bacteriana, que es una envoltura externa, por fuera de la pared bacteriana, que muchas bacterias poseen; así pueden formar capas o tapines sobre sustratos sólidos, pero estas células coloniales no están estrechamente ligadas entre sí y por su puesto no forman organismos pluricelulares con tejidos. ¿Por qué no han conseguido alcanzar el nivel pluricelular? Quizá su genoma no presente los genes para tal fin o es posible que la pared bacteriana se lo impida; tal vez no lo necesiten.

Y es la consecución de organismos pluricelulares otro hito evolutivo en los seres vivos. Como dije anteriormente, la célula original, al dividirse en células hijas, estas no se separan y se va formando el ser pluricelular. En un organismo de este tipo en seguida aparece el fenómeno de la división de trabajo en las células resultantes. Estas células pierden libertad individual al sacrificarse en aras de un organismo superior; todas ellas cooperan para llevar a buen fin el buen funcionamiento de este ser pluricelular, según unas funciones encomendadas muy definidas, de las cuales no se pueden desviar. A lo largo de la evolución de los seres pluricelulares, estos se van complicando cada vez más y en seguida aparecen en sus estructuras tejidos y órganos, formados, por supuesto por células más o menos especializadas. El mayor grado de complejidad estructural aparece en los animales; durante el desarrollo embrionario las células, en principio totipotentes, se van diferenciando y van perdiendo su capacidad para originar cualquier tipo de tejido; este hecho viene determinado en el programa genético del desarrollo de cualquier organismo pluricelular mediante activación secuencial de los correspondientes genes del desarrollo los cuales expresan señales proteicas que van induciendo a las células que se van diferenciando a que expresen unos genes y no otros según su destino. Un organismo pluricelular se puede comparar, salvando las distancias, a una sociedad humana en la que cada colectivo realiza un determinado trabajo en dicha sociedad; de igual manera, en un ser pluricelular, cada tejido y órgano realiza su función y su trabajo.

Ya he indicado que los organismos pluricelulares se van haciendo cada vez más complejos a lo largo de la evolución y es esta compleji-

dad donde se hace más patente en los animales. En estos, entre otros tejidos, aparece el tejido nervioso, que forma con otros tejidos de apoyo, los sistemas nerviosos, exclusivos de los animales y que les permite relacionarse de forma rápida y eficaz con su medio ambiente y emitir respuestas rápidas a los estímulos ambientales. Es en los animales que se desplazan, en donde estos sistemas alcanzan su máximo desarrollo. En los invertebrados hay sistemas nerviosos bastante complejos en artrópodos, en especial en los insectos y en los cefalópodos (pulpos y calamares); pero es en los vertebrados en donde los sistemas nerviosos alcanzan su máxima complejidad: vertebrados terrestres como las aves y en especial los mamíferos consiguen cerebros muy sofisticados y complejos que son capaces de almacenar gran cantidad de información. Y es en los primates y en concreto en la especie humana donde el cerebro ha alcanzado el máximo de complejidad hasta la fecha; aunque hay mamíferos que se les considera “inteligentes” como los elefantes, los delfines, los chimpancés... los humanos les superan con creces. En sus cerebros, la corteza cerebral se ha desarrollado al más que en cualquier otro animal, replegándose en la caja craneana en las llamadas circunvoluciones cerebrales; aunque este proceso no es exclusivo de la especie humana, es en esta donde alcanza los resultados más espectaculares. Esta corteza, en los humanos, tiene un grosor de algunos milímetros y está formada por unos 30 billones de neuronas estructuradas en capas, que establecen entre si cientos de miles de millones de sinapsis o contactos neuronales. Es fácil deducir que la corteza cerebral tiene mucho que ver con las capacidades y actividades cognitivas, que alcanzan gran desarrollo en los humanos como por ejemplo: la personalidad, la consciencia, el pensamiento abstracto y el lenguaje.

### **Surge el espíritu**

Es en el cerebro de los humanos donde se da otro salto evolutivo importante en el aumento de complejidad y almacenamiento de información en el universo: de estos sustratos biológicos que son los cere-

bros humanos ha emergido la vida espiritual. De cierta vida compleja surge el espíritu.

El espíritu de un ser humano se ha interpretado de muchas formas a lo largo de la historia. Desde la más remota antigüedad, los humanos han profesado diversos tipos de religiones, que han cumplido funciones varias: nexos de unión de los grupos tribales y de pueblos y comunidades posteriores, que han estimulado la conquista de territorios, herramientas de poder, normas de conducta humana, dar respuesta a lo que pueda haber después de la muerte... pero en casi todas ellas, por no decir en todas, se ha creído firmemente en una entidad espiritual o alma que unida al cuerpo forma el individuo humano; para la mayor parte de las religiones esta entidad espiritual o alma es inmortal y trasciende al cuerpo mortal del ser humano: si los humanos se comportan debidamente en la Tierra, sus almas reciben un premio al morir y si se comportan erróneamente, reciben un castigo. Esta visión un tanto simplista está arraigada en muchas religiones, tales como la musulmana y la cristiana. Otras creencias cercanas a las religiones y con tintes filosóficos y esotéricos tratan de explicar algo más estas cuestiones; por ejemplo:

“Los humanos estamos en un grado de evolución primitivo, dentro de los seres inteligentes, por lo que disponemos de un cuerpo físico de gran densidad, que es el que vemos. En la especie humana hay 3 tipos fundamentales de cuerpos:

1. El cuerpo físico, que es el único visible.
2. El cuerpo vital o etérico, formado por ondas electromagnéticas, es una reproducción de nuestro cuerpo físico. Permite captar y asimilar la energía solar y cósmica, vivificando nuestras células. Se puede separar del cuerpo físico mediante métodos químicos, psíquicos o magnéticos, proyectándose a otros lugares, incluso fuera de La Tierra, con conciencia de la persona. Sirve de nexo al alma.
3. Cuerpo astral o alma. Imprescindible para conectar con el espíritu de cada persona. Dirige, controla y legisla todas las emociones, deseos

y posiciones del individuo. Canaliza las emociones, pensamientos y las relaciones del ser humano con otros seres.

4. Cuerpo espiritual o espíritu. Es inmortal y eterno. Necesita perfeccionarse, comenzando a vivir en cuerpos primitivos. A medida que se va enriqueciendo, al morir dichos cuerpos, pasa a otros más elevados y así sucesivamente hasta que se reúne con Dios. Si no aprovecha debidamente las experiencias de sus cuerpos, su camino de perfección es más lento, “reencarnándose” de nuevo en cuerpos inferiores; incluso puede bajar de nivel. Si el espíritu, que es libre, cumple los mandatos de amor y justicia, según los planes cósmicos de Dios, va ascendiendo a niveles superiores en sus sucesivas existencias y cada vez se acerca más a Dios y lo conoce mejor. En determinados niveles ya se ha liberado de su soporte físico. Los humanos nos hallamos en un nivel o mundo de tipo “infierno”, aunque los hay todavía más inferiores. Nuestros espíritus pueden volver a nacer en otros mundos o en una época más avanzada de nuestro propio planeta.”

También en la literatura y en las leyendas se mencionan a los espíritus, fantasmas, muertos y aparecidos... y no digamos en las ciencias paranormales.

Como se ve, el individuo humano intenta trascender a la muerte de una forma u otra y no se contenta con acabar aquí en la Tierra su propia existencia, una vez muerto. Pero ¿qué nos dice la ciencia de todo esto? Mas bien nada. La existencia de la inmortalidad individual no se ha podido demostrar científicamente entre otras razones porque nadie después de muerto ha vuelto a la Tierra para contarnos lo que hay después de la muerte. Si hay algo no lo podremos saber hasta que estemos muertos. Desde un punto de vista científico y racional, la vida espiritual, o como se quiera llamar, emergente a partir de ciertos animales como los humanos, solo se entiende si se sostiene sobre el sustrato biológico de tipo neuronal que reside en el cerebro (Ver mi artículo: “El mundo de los nemes y su evolución”). Cuando estos cerebros se descomponen con la muerte biológica, los espíritus, al fallar la base que los sustenta, también desaparecen. Mientras haya cerebros y humanos que los porten los espíritus existirán y podrán evolucionar

siguiendo sus peculiares normas de evolución; el salto y desligamiento de esta vida espiritual de su sustrato biológico cerebral, hoy por hoy es imposible; piénsese que así como cualquier tipo de vida se asienta en una serie de moléculas de materia, cualquier tipo de espíritu se asienta en unas determinadas formas de vida: los cerebros de los humanos.

Se puede especular sobre el futuro de esta vida espiritual: dependerá del futuro de la especie humana; si como todos deseamos la especie humana no se autodestruye y evoluciona a mejor, es de suponer que los cerebros de los humanos sean cada vez más potentes y capaces y puedan almacenar cada vez más información; los humanos conoceremos cada vez mejor el universo que nos rodea y podremos colonizar nuestro sistema solar y expandirnos mas allá de el... Mediante técnicas de ingeniería genética podremos dirigir nuestra propia evolución, seleccionando nuestros futuros genes y podremos evolucionar hacia una especie humana mejorada y enriquecida genéticamente, con menos enfermedades, mayor esperanza de vida, cerebros más inteligentes y con mayor riqueza espiritual. Será el Homo supergenicus; quizá alcancemos un mayor entendimiento espiritual entre nosotros, desarrollando facultades paranormales como la telepatía y otras y quizá esta riqueza espiritual se vea estimulada con energía espiritual positiva como la energía que proporciona el sentimiento amoroso entre los humanos tal y como predicán determinadas religiones.

## **Recapitulación**

Recapitulando, tras este ensayo, vemos existen una serie de hitos en la evolución de nuestro universo:

1. Formación de partículas subatómicas materiales a partir de la energía primordial del big-bang
2. Formación de átomos y moléculas materiales.
3. Formación de macromoléculas previtales tales como los ácidos nucleicos y proteínas.
4. Formación de células, unidades de vida.

5. Formación de organismos pluricelulares.

6. Formación de seres humanos en donde emerge la vida espiritual.

En todos estos pasos de evolución vemos una complejidad creciente y una mayor capacidad de almacenar información.

Si contemplamos una visión panteísta de Dios que es la que mejor puede entender la ciencia, es decir, el universo es Dios, este no es el creador del universo sino que el universo, a medida que se desarrolla y evoluciona va creando al propio Dios, pues va alcanzando cotas cada vez mayores de complejidad y de consciencia.

## - III -

# Evolución de la especie humana

Procedencia: <http://www.redcientifica.com/doc/doc200112280001.html>

*La especie Homo sapiens es muy joven; surgió como mucho hace 200 mil años, parece ser que en África. Si se compara su edad con los 3 millones de años que por término medio tiene de vida una especie de mamífero, nos damos cuenta que somos una especie recién nacida, como quien dice... Y no obstante, nuestra evolución cultural es tan acelerada, que está totalmente desfasada con la evolución biológica. Además es la única especie terrestre capaz de alterar el medio ambiente de una forma drástica y perjudicial.*

*¿Qué pautas evolutivas ha seguido la especie humana a partir de sus antepasados primates? ¿Y que senderos evolutivos seguirá nuestra especie en el futuro? La primera pregunta es de más fácil contestación. Para contestar a la segunda, se puede especular con varias alternativas.*

### **Pasado**

#### **Proceso de hominización**

La especie humana es una especie animal del tipo de los Cordados, subtipo Vertebrados, clase Mamíferos, orden Primates, superfamilia Hominoideos, familia Homínidos, género Homo, especie sapiens.

Como se observa es un animal perfectamente clasificado y colocado en los grupos taxonómicos correspondientes según sus características morfológicas y anatómicas.

Tratemos de contestar en primer lugar a lo primero. Las tendencias evolutivas que se observan en los homínidos se engloban dentro del llamado proceso de hominización, que se caracteriza por:

1) Una tendencia al bipedismo o postura erguida, que en la especie humana se alcanza plenamente. Esta tendencia, parece ser se ensayó también en otros primates fósiles de tipo antropomorfo, que vivían en los árboles y se ha conseguido de forma imperfecta en antropomorfos actuales como gorilas y chimpancés. Quizá el cambio de hábitat de nuestros antepasados, es decir el paso de la selva arbolada a la sabana, con grandes espacios abiertos para caminar, como consecuencia, probablemente, de un cambio climático, favoreció esta tendencia bípeda, aunque ya se apuntaba en primates arborícolas. Otra teoría apunta la existencia de una fase acuática o semiacuática del antepasado humano hace unos 5 -6 m.a., nada más separarse de los restantes antropomorfos, al quedar inundadas las tierras africanas al sur de Etiopía por el mar; en este ambiente anfibio, nuestros antepasados adquirirían el bipedismo, la falta de pelo y la mayor capa de grasa respecto a los demás mamíferos de la sabana. Esto explicaría la gran cantidad de grasa de los bebés humanos y su facilidad para moverse sumergidos en el agua. La reducción de la cola es probable que esté relacionada con la adquisición del bipedismo.

2) Una liberación del suelo de las extremidades anteriores, a consecuencia del bipedismo, que se transformaron en superiores. Estas se pudieron utilizar para agarrar y coger alimentos y utensilios, lo que favoreció la construcción de herramientas y contribuyó al desarrollo de la inteligencia. Con el tiempo las manos se fueron haciendo menos toscas y con dedos más finos si las comparamos con las de otros antropomorfos. Además, el pulgar, perfectamente oponible a los restantes 4 dedos, se hizo mas largo en relación con el resto de los dedos. Las uñas tendieron a reducirse y la piel de los dedos, en especial de las yemas, acumuló mayor cantidad de corpúsculos sensitivos, haciéndose fina y delicada, muy sensible.

3) Un cambio en la dieta. Este cambio va ligado al paso de los bosques a la sabanas. En estos espacios más abiertos, el alimento vegetal

escasearía más y nuestros antepasados se vieron obligados a complementar su dieta vegetariana con una dieta animal, cazando animales en estos espacios más abiertos y teniendo que desplazarse más para tal fin, lo cual es probable que estimulara un bipedismo cada vez más eficaz. Por otro lado, la incorporación de carne a la dieta aumentó el aporte calórico sin necesidad de comer de forma tan frecuente y abundante, como les ocurre a los animales fitófagos; este hecho, quizás proporcionó más tiempo libre para otras actividades y lo que es más importante, suministró más aporte nutricional y calórico al cerebro, el cual pudo desarrollarse con más facilidad.

4) Un desarrollo progresivo de la capacidad craneana, de 400 c.c. en chimpancés a 1.400 c.c. en la especie humana, con el consiguiente aumento de volumen del encéfalo, en relación con el resto del cuerpo y el consiguiente aumento del número de neuronas. El número de estas células se vio favorecido por otra tendencia paralela de la superficie cerebral que ya aparece en otros mamíferos: el aumento de la superficie cerebral de la corteza al invaginarse ésta y dar lugar a las circunvoluciones cerebrales; con esta estrategia se consigue un gran aumento de superficie con mucho menor aumento de volumen y la naturaleza la ha utilizado en otras estructuras animales como por ejemplo en las vellosidades intestinales, repliegues pulmonares, etc. Con este espectacular aumento de neuronas en la corteza cerebral se consiguió una mayor inteligencia. Se consiguió empaquetar mucha información en un mínimo espacio. Todos los animales con cierta inteligencia, tienen cerebros grandes y con circunvoluciones (en el caso de los mamíferos). El desarrollo de la inteligencia acarreó de forma paralela el desarrollo de un sistema de comunicación complejo: el lenguaje hablado; es el sistema más elaborado de emisión de sonidos en la comunicación animal que se conoce, aunque otros animales, como pájaros, delfines, ballenas, etc., también han desarrollado lenguajes complicados de comunicación, pero éstos aunque puedan ser más potentes en la comunicación a grandes distancias, no tienen la capacidad de expresión de hechos tan diversos como la tiene el lenguaje humano.

5) Una creciente neotenia, es decir los seres humanos conservan de adultos caracteres infantiles. Esta tendencia favorece una mayor plasticidad y totipotencia en las células lo que permite una mayor flexibilidad y adaptabilidad evolutiva respecto a los cambios ambientales.

6) Una progresiva falta de pelo en el cuerpo. Esto parece ser consecuencia de la protección del cuerpo con ropas y pieles, debido a un mayor desarrollo intelectual, o bien debido a la fase acuática del antepasado humano.

7) Una transformación de la cara. La visión binocular y estereoscópica no es exclusiva del hombre, pues esta se alcanza en otros animales y en todos los simios, incluidos los homínidos. Los ojos adoptan una posición en un plano frontal. Se consigue una visión en relieve aunque se pierde campo de visión (se abarca menos espacio visual) y para ver a los lados hay que girar la cabeza. Los arcos mandibulares se hacen más gráciles y pequeños con reducción de dientes. Esta tendencia está relacionada con la evolución de los hábitos alimenticios. El hombre se hace omnívoro, con lo cual los dientes, ya de por sí poco especializados en los primates se especializan menos todavía en el hombre. Al preparar y cocinar los alimentos se facilita su desmenuzamiento y los dientes se hacen menos poderosos y se reducen en tamaño y en número (muelas del juicio en regresión). Además, las manos sirven para llevarse los trozos de alimento a la boca y los dientes y mandíbulas no tienen que arrancarlos de sus lugares de origen; esto lo hacen las manos. De esta forma, de caras con ojos pequeños, frentes estrechas y mandíbulas grandes y prognatas se pasa a caras con frentes anchas y despejadas, ojos grandes y mandíbulas reducidas y bocas pequeñas. Las caras pasan de ser anchas por abajo y más estrechas por arriba a lo contrario: anchas y voluminosas por arriba, en la frente y estrechas por abajo, en las mandíbulas y boca.

8) Respecto a los órganos de los sentidos, la especie humana tiene éstos con un desarrollo propio de sus antepasados primates. Los ojos permiten relacionarse con el medio interpretando la energía luminosa visible. Son los órganos de los sentidos de mayor potencia en un medio aéreo, ya que son los de más largo alcance y los más rápidos (la

información ambiental a través de la luz viaja a enormes velocidades); por eso se puede decir que son de los más perfectos. Son los ojos los órganos de máximo desarrollo de todos los sentidos en el hombre. Los hombres son animales diurnos y como tales han logrado ver colores. En los mamíferos esto se consigue en primates, algunos carnívoros como perros y gatos, aunque de forma incompleta y más torpemente en rumiantes. Por regla general, los animales que tienen cuerpos y libreas de colores, ven éstos. Aparte de en los mamíferos indicados, la visión de colores está desarrollada en animales diurnos tales como muchas aves (pájaros, rapaces, etc), en determinados reptiles, peces, insectos, etc. También, como primates que son, tienen visión estereoscópica, quizá como una herencia de los primates arborícolas. Sin embargo no han desarrollado una gran agudeza visual ni tampoco una gran visión en la lejanía ni abarcan mucho campo de visión, logros conseguidos por determinadas aves, como las rapaces y otras aves que tienen grandes desplazamientos aéreos. Por otro lado el hombre solo abarca el llamado espectro de luz visible, de frecuencia media, y no ve la luz ultravioleta ni la infrarroja, como sí lo hacen otros animales. El oído permite relacionarse con el medio a través de las ondas sonoras que viajan a través de un medio fluido, por ejemplo la atmósfera o el agua al presionar estos medios. En un medio acuático, es un órgano más eficaz que el de la vista o el del olfato. Esta información viaja a una velocidad más lenta que en el caso de la luz. El oído tiene un desarrollo medio en el hombre. Éste no es capaz de oír sonidos ni muy graves, caso de ballenas, ni muy agudos (ultrasonidos) como hacen los murciélagos. Además su agudeza auditiva (capacidad de distinguir sonidos diferentes) y su potencia auditiva (capacidad de oír sonidos lejanos) está moderadamente desarrollada. La especie humana, al ser un animal visual, y en menor grado auditivo, tiene los otros sentidos menos desarrollados. El olfato, el más primitivo, es relativamente escaso, si lo comparamos con otros mamíferos como los perros, gatos, rumiantes, etc. El tacto es el justo para un animal sobre todo visual, aunque el hombre tiene zonas corporales con un mayor desarrollo táctil, debido al uso. Me refiero a la cara y sobre todo a las manos. El gusto también está discretamente desarrollado aunque es muy versátil

como corresponde a un animal omnívoro. En definitiva, el ser humano tiene órganos sensoriales típicos de un animal terrestre, diurno, con antepasados de hábitos arborícolas pero que han pasado a desplazarse en terrenos más abiertos, tipo sabana, y que su inteligencia le ha llevado a colonizar todo tipo de hábitats terrestres.

9) Otra tendencia que se observa es un lento pero gradual incremento en la estatura, quizá como consecuencia de una cada vez mejor alimentación.

### **Evolución como animal vertebrado**

Por otro lado hay que considerar la evolución del hombre en el contexto de la evolución de los vertebrados.

Un gran hito evolutivo se produjo en el Devónico, hace unos 370 m.a. (millones de años), cuando poblaciones de peces de aletas lobuladas conquistaron el medio terrestre y se transformaron en los primeros vertebrados terrestres, los anfibios. Posteriormente, en el Carbonífero, hace unos 300 m.a., a partir de poblaciones de anfibios, aparecieron los primeros reptiles, que se diversificaron durante el Mesozoico, originando, entre otros, los dinosaurios y reptiles afines como pterosaurios, que fueron los vertebrados terrestres dominantes de la era.

La evolución de los dinosaurios merece un comentario aparte. Este grupo de reptiles es muy particular. Engloba gran variedad de formas muy diversificadas y adaptadas a prácticamente todos los hábitats terrestres de la época. Su radiación adaptativa se la puede comparar a la de los mamíferos en el Cenozoico. Tuvieron más de 150 m.a. para evolucionar y diversificarse, pues surgieron a comienzos del Triásico, hace unos 230 m.a. y se extinguieron a los 65 m.a., a finales del Cretácico, parece ser que como consecuencia del impacto sobre la Tierra de un gran asteroide. No es de extrañar, por lo tanto, el grado de complejidad y de adaptaciones que alcanzaron. Muchas formas carnívoras alcanzaron la homotermia (igual que las aves y mamíferos posteriores); a diferencia del resto de los reptiles, la mayor parte de los dinosaurios no reptaban, sino ambulaban, es decir levantaban el vien-

tre del suelo al caminar, por lo que estaban provistos de poderosas extremidades organizadas para tal fin. Además, muchas formas, en especial las depredadoras, alcanzaron un especie de postura bípeda, caminando sobre las patas traseras y apoyándose en su fuerte cola, dejando en libertad unas débiles extremidades anteriores, dotadas con poderosas garras, que podrían ser utilizadas para atacar a sus presas, entre otras funciones. Estos dinosaurios carnívoros y bípedos, a diferencia de otros cuadrúpedos y vegetarianos, debieron tener un metabolismo elevado y ser de movimientos rápidos, como la mayoría de los actuales mamíferos y aves. La capacidad visual debió de ser elevada, y es probable que pudieran ver colores, ya que se cree tenían cuerpos cubiertos de vistosos colores, al menos bastantes especies. Muchos tenían hábitos sociales; otros, en cambio, eran solitarios. Algunos paleontólogos creen que si los dinosaurios no se hubiesen extinguido, algunos de ellos, quizá las formas bípedas, carnívoras y ligeras, habrían alcanzado mayor grado de inteligencia... ¿Tuvieron tiempo de alcanzarla algunos?

De formas ligeras de dinosaurios carnívoros y bípedos, surgieron las aves, a finales del Triásico, hacia los 200 m.a. Estos grupos de dinosaurios se lanzaron a la conquista del medio aéreo, para lo cual las cortas extremidades anteriores se fueron transformando gradualmente en alas para volar y las extremidades posteriores se hicieron más delgadas y ligeras, adaptándose a un bipedismo característico de las aves, en el que más que caminar, saltan, salvo los avestruces, que corren. Por otro lado su cuerpo se cubrió de plumas protectoras e impermeables y se fue haciendo gradualmente más pequeño y ligero. Todo su organismo se fue adaptando para vuelos más o menos prolongados.

A finales del Pérmico, hace unos 250 m.a., surgieron los Terápsidos, reptiles ambulátiles, que a semejanza de los dinosaurios, no arrastraban el vientre al caminar; de estos reptiles mamiferoides surgieron, en el Triásico, los mamíferos. Estos lograron una serie de adaptaciones al medio terrestre, más eficaces que las de sus predecesores los reptiles y análogas a las de las aves, tales como la homotermia, la sustitución de las escamas de la piel por pelos, (plumas en las aves) más eficaces

para conseguir la homotermia, y una mayor protección para sus crías (placentación y alimento lácteo). Los mamíferos mesozoicos fueron pequeños y su vida en el medio terrestre debió de ser dura, pues tuvieron que competir con el mundo reptiliano que dominaba el medio terrestre, en especial con los dinosaurios. Es probable que fueran de hábitos nocturnos. Con la extinción de los dinosaurios, en la crisis cretácico - paleocena, a finales del Cretácico, los mamíferos aprovecharon su oportunidad y ocuparon los hábitats vacíos dejados por las formas extintas, teniendo una radiación adaptativa similar a la de los gigantes reptilianos, durante todo el Cenozoico.

De esta forma, en cuanto a los vertebrados se refiere, el medio terrestre fue dominado por los mamíferos, mientras el medio aéreo fue dominado por las aves, los más próximos descendientes de los dinosaurios. Si comparamos ambas diversificaciones evolutivas, la de los dinosaurios en el Mesozoico y la de los mamíferos en el Cenozoico, notamos que la primera transcurrió a lo largo de mucho más tiempo que la segunda: 150 m.a. frente a 65 m.a. No obstante los resultados evolutivos de la diversificación de los mamíferos han sido más espectaculares, si cabe, que los de los dinosaurios. El ritmo evolutivo se ha acelerado en esta segunda radiación, de vertebrados terrestres y las formas resultantes han sido de menor tamaño aunque con adaptaciones similares. Es probable que en estos procesos evolutivos hayan influido cambios climáticos y geológicos: el clima se ha ido haciendo más frío, los continentes se han ido separando, procedentes de la fragmentación de la Pangea II, a comienzos del Triásico, ha sobrevenido la orogenia alpina, con sus etapas más intensas en el Cenozoico y la consiguiente glaciación cuaternaria, en las postrimerías de esta orogenia. Todos estos factores han determinado la evolución de los seres vivos, en especial de los vertebrados que nos ocupan. No se olvide que los dinosaurios evolucionaron en un periodo, el Mesozoico, relativamente estable desde un punto de vista climático, con climas bastante cálidos y húmedos. También debemos tener en cuenta que los seres vivos evolucionan más deprisa si están sometidos a ciertas presiones de selección que les obligan a cambiar y esto se consigue por ejemplo cuando hay cambios climáticos, geológicos y geográficos que

sean lo suficientemente importantes pero no demasiado rápidos ni bruscos, pues entonces los organismos no los resisten y se extinguen.

### **Evolución como animal humano**

Y es de un grupo de mamíferos poco especializados, los primates de los que surge el hombre. Su separación de los primates antropomorfos se debió de realizar hace unos 6 - 5 m.a. en África ecuatorial. Los primeros homínidos, los australopitecinos, evolucionaron y se diversificaron en África y fue hace unos 1,5 m.a. cuando el género Homo salió de Africa y se expandió por Eurasia. En la última oleada africana surgió el Homo sapiens, es decir el hombre actual, hace unos 200 mil años. Esta especie tuvo que superar los sucesivos periodos glaciares de la actual glaciación y este hecho contribuyo, sin duda, a marcar su evolución.

Una vez que el Homo sapiens sapiens fue colonizando los diferentes continentes, se fue adaptando a sus peculiaridades climáticas y geográficas y fueron surgiendo las diferentes razas humanas. Esto acaeció a partir de los 40-30 mil años. También sus costumbres y modo de vida fueron cambiando. Los primeros pueblos debieron ser nómadas, cazadores y recolectores de vegetales. El descubrimiento de la agricultura y de la ganadería debió marcar la posterior evolución de las sociedades humanas. Rápidamente, se debieron extender estas prácticas por gran parte del mundo y es probable que surgieran en varias zonas geográficas independientemente, como una consecuencia de la evolución del intelecto humano. Con estas prácticas, las poblaciones humanas se hicieron sedentarias y aparecieron los primeros poblados estables. Estas aldeas se fueron organizando cada vez más, con la consiguiente división de trabajo, se fueron jerarquizando las sociedades que vivían en ellas, fueron aumentando de tamaño y fueron naciendo los pueblos y después las ciudades. Enseguida se inventó el lenguaje escrito y se fueron desarrollando los diferentes campos del saber, como las matemáticas, filosofía, astronomía, etc. Las diferentes religiones también debieron estar ligadas a la especie humana desde muy

temprano, marcando un conjunto de normas y valores en la conducta humana y dando un sentido a la existencia del hombre.

Los medios de transporte que los diferentes pueblos tuvieron fueron fundamentales en las interrelaciones e intercambios comerciales de las poblaciones. Los primeros hombres debieron desplazarse caminando y corriendo. Es probable que pronto descubrieran la utilidad de animales como el caballo y otros similares, dependiendo de la zona geográfica, para sus desplazamientos, quizá a la par que la ganadería. La utilización estos animales y también la de carros movidos por ruedas y tirados por animales contribuyó de forma decisiva a los movimientos migratorios de pueblos y a la eficacia de luchas y batallas. Paralelamente, se debieron inventar los primeros barcos, al principio, tablas de madera, luego balsas de maderos y más adelante, canoas de remos; a las dos últimas se les pondrían después velas. De esta forma tuvieron lugar también los primeros desplazamientos a través de los ríos y del mar. Los medios de transporte, aunque se fueron perfeccionando, no sufrieron grandes avances hasta la revolución industrial; se inventó el caballo de vapor en la segunda mitad del siglo XVIII, que pronto se aplicó a los barcos y a los coches, y el motor de combustión, en la segunda mitad del siglo XIX, que revolucionó de forma más decisiva los transportes. Desde entonces los avances tecnológicos han sido imparables y vertiginosos a pesar de los conflictos sociales y bélicos, siendo los siglos XIX y en especial el XX, periodos en los que la cultura tecnológica y científica de la humanidad se ha disparado de forma muy acelerada, con inventos como los submarinos, aviones, cohetes, radio, teléfono, TV, ordenadores... etc.

### **Futuro**

¿Qué nos aguarda en el futuro? ¿Qué derroteros evolutivos seguiremos? Es difícil contestar a estas preguntas pero se puede especular con varias alternativas.

## **Posibles tendencias evolutivas**

Una de estas alternativas es el hombre espacial (“Homo espacialis”). Hemos visto como la especie humana tiende, como todo ser vivo, a multiplicarse y a expandirse. Surgió en África, conquistó el continente, luego se extendió a Eurasia y por último a las Américas. Actualmente es la especie de vertebrado dominante en toda la Tierra; sus medios de comunicación son tan poderosos, que ya no existen ni distancias, ni barreras geográficas entre las diferentes poblaciones humanas; esto a la larga, traerá cada vez más una mayor uniformidad entre los pueblos, ya que estos se hibridan entre sí y las razas humanas tenderán a uniformarse. En la segunda mitad del siglo XX, el hombre se ha lanzado a la conquista del espacio... La Tierra se le queda pequeña. A finales de los 60 comenzó por ir a la Luna; todavía no ha pisado otros planetas pero ya ha mandado sondas espaciales hasta los planetas más alejados del Sistema Solar y está recogiendo información de éstos y de lugares más alejados del Universo, utilizando telescopios en órbita como el Hubble. Ya se han descubierto más de cincuenta planetas extrasolares (algunos, de un tamaño similar a La Tierra) y se calcula que puede haber con facilidad vida inteligente en nuestra galaxia y por supuesto en otras. (Es probable que la inteligencia sea un proceso evolutivo natural de ciertas formas de vida, siempre y cuando se den las condiciones ambientales necesarias y el tiempo suficiente). El proyecto SETI trata de detectar señales de esta vida. Se está trabajando en fletar estaciones espaciales habitadas y en un futuro no muy lejano se pretende enviar hombres a Marte. Así que es de esperar, que una parte de la población humana colonice el espacio, a más o menos plazo, en estaciones espaciales permanentes, a modo de ciudades orbitales, o bien en planetas del Sistema Solar como Marte, una vez acondicionado o bien satélites como la Luna o de los planetas gigantes como Europa, Ganímedes, Calixto, Titán, etc.; y en un futuro más lejano puede que explore otros sistemas estelares...

Según el profesor Gaetano Rotondo, experto en medicina aeroespacial, “nuestros nietos no tendrán la vida en las estrellas nada fácil: su físico cambiará y tendrán que aprender a desenvolverse sin fuerza de

gravedad. Sufirán por lo tanto una adaptación tan drástica que al regresar a la Tierra su adaptación será difícil. La primera modificación y la más evidente afectará a la distribución de los líquidos corporales. Unos dos litros de sangre se trasladarán de las piernas hacia el tórax y la cara. De manera que la cara será más redondeada y los párpados tenderán a hincharse, confiriendo un aspecto asiático al rostro. Los ojos se enrojecerán y las venas faciales se dilatarán. La nariz estará más congestionada. La frente y el rostro tendrán venas dilatadas. El cerebro será más grande y con una mayor irrigación sanguínea. El cuello, los brazos y las manos también tenderán a aumentar de tamaño, mientras que los músculos de las piernas se hipertrofiarán, al no tener que vencer la fuerza de la gravedad para caminar, con lo que adoptarán el aspecto de patas de gallina. El tórax será más corto, porque el diafragma subirá, empujando al corazón, que será más pequeño, hacia una posición horizontal. El abdomen será menos voluminoso, la espalda perderá las curvas fisiológicas y aumentará el espacio entre la vértebras, con lo que ganaremos un par de centímetros de altura. Desaparecerá la curva de los glúteos y esto, unido a la atrofia de los músculos de las piernas, podrá provocar problemas psicológicos de identidad y adaptación en las mujeres, a causa de la reducción de las diferencias físicas con los hombres. Desaparecerán las arrugas, ya que los tejidos estarán más turgentes; en particular los pechos se mantendrán siempre firmes y no se formarán las venas varicosas. La ausencia de la gravedad provocará también una descalcificación de los huesos, pero la fragilidad ósea se verá presumiblemente compensada por una menor frecuencia de fracturas y lesiones traumáticas por caídas. Se reducirá la masa de glóbulos rojos y de hemoglobina, dando lugar a la llamada anemia espacial.”

Por otro lado si una población humana abandona la Tierra para vivir en el espacio, tras un periodo relativamente largo de aislamiento, estos individuos, o al menos buena parte de esta población, tenderán a parecerse mucho entre sí. Será un caso claro de deriva génica y aislamiento geográfico-espacial. Tras un periodo largo de permanencia en el espacio es posible que los genes de los individuos hayan sufrido una cantidad tal de mutaciones, recombinaciones y adaptaciones al

medio que surja una nueva especie y estos humanos espaciales no puedan reproducirse de nuevo con terrestres.

Otras alternativas corresponden a la evolución del hombre en la Tierra. Si logramos que el planeta aguante nuestro impacto ambiental y permita que sigamos sobreviviendo en él, pueden ocurrir varias posibilidades:

Vayamos primero con las pesimistas: La Tierra se vuelve inhóspita para nuestra supervivencia, debido a una serie de factores provocados por la acción humana, como desertización, deforestación, efecto invernadero, disminución de la capa de ozono, lluvias ácidas, contaminaciones de diverso tipo, superpoblación, disminución de la biodiversidad, radiaciones nucleares, etc. Como consecuencia de estas acciones, se producirían grandes catástrofes climáticas, pandemias, hambrunas y guerras y la población humana quedaría bastante diezmada. Los supervivientes tendrían una vida difícil; el agua potable sería un bien muy escaso; las radiaciones UV del Sol podrían ser peligrosas al escasear la capa de ozono y darían lugar a mutaciones perjudiciales y cánceres; durante un tiempo más o menos prolongado, la humanidad superviviente sufriría una regresión cultural ya que tendría que ir superando estas condiciones de vida desfavorables; muchos supervivientes estarían tarados y mutados. Estaríamos ante el “Homo deletereus”. Algunas películas futuristas de tipo pesimista nos han mostrado este futuro desalentador que podría acabar con nuestra especie o bien, si el medio ambiente actual consiguiese regenerarse, después de un periodo de tiempo indeterminado de purgatorio humano, surgiría de nuevo una humanidad renacida; también es posible que el medio ambiente no volviera a su situación inicial mas benigna y entonces el hombre, para sobrevivir, tendría que adaptarse al nuevo ambiente contaminado y probablemente iría transformándose en una especie diferente; quizá se refugiase bajo tierra, construyendo ciudades subterráneas. En este caso los individuos serían de tez pálida, sin melamina y con capacidad visual más disminuida, además de ser mas bien raquíuticos y con musculatura débil. Sería el “Homo subterraneus”.

Es posible que un desastre nuclear acabe con nuestra especie, de forma más o menos rápida, dando más oportunidades a otros animales más resistentes como los insectos. No hay que descartar el impacto de asteroides, como el que acabó con los Dinosaurios.

También se puede especular con posibilidades más optimistas: La especie humana logra superar los impactos ambientales negativos sobre el medio ambiente, a base de utilizar inventos científicos y tecnológicos. Puede llegar a controlar el clima, reducir la contaminación, replantar bosques, frenar la desertización, controlar la superpoblación, utilizar fuentes de energía limpia (en especial la energía de fusión a partir del hidrógeno, es decir la “energía de las estrellas”), etc, aunque obtener resultados positivos, globales, a corto plazo, es bastante complicado. La evolución del hombre, como la de cualquier otro ser vivo, va a estar condicionada por la evolución ambiental, es decir por los cambios ambientales. Estos van a determinar una mayor o menor presión de selección y por lo tanto la velocidad y el modo en que la especie humana va a evolucionar. Como el hombre es uno de los seres vivos sobre la Tierra que más modifica el medio ambiente, está condicionando su propia evolución, aunque, por desgracia no siempre lo hace conscientemente y de forma positiva; los impactos ambientales provocados por él suelen ser negativos y destructores del medio ambiente, lo cual repercute en la propia salud de la especie humana. Solamente su capacidad científica y tecnológica puede frenar el deterioro ambiental y esa es la gran esperanza humana.

El progresivo desarrollo de la capacidad craneana favorece una inteligencia cada vez mayor; ambos procesos, parece ser, aumentan de forma paralela, tal y como sugieren los restos fósiles. ¿Seguirá esta tendencia en el futuro? Es probable que si, con lo cual el hombre tendrá una cabeza cada vez más voluminosa y tendrá cada vez mayor capacidad mental. (“Homo macrocephalus”). De todas formas, se ha comprobado que el hombre actual solamente utiliza de un 10 a un 20% de su potencial cerebral, lo cual puede significar dos posibilidades: ¿es necesario que esto sea así para el buen funcionamiento del cerebro? o

bien éste está infrautilizado por el hombre y mediante técnicas de aprendizaje, quizá se le puede dar un mejor rendimiento. Hay determinadas personas, que por naturaleza, quizá genética, usan su cerebro de forma más completa; son las personas con poderes paranormales. ¿Por qué ocurre esto con el cerebro humano? ¿Por qué se desperdicia tal capacidad? La naturaleza suele tener una economía y no suele malgastar energías, es decir no suele conservar materiales inútiles; estos, a la larga, acaban por desaparecer. ¿De donde proviene tal derroche cerebral? Dejemos, por ahora, este dilema.

¿Qué ocurrirá con el resto del cuerpo? No es fácil contestar. La alimentación es un factor importante. El aumento de población de la humanidad es un problema decisivo. Si no se controla, provocará guerras y hambrunas y en definitiva muertes. Para impedir esto, se intentará que los recursos alimenticios aumenten al ritmo del crecimiento de la población. Una alimentación sana y equilibrada mejora la constitución y salud física de las personas; una adecuada nutrición con una dieta variada y con el suficiente aporte vitamínico, unida a una justa práctica de ejercicio físico, es decir práctica de algún deporte con moderación, produce un físico proporcionado y, a la larga un aumento de talla de la población. Si esto se consigue, la raza humana mejorará en su aspecto físico, acercándose al modelo idealizado por los griegos, por ejemplo. (“Homo helenicus”). Pero esta vida saludable, es probable que no la pueda llevar a cabo toda la humanidad. Solamente las clases más o menos adineradas y con cierto nivel cultural, en decir gente de los países ricos. Quizá la utilización de alimentos transgénicos potencie una mayor cantidad de estos y la despensa de la humanidad aumente, con lo cual se pueda aminorar el hambre que actualmente pasan muchas poblaciones subdesarrolladas. Además, hay que tener en cuenta los malos hábitos y costumbres que parece están ligados a la humanidad, como drogas, alcoholismo, gula, lascivia, etc. y que merman y perjudican una evolución sana de la especie. Por lo tanto, no toda la población humana podría evolucionar de forma satisfactoria, sino solamente grupos más o menos aleatorios; y como se produce la natural hibridación y mestizaje, las taras genéticas que a la larga aparecen, de forma todavía no determinada, como consecuencia

de unos hábitos de vida insanos, se transmiten de forma azarosa a la población.

Si se acentúa la vida sedentaria, trabajando delante del ordenador, por ejemplo, los músculos del cuerpo, a la larga se pueden ir atrofiando, adquiriendo, entonces los hombres, formas con grandes cabezas y cuerpos más enclenques, ¿delgados o gruesos? y con las extremidades más pequeñas y atrofiadas. Estas figuras recordarían a las de muchos modelos de alienígenas: los verdes y los grises, aunque quizá más altos. Sería el “Homo alienigenus”.

Otra posibilidad puede ser la evolución de los hombres hacia androides; es decir la fusión del hombre y la máquina. (“Homo roboticus”). Sería un hombre ideal para colonizar el espacio. Esta imagen futurista es familiar en ciertas películas de ciencia ficción y actualmente se están realizando avances que pueden apuntar hacia ese camino. Por ejemplo ya se están fabricando los primeros neurochips y se construyen microchips cada vez más diminutos; la implantación de éstos en el cerebro no parece un hecho muy lejano... Un primer paso pudiera ser el hombre informático, (“Homo informaticus”) con su traje inteligente y lleno de sensores, plagado de miniordenadores portátiles que pueden estar conectados sin cable con ordenadores madre centrales. Un peligro de este camino es que en la fusión del hombre con la máquina, venza esta última y prevalezcan en los androides los potentes poderes del ordenador, esclavizando así a las esencias biológicas de tipo humano, tal y como se muestra en algunas películas futuristas como “Matrix”; el hombre es vencido por sus criaturas metálicas, los robots androides, que se apoderan de los genes humanos (biochips) y se rebelan y autonomizan. En este sentido, son inquietantes las declaraciones del físico Stephen Hawking según las cuales es conveniente mejorar la raza humana mediante ingeniería genética, sobre todo en cuanto a la inteligencia se refiere, pues si no en un futuro los ordenadores podrían llegar a superarnos y a controlarnos, dados los avances que se están haciendo en inteligencia artificial. Otra variante es que el hombre llegue a crear robots semejantes a él mismo, con sentimientos y emociones, y que estos, suplanten a la especie humana cuando desaparezca.

Sería la sustitución de la especie humana por la máquina robótica por el creada, mucho más capaz y menos destructible (“*Roboticus humanus*”) (Este tema se trata en la película “Inteligencia Artificial”). Otro aspecto de este mundo informático es la construcción de la realidad virtual que puede dar lugar a una doble vida en el hombre: la real y la virtual. Los hombres enganchados a la realidad virtual podrían adquirir también el tipo de personas cabezonas con cuerpos más atrofiados, al no usar su musculatura. (“*Homo virtualis*”)

También son importantes los logros en medicina y en ingeniería genética. Cada vez tienen más éxito los trasplantes de órganos y los implantes de órganos artificiales. Las operaciones se realizan con tecnología cada vez más sofisticada; el bisturí va siendo sustituido por otras herramientas más eficaces como el laser, los ultrasonidos, las microcámaras, tejidos artificiales, etc. Las enfermedades genéticas serán cada vez mejor superadas, gracias a la sustitución de genes defectuosos por genes sanos. Incluso se habla de la mejora de la especie, en este sentido. También, si los métodos de clonación se perfeccionan, se podrían obtener superhombres clónicos, aunque con fines diversos, no siempre positivos. Todos estos avances nos conducirían a la superación de enfermedades y de muchos inconvenientes de la vejez, con lo que la población cada vez tendría una mejor calidad de vida y una edad media más elevada. (“*Homo supersanus*”) Estos avances, positivos, favorecerían un aumento de la población humana, ya de por sí cada vez más elevada, lo cual daría lugar a una competencia cada vez mayor, y a un recrudecimiento de guerras y matanzas. Al final, se podría lograr una población mundial con una alta tecnología, y con una regulación estricta de la natalidad, siempre y cuando el potencial reproductor de la especie humana no se viera mermado por este desarrollo tecnológico, los nuevos hábitos de vida y la contaminación ambiental, tal y como está sucediendo actualmente en muchos países desarrollados.

Hay otros retos todavía más fantásticos. Recordemos la infrautilización del cerebro humano. Se podrían desarrollar los poderes paranormales que actualmente solo unos pocos privilegiados poseen, me-

dian­te técnicas ade­cuadas. (“Superhomo paranormalis”) ¿Cuáles son estos poderes paranormales? Son de variado tipo: La telequinesia, es decir mover objetos con la mente; la telepatía, es decir la adivinación del pensamiento; la adivinación de hechos futuros y pasados; la curación de enfermedades por medio de la mente y de las manos; la hipnosis de personas para controlarlas o descubrir hechos que les han sucedido y que no recuerdan; el desdoblamiento de la persona espiritual del cuerpo y viaje más o menos distante respecto al cuerpo de ésta, con regreso al mismo (viaje astral); la visión de fenómenos invisibles para las personas normales, como auras de personas, apariciones, etc.; la capacidad de comunicarse con los espíritus y fantasmas (mediums). Estos poderes, parece ser que los presentan determinadas personas “especiales”, aunque normalmente cada una de estas personas especiales es poderosa en uno determinado, no en todos. El ejercicio de estas capacidades tiene el peligro de que se realice con fines negativos, es decir para dañar a otras personas, en lugar de ayudarlas, ya que hay poderes como la hipnosis que pueden tener un doble uso; en cambio otros, como la curación, son beneficiosos y otros son indiferentes. Este es el gran reto en el desarrollo de técnicas para favorecer algunos de estos poderes.

En fin... estas son alternativas posibles, y por supuesto no resueltas, ya que son futuribles, de la evolución humana.