

**REAL ACADEMIA DE CIENCIAS  
EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES**

---

**DISCURSO INAUGURAL**

**DEL AÑO ACADÉMICO 2011-2012**

**LEÍDO EN LA SESIÓN CELEBRADA EL DÍA 26 DE OCTUBRE DE 2011**

**POR EL ACADÉMICO NUMERARIO**

**EXCMO. SR. D. EMILIANO DE AGUIRRE ENRÍQUEZ**

**SOBRE EL TEMA**

**COOPERACIÓN ENTRE DIVERSOS:  
REGLA DE LA EVOLUCIÓN CÓSMICA**



MADRID  
DOMICILIO DE LA ACADEMIA  
VALVERDE, 22 - TELÉFONO 917 014 230  
2011

Depósito legal: M. 41.183-2011

---

Impreso en Realigraf, S. A. - Pedro Tezano, 26. 28039 Madrid

***Cooperación entre diversos:  
Regla de la evolución cósmica***

*«Quien holgare de entender verdaderos hechos de esta naturaleza,  
que tan varia y abundante es, tendrá el gusto que da la historia»*

JOSÉ DE ACOSTA (1540-1600)

*«La evolución potencia un ascenso progresivo  
de complejidad y orden»*

ANTONIO HERNANDO GRANDE

## INTRODUCCIÓN

Puedo abrir la puerta de esta comunicación, expresando lo que me ha motivado a escoger y reanudar el tema de la Evolución, y a tratar de resumir una imagen con los momentos más destacables en su recorrido global desde el principio conocido del Universo hasta lo que hoy vemos.

Ha sido en gran parte provocada por el discurso hace un año de mi compañero, el académico D. Antonio Hernando Grande, que fue más allá del origen de las especies darwiniano, considerando cuatro «revoluciones importantes» desde la primera célula eucariota a la revolución industrial, defendiendo la evolución global por el ascenso progresivo de complejidad y orden, con desajuste entre sus ritmos temporales, analizando en particular factores energéticos, dimensiones cuantitativas y aparentes contradicciones de cambios observables en el planeta Tierra y en el progreso humano cultural y social.

Se me venía ocurriendo ir más atrás, cotejar los modelos de ascenso más señalados en la historia del Universo: las primeras materias, origen del átomo, de las estrellas, origen de la vida en las células, primeros organismos multicelulares, conciencia y cultura en la comunidad humana. Y encontré parecidos en los pasos. Por esto me pregunté si podríamos hablar de una norma en la Naturaleza que explicara esa media docena de grandes saltos como recurso de una evolución global en tramos.

### 1. DE LA EVOLUCIÓN DE LAS ESPECIES AL ASCENSO DE LOS REINOS

Desde 1590, cuando el jesuita José de Acosta publicó en su *«Historia natural y moral de las Indias»* que las especies animales pueden descender

unas de otras por ser sus diferencias accidentales y no esenciales<sup>1</sup>, casi nadie volvió a hablar de ello —aunque su obra fue muy leída por científicos, traducida a varias lenguas—, hasta que Charles Darwin dedicó al tema tiempo y talento, más que Acosta como éste esperaba, lo trató con Alfred Russel Wallace y publicó su *Origen de las especies* en 1856<sup>2</sup>.

A partir de esta fecha, mucho se ha estudiado, discutido y escrito sobre la evolución de las especies, sobre su causa remota, que se busca y encuentra para cada caso en una mutación genética, y su decisivo factor de éxito que consiste en la mejor adaptación a los cambios ambientales. La controversia entre los defensores de la teoría genética y la adaptativa como exclusivas, o preferidas para explicar la evolución de las especies fue sonada durante un siglo.

El paleontólogo no puede menos de estimar o valorar las proximidades y distancias entre morfologías y funciones de especies actualmente vivientes y las que se van conociendo por fósiles. No cabe duda de que estas últimas van llenando vacíos entre lo que hoy se puede conocer, y, a medida que el saber paleontológico avanza en dirección del pasado según los tiempos geológicos, se van descubriendo más y más especies, mayores cercanías, parentescos más próximos, y líneas de descendencia más ciertas o probables. Esto permite pasar del saber o tratar con seguridad de la evolución de las especies en sentido estricto, o entre especies, a escalones o pisos más distantes, esto es entre categorías taxonómicas superiores.

Los miles y miles de especies animales conocidas se clasifican en géneros, éstos en familias; las familias en órdenes, éstos en clases que son las divisiones principales del Tipo Animal. Por ejemplo, la Clase Mamíferos dentro de éste, se divide en tres subclases: Prototerios, Metaterios y Euterios: las dos primeras suman una docena o más de órdenes; solos los Euterios se clasifican hasta en 29 órdenes, pocos más o menos según los autores. Y en algunos de estos órdenes se reúnen y cuentan cantidades de géneros y especies actuales y fósiles, como en los Insectívoros, los Roedores, los Carnívoros, los Proboscídeos, los Perisodáctilos, los Artiodáctilos.

Los vacíos en la catalogación de especies vegetales o animales que vivieron en los tiempos lejanos, bien por no haber dejado fósiles o porque no pocos de éstos no han sido aún descubiertos, hacen más obvio el error por defecto en la datación por fósiles de los orígenes de familias, órdenes, clases y reinos de organismos vivos.

Pero las diferencias entre los **órdenes** de mamíferos, o de moluscos, o de insectos se valoran con el conocimiento de fósiles distintos y parecidos, hasta en pequeños detalles de forma y función deducible, enfermedades y accidentes, modos de vida en sus ambientes también cambiantes inferidos en sus contextos sedimentarios. Estas informaciones registradas, y ordenadas en el tiempo mediante métodos cronométricos variados y precisos, permiten ordenar las especies conocidas del pasado en ramas arborescentes de descendencias y parentescos, o «filogenias».

Los escalones progresivos en el Reino Animal, dentro de una familia, incluso entre órdenes y clases, o de clases o tipos, no son tan altos y difíciles que no se puedan explicar por causas naturales, como pensaban, convencidos, José de Acosta, Darwin y Wallace. A todos ellos, entre todas estas categorías, pues, no cuesta extender el concepto de descendencia de Acosta con minusvaloración de las diferencias, y el de origen por evolución de Darwin.

Progresivamente, más distintos tejidos celulares, más cavidades, más conductos, trayectos digestivos, más redes vasculares y transmisoras, distintas ventanas y poros excretores, estructuras de movimiento y captación de alimentos, más circuitos nerviosos y protegidos para percepción y provecho del ambiente, de relaciones jerárquicas y comunicación entre semejantes de una tribu, como las que se observan entre insectos como hormigas y abejas, entre primates como mandriles y chimpancés y otros vertebrados. Las diferencias en esto entre el Reino Animal y el Vegetal son mucho mayores, aun con la riqueza en vitalidad, diversidad, expansión y belleza, y adaptación a las variables ambientales que vienen alcanzando los vegetales a lo largo de los cientos de millones de años que conocemos registrados por fósiles en nuestro planeta.

Sin conocer cuanto ahora sabemos del enorme registro paleontológico de la vida en la Tierra, de su cronología, de los mecanismos genéticos de esta multiplicación e increíble diversidad, hace ya más de cuatro siglos que José de Acosta, en su «*Historia Natural y Moral de las Indias*» editado en Sevilla, año 1590, afirmó el paso natural entre el mundo vegetal y animal, ya no entre especies. Esta fue su expresión:

«Los animales exceden a las plantas, que como tienen ser más perfecto, tienen necesidad de alimento también más perfecto; y para buscarle, las dio la naturaleza movimiento; y para conocerlo y descubriello, sentido»<sup>3</sup>.

Así que, no sólo unas especies pueden provenir de otras, por ser sus diferencias accidentales y no metafísicas, sino también las diferencias entre órdenes, clases, tipos de organismos, y las que distinguen a animales, plantas y hongos no son infranqueables, sino se explican por causas y sencillos procesos naturales. A estos tres reinos, pues, se extiende el concepto y significado de «evolución» sin mayor dificultad.

Podemos tentar nuestra imaginación, citando los tiempos, esto es las referencias cronométricas que se han llegado a conocer sobre los resultados de cada uno de los grandes ascensos y novedades evolutivas, es decir las edades de las primeras fuerzas o energías conocidas, de las primeras partículas de materia, de los primeros átomos tras el hidrógeno, de las primeras estrellas, de las primeras células vivas, de los primeros organismos compuestos.

Los métodos de datación cronométrica son diversos. Más fiables en Estratigrafía, más inciertos en la evolución biológica. Se han estimado datos cronométricos de los grupos conocidos de organismos a partir de dataciones moleculares registradas y contadas en sus genomas. También se obtienen cifras diversas, en general más altas que las calculadas por fósiles. El error por exceso es muy posible<sup>4</sup> además de la muy probable inexactitud cronológica en el reloj molecular. A pesar de todo, estas inexactitudes no son tan grandes como para invalidar los datos cronométricos que se estiman para fósiles en millones de años. Por estas diferencias en datos publicados de cambios evolutivos críticos, los márgenes de error siempre han de tenerse en cuenta: pero éstos no son grandes y por ello permiten que las cifras referidas sean entendidas con una buena aproximación y fiabilidad.

La primera tremenda explosión energética (*Big Bang*) se data en 13,7 miles de millones de años antes del presente (MaAP). Se calcula que las primeras partículas materiales conocidas no habrían tardado mucho en resultar de la expansión y primeros encuentros de estas energías.

De las células primitivas, de tipo bacteriano, se tienen noticias de hace alrededor de 3.500 Ma, y de los primeros organismos animales hace poco más o menos de 1.000 Ma.

En resumen: no voy a examinar ni a describir los métodos ni análisis con que los científicos llegan a calcular el número, tamaño, distancias, energías, temperatura de las estrellas y las galaxias, que llegan a exceder muchísimos millones de millones de veces los que alcanzamos a conocer en nuestro

planeta y sistema solar, ni tampoco las variedades análogas de las partículas atómicas y subatómicas de materia que son millones de veces menores que un milímetro de nuestras reglas. Ni las bases y métodos para medir tiempos multimillonarios de milenios y ultramillonésimos de segundo.

Lo que me propongo es resumir los pasos que se han dado entre uno y otro de los órdenes o grados de entidades que han ido integrando sucesivamente el universo, para pasar de las partículas elementales al átomo y a la estrella, de las moléculas a la célula, de los microbios unicelulares al organismo vegetal y animal. Y si podemos encontrar e interpretar resumiendo el proceso o procesos naturales que expliquen esos cambios progresivos:

- 1.º De las **primeras energías** en la Gran Explosión (*Big Bang*) a las primeras **partículas elementales**.
- 2.º De éstas al **átomo** y al Universo de **estrellas y galaxias**.
- 3.º Ya en el Sistema Solar y la Tierra que pisamos, o nadamos, el paso de los átomos a las **moléculas**, y hasta el mundo de las complejas moléculas bioquímicas.
- 4.º La zancada que dan las moléculas que se asocian, se organizan y reproducen en **células vivas**.
- 5.º La que va de las células a los **organismos** vegetales, hongos y animales.
- 6.º Y de aquí a la mente, responsabilidad y comunidades humanas.

En dos secciones distintas quiero resumir: En la primera, lo que se conoce y puede afirmarse de los pasos evolutivos de las energías primeras a las partículas materiales, de éstas a la organización de los átomos, al mundo de las galaxias. Y en la segunda, del origen de la vida, del mundo de los microbios unicelulares a los primeros organismos pluricelulares, hasta el ser humano, capacidades de industria y de organización social y su conciencia de responsabilidad.

Y detrás, comparar los procesos de esos cambios, si han podido y cómo producirse y explicarse por causas naturales, como la evolución entre especies, familias y hasta tipos biológicos, dejando a un lado otros momentos críticos de extinciones más o menos masivas y de fecundas radiaciones de ciertos grupos.



## 2. ESCALADAS INMENSAS DESDE EL *BIG BANG* AL ÁTOMO Y LAS GALAXIAS

### 2.a. Energía y Materia

El nombre de «átomo» es un adjetivo griego que significa indiviso. Se le creyó la última y mínima división de los entes naturales: la más simple y elemental partícula que no se podía descomponer.

No hace mucho tiempo que la ciencia, con sus aparatos y métodos de análisis, ha llegado a distinguir los componentes ultramicroscópicos de los átomos y sus energías en juego.

Por otro lado, se están desentrañando las fuentes energéticas de las estrellas y galaxias, sus juegos y evoluciones en espacios y tiempos inimaginables.

Comenzaron el tiempo y el espacio con la Gran Explosión presuntamente desde la nada. Se ha dicho que «en el primer nanosegundo del *Big Bang*, que fue el origen del Universo»<sup>5</sup> estallaron energías altísimas, nunca logradas, inflando a continuación un mundo perfectamente simétrico con las cuatro interacciones básicas hoy conocidas. A partir de ahí, el universo comenzó a expandirse, a enfriarse y, según el mismo autor, a perder simetría. Podemos decir que no exactamente a desintegrarse, sino a distinguir, multiplicar y expandir nuevos centros, enormes y enanísimos, con diferentes actividades, emisiones y absorciones de energías.

La energía de la Gran Explosión se conoce diferenciada desde el principio, en cuatro formas, calidades o interacciones:

- **Electromagnética**
- **Fuerte o de color**
- **Débil**
- **Gravitacional**

Estas interacciones o fuerzas elementales se transmiten por **bosones**: en la electromagnética el agente transmisor es el **fotón**, en la fuerte el **gluón**, en la débil los **mesones vectoriales W y Z**, y en la gravitacional el presunto **gravitón**.

Y muy pronto, con el enfriamiento por expansión del Universo, sobrevino la aparición de partículas de varios tipos, diferentes en masa y en cargas eléctrica, bariónica y leptónica: son los **quarks** y los **leptones**.

Se han distinguido hasta 6 tipos o especies de quarks. De menor a mayor masa, sus nombres son: quark «**u**» o quark «**arriba**» (**u** de «*up*»), quark «**d**» o quark «**abajo**» (**d** de «*down*»), quark «**s**» o quark «**extraño**» (**s** de «*strange*»), quark «**c**» o quark con «**encanto**» (**c** de «*charm*»), quark «**b**» o quark «**fondo**» (**b** de «*bottom*»), y quark «**t**» o quark «**cima**» (**t** de «*top*»). Su carga eléctrica es fraccionaria ( $2/3$  y  $-1/3$ , en unidades de carga del protón). Menores en masa generalmente son los leptones: de menor a mayor: el **electrón** (**e**), el **muón** ( **$\mu$** ) y el **tau** ( **$\tau$** ), los tres con una unidad de carga eléctrica negativa; a ellos se añaden sus respectivos **neutrinos** ( **$\nu_e$** ,  **$\nu_\mu$** ,  **$\nu_\tau$** ) con mucha menor masa y carga nula<sup>6a</sup>.

Los leptones son partículas en general de poca masa y con espín  $1/2$ , que interactúan débilmente; cuando son además leptones cargados, también interaccionan, y con mayor intensidad, electromagnéticamente.

De entre los leptones, el más conspicuo y móvil y singularmente eficaz en la moderna tecnología es el **electrón**. Partícula simple puntual, la más ligera y con menor masa de todas las partículas con carga eléctrica, y ésta es negativa. El **muón**, con igual carga eléctrica tiene masa doscientas veces mayor que la del electrón, y el **tauón** multiplica por 3.500 la masa del primero, siendo simple en estructura y con la misma carga eléctrica.

Los **neutrinos** son partículas muy ligeras, de espín  $1/2$  y levógiros, masa ínfima, sin carga eléctrica: se mueven a la velocidad de la luz<sup>6b</sup> y permean el universo. Sus interacciones son exclusivamente débiles.

Los quarks se conocen agrupados en ciertas combinaciones, que son conocidas como «**hadrones**» y «**mesones**».

En los **mesones** se combinan un quark y un antiquark, en estados de diversos espines. El mesón más simple es el **pión**, de espín nulo.

Un **hadrón** se compone de 3 quarks, como por ejemplo dos **u** (*arriba*) con un **d** (*abajo*) o dos **d** con un **u**: en el primer caso la carga es 1 unidad, en el segundo la carga es 0. En otros casos, un quark extraño (**s**) sustituye a uno de los dos.

El hadrón con carga positiva igual a 1 más familiar es el conocido como **protón**, y el de carga 0 es el **neutrón**<sup>7</sup>. Tenemos, pues, en los hadrones y mesones un nuevo grado de muy diversa complejidad, organización y actividad en la minimateria cósmica.

Las fuerzas que median en las interacciones entre quarks y leptones, que alteran las partículas elementales, se corresponden con las cuatro consideradas interacciones fundamentales, de la más débil a la más fuerte: la gravitacional, la débil, la electromagnética y la fuerte.

La fuerza más débil, la **gravedad**, es la atracción gravitacional entre masas. La que empuja nuestro cuerpo a la superficie terrestre y con ello lo sostiene, como el de otros animales, y es contrarrestada por el esfuerzo muscular de nuestras piernas, o nos hace caer si perdemos pie. Es también la que mantiene a los planetas girando en sus órbitas y a los satélites de éstos en las suyas, en nuestro sistema solar. Es en realidad debilísima, en comparación con las otras tres que siguen.

La **fuerza débil** está vinculada a la **radioactividad**, pues ella causa la desintegración radiactiva de partículas como muones, neutrones, otros hadrones, mientras que otras partículas como el electrón, el protón, no se alteran, no emiten radiaciones normalmente. Con estas radiaciones se alteran muchos hadrones cambiando sus combinaciones de quarks, y también se desintegran otros leptones.

La fuerza **electromagnética** trabaja en dos sentidos, y mueve partículas según la carga eléctrica que tengan: dos con cargas de signo contrario, positivo una y negativo otra, se atraen; si en ambas la carga es del mismo signo se repelen. Estas interacciones entre partículas cargadas con electricidad son sextillones de veces más fuertes que la gravedad. Y esta fuerza se transmite mediante una «partícula de luz», un bosón llamado **fotón**.

Por último, las interacciones **fuertes**, que mantienen a los quarks y antiquarks unidos entre sí en los hadrones mediante el intercambio de gluones, son el objeto de estudio en la «**cromodinámica**» cuántica, así llamada porque los quarks se manifiestan en tres «colores» y los gluones que los unen exhiben también pares de color/anticolor distintos.

## 2.b. El Átomo

Átomo es un agregado material compuesto por un núcleo de protones y neutrones y por una cubierta de electrones. El núcleo ocupa poquísimamente del volumen del átomo, pero le da casi toda su masa. En situación normal, su carga eléctrica es neutra, dado que la de los protones del núcleo, positiva, contrarresta exactamente la de los electrones, negativa; y la de los neutrones nula, como su nombre indica.

Protones y neutrones son partículas masivas que interactúan fuertemente entre sí, pudiendo agregarse de modo más o menos estable en los núcleos. El nombre del «elemento», o elemento químico, se refiere a toda sustancia natural operativa consistente en átomos, singulares y distintos. Se clasifican en el llamado «Sistema Periódico» por el número atómico. Se llama «número atómico» al número de protones que contiene el núcleo de cada átomo. El número 1 es el Hidrógeno, con el átomo más sencillo, el primero y más antiguo, compuesto por un protón y un electrón. El Sistema Periódico contiene, por orden numérico, más de cien elementos.

Esta diversidad aumenta con los elementos isótopos. Estos tienen el mismo número atómico que otro, pero diferente número másico, que es el número de nucleones, esto es de la suma de protones y neutrones, lo cual obviamente no afecta a la carga.

Sus propiedades externas, perceptibles a simple vista, permiten otra clasificación corriente de los elementos atómicos en: alcalinos, alcalinotérreos, transicionales (Sc, Y, La, Ac), metálicos (incluye los «metales nobles»: Ag, Au, Pt), semimetálicos, no metálicos, gases nobles y metales raros térreos, los más pesados (del  $_{90}\text{Th}$  al  $_{103}\text{Lr}$ ).

## 2.c. Las Estrellas

La primera unión de protones y neutrones se supone combinada en seguida tras el *Big Bang*. Es la que originó el núcleo del átomo de Deuterio ( $^2_1\text{H}$ ). Apenas uno o muy pocos minutos más tarde comenzaron a fusionarse pares de protones con neutrones y se constituyó el átomo de Helio ( $^3,^4_2\text{He}$ ). Al terminar la «era oscura» unos cientos de millones de años más tarde, se encendieron y dispararon las primeras estrellas y comenzó a ser realidad la inmensa «vastedad del Universo»<sup>8</sup>. Nuevas fusiones iban generando átomos más pe-

sados: Carbono ( ${}_6\text{C}$ ), Oxígeno ( ${}_8\text{O}$ ), Nitrógeno ( ${}_7\text{N}$ ), a la vez que los astros se expandían más y más. Siguieron formándose elementos frecuentes y más altos en el Sistema, como el Hierro ( ${}_{26}\text{Fe}$ )...

La estrella más próxima a nuestro Sol dista de éste 300.000 veces más que nuestro planeta. Las estrellas nacen en nebulosas, donde se las ve formándose con fuertes flujos bipolares. Las de masa moderada terminan como enanas blancas o nebulosas planetarias. Las de masa grande dan lugar a agujeros negros, estrellas de neutrones o «impresionantes supernovas»<sup>9</sup>. Son formidables las masas y energías de las estrellas, sus cambios y los de sus entornos. No todos los vemos, pero aun los que ocurren en la oscuridad se están investigando.

Cómo se forman estrellas masivas y otras menores, lo explica María Teresa Beltrán<sup>10</sup>. Las primeras —dice— «dominan la aparición y evolución de las galaxias». Tienen una masa cerca o más de 50 veces la del Sol, y una temperatura que ronda el séxtuplo de la de éste. Sintetizan elementos pesados, inyectan energía en el medio interestelar e influyen en la tasa de formación de nuevas estrellas. No se conoce con certeza el origen de las masivas, que podría ser un efecto de acreción, o deberse a fusión de estrellas menores. Se cuestiona y se investiga si la ignición de estas masivas se produce o no antes de que terminen de crecer: parece consecuente que su radiación aleje polvo y gases a su alrededor, lo que les impediría seguir creciendo. Por otra parte, no se han observado cúmulos lo bastante densos cerca de las nuevas, lo que favorecería la hipótesis de la fusión de menores. En torno a nuevas masivas se han observado estructuras discoideas, que podrían influir en nueva acreción de masa reduciendo la presión de radiación sobre material en colapso.

Para el origen de estrellas menores, la autora citada (Beltrán, 2011) sostiene el siguiente proceso: una nube de gas y polvo en equilibrio rota lentamente soportada por campos magnéticos, y una perturbación la hace colapsar bajo su propio peso; en medio de un disco rotante nace y crece la protoestrella: por ambos extremos del eje de rotación se expulsa material como flujos de gas. Los flujos se abren dispersando material de la nube. Cuando cesa la dispersión de la nube, el conjunto disco y protoestrella se hacen visibles: tiempo, entre 1 y 10 millones de años. Al final, la estrella en formación se contrae, y alcanza la densidad y temperatura necesarias para sus reacciones termonucleares. El disco se le incorpora o se divide en planetas.

Se detectan dos o tres estallidos cósmicos diarios en la Vía Láctea. Los eventos más energéticos y brillantes son los estallidos de rayos gamma y las supernovas<sup>11</sup>.

## **2.d. Galaxias y Agujeros Negros**

Galaxias son sistemas constituidos por numerosísimas estrellas, partículas, gases y polvo interestelar que giran alrededor de un núcleo central con radios distantísimos en órbitas bien elípticas o espirales, o formando un disco, más o menos regulares o irregulares. Se conocen y estudian muchas, clasificadas en una veintena de tipos; se hallan en movimiento ocupando extensísimos espacios, y a distancias enormes, haciendo al universo increíblemente extenso. Se han podido estudiar las masas grandísimas y las energías que emiten con diversas luces y colores.

Se estudia la relación de la formación de galaxias con los agujeros negros interestelares, tras observar emisiones de chorros en la dirección de su eje de rotación y emisión de rayos X por un disco de acreción que rodea su bulbo oscuro. Tienen también su parte y momento en la evolución del Universo<sup>12</sup>.

## **2.e. Planetas**

Las estrellas se expansionan y organizan en galaxias, y algunas o muchas se pueden dividir en planetas.

Los planetas que conocemos en nuestro Sistema Solar son cuerpos celestes, esféricos o cuasi-esféricos, sin luz propia, que giran en órbitas en general elípticas alrededor de una estrella como nuestro Sol, del que reciben y reflejan luz pues no la tienen propia.

Se han observado varios cientos de planetas alrededor de estrellas semejantes a nuestro Sol, y se investigan sus estructuras, sus masas, órbitas, y periodicidad, así como sus posibles procesos de formación. Y entre ellos se buscan los que puedan parecerse a la Tierra en texturas y energías, además de las posibilidades de vida en ellos<sup>13</sup>. Sólo un 4% del Universo, o menos, se estima que se halle constituido por materia como la que conocemos en la Tierra.

Obviamente, tras este pobre resumen de los primeros grandes pasos progresivos conocidos del Universo en las primeras formas de energía y de materia, y de su organización en átomos, estrellas, galaxias y planetas, pasemos a revisar rápidamente los que siguen a la integración de aquellos en moléculas; el origen y diversidad de las primeras formas de vida, las células, y la constitución y progreso de organismos pluricelulares, hasta el ser humano, su mente y nuevas construcciones. Todo ello, claro, por lo que podemos observar y analizar en el planeta Tierra.

### 3. LA VIDA: DEL ÁTOMO A LA CÉLULA Y AL ORGANISMO

Nos queda aquí por repasar —más bien examinar— estos escalones entre niveles del Universo que vemos y estudiamos: el origen de la vida y cómo las células y organismos vivientes se conocen compuestos de moléculas y éstas de átomos. Esto es, empezar por explicar el paso del átomo a moléculas y de moléculas a la célula viva.

Recordemos los más de cien géneros de átomos, que se les distingue por una variable numérica del 1 al 110, y que cada uno de estos números atómicos y los elementos atómicos que representan pueden a su vez no ser singulares y únicos, sino tener variantes menores, los isótopos. Son estables básicamente estos átomos que constituyen los 110 elementos, pero tampoco son energéticamente neutros, sino que tienen cargas eléctricas positivas o negativas que pueden intercambiar; esto los mantiene unidos, con nuevas propiedades y eficacias, en entidades compuestas que llegan a ser eficacísimas e innumerables: las moléculas.

#### 3.a. Moléculas

Todas las sustancias naturales que conocemos, animales, vegetales, minerales, sólidos, líquidos, gases, sean éstos industriales o atmosféricos, están integrados, compuestos por moléculas que identifica y estudia la Química, y las moléculas se componen de átomos.

La diversidad de los **átomos** es notable, pues, pero su número no parece excesivo. Sus vaivenes energéticos les permiten intercambiar energías, y estos intercambios llegan a ser vinculantes. Los intercambios y vinculación constituyen compuestos atómicos, nuevas entidades definidas y con capacidades operativas muy diversas, que son las **moléculas**.

Así es, por ejemplo, cómo dos átomos de hidrógeno (H) y uno de oxígeno (O) unidos ( $H_2O$ ) hacen el agua, extensísima en el planeta Tierra con las condiciones de éste, maravillosa e inmensa en sus tres estados: el líquido sobre todo, el gaseoso o vapor y el sólido hielo. Un átomo de cloro ( ${}_{17}Cl$ ) con uno de sodio ( ${}_{11}Na$ ) hacen la sal (ClNa); uno de azufre ( ${}_{16}S$ ) con cuatro de oxígeno y uno de calcio ( ${}_{20}Ca$ ), el yeso ( $SO_4Ca$ ), mineral frecuente en la corteza terrestre y en obras humanas, que unido a dos moléculas de agua cristaliza en conjuntos bellísimos de varios colores, de máxima blandura y máximo brillo. El número de moléculas posibles de estos compuestos sencillos, llamados «minerales» llega así a ser enorme, con nuevas y múltiples capacidades en nuevos órdenes o mundos operativos, en gases, líquidos y sólidos, con ricas variedades de cristalización, dureza y color.

Las que son innumerables son las llamadas moléculas orgánicas, basadas en la enorme capacidad de los átomos de carbono (C) no sólo de cristalizar con máximo brillo y dureza en el diamante, sino de reaccionar uniéndose uno a otro y otros más en cadenas de muy alto número dejando más y más valencias libres que vinculan hidrógeno y oxígeno en alcoholes, en azúcares hasta la alta composición de utilísimos polisacáridos. Con otras proporciones de hidrógeno y oxígeno se forma el mundo variadísimo de ácidos grasos, glicéridos y lípidos. Si se añaden átomos de nitrógeno a sacáridos resulta la innumerable y activa diversidad de compuestos de aminas, amidas y aminoácidos. Y si entra el fósforo (P), polivalente, se llega a las larguísimas autorreproducibles de los ácidos nucleicos (ARN, ADN), base de los virus y de la vida celular, que recordaremos a continuación<sup>14</sup>.

Estos diversísimos compuestos, aminoácidos o sales, llegaron a componer la materia viva. La composición y organización de cada ser vivo, uni-pluricelular, se trasmite por un código informativo. Cada unidad de este código se llama **gen**: el término «gen» puede entenderse como un cambio molecular o como su resultado, una clave, la doble hélice de ADN, y/o su transcripción y lectura, el ARN que dirigirá el desarrollo del ser vivo, célula u organismo. Estudios de alta tecnología microscópica están llevando a conocimientos muy detallados de las formas más simples de vida, e incluso de sus antecedentes en edades remotas.

### **3.b. De las moléculas a las primeras células vivas**

Hace treinta años, E. Boureau<sup>15</sup>, recogiendo datos de unos cuantos yacimientos de altas latitudes sur y norte de nuestro planeta, y edades muy an-



tiguas, más unos pocos tropicales no tan viejos, presentaba una reconstrucción de los primeros cambios y señales de vida en nuestro planeta Tierra, que siguieron a la formación de la corteza dura, el agua oceánica y la atmósfera.

Los cortes y yacimientos conocidos eran: uno en Groenlandia, datado 3.800 MaAP, dos en Swazilandia, Onwervacht 3.300 Ma y Fig Tree 3.700 Ma, Bulawayo (Zimbabwe) 2.800 Ma. Ya en el Proterozoico, Witwatersrand 2.200 Ma y Valien 2.000 Ma en Sudáfrica; Gunflint 1.900 Ma (Canadá); Belcher 1.700 Ma en la Bahía de Hudson; Beckspring 1.300 Ma en el Sur de California; Richat (Mauritania) y Nora (Mali) alrededor de 1.000 Ma, cuando se pasa del Proterozoico Medio al Superior.

El autor data el enfriamiento de la Tierra en poco menos de 4.550 MaAP, sin atmósfera todavía, y a partir de entonces comienzan a escapar cantidades de Hidrógeno y Helio. Ya después de los 4.000 MaAP, en tiempos arcaicos, con mucho sol y volcanismo, sitúa el origen del metano, del amoniaco, de los primeros glúcidos, lípidos y aminoácidos. Estudió especialmente los fósiles del sitio de Richat, donde pudo distinguir microacervados de estructuras no lapídeas, esférulas de entre medio y menos de cinco micrones que llama «coccoides»: colonias filamentosas y aglomerados esféricos de estos coccoides parecidos a oolitos pétreos, otros con forma irregular. En algunos se distingue una envoltura delgada que interpreta como membrana, y en otros concentración de coccoides que llegan a abrir un poro en la membrana: estos conjuntos sólo pueden interpretarse como verdaderas células inclusive con núcleo, por tanto eucariotas, y casos con incipiente división en dos.

Podríamos definir la **vida** como la propiedad distintiva de entidades materiales complejas compuestas de diversas moléculas orgánicas, capaces de autoorganizarse, sustentarse, reproducirse, e influir diversa y notablemente en su entorno.

Los primeros seres vivos son unicelulares, o sea simples células vivas aisladas, con una fantástica diversidad, y el registro fósil muestra que ocuparon ambientes en el planeta Tierra, solos, durante más de dos mil millones de años. Se clasifican en el Reino o Super-reino **Móneras**, que comprende las **Bacterias**, unicelulares, y también posiblemente los **Protistas**, según algunos.

Varios autores, incluyen también a los **Virus**, pero otros los separan como no celulares, y no faltan quienes los clasifican aparte como «no vivos», y no sin razón, pues un virus es una molécula compleja, un lazo de ácido ri-

bonucleico (ARN), eso sí, protegido por una cubierta proteínica. Pueden desdoblarse y reproducirse estas moléculas, pero no subsisten ni operan unidas a una sustancia que los alimente, sino a costa de otros vivientes, sirviéndose su genoma de la célula huésped para reproducir el ácido ribonucleico propio y su cubierta<sup>16</sup>. Este reino aislado puede derivar de una amplia variedad de otros vivientes, pero no falta quien propone para los virus un solo o unos pocos orígenes que podrían ser inorgánicos y distintos de los de estos otros. Los ácidos nucleicos son edificios moleculares muy complejos y organizados, guardan y administran muy diversa información biológica: su promoción y replicación, su composición y morfogénesis, sus transcripciones y modificaciones posibles, y las distintas proteínas activadoras de tales operaciones se han podido estudiar en virus parásitos de bacterias<sup>17</sup>.

Las bacterias se clasifican en dos grupos diferentes: **Arqueobacterias** y **Eubacterias**. Unas y otras son unicelulares y **procariotas**, esto es, consisten en una célula sin núcleo definido. Una membrana fotosintética, con glóbulos de lípidos y un flagelo exterior, encierra un plasma con cuerpos poliédricos, que incluye también la tira de ácido ribonucleico, reproducible y reproductor. Se las supone originadas en mares de la Era Protoarcaica con abundante material energético de surgencias magmáticas y se las reconoce como fósiles en rocas de Warrawoona (Australia), de hace unos 3.500 Ma, y en todas las edades geológicas hasta hoy.

Las **Arqueobacterias** y las **Eubacterias** difieren notablemente en compuestos químicos y en estructura, y sigue sin aclararse su parentesco filogenético. El grupo Eubacterias contiene la gran mayoría de las diversas bacterias de todos los tiempos<sup>18</sup>. Un tercer grupo, las **Cianobacterias**, es relacionado por algunos con los **Eucariotas**, concretamente con las algas.

La célula **Eucariota** consta de una pared exterior que recubre la membrana celular envolvente y con un flagelo. Dentro, el cloroplasto, que contiene un retículo endoplasmático, mitocondrias y dictiosomas, y además el núcleo bien definido con una fina cubierta nuclear, y en su interior un nucléolo. Es propia de otros microorganismos, también unicelulares, como los Protozoos. El registro fósil de eucariotas es ya copioso en sedimentos meso-proterozoicos de hace unos 1.500 Ma, y varios protistas se distinguen con esta edad. El dato de su origen obviamente pudo ser más próximo a los dos mil millones de años.

Los primeros eucariotas, seres vivos unicelulares con núcleo, son clasificados como Reino **Protista**, y éstos se distinguen desde el Eón Proterozoico

en **Protozoos** y **Protofitas**, pues lo más notable que los distingue son los parecidos de los unos y los otros con los organismos compuestos animales o vegetales que aparecerán más tarde<sup>19</sup>.

Los **Protozoos** (sub-reino), carecen de pigmentos fotosintéticos salvo algunos flagelados tardíos. Los más antiguos son los **Radiolarios**, que se conocen fósiles desde el Precámbrico y hasta el presente. Tienen endoplasma y ectoplasma, separados por una cápsula quitinosa con perforaciones, y en el exterior espículas radiales. Se clasifican en varios grupos. Los **Actinópodos**, de forma esférica, tienen el núcleo contenido en un endoplasma separado del ectoplasma, éste con vacuolas; al exterior finos pseudópodos radiales, y son propios del plancton marino. Otros del grupo son los Acantarios, conocidos desde el Terciario, con 20 espículas radiales de acantina o sulfato de estroncio, y los actuales Heliozoos, del plancton dulceacuícola, parecidos a los radiolarios pero sin esqueleto, que no se conocen fósiles.

Otro grupo, la Clase **Rizópodos**, tienen pseudópodos filiformes, lobulados o reticulados, e incluye dos órdenes abundantísimos: los Foraminíferos, con fósiles frecuentes desde el Cámbrico, hace más de 500 Ma, con una o más cámaras y caparazón calcáreo, muy abundantes en mares de todos los tiempos, máxime en épocas muy cálidas y aun gigantescos como los numulites del Eoceno, y las Amebas, de aguas dulces, o parásitas, sin caparazón, por ello sólo se conocen las actuales. Otros parásitos sin fósiles conocidos son los Esporozoos.

Los **Flagelados** deben su nombre a tener uno o dos flagelos; planctónicos salvo algunos parásitos. Unos con esqueleto calcáreo, los Cocolitofóridos con fósiles desde el Carbonífero (hace entre 370 - 300 Ma), y dos grupos con esqueleto silíceo: los Dinoflagelados con un par de flagelos y una cintura en surco que les da forma de 8 (ocho), desde el Jurásico (entre 150 -190 Ma) en el plancton marino y dulceacuícola, y los Silicoflagelados, que tienen una o dos envolturas, en este caso unidas por comisuras, y espinas al exterior, con fósiles desde el Terciario.

El subtipo **Ciliophora**, sin esqueleto mineral y con cilios útiles para la locomoción y captura, incluye a los Tintínidos, con «loriga», una capa quitinosa en forma de copa, a veces incrustada con granos de arena. Viven en el plancton marino; se les conoce fósiles desde el Jurásico Superior y frecuentes en el Cretácico Inferior.

Las **Protofitas** son vivientes unicelulares eucariotas con clorofila u otros pigmentos fotosintéticos, a veces reunidos en agregados de células in-

diferenciadas o muy poco diferentes. Casi todas entran en la denominación de **algas**. Estas son a veces incluidas en el nombre de «plantas», y concretamente en el de «plantas talofitas». El talo es un sencillo aparato vegetativo de células unidas en soporte, filamentoso o laminar, no diferenciado en tallo y raíces: se conoce en algas y hongos, lo que puede indicar parentesco filogenético o bien convergencia, pero no debe impedir que las primeras se cuenten como vivientes unicelulares, protistas, y los hongos se mantengan entre los organismos pluricelulares diferenciados.

Se conocen algas azules y pardas, rojas, verdes y volvocales. Las algas azules son Cianofíceas, con pigmentos verdes-azulados, se reproducen por simple división celular o mediante esporas internas, y algunos las clasifican como plantas o vegetales. Se las menciona desde el Paleoproterozoico, entre hace más de 2.000 Ma, y hasta del Arcaico más de 3.000 Ma<sup>20</sup>.

Las Rodofíceas, o algas rojas, tienen clorofila y otros pigmentos, como la ficocianina y la ficoeritrina, de donde les viene un color más rojizo que violeta. Son algas marinas, con reproducción alterna, y talos calcificados, que se conocen fósiles desde el Ordovícico, más o menos de 460 MaAP. Clorofíceas son las algas de color verde por sus cromatóforos con clorofila, y Feofíceas las algas pardas, que además de clorofila tienen fucoxantina, y son generalmente marinas, como los sargazos. Las algas Volvocales, con cloroplastos y flagelos, son planctónicas de agua dulce: las hay simples unicelulares libres o formando colonias de células no diferenciadas, en números limitados y fijos como 16 en el género *Pandorina*, 32 en *Eudorina*, o esféricas, hasta con más de mil en *Volvox*.

Las Diatomeas son algas unicelulares con esqueleto externo de sílice opalina formado por dos valvas cilíndricas abovedadas («frústulas») y encajadas por sus extremidades en un «cíngulo»: la de dentro se considera inferior, hipovalva, la envoltura externa superior, epivalva o epiteca. En tamaño se parecen a los protozoos dinoflagelados, la mayoría de éstos entre 10 y 100 micrómetros; las hay con menos de uno y con más de mil  $\mu\text{m}$ . Se clasifican en dos grandes grupos, según la simetría externa, que es radial en el Orden *Centrales* y bilateral en el O. *Pennales*. La estructura, relieves, forámenes, aréolas, espinas y otros detalles confieren a las diatomeas una muy grande y vistosa diversidad desde el Cretácico. Se conocen ya del Toarciense, final del Jurásico Superior, alrededor de 180 MaAP<sup>21</sup>. Desde entonces hasta el Holoceno y reciente, los estudios sobre distribución geográfica, tafonomía, contextos sedimentarios de sus fósiles y eventos críticos en su evolución dan a las dia-

tomeas un papel importante en Estratigrafía, Paleontología y crisis globales del Mesozoico y todo el Cenozoico.

Diversas son las clasificaciones de los **Acritarcos**, un grupo heterogéneo, posiblemente polifilético, de microfósiles con pared orgánica, una o doble, varía en grosor y relieve, y parecidos a granos de polen: formas muy diversas, esféricas, fusiformes, semilunares, triangulares, ovoides; apéndices simples o dicotómicos, palmeados, lobulados o complejos; distintas roturas de escape; tamaños de pocos micrómetros a varios milímetros, y reproducción rámea o no rámea. Su clasificación es difícil por presentar afinidades, bien con cistos de dinoflagelados, o con algún grupo de algas verdes, o algún estadio del ciclo vital de algas. Se han citado en el Arcaico, más de 2.500 MaAP, y son fósiles frecuentes desde el Proterozoico Inferior (menos de 2.500 Ma) hasta el presente, con diversificación notable en el Proterozoico final, diversidad que declina en el Devónico, cerca de 360 MaAP.

No puedo dejar el tema de los primeros y sencillos vivientes sin recordar a los **Estromatolitos** aunque éstos no sean un grupo taxonómico de entidades biológicas sino estructuras líticas, eso sí, de origen biogénico, y muy importantes en Paleontología regional y de cuencas. Se les conoce desde el Arcaico Inferior, o Paleoarcaico (3.600 - 3.200 MaAP), y abundan en formaciones del Proterozoico Medio (1.600 - 1.000 MaAP). Los estromatolitos más antiguos de Australia y Sudáfrica son como arrecifes, estructuras de composición generalmente calcárea que sólo pueden estar formados por comunidades biológicas de diversos componentes. Los más antiguos atribuidos a comunidades microbianas, son totalmente análogos a los arrecifes biotermales de algas e invertebrados en mares fanerozoicos y modernos. Alcanzan importante diversidad en tamaños, en morfología y taxonomía, y en los medios acuáticos que los albergan y albergaron<sup>22</sup>: ello les hace útiles también en Estratigrafía y Paleoecología.

Termino este recorrido somero por los microbios, unicelulares eucariotas, admirando una vez más su extraordinaria multiplicación, diversidad y adaptación, con lo que han llenado las aguas de nuestro planeta y poblado sus fondos desde hace más de 2.500 Ma. Hace poco se les ha clasificado, con métodos moleculares basados en el análisis de DNAs por reacciones en cadenas de polimerasas, en más de 40 ó de 50 subgrupos, repartidos en 8 grupos mayores, atendiendo a la composición y estructuras de las membranas y otras cubiertas protectoras con flagelos y pseudópodos, de mitocondrias, cavidades secundarias, y posesión o no de clorofila u otros pigmentos fotosintéticos.

De los 8 grandes grupos, dos incluyen subgrupos de algas, otros dos amebas con algunos protozoos, tres más protozoos diversos<sup>23</sup>. El número de especies actuales de protistos se eleva a decenas de miles y el de protistos fósiles no sería menos de la mitad<sup>24</sup>. Su señorío en los medios acuáticos de la Tierra duró más de 1.500 millones de años hasta que se extendieron los primeros animales acuáticos, muchos de los cuales los devoran como alimento, y esto, hasta la fecha, no los ha hecho decaer.

### 3.c. De la célula al organismo: animales, hongos y plantas

Como decíamos, el éxito vital de los microorganismos no se quebranta con la aparición, antes del final del Proterozoico, de los primeros organismos vivos complejos, formados por conjuntos diversos de numerosas células diferentes, y eso a pesar de que no pocos de éstos se alimentan de protistos; además, móneras o protistos, sobre todo bacterias, subsisten a costa de los grandes organismos. Cabe explicar esto si unos y otros se necesitan, o porque el nivel distinto de composición, de capacidad, campo y eficacia operativos, superior más que diferente en los multicelulares, no destruye sino que respeta o deja a un lado, o mejor se apoya y sustenta sobre los niveles inferiores de ser, materia y energía, átomos, moléculas y vida celular.

Tardó mucho, ciertamente, el diverso y eficaz mundo de las células en llegar a combinaciones innovadoras y sólidas entre diversos. De los tres grandes modelos de organización de pluricelulares que se conocen como 3 Reinos, el de los Hongos, el Vegetal y el Animal, los **Hongos** son los más sencillos y se conocen fósiles desde el Ordovícico, hace no más de 488 Ma. Estudios moleculares estiman su origen en unos 1.000 MaAP: no tienen por qué ser muchos menos, y sí es muy probable que el dato de su origen exceda al de sus primeros fósiles conocidos<sup>25</sup>.

Los **Vegetales**, macroorganismos que llegan a tamaños de muy pequeños a muy grandes, son relativamente sencillos, pues se componen de pocos tejidos, o tipos celulares y funcionales, distintos en raíces, tallos o troncos de madera y hojas de color verde por el pigmento fotosintético, además el aparato reproductor, las flores, que no se enriquecen en formas y sobre todo en colores que las embellecen hasta muy tarde, en el Cretácico.

No se tiene por cierta la presencia de musgos —**Briófitas**— ni el reconocimiento de vegetales por esporas antes del Fanerozoico en el Cámbrico y

en el Ordovícico: es la llamada *Era Arqueofítica*, en que abundan ciertamente bacterias y algas, entre las que estaban sus antecesores.

La *Era Paleofítica* comienza realmente con el periodo Silúrico, hace en torno a 444 Ma, de cuando se conocen diversas psilófitas y paleofitales, hasta finales del Devónico, hace unos 360 Ma. Las **Pteridófitas** o criptógamas vasculares incluyen a los helechos y equisetos; tienen raíz, tallo y hojas diferenciados y aparato reproductor sencillo. Incluyen las psilófitas, exclusivamente fósiles de dicho intervalo paleozoico, con rizomas subacuáticos, tallos aéreos, con hojas muy pequeñas o ausentes, y esporangios sencillos en las axilas de las hojas o en los extremos de los tallos<sup>26</sup>.

La *Era Mesofítica* comienza con el periodo Carbonífero, hace alrededor de 359 Ma, multiplicándose las pteridófitas y con expansión de las **Pteridospermas**, las **Articuladas** y las **Gimnospermas**. Estas y sus bosques se hacen ya dominantes en lo que queda del Paleozoico, y en el Mesozoico durante todo el Triásico y el Jurásico.

En el Cretácico Inferior, desde hace cerca de 140 Ma, se expanden con sus flores coloridas las **Angiospermas** a expensas de las anteriores, favorecidas en su polinización por insectos que vuelan además de percibir distintos colores: ésta es la *Era Neofítica*, hasta el presente.

Más complejos son los organismos del **Reino Animal**, de los que se conocen ciertamente fósiles desde finales del eón Proterozoico. La edad de los primeros se estima por métodos moleculares entre 1.000 Ma y 700 Ma<sup>27</sup>; el registro fósil es ya seguro y extenso en el periodo Ediacareense, o sea desde hace 630 Ma. Con seguridad, pues, la Naturaleza subió el nuevo gran escalón de estos vivientes multicelulares entre estos dos datos: hace unos 650 Ma o más, no mucho menos de 1.000 Ma. Compuestos de diversos tejidos, y cada uno de estos lienzos de un alto número de células de un tipo y con un cometido vital distinto. Vivían en mares, en el fondo o en el plancton: muchos fijos al fondo en colonias producidas por gemación, de las que podían salir individuos libres<sup>28</sup>.

Los primeros animales, los **Celenterados** de tipo gástrula, con dos envolturas o «blastodermos», el endodermo y el ectodermo; tenían una cavidad interna, «arquéteron», con función gastro-vascular, y una abertura al exterior, «**blastoporo**», que servía en unos para ingestión de alimentos y en todos para expulsión de residuos; unos eran coloniales, otros libres, y otros



podían alternar. Ya en el Proterozoico se conocen tipos distintos: **Poríferos** y **Cnidarios**.

El Tipo **Poríferos** tiene una cavidad atrial externa que no es parte del organismo, a donde van a parar canales excretores y se abre al exterior por un ósculo. El agua, con alimento, entra por poros abiertos en los tabiques. Se conoce desde el Precámbrico la Clase **Esponjas**, con esqueleto silíceo formado por espículas, y que llega a tener representantes actuales, tras una variada historia con ramas renovadas en distintas edades. Otra es la Clase **Arqueociatos**, con corta vida en el Cámbrico, asociados a algas calcáreas y útiles en Estratigrafía.

El Tipo **Cnidarios** comprende tres clases: los **Antozoos**, muy diversos pólipos coralarios, conocidos desde el Precámbrico en Australia y Sudáfrica, octocorales; la subclase Alcionarios, hexacorales, y tetracorales los Zoantarios. Las otras dos clases tienen formas alternantes, de pólipo y medusa: estas últimas pueden fosilizar por impresiones en el estrato, como las del Cámbrico Inferior de Constantina (Sevilla), unas setenta de la Clase **Hidrozoos**, y la Clase **Escifozoos**, conocida también ya en el Proterozoico, antes del Cámbrico<sup>29</sup>.

Más complejos, también muchísimo más abundantes y diversos, con riquísima y alterada historia evolutiva, son los animales **Celomados**, que se clasifican en una veintena de tipos con una tercera envoltura, el «mesodermo», una nueva cavidad, el «celoma», y simetría bilateral. La complejidad orgánica necesitaba comunicaciones y conductos: esto se satisfizo con órganos respiratorios, sistema excretor, tubo digestivo, centros y conductos circulatorios y nerviosos. Estas necesidades encontraron tres soluciones: primera, la de los **Protostomos**, con la división de la gástrula en boca y ano; todos **hiponeuros** con un cordón nervioso, sencillo o doble, bajo el tubo digestivo; de siete tipos, los principales y más conocidos por fósiles son **Anélidos**, **Artrópodos**, **Moluscos**.

Los fósiles de Metazoos con esqueleto más antiguos conocidos se han identificado en el Neoproterozoico de Namibia, Brasil, China, Omán y España. Aquí se han estudiado fósiles en el tiempo que va de fines del Precámbrico a los comienzos del Fanerozoico, esto es que cruza de la Era Neoproterozoica a la Paleozoica, a uno y otro lado, poco antes y poco después de los 542 MaAP. La Formación Pusiense, y el Alcudiense Superior que la precede en Castilla-La Mancha, vienen a coincidir con casi todo el Ediacareense (630-542 Ma)



si bien la del Pusa rebasa el límite terminal de éste y se introduce ya en el Cámbrico. En el Alcudiense superior, además de algunos unicelulares se identificaron filamentos carbonosos como de algas, e icnitas de organismos vermiformes indeterminados. En calizas de Abenójar fragmentos de bulbos calcáreos incluso con estructuras externas y capas de concha; en el Alcudiense superior de San Lorenzo de Calatrava valvas de un molusco conocido en el Cámbrico basal de Siberia y Mongolia, y también en pizarras del Pusa varias icnitas, algunas de artrópodos, y fragmentos esclerotizados de caparzones de éstos<sup>30</sup>.

En los **Deuterostomos**, la boca es abertura distinta y nueva: entre ellos, los **Cicloneuros** con sistema nervioso en forma de anillo alrededor del esófago del que parten cordones radiales; de nueve tipos, se conocen por fósiles los **Graptolitos**, **Briozoos**, **Braquiópodos**, **Conuláridos** y **Equinodermos**, estos últimos adquieren simetría pentagonal. Tercero, los **Epineuros** o cordados, con una cuerda nerviosa dorsal, divididos en tres tipos: los **Cefalocordados** o **Acranios**, los **Urocordados** o **Tunicados** y los **Vertebrados** o **Craneados**. Están representados por fósiles ya en el Proterozoico Superior: los Anélidos, Artrópodos, Moluscos y Equinodermos.

Del Cámbrico son, en la base los Braquiópodos y Conuláridos, luego los Graptolitos y al final Briozoos —de cerca de 542 Ma a 488 MaAP. Los primeros Vertebrados son del Ordovícico, hace menos de 490 Ma: éstos se diversifican en aguas del Devónico; los terrestres a partir del Carbonífero, de cuya base ya se conocen Anfibios. Lo notable para nuestra cuestión es que hace más de 542 Ma y cerca de los 1.000 MaAP vivían ya diversos tipos de animales, por lo que puede bien inferirse que su origen debe remontarse a más de los mil millones de años, aunque quizá no mucho más, si esa sorprendente diversidad ocurrió muy pronto, próxima al origen.

Y otra cosa que llama muchísimo la atención es la eficacia asombrosamente desarrollada y ordenada de las serpentinas de ácidos nucleicos en el óvulo fecundado para ir produciendo rápida y ordenadamente, en los celomados, las distintas células de las tres capas embrionarias con el poder de multiplicarse fabulosamente y creando los diversos tejidos dérmicos, digestivos, musculares, sanguíneos, respiratorios, nerviosos, reproductores, excretores y del esqueleto. Y todo ello con orden y concierto: en las fases de larva, crisálida y adulto, para reina, obreras y zánganos, en innumerables insectos; a lo largo de la gestación en bolsa o dentro del vientre en marsupiales y placentados.

Las divisiones estratigráficas —eones, eras, períodos, épocas— en que situamos los fósiles, los ambientes y sus cambios, y los datos cronométricos que las definen, son los revisados en la Escala Estratigráfica Internacional (*International Stratigraphic Chart*) por la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (IUGS) y la Comisión Internacional de Estratigrafía (ICS) en 2007.

### 3.d. El humano y su mundo

Y llegamos al ser humano. La especie humana, en sentido amplio, está bien clasificada como metazoo, celomado, vertebrado y mamífero del Orden Primates, muy semejante en todo a éstos, particularmente a los géneros *Pongo* (orangután), *Gorilla* (gorila) y *Pan* (chimpancé). Morfológicamente destaca ante todo por la bipedia, lograda hace 6 a 5 Ma, que desde los Australopitecos, además de otras ventajas, llevó a los humanos a manualidades extraordinarias. Pero fue la telencefalización, organización de nuevas redes neuronales envolventes lo que les trajo la reflexión y la consciencia, con ello la tecnología, la ciencia y el arte, el señorío y usos de toda la naturaleza, las urbanizaciones, la economía, la industria y el comercio, la gramática y la escritura, la medicina y la filosofía, los imperios y por desgracia las guerras, pero también las democracias.

Un crecimiento notable del encéfalo está registrado en varias regiones de África, con datos próximos, aun con más de 2,5 MaAP, en los primeros fósiles clasificados en el género *Homo*, y como especie *H. habilis*<sup>31</sup>. Precisamente los utensilios elaborados con técnica paleolítica elemental más antigua, o Modo 1 se datan también en torno a y con más de dos y medio MaAP, sin llegar por ahora a tres<sup>32</sup>.

La primera salida de humanos fuera de África, y el progreso tecnológico de los que allí quedaron con el Modo 2 de utensilios GF (gran formato), ocurren hace poco menos de 1,9 Ma. El cuidado de desvalidos es ya cierto en la población fósil de Dmanisi (Georgia), los más antiguos conocidos fuera de África, de hace cerca de 1,8 Ma<sup>33</sup>.

Progresos en la forma y función cráneo-facial, en la telencefalización, inferidos también de restos arqueológicos de industria, se conocen a partir de ese tiempo en África, con fósiles humanos de *H. ergaster* hasta cerca de 1,3 MaAP. Tras este dato tales fósiles escasean, pero es patente la exploración y expansión de humanos en Eurasia hasta los extremos oriental en el

norte de China y occidental en la Península Ibérica<sup>34</sup>. En la Cuenca de Baza y Guadix se conocen sitios con restos faunísticos y con utensilios líticos de hasta 1,7 MaAP, que testifican la expansión de los primeros salidos de África<sup>35</sup>, y con 1,3 Ma, o poco menos, el fragmento craneal de Orce en la misma cuenca<sup>36</sup>. Con dato muy próximo, más de 1,2 Ma, varios fósiles humanos en la calicata de exploración, bajo la antigua Trinchera de ferrocarril de la Sierra de Atapuerca (Burgos), del fondo de la Sima del Elefante<sup>37</sup>. Desde estos tiempos hasta los 700.000 (700 KaAP) años son muy escasos los sitios con fósiles humanos.

Es excepcional el Estrato Aurora, con más de 800.000 (800 KaAP), en los rellenos de la antigua sima llamada Gran Dolina en Atapuerca. El nivel Aurora no ha podido aún ser excavado en extensión y tardará algunos años más en serlo. Entonces sí que sabremos mucho más. Pero hace más de una década, se excavó una cata de prospección en un extremo del corte expuesto en la Trinchera con 2x3 m<sup>2</sup> de sección. Al llegar a ese nivel se descubrieron y excavaron 268 piedras ajenas al sedimento, de varias materias en cercanías, unas talladas, otras a medio tallar, otras restos de talla, y distribuidas como en grupos, igual que otros cientos de fósiles fragmentarios como restos de comida. Entre estos últimos más de cien fósiles humanos igualmente rotos. Al otro lado del corte y casi a la misma altura se prolonga el relleno como de una antigua entrada de la cavidad justo destruida al excavar la trinchera. Es evidente el uso antiguo de la cavidad, ocupada al menos un tiempo, con industria lítica del Modo 1 evolucionado y núcleos idénticos a otros vistos en Marruecos, Este de África y de Europa, en Próximo Oriente y Siberia, así como un canibalismo familiar y eutanásico<sup>38</sup>.

Los fragmentos de cráneo, de mandíbulas y dientes muestran rasgos conocidos en humanos primitivos antiguos y otros propios de más modernos. En análisis multivariantes, las mayores proximidades son con los de Palikao (Argelia) y los más antiguos de Zhukudián (China). No tienen nada de parentesco con el grupo de los neandertales, y sí pueden relacionarse con primitivos ocupantes de Eurasia. Pero, repito, más se podrá saber cuando la excavación extensa llegue a este nivel.

Ya en el Pleistoceno Medio, el primer tercio (781-610 KaAP), con dominio de los fríos, es pobre en fósiles humanos de África Oriental y del Sur; importantes, bien estudiados y contextuados los de Palikao (antes Ternifine, ahora Tighenif, Argelia), y varios sitios de Sangirán (Java), isla ocupada ya hace poco más de 1 MaAP<sup>39</sup>.

El segundo tercio del Pleistoceno Medio (610-420 KaAP) dejó pocos en África, pero importantes el cráneo de Bodo (Etiopía), de hace unos 600 Ka, con rasgos propios de antecesor de los Neandertales y sus parientes de Sudáfrica. Más en China, la mandíbula de Chenjiawo y los de niveles inferiores en Zhukudián (ZKD). Los de Gesher-B. Ya'akov y de Nadaouiyah en Próximo Oriente se parecen más a los de ZKD que a sus contemporáneos de Europa y África<sup>40</sup>. En Europa destacan la mandíbula de Mauer (Alemania), dientes de Fontana Ranuccio (Italia), y de Vergranne (Francia), y más de 80 fósiles humanos repartidos entre unos 18 niveles en la Caune de l'Arago (Tautavel, Francia), entre unos 540-400 KaAP, muy bien estudiados y con sus contextos, con variables duraciones en la ocupación y trazas de canibalismo<sup>41</sup>. Al comienzo de esta fase, o al final de la anterior, pudieron reanudarse las salidas de África a Europa: con éstas pudo entrar el Modo 2, de utensilios GF, un millón de años más tarde de su invención en África. Los humanos de L'Arago y la mandíbula de Mauer tienen rasgos indicadores de parentesco con la línea de Neandertales.

En el último tercio (420-126) ya abundan los registros humanos: En China unos 10 sitios además de ZKD; en África del Sur, Saldanha, Cave of Hearths, Kabwe con parecidos a Neanderthal, Florisbad más parecidos a modernos; en el Este varios en Tanzania, Kenya, Etiopía, Somalia; en Marruecos Salé, Qebitat, las Canteras de Thomas y Sidi Abderrahman. Otros en el Próximo Oriente y en la India. En Europa se contaban 30 sitios hace tres años<sup>42</sup>. Aquí el singularísimo de la Sierra de Atapuerca, la Sima de los Huesos (SH) en Cueva Mayor, con ya más de 7.000 fósiles humanos, de al menos 28 individuos, encerrados y enterrados por un derrumbe de ladera causado por el chaparrón veraniego del que se refugiaron. Parecidos a Neanderthal más que a modernos, se han estudiado hasta detalles del crecimiento en cráneo y cara con diferencias en los sexos, enfermedades, accidentes sanados y epidemias, y posibilidades orgánicas de lenguaje. El paleodemo Petralona-SH de Howell los reúne como antecesores próximos de los Neandertales (Howell, 1999). El hallazgo de un solo utensilio entre tantos cadáveres, Modo 2, finamente tallado en cuarcita parece indicar que iba bien sujeto al portador, como distintivo de jefe o maestro, o ambas jerarquías sociales<sup>43</sup>.

En el yacimiento Gran Dolina de la Trinchera de Atapuerca (TD), tras el cierre al exterior por crecida de rellenos, hace menos de 780 Ka, siguen subiendo éstos con materiales caídos del techo, hasta que la cavidad, ahora varios metros más alta, vuelve a abrirse al exterior con el retroceso erosivo de la ladera, al menos como un gran abrigo. Con ello, el tramo o unidad TD10 vuelve a registrar

ocupaciones humanas, y éstas intensas con gran cantidad de utensilios líticos y espesos rellenos de fragmentos de huesos, restos de comida, de competición con carnívoros, y algunos restos también de pellas regurgitadas por rapaces con huesos y dientes alterados de pequeños mamíferos. La extensión excavada de estos niveles, pues se comenzó desde arriba por los más recientes, es próxima a 80 m<sup>2</sup>. Es uno de los sitios más antiguos en que comienzan a verse utensilios y bases del Modo 3, con notable diversidad de formas y usos, compleja elaboración y múltiple aprovechamiento de una base, mediante trabajo que implica predeterminación de las formas finales y estandarización de los productos<sup>44</sup>, incluida la elaboración de los extremos proximales. Este Modo 3 dominará en la mayor parte del Pleistoceno Superior y ya antes de los 126 Ka.

En Sudáfrica se ha señalado el paso del Paleolítico temprano (*Early Stone Age*, ESA) al medio (MSA), hace unos 150 Ka, y en China éste puede empezar con el rico conjunto de Xujiayao, hace unos 120 Ka, si bien se anticipan los elaborados buriles de Dali, hace unos 200 Ka. No es grande, pues, la distancia cronológica entre este avance análogo e independiente, y que llevó un tiempo, seguro que desde el invento hasta que se estableció el modelo adecuado de sociedad y educación<sup>45</sup>. Entre hace quizá menos de 350.000 y más o menos 150.000 años se han producido cambios globales en diversas razas, con progreso industrial distinto pero análogo, y en organización y jerarquía social.

El Pleistoceno Superior, de hace 126 Ka a 11 KaAP, comienza con un interglacial y termina con el inicio del último, en el que aún hoy vivimos. Incluye glaciaciones de entre unos 75 Ka y 59 Ka; un tramo más o menos templado entre hace 59-27 Ka con once vivas subidas y bajadas alternando, y la última glaciación entre hace 27-11 Ka.

Durante cien mil años, pueblan Europa los Neandertales (*Homo neanderthalensis*, o quizás mejor *Homo sapiens neanderthalensis*), desde el comienzo del Pleistoceno Superior, hasta los datos de los últimos en el suroeste de Portugal, el sur de España y Gibraltar, de 26 Ka y aún 25 Ka, y penetran también en el oeste de Asia. Son muchos los sitios con neandertales en Europa y la Península Ibérica<sup>46</sup>: aún está siendo estudiado a fondo un grupo con más de 12 esqueletos en El Sidrón (Piloña, Asturias)<sup>47</sup>. Los «modernos» (*Homo sapiens sapiens*) tardaron más en venir, no mucho antes de los 40 milenios AP.

En el Próximo Oriente se conocen con rasgos totalmente modernos varios fósiles en el nivel C de Tabun, tres esqueletos en Yebel-Qafzeh (Israel) y otros diez en Es-Skhul, los tres sitios con edades comprendidas entre 105 y

90 KaAP. Algo más reciente, con más de 90 Ka, son los modernos de Border Cave; otro sitio más antiguo de Sudáfrica, Klasies River Mouth (KRM), de unos 120 Ka, incluye fósiles con rasgos modernos, y en ese intervalo, recordemos que en la misma región también se conocen otros con rasgos próximos a los neandertales, luego ambas estirpes fueron allí contemporáneas, así como en África Oriental donde hay modernos en Singa (Sudán) hace entre 128-96 Ka, en Mumba (Tanzania) entre 120-110. En Omo-Kibish (sur de Etiopía) el esqueleto 1, de hace 130 Ka, parece emparentado con la línea de Kabwe, mientras que el cráneo Omo-2, de un nivel algo más antiguo tiene rasgos modernos<sup>48</sup>. En Marruecos, se conocen modernos de Tamara y Dar-es-Soltán, de entre hace 90 y 60 Ka, mientras que los cráneos de Yebel-Irhoud, más antiguos, entre 90 Ka y más de 100 Ka, tienen clara mezcla de modernos, el rostro, y de neandertales el neurocráneo: más que primitivos indiferenciados me parecen mestizos; así también los de Kebara, Amud y Shanidar (Próximo Oriente), más recientes, entre 70-41 KaAP, llamados «neandertales de Levante», que tienen al revés, rostro neandertaloide y neurocráneo muy grande, con forma moderna.

El cráneo de Maba (China), cerca de 130 KaAP, se parece mucho a neandertales, si bien se descarta este parentesco, y parecido es el de Narbada (India), con más de 150 Ka. En China, además de Dali (c.200 Ka), presentan rasgos de chinos u otros más modernos fósiles de Donggutuo (más de 110 Ka), Xujiayao (e.125-104 Ka) y Jinniushan de edad próxima a éstos. Y algo también de común con modernos junto a formas heredadas de los primitivos ocupantes de Indonesia, se aprecia en los doce de Ngandong (río Solo) y los de Sambungmacan (Java). En resumen, rasgos claros de parentesco con tipos de razas modernas regionales se manifiestan en todo el Pleistoceno Superior del Antiguo Mundo desde hace más de 100 Ka. Y sus industrias líticas, algunas también con características regionales, se pueden clasificar como del Paleolítico Medio, comparables al Modo 3: así las peculiares de China, las de MSA de Sudáfrica, y ciertamente las asociadas con los humanos modernos del Próximo Oriente y del Norte de África. «Los conjuntos líticos son bastante parecidos en regiones del mundo distintas y distantes», y en tiempos próximos<sup>49</sup>.

Más de 100.000 años tienen los utensilios de la MSA de la Cave of Hearths, de KRM y de Singa en África; del Modo 3 típico («Musteriense») en Zuttiyeh (próximo Oriente), Denisova (Siberia), Didwana (India), así como Krapina (Croacia), Combe Grenal (Francia), Saccopastore (Italia), con neandertales. También en las estepas y entre montañas del centro-oeste de Asia en Lakhuti y Selungur (Tayikistan). Y así siguen encontrándose numerosos sitios en todo el mundo, con industrias del Modo 3, más o menos progresivas, o análogas,

hasta hace cerca de 40.000 años, lo mismo asociadas a fósiles de neandertal que a estirpes modernas, con variantes regionales<sup>50</sup>.

Con unos y otros fósiles de aquellos tiempos se encuentran asociadas pruebas de caza, de pesca, de distribución de espacio y aun acotamientos en lugares de cierta permanencia ya sean abiertos, cuevas o abrigos. Muchas capacidades de comunicación y reparto de tareas se dan en otros animales, primates, hormigas; pero en los humanos aquí referidos se añaden acciones que parecerían gratuitas, y se explican mejor como expresiones de conceptos elaborados: usos de ocre, muescas y grabados en huesos o en piezas líticas, ya sean sitios de África, Europa, Asia o Australia. En algunos, las marcas en piedras o huesos, conchas de moluscos perforadas y también trozos de cáscaras de huevo de avestruz, como colgantes, eran con seguridad distintivos personales como el gran bifaz de la Sima de los Huesos. Los conceptos, las responsabilidades sociales y sus expresiones tanto lingüísticas como grabadas o artísticas progresaban sin duda en aquel tiempo. Y también la percepción de algo no sentido ni experimentado, de más allá o trascendente que revelan las prácticas funerarias obvias en Krapina, Combe-Grenal, La-Chapelle-aux-Saints, Monte Circeo, La Carihuela, Teschik-Tash sepulturas de neandertales, en Skhul y Qafzeh de modernos, en Taramsa (Egipto), y en Shanidar con manojos de flores.

El tramo entre hace 44/45 Ka y 27 Ka registra un progreso decisivo en la tecnología, el arte y la expansión de la humanidad moderna.

Entre 45 KaAP y 29 Ka se conoce un Modo 3 tardío en gran número de sitios de Europa. Desde hace 44 Ka y hasta menos de 30 Ka, el modo progresivo llamado «Epimusteriense» en Eurasia y África. Un «Protoauriñaciense» se extiende entre hace 41-32 Ka, tardío hace 29 Ka en Cueva Morín. Se reconoce verdadero Auriñaciense entre 36/35 Ka y 27 Ka<sup>51</sup>. A partir de estos datos las primeras técnicas del Paleolítico Superior, o Modo 4, se expanden rápidamente en todo el Viejo Mundo: en el Próximo Oriente reconocido hace unos 35 Ka, en China y Corea 30 Ka, en Sudáfrica la LSA hace 33 Ka. Y progresan en nuevos conjuntos Gravetiense, Solutrense, Magdaleniense coincidiendo con las crudas oscilaciones térmicas de la Última Glaciación<sup>52</sup>. Las técnicas líticas se afinan más y más, particularmente en puntas de flechas y agudos cuchillos. También de hace 35 Ka son las primeras figuras artísticas, y quizás anterior alguna representación en madera.

Recordemos que datos entre hace 26 y 25 Ka son de los últimos neandertales conocidos, del extremo SW de Europa, y al borde del Océano Atlántico,



en Portugal, Andalucía y Gibraltar. Convivieron en la Península Ibérica con los modernos unos quince mil años. Se ha indicado que estos últimos fueron ocupando las tierras llanas y valles bajos o extensos, obteniendo caza gracias al arco y a su mayor organización, mientras que los neandertales iban quedando confinados en zonas montañas con alimento más difícil de conseguir, y en grupos más pequeños y dispersos, por lo que la endogamia fue reduciendo progresivamente la supervivencia, además de pandemias como la artrosis anquilosante, para la raza que huía de la Europa central asolada por el avance del glaciar.

El crecimiento de glaciares en aquellos milenios hizo descender el nivel del agua en los océanos, aumentando con ello la extensión de los continentes y acercando a éstos así como a islas de los archipiélagos. La aproximación de Siberia y Alaska fue decisiva y la conversión de las Aleutianas en un puente. Por ellas no se extendió el helado Océano Ártico, y sí llegaba a dichas tierras el clima más templado con las corrientes benignas que traían de latitudes más bajas las aguas del Pacífico, y lucía el sol. Son 20.000 ó 25.000 años AP los más que se pueden asignar a los primeros humanos que pasaron a las Américas y comenzaron a poblarlas, según las dataciones de los yacimientos con utensilios, y éstos son del Paleolítico Superior, de un típico Modo 4.

Y para este propósito, permitidme de nuevo citar a José de Acosta, que en su «*Historia Natural y Moral de las Indias*» (moral quiere decir humana) en 1590, cuando apenas algún explorador había pasado más al Norte de California y llegado a lo que es Vancouver, se plantea la cuestión y se atreve a responder:

«Fácil respuesta tiene la duda tan difícil que habíamos propuesto: cómo pasaron a las Indias los primeros pobladores de ellas, porque se ha de decir, que pasaron, no tanto navegando por mar, como caminando por tierra; y ese camino lo hicieron muy sin pensar, mudando sitios y tierras poco a poco; y unos poblando las ya halladas, otros buscando otras de nuevo, vinieron por discurso de tiempo a henchir las tierras de Indias de tantas naciones y gentes»<sup>53</sup>.

Y tras negar (Capítulo XXII) el paso por la famosa Atlántida, bromeando a Platón (págs. 35-36), se atreve a formular su hipótesis sobre los tiempos de este primer poblamiento en el capítulo XXIV:



«...el linaje de los hombres se vino pasando poco a poco, hasta llegar al nuevo orbe, ayudando a esto la continuidad o vecindad de las tierras, y a tiempos alguna navegación, y que éste fue el orden de venir, y no hacer armada de propósito, ni suceder algún grande naufragio. Aunque también pudo haber en parte algo de esto: porque siendo aquestas regiones larguísimas, y habiendo en ellas innumerables naciones, bien podemos creer, que unos de una suerte y otros de otra se vinieron en fin a poblar. Más al fin en lo que me resumo, es que el continuarse la tierra de Indias con esotras del mundo, a lo menos estar muy cercanas, ha sido la más principal y más verdadera razón de poblarse las Indias; y tengo para mí, que el nuevo orbe e Indias occidentales, **no ha muchos millares de años que las habitan hombres**, y que los primeros que entraron en ellas, más eran hombres salvajes y cazadores, que no gente de república, y pulida. Y que aquellos aportaron al nuevo mundo, por haberse perdido de su tierra o por hallarse estrechos y necesitados de buscar nueva tierra»<sup>54</sup>.

«... con el tiempo algunos hombres que en fuerza y habilidad se aventajaban a los demás, comenzaron a señorear y mandar,... y poco a poco creciendo vinieron a fundar los reinos de Perú y de Méjico»<sup>55</sup>.

Al final de la glaciación y constreñidos quizás por la destrucción extensísima de zonas vegetales, humanos de todos los continentes buscan comida en las orillas del mar, y marisquean, dejando los célebres montones o «concheros» no sólo en el Cantábrico, en costas de Galicia y Portugal, de Marruecos, norte de Europa, en todo el litoral de Perú, en Norteamérica.

El siguiente gran cambio se produce en los últimos diez milenios con la venida del cálido Interglacial en el Holoceno, y es bien conocido por productos e instrumentos nuevos, con nuevos materiales, usos y control ordenado de los territorios y productos de la naturaleza, y de las comunidades humanas, núcleos de población, imponentes construcciones de edificios simbólicos. Me estoy refiriendo al Neolítico y edades prehistóricas de la cerámica y de los metales, primeros imperios, primeras religiones y primeras escrituras.

El Neolítico, edad de los utensilios de piedra pulimentada, comienza mundialmente alrededor de hace 10.000 años (10 Ka), si bien no falta algún hallazgo local con dato más antiguo. Éste es el dato, con los tres milenios que

le siguen, del último gran salto cósmico o el penúltimo antes de lo que parece que va a suceder o está ya viniendo. A partir de entonces se conocen señales de pastoreo de ovinos, caprinos y bovinos, en todos los continentes; también restos de tejidos y cestería. Y desde hace 7.500 años en Egipto se conoce la práctica de la agricultura, que se empieza a introducir, independientemente, alrededor de hace 7 milenios, en diversas regiones de Asia y Europa, y más tarde en Méjico, y en Perú, sin mediar comunicación y con distintas plantas. Con la agricultura vienen también cabañas cubiertas y reunidas en primeros poblados, trabajo del barro, vasijas de cerámica, piedras de moler. De un milenio a dos más tarde comienza, también en regiones distantes, la Edad de los Metales, y en continentes apartados: primero el oro, fuente de riqueza y símbolo de dignidad, las piedras preciosas y el Eneolítico, Edad del Cobre, que se funde para hacer utensilios y vasijas además de las cerámicas decoradas; constan distinciones sociales también por las sepulturas megalíticas, los dólmenes. Todo esto progresa más aún en la siguiente Edad del Bronce, aleación eficaz, con alimentos elaborados y bebidas, domesticación del caballo, mejoras en vestidos, calzado, cuidado del cabello. De estos tiempos es también el invento de la rueda que, excepcionalmente, no llega a inventarse en las Américas. Con los metales es cuando nace, realmente, según E. N. Chernij, la verdadera «economía productora», o el «salto» hacia nuevos complejos tecnoculturales<sup>56</sup>. Con la siguiente Edad del Hierro nació realmente la Historia.

Hace ya más de 5.000 años, se distinguían dos estados o reinos en Egipto, y hace 5.150 a. comienza la primera dinastía del Imperio Antiguo con ambos unidos por el rey Narmer, poderoso y cruel como se ve en una paleta grabada<sup>57</sup>. La 2ª Dinastía (4.890-4.686 aAP) transcurre en la Edad de Bronce. Del 4.660 AP es la pirámide escalonada de Saqqara, del rey Zoser en la 3ª Dinastía, y de la 5ª Dinastía (4.613-4.498 aAP) se conoce la escritura jeroglífica de la Piedra de Palermo. Y del 4.589 al 4.566 AP duró el reinado de Keops, sepultado en la más alta de las tres pirámides de Gizeh<sup>58</sup>. Es tiempo con la escritura jeroglífica ya desarrollada. Anteriores al 5º milenio AP son los primeros textos que se conservan de Babilonia. Entre hace 5 Ka y 4 KaAP, Babilonia era una pequeña ciudad, cuando Ur era la capital del territorio sumerio. Tras la llegada de nuevos ocupantes, los amorritas, comienza la 1ª Dinastía de Babilonia, cuyo quinto rey fue Hammurapi desde el año 3.792 AP y durante otros 43 impone la supremacía de esta ciudad en Mesopotamia con riquezas, construcciones y poderío, cuyas leyes se conocen por el Código que lleva su nombre, grabado en una estela de diorita. Una nueva decadencia fue seguida por la restauración de Nabucodonosor 1º, de cuyo tiempo es el Poema de Gilgamesh, y tras otra destrucción de la ciudad en 2.689 AP Babilonia resurge y

se convierte en la ciudad más insigne del mundo afro-euro-asiático en el mismo siglo, de cuando son célebres los Jardines de Babilonia, la Torre de Babel, puertas y palacios y todo el trazado conocido de la ciudad<sup>59</sup>.

Todos aquellos maravillosos edificios y en particular las pirámides se pudieron construir gracias al trabajo brutal de miles de siervos apresados en las tremendas guerras de aquellas épocas. Y, al igual que la agricultura, la cerámica, los poblados, los templos y los cetros, también pirámides se alzan en América, en Méjico y Perú<sup>60</sup>. Porque la humanidad es una y diversa, como vemos viendo, ya desde el Paleolítico.

El pueblo hebreo, pastoril básicamente, pasó de Egipto a Palestina alrededor del año 3.400 AP. Entonces ya se escribía en un idioma semítico en Babilonia: el acadio. Posterior es el escrito «*Glosas cananeas*» del tiempo de los Jueces, en hebreo. A Moisés se atribuye la base del *Pentateuco* bíblico, aunque éste recoge varios escritos y de diversos tiempos, y el mismo Moisés se piensa que hubo de tener colaboradores<sup>61</sup>.

Aquellos eran tiempos de imperios y guerras, también de religiones y profetas. Los mismos emperadores se identificaban con la divinidad, o divinidades. También, al margen de los imperios aunque menos conocidos, y aún antes de Grecia y Roma, vivían pueblos gobernados por regímenes democráticos, como democráticas eran las poblaciones regidas por alcaldes que presidían las reuniones de los vecinos en ayuntamientos, en las que se tomaban las decisiones sobre las necesidades, problemas y mejoras de la comunidad de la Edad Media.

Los seres humanos comenzaron a producir un nuevo orden operativo, recuperador y productor de energía, antientrópico cuando se unieron en comunidades, mercados y coros. Surgió una recuperación con las primeras democracias y con nuevos descubrimientos y rutas de comercio, y de nuevo vinieron monarquías tiránicas e imperios invasores al final de la llamada Edad Antigua y comienzos de la Edad Media.

No faltaron con todo genios y centros de arte, de filosofía, de ciencia, y crecieron las uniones y refuerzos entre razas con las escuelas de traductores como las de Córdoba y Toledo en la Edad Media, y en la Moderna, a raíz de los nuevos descubrimientos de rutas entre continentes y océanos.

Ya hace poco más de 500 años, medio milenio, se produce un nuevo cambio, o serie de cambios, transcendental para la humanidad: el descubri-

miento de las Américas por Cristobal Colón y los hermanos Pinzón con sus tres carabelas en 1492. Le sigue la primera vuelta al mundo emprendida por Magallanes y terminada por Juan Sebastián Elcano. No muchos años después, Ulloa y Jorge Juan en nuevas expediciones ultiman los primeros mapas correctos del mundo en que vivimos<sup>62</sup>. Y Acosta ya decía: «Ni hay razón en contrario, ni experiencia que deshaga mi imaginación, u opinión de que toda la tierra se junta y continúa en alguna parte, a lo menos se allega mucho»<sup>63</sup>.

En los siglos que siguen, aparte los progresos en las ciencias y artes, en particular la música, se avanzaba en la unión de lenguas, razón y culturas, con mestizaje real y progresivo en unas y otras, sobre todo en las Américas y por obra de misioneros que combatían la esclavitud, enseñaban a los indios a escribir sus lenguas con nuestros alfabetos, a levantar iglesias y ciudades encantadoras con sus estilos, a cultivar sus campos, reunirse en poblados, en municipios, gobernar éstos y progresar con sus productos: muy en particular en las «**reducciones**» de los jesuitas, en América del Sur, Central y del Norte, que por eso fueron expulsados de allí, y compañías colonialistas de las monarquías europeas consiguieron la supresión de la orden por decreto pontificio. Hasta el XIX y la mitad del XX, se suceden imperios abusivos; guerras destructoras acabando en las mundiales de 1914 y 1940; abusos raciales con las exportaciones de esclavos africanos, y la exclusión de éstos de la sociedad norteamericana, que duraba todavía en la décadas de 1950 y 1960. Los mejores edificios son los puentes y portales, albergues, escuelas y universidades, templos y museos; y los mejores reinos los que patrocinan gobiernos democráticos. La experiencia nos dice que los encuentros entre semejantes pero diversos tienden a crear enemistad, conflicto y dominio o destrucción: pero la tendencia se puede superar.

Después de 1950, y de la descolonización, estados y políticos de todo el mundo se están convirtiendo a buscar la unidad, y así han nacido y van progresando uniones y organizaciones como la ONU, la UNESCO, Uniones Internacionales de diversas ciencias, áreas culturales y de producción, cooperativas, el Consejo Inter-Academias, y las ONGs para ayudar a ancianos y pueblos todavía pobres y desvalidos. Vamos adquiriendo una capacidad singular de conocer y disfrutar nuestros entornos, y en alguna medida todo el planeta, recorrerlo y estudiarlo más, también adaptarlo en partes y embellecerlo. Se coopera ya en empresas de máximo progreso, como la navegación y exploración espacial, que empezó siendo competitiva entre las grandes potencias.

Se ha investigado cómo y dónde se distribuye la recepción de sensaciones, memorias y lecturas en las regiones del cerebro, en los circuitos de

neuronas y sus ramificaciones donde se operan las comparaciones, las relaciones entre experiencias, el lenguaje, las deducciones e hipótesis sobre lo no experimentado y los campos de la mente. Se conocen también variables de forma, funciones, energías y gastos de las neuronas y sus ejes. Está justificada la conclusión de que la inteligencia humana podría estar llegando a su límite natural, porque mayor tamaño del cerebro llevaría a mayor lentitud en los procesos, y si esto se resuelve con más conexiones o circuitos el consumo de energía sería excesivo; los axones más gruesos requieren también más energía y más espacio; y neuronas o axones de menores dimensiones pueden producir encuentros y ruidos<sup>64</sup>.

Recordemos que el tamaño máximo del cerebro en relación al volumen del cuerpo no está en los humanos actuales, sino en los neandertales: si el pasar un límite requería mayor consumo energético o se lo hizo funcionar más lento, pudo esto contribuir como un factor más a su debilidad y extinción. Y en la actualidad, las mujeres tienen menor volumen cerebral que los varones: pueden por ello ser no menos inteligentes sino más rápidas en asimilación y comprensión. Por otra parte, la proximidad de nuestras generaciones a ese límite de la inteligencia puede ser un caso real aunque superado y encubierto por el hecho del gran salto tecnológico que se está dando en este paso del siglo XX al XXI, con la invención y el desarrollo de la inteligencia artificial: tenemos contenidos inmensos de archivos y circuitos con capacidades casi ilimitadas, ligerísimo peso y uso rápido en los ordenadores, internet, buscadores y teléfonos móviles. Con grandes inventos se está pasando el límite de nuestros cerebros.

Otro gran salto reciente de la tecnología puede verse en los progresos de las ciencias médicas, y otro en los vuelos espaciales con superación y control de energía empezando por la gravedad, explorando y muestreando la luna y planetas, y haciendo girar satélites artificiales observadores y comunicativos.

#### **4. CLAVE DE LOS MAYORES SALTOS DE EVOLUCIÓN GLOBAL**

Si resumimos, las grandes revoluciones del universo que conocemos, o innovaciones paradigmáticas en complejidad y eficacia de sujetos operativos han sido rápidas y altamente progresivas, pocas y distanciadas en el tiempo:

De la explosión energética inicial a las primeras partículas de materia: millonésimas de segundo tras el *Big Bang*, 13.500 MaAP.

- De los quarks y leptones a los átomos y las estrellas: poquísimos tiempo después.
- De los átomos y las estrellas a las moléculas y planetas: más de 4.550 MaAP edad de la Tierra.
- De las moléculas a la célula viva de los microbios: > 3.500 MaAP.
- De las células a los organismos complejos: > 1.000 MaAP.
- Al género humano, su inteligencia, inventos e instituciones: c. 2,6 MaAP.

Y si comparamos las trayectorias o mecanismos de estos grandes eventos, encontramos parecidos indudables entre sus pasos impresionantes.

Sigamos recordando: las primeras energías son diversas, unas y otras tienen fuerzas con signos opuestos. De encuentros e interacciones entre unas y otras llegan a constituirse los quarks y minipartículas que se multiplican con diferencias en masa y en carga energética.

Esas partículas pueden reunirse en distintos números y proporciones, o rechazarse o simplemente dispersarse. También ocurren uniones entre diversas, y así se producen núcleos estables de neutrón y protón con la carga positiva de éste, y añadido el electrón negativo y giratorio: su interacción es duradera y queda constituido el átomo. Los núcleos atómicos se multiplican y se asocian en distintos números con permanencia y distinta actividad, lo que hace el número conocido de diferentes átomos y elementos.

Son números ingentes de átomos y sus emisiones de energía lo que hace visibles y potentes a las estrellas y galaxias, y son reacciones atractivas entre átomos de distintos elementos lo que da estabilidad y nuevas capacidades reactivas específicas a las moléculas de agua, de otros gases o minerales, de compuestos de carbono que llegan a ser supermúltiples, requetevariadísimos y reactivos.

Y éstos, llegan a ser, de nuevo, asociables en unidades compuestas con reparto de funciones en relación con sus medios: protección, captación de sustento e ingestión, movilidad, y reproducción más o menos idéntica: las células vivas, bacterias y protistos.

Y es una vez más la multiplicación de células diversas, y la combinación interactiva de sus capacidades, más los estímulos de reproducción de estos nuevos conjuntos multicelulares, lo que después de tantos millones de años engendró y multiplicó los organismos vivos complejos y de nuevo muy diversos, en los tres grandes Reinos de la Naturaleza.

El proceso o regla de estas grandes zancadas o escalones evolutivos tiene algún parecido, a mi ver, en todas ellas. Lo primero: en cada nivel de formas, masas y energías se multiplican las entidades individuales y operativas, y con la multiplicación sobreviene enseguida una más o menos creciente diversidad: en los quarks, en los átomos y estrellas, en las moléculas, células, organismos.

¿Qué otra cosa hay en común como paso de un nivel al otro? Me parece ver lo siguiente: Entre los diversos de un mismo nivel de entidad y acción se puede producir dispersión y alejamiento, o conflicto y exclusión. También pueden unirse, con independencia de sus actividades peculiares, incluso con mengua de alguna capacidad. Pero de la unión de dos semejantes con capacidades distintas y su interacción puede no sólo resultar una suma o aumento de eficacia energética sino una multiplicación o potenciación, un producto nuevo, esto es, eficacia real en un nuevo orden operativo hasta entonces desconocido.

Si esta tal asociación e interacción de dos, o más diversos no sólo se prolonga y se repite en otros semejantes, sino que llega a convertirse en un nuevo sujeto compuesto, organizado, capaz, eficaz y dedicado en el nuevo sistema operativo, se ha alcanzado un nuevo grado de ser y del obrar. Esto no ha ocurrido muchas veces en la naturaleza, en el Universo, pero sí puede explicar los pasos o revoluciones mundiales que estamos examinando.

El Universo que conocemos se mantiene pues en expansión y perdiendo con ello fuerza y unidad, pero las interacciones entre diversos ganan en organización y eficacia, encontrando mayor diversidad y riqueza constructiva creciente, generando así nuevos ambientes y complejos operativos en un mundo cada vez más disperso, vario y hermoso, a la vez manteniéndose unido y en evolución progresiva, con conocimiento y también conciencia y eficacia en aumento.

Tras la multiplicación y diversidad de entidades o seres de un nivel, un encuentro entre diversos con interacción o combinación y cooperación constante que los convierte en entidades de un nuevo orden, sujetos eficaces de

nuevo nivel operativo, bastaría para explicar la evolución cósmica, desde las primeras energías a las primeras materias, de éstas a los átomos, estrellas y moléculas, a las células vivas, los organismos, y el mundo humano.

Intento otra vez resumir. Las diferencias fundamentales, de entidad y actividad, entre la media docena de los grados o jerarquías de seres del universo que conocemos, pueden explicarse por logros naturales o evolutivos que parecen seguir u obedecer a una misma pauta, o análoga: encuentro, integración y combinación entre diversos de un mismo grado, que resulta sujeto eficaz en nuevas magnitudes energéticas y operativas, se consolida, se reproduce y multiplica.

Del diverso y diversos, a la entrega o integración y la organización eficaz de nuevas dimensiones. Implica cesión de protagonismo para entrar en el reparto de una obra, u ópera, más mundial y duradera, o siguiendo la metáfora musical, pasar del silbato al órgano, de variaciones a componer sinfonías. Y en lo humano, sin dejar del todo de ser yo con mis aptitudes, conciencia y responsabilidad, pasar a ser parte de una comunidad capaz de hacer obras mucho más grandes, bellas, gozosas y duraderas que las que muchos genios solos pudieran hacer.

Si no se unen y combinan protones, neutrones y electrones, no hay átomos. Si no se juntan y cooperan átomos distintos, no hay moléculas. Si no se juntan ácidos nucleicos y no se dejan organizar con ciertas proteínas, no habría células vivas o microbios. Si no se dejan unir y combinar diversas células, multiplicándose en diversos tejidos, y no cooperan entre éstos, no habría plantas ni animales.

## 5. APÉNDICE

Permitidme concluir con una nota que, pienso, podéis muchos compartir. Es hora ya de terminar con controversias infundadas entre hipercreyentes en un creador pequeño y metódico de cada día, y supercientíficos que manejan la evolución contra la idea de un bien absoluto que pudiera precederla. Creación y evolución son conceptos distintos, sobre momentos distintos, pero pueden ser complementarios.

La idea de un Bien y un Amor sumo, fuera del espacio y del tiempo, sin medida, uno y plural, indescriptible, como fuente o principio singular del Uni-



verso, explorable éste y conocible por la ciencia, fragmentario y maravillosamente diverso en tiempo y espacio, asombrosamente evolutivo, hasta la mente, las lenguas y la responsabilidad humana, me parece no tener nada de absurda y sí de complementaria y ejemplo, aunque tal principio eterno sea en sí indemostrable.

Si el llamado *Big Bang*, o su precedente si éste llega a conocerse, fue producido por un acto creador único desde fuera del espacio y del tiempo, aunque la escala de sus productos se engendra por evolución, progresando en sucesión cronológica, la afirmación de inmensa diversidad y evolución creadas con que Darwin termina su *Origen de las especies* (al menos en la edición de 1872) sigue teniendo valor en la Ciencia y en la Fe:

*«There is a grandeur in this view of life, with its several powers, having been originally breathed by the Creator into a few forms or into one; and that, whilst this planet has gone cycling on according to the fixed law of gravity, from so simple a beginning endless forms most beautiful and most wonderful have been, and are being evolved»<sup>65</sup>.*

Traduzco: «Hay grandeza en esta visión de la vida, con sus varios poderes, como originalmente inspirada por el Creador en unas pocas o en una forma; y que, mientras este planeta ha ido girando de acuerdo con la establecida ley de gravedad, desde un comienzo tan simple infinitas formas bellísimas y maravillosísimas han evolucionado y siguen evolucionando.»

En realidad creación y evolución sólo se excluyen en la mente de aquellos que quieren negar uno de estos dos conceptos, y para ello exageran y sacan de su sentido el otro. Son muchos los científicos creyentes y los creyentes que respetan y quieren aprender más de las ciencias. La Ciencia enriquece nuestros saberes sobre el Universo en que nos hallamos, su diversidad y su historia evolutiva, basados en observaciones y experiencia propia y de otros. La Fe es una aceptación vital de un Bien y Poder absoluto imperceptible por todas las vías de conocimiento experimental, matemático o filosófico.

Afirmaba José de Acosta (1590) esta distinción, sin exagerar: «Toda Historia Natural es de suyo agradable: y a quien tiene consideración algo más levantada, es también provechosa para alabar al autor de toda la naturaleza, como vemos que lo hacen los hombres sabios y santos». Y distinguía saberes y fe con estas sabrosas expresiones:

«Quien holgare de entender verdaderos hechos de esta naturaleza, que tan varia y abundante es, tendrá el gusto que da la historia».

«Quien pasare adelante, y llegare a entender las causas naturales de los efectos, tendrá el ejercicio de buena filosofía».

«Quien subiere más en su pensamiento, y mirando al sumo y primer artífice de todas estas maravillas, gozare de su saber y grandeza, diremos, que trata excelente teología»<sup>66</sup>.

Quizá valga hacer algo más que estudiar la ciencia y admitir la fe, como sería dejarlas dialogar. Eso hicieron no pocos maestros religiosos, autores de «libros sagrados», que el pontífice León XIII, en tiempo de Darwin, recomendó interpretar con método histórico y crítico, como los primeros capítulos del Génesis.

Otros religiosos y creyentes hicieron progresar las ciencias, como G. Mendel, N. Stensen, J. Carballo. El actual sumo pontífice de la Iglesia católica Benedicto XVI, en ocasión de unas jornadas en el St. Mary's University College de Londres, el 17 de septiembre del año pasado, reprobó el creacionismo, recomendó el cultivo y la enseñanza de las ciencias, y vino a afirmar que: «Una visión científica se convierte en peligrosamente estrecha si ignora la dimensión ética o religiosa de la vida, como una religión queda limitada si rechaza la legítima contribución de la ciencia a nuestro entendimiento del mundo» (<http://www.quetevean.org/index.php/noticias/284>).

Y siempre recuerdo una conversación con Ahmed Batrawi, paleontólogo egipcio que excavaba y estudiaba primitivos mamíferos fósiles del Eoceno en El Fayum, que se exhiben en un Museo de El Cairo, y músico célebre por sus composiciones para cine, de familia musulmana. Hablando de vuelta del Museo un día, me dijo que creía en una «Belleza Absoluta y Bondad Absoluta».

Esta creencia no impide, sino que abre la puerta a la convicción de que, a partir del momento en que estallan el tiempo, el espacio y el número, todo el universo, infinitésimo e infinito, han procedido y proceden, ha progresado y progresa por evolución.

La evolución puede tener, podemos o no creer que tuvo, un Principio. Lo que aquí he querido exponer, en resumen, es que, desde ese principio,

todo lo que conocemos de este Universo, lo inmenso y lo infinitésimo, energía, materia, tierra y galaxias, mares y vidas, artes e inventos y sociedades, se explica por evolución, media docena de enormes progresos originados por una pauta: encuentros, combinaciones y cooperación entre diversos del rango precedente. Evolución sería todo el desarrollo en los tiempos y crecientes espacios de aquello que, en su instante inicial, hace 13.500 millones de años, o antes, fue creación o *Big Bang*.

Creación y *Big Bang* son el primer umbral del Universo que ha continuado creándose en lo infinitésimo y hacia lo infinito, cada vez más diverso, más y mejor, más bellamente integrado y energético, por evolución.\*

---

\* Estoy muy agradecido a la Dra. Carmen Sesé por su gran ayuda en la composición de este texto, y al Académico D. Alberto Galindo Tixaire por sus amables correcciones. Doy gracias también por sus ayudas a mis compañeros Begoña Sánchez Chillón y Carlos Martín Escorza.

## NOTAS BIBLIOGRÁFICAS

1. José de ACOSTA (1590). *Historia natural y moral de las Indias*. Casa de Juan de León. Sevilla: p. 283. (Edición facsímil), Agencia Española de Cooperación Internacional, Madrid 1998. Con correcciones y letra actual en Biblioteca de Autores Españoles (B.A.E.), t. 73. Ed. Atlas, Madrid, 1954: p. 131.
2. Charles DARWIN (1859). *The Origin of Species*. (6ª ed. 1872) reimpresa en Oxford University Press, New York y Toronto en 1956.
3. José de ACOSTA, o. c.: pág. 194, en la edición facsímil (E.F.) - En la BAE (1954): p. 89.
4. Michael BENTON & Francisco AYALA (2003). Dating the Tree of Life. *Science*, 300: 1698-1700.
5. Heinz R. PAGELS (1990). *El Código del Universo. Un lenguaje de la Naturaleza*. Ed. Pirámide. Madrid.
- 6a. J. PEACOCK (1999). *Cosmological Physics*. Cambridge University Press.
- 6b. Hace pocos días se ha conocido el hallazgo de neutrinos con emisiones de velocidad superior a la de la luz actual: sería un descubrimiento revolucionario.
7. Heinz R. PAGELS, o.c.: p. 226-228.
8. Alberto GALINDO TIXAIRE (Ed.) (2010). *Tardes de Astronomía en homenaje a Galileo y Kepler*. Instituto de España, Madrid. Prólogo.
9. Juan María MARCAIDE (2010). Estallidos en el Universo violento. En: Alberto GALINDO TIXAIRE (Ed.) (ver arriba): 11-23.
10. María Teresa BELTRÁN (2011). La formación de estrellas masivas. *Investigación y Ciencia*, 417: 80-88.
11. J. M. MARCAIDE, o. c.: p. 23.
12. J. M. MARCAIDE (2010). Agujeros negros supermasivos y el centro galáctico. En: *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 104 (1): p. 203-212.
13. Rafael REBOLO LÓPEZ (2010). Otros mundos: los planetas extrasolares. En: A. G. TIXAIRE, Ed. *Tardes de Astronomía* (ver arriba): 75-97.
14. Luis FRANCO VERA (2003). Doble hélice, genes y cromosomas. *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 97 (2): 203-222.
15. Edouard BOUREAU (1980). In pursuit of the first traces of cell life. *Total Information*, 82: 14-16.

16. Jere H. LIPPS (Ed.) (1987). *Fossil Prokaryotes and Protists. Notes for a short course*. University of Tennessee, Department of Geological Sciences, Studies in Geology, 18: p. 10.
17. Margarita SALAS (2003). Los virus como sistema modelo en biología molecular. *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 97 (2): 223-229.
18. J. H. LIPPS (1987). Prokaryotes and Protists. En: J. H. LIPPS (Ed.) (vide supra); p. 1-19.
19. Andrew H. KNOLL (1987). Protists and Phanerozoic Evolution in the Oceans. En: J. H. LIPPS (Ed.), o.c., nota 16: p. 248-264.
20. J. William SCHOPF (1987). Precambrian Prokaryotes and Stromatolites. En: J. H. LIPPS (Ed.) (o.c.): p. 20-33.
21. John BARRON (1987). Diatoms. En: J. H. LIPPS Ed. (o.c.): 128-145.
22. J. William SCHOPF (o.c.): 27-33.
23. Andrew M. SUGDEN, Barbara R. JASNY, Elizabeth CULOTTA & Elizabeth PENNISI (2003). Charting the Evolutionary History of Life. *Science*, 300 (5626): 1691-1697. Ver también: S. L. BALDAUF (2003). The Deep Roots of Eukaryotes. *Science*, 300 (5626): 1703-1706.
24. A. H. KNOLL (1987). o.c.
25. Mariela SPERANZA, J. WIERZCHOS, J. ALONSO, L. BETTUCI, A. MARTÍN GONZÁLEZ & C. ASCASO (2010). Traditional and new microscopy techniques applied to the study of microscopic fungi included in amber. En: A. MÉNDEZ-VILAS y J. DÍAZ (Eds.). *Microscopy: Science, Technology, Applications and Education*. Microscopy Book Series, 4: pp. 1135-1145.  
Ver también: C. ASCASO, J. WIERZCHOS, M. SPERANZA, J. E. GUTIÉRREZ, A. MARTÍN GONZÁLEZ, A. de los RÍOS & J. ALONSO (2005). Fossil protists and fungi in amber and rock substrates. *Micropaleontology*, 51: 59-72.
26. Concepción ÁLVAREZ RAMIS (2004). Historia de la paleontología vegetal. *Zona Arqueológica*, 4 (vol. II): 56-72.  
También: Luis Miguel SENDER PALOMAR (2010). Las plantas fósiles del Cretácico Inferior de Alcaine (Teruel). *Naturaleza Aragonesa*, 24: 12-20.  
y: Belén ESTÉBANEZ, Isabel DRAPER Y DÍAZ DE ATAURI & Rafael MEDINA BUJALANCE (2011). Briófitos: una aproximación a las plantas terrestres más sencillas. En: José Luis VIEJO MONTESINOS (Ed.). *Biodiversidad. Aproximación a la diversidad botánica y zoológica de España. Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 2ª época, t. 9: 19-73.
27. Michael BENTON & Francisco AYALA (2003). Dating the Tree of Life. *Science*, 300: 1698-1700.
28. Bermudo MELÉNDEZ (1995). El significado de la escasez de fósiles anteriores al Cámbrico. En: J. A. GÁMEZ VINTANED y E. LIÑÁN (Eds.). *La expansión de la vida en el Cámbrico. Memorias de las IV Jornadas*
29. Juan C. BRAGA, Esperanza FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, Diego GARCÍA-BELLIDO, Isabel MÉNDEZ-BEDIA, Elena MORENO-EIRIS, Antonio PEREJÓN, Sergio RODRÍGUEZ y Francisco SOTO (2009). Poríferos y Cnidarios. En: M. L. MARTÍNEZ-CHACÓN

- y P. RIVAS (Eds.) *Paleontología de Invertebrados*. Edic. Universidad de Oviedo: 33-110.
- También: Eduardo MAYORAL, Eladio LIÑÁN, José Antonio GÁMEZ VINTANED, Fernando MUÑIZ & Rodolfo GOZALO (2004). Stranded jellyfish in the lowermost Cambrian (Corduban) of Spain. *Revista Española de Paleontología*, 19 (2): 191-198.
30. Juan Carlos GUTIÉRREZ-MARCO e Isabel RÁBANO (1999). Fósiles del Neoproterozoico y Paleozoico Inferior de Castilla-La Mancha. En: E. AGUIRRE e I. RÁBANO (Eds.). *La huella del Pasado. Fósiles de Castilla-La Mancha*. Patrimonio Histórico-Arqueología, Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha: 25-50.
31. Douglas FOX (2011). Física de la inteligencia. *Investigación y Ciencia*, 420: 14-21. También: X. P. RODRÍGUEZ (2004). *Technical Systems of lithic Production in the Lower and Middle Pleistocene of the Iberian Peninsula*. Oxford: John and Erica Hedges. Ltd. British Archaeological Reports, International Series.
32. Emiliano AGUIRRE (2003). Primeros desarrollos de la mente humana. *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 97 (2): 251-269. También: E. CARBONELL, M. MOSQUERA, A. OLLÉ, X. P. RODRÍGUEZ, M. SAHNOUNI, R. SALA, & J. M. VERGÈS (2001). Structure morphotechnique de l'industrie lithique du Pléistocène inférieur et moyen d'Atapuerca (Burgos, Espagne). *L'Anthropologie*, 105: 259-280.
33. Jordi AGUSTÍ & David LORDKIPANIDZE (2005). *Del Turkana al Cáucaso*. National Geographic. Barcelona. Sobre el desdentado, D - 3444: 146-148, contraportada y última lámina. También: Jordi AGUSTÍ (2010). Paleobiología de los primeros pobladores humanos de Eurasia. En: Antonio GONZÁLEZ-MARTÍN (Ed.). *Fósiles y moléculas. Aproximaciones a la historia evolutiva de Homo sapiens. Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, Segunda época, T. VIII: 33-47. Y: Emiliano AGUIRRE (2009). La carrera evolutiva del ser humano. *Dendra Médica. Revista de Humanidades*, 8 (1): 32-55 - Sobre Dmanisi, D - 3444: p. 43.
34. X. WU & F. E. POIRIER (1995). *Human Evolution in China. A metric Description of the fossils and a Review of the sites*. Oxford University Press, Oxford. También: R. X. ZHU, K. A. HOFFMAN, R. POTTS, C. L. DENG, Y. X. PAN, B. GUO, C. D. SHI, Z. T. GUO, B. Y. YUAN, Y. M. HOU & W. W. HUANG (2011). Earliest presence of humans in northeast Asia. *Nature*, 413: 413-417. Ver en: Emiliano AGUIRRE (2008). *Homo hispánico*, Espasa: pp. 147-155.
35. I. TORO, A. TURC, J. AGUSTÍ, B. MARTÍNEZ-NAVARRO & O. OMS (2002). Los yacimientos del Pleistoceno inferior de Barranco León y Fuente Nueva-3 de Orce (Granada). Contribución al conocimiento del primer poblamiento humano de Europa. *Spal Revista de Prehistoria y Arqueología*, Sevilla, 9: pp. 179-188. También: A. ARRIBAS, E. BAEZA, D. BERMÚDEZ, S. BLANCO, J. J. DURÁN, G. GARRIDO, J. C. GUMIEL, R. HERNÁNDEZ, J. M. SORIA & C. VICERAS (2004). Nuevos registros paleontológicos de grandes mamíferos en las Cuencas de Guadix-Baza (Granada): Aportaciones del Proyecto Fonelas al conocimiento sobre las faunas

- continentales del Plioceno-Pleistoceno europeo. *Boletín Geológico y Minero*, 115 (3): 567-582.
36. J. GIBERT, D. CAMPILLO, V. EISENMANN, E. GARCÍA OLIVARES, A. MALGOSA, D. A. ROE, M. J. WALKER, C. BORJA, F. SÁNCHEZ, F. RIBOT, LL. GIBERT, S. ALBADALEJO, A. IGLESIAS, C. FERNÁNDEZ & E. MAESTRO (1999). Spanish late Pliocene early Pleistocene hominid, palaeolithic and faunal finds from Orce (Granada) and Cueva Victoria (Murcia). *Human Evolution*, 14 (1-2): 29-46.
37. A. ROSAS, R. HUGUET, A. PÉREZ GONZÁLEZ, E. CARBONELL, J. M. BERMÚDEZ DE CASTRO, J. VALVERDÚ, J. VAN DER MADE, E. ALLUÉ, N. GARCÍA, R. MARTÍNEZ-PÉREZ, J. RODRÍGUEZ, R. SALA, P. SALADIÉ, A. BENITO, C. MARTÍNEZ-MAZA, M. BASTIR, A. SÁNCHEZ & J. M. PARÉS (2006). The «Sima del Elefante» cave site at Atapuerca (Spain). *Estudios Geológicos*, 62 (1): pp. 327-348.
38. Y. FERNÁNDEZ-JALVO, C. DÍEZ, I. CÁCERES & J. ROSELL (1999). Human cannibalism in the Early Pleistocene of Europe (Gran Dolina, Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain). *Journal of Human Evolution*, 37 (3-4): 591-622.
39. F. SÉMAH, C. FALGUÈRES, D. GRIMAUD-HERVÉ & A.-M. SÉMAH (Eds.) (2001). Origine des Peuplements et Chronologie des Cultures Paléolithiques dans le Sud-Est Asiatique: *Colloque international de la Fondation Singer-Polignac*, Paris, 3-5 juin 1998. Semenanjung. Paris.  
También: F. Clark HOWELL (1999). Paleo-Demes, Species Clades, and Extinctions in the Pleistocene Hominin Record. *Journal of Anthropological Research*, 55: 191-243.
40. J.-M. Le TENSORER, R. JAGHER & S. MUHESEN (2001). Paleolithic Settlement Dynamics in the El Kowm Area (Central Syria). En: N. J. CONARD (Ed.). *Settlement Dynamics of the Middle Paleolithic and Middle Stone Age*, Kerns Verlag, Tubinga: pp. 101-122.
41. H. de LUMLEY & M.-A. de LUMLEY (1975). Les hominiens quaternaires en Europe: mise au point des connaissances actuelles. *Colloque International C.N.R.S. n. 218. Problèmes actuels de Paléontologie-Evolution des Vertébrés*: 903-909.  
Y: H. de LUMLEY, A.-M. MOIGNE, V. POIS, D. BARSKI & S. GRÉGOIRE (2000). Les niveaux d'habitats de la Caune de l' Arago à Tautavel: bivouacs, haltes de chasse, campements saisonniers, campements de longue durée. En: *Les premières habitations de l'Europe, 10-15 avril 2000, Programme. Résumés des communications*, MNHN, Paris: 145-146.
42. Ver en E. AGUIRRE (2008). *Homo hispánico*: 147-155.
43. Ver E. AGUIRRE (o.c.): 205-230; y HOWELL, o.c.
44. E. CARBONELL y otros, o.c. en nota 32.  
También: B. MÁRQUEZ, A. OLLÉ, R. SALA & J. M. VERGÈS (2001). Perspectives méthodologiques de l'analyse fonctionnelle des ensembles lithiques du Pléistocène inférieur et moyen d'Atapuerca (Burgos, Espagne). *L'Anthropologie*, 105: 281-300.  
Y: L. MENÉNDEZ (2009). *La transición del Modo 2 al Modo 3 vista a través de la industria lítica de Gran Dolina TD 10 (Atapuerca, Burgos) y Orgnac 3 (Ardè-*



- che, Francia). Desarrollo tecnológico y posibles implicaciones ocupacionales de los conjuntos.* Tesis Doctoral. Universitat Rovira i Virgili, Tarragona.
- Además, sobre los fósiles de egagrópilas de rapaces en Atapuerca y otros sitios, ver:
- Y. FERNÁNDEZ-JALVO (1996). Small mammal taphonomy and the Middle Pleistocene environments of Dolina, Northern Spain. *Quaternary International*, 33: 21-34.
- También: Y. FERNÁNDEZ-JALVO, L. SCOTT & C. DENYS (1996). Pollen composition in owl pellets and their environmental implications. *C. R. Acad. Sci Paris*, t. 323, série II a: 259-265.
45. Emiliano AGUIRRE (2008). *Homo hispánico*, Espasa: 155-162.
46. M. D. GARRALDA (2006). Los Neandertales en la Península Ibérica. *Munibe*, 57 (3): 289-314.
- También: J.C. FINLAYSON, G. FINLAYSON & D.A. FA (Eds.) (2000). *Gibraltar during the Quaternary*. Gibraltar Government Heritage Publications, Gibraltar, *Monographs*, 1.
- También: J.C. FINLAYSON & E. GILES PACHECO (2001). The Southern Iberian Peninsula in the Late Pleistocene. En: C. B. STRINGER, R. N. E. BARTON & J.C. FINLAYSON (Eds). *Neanderthals on the edge*. Oxbow Books, Oxford: 139-154.
- Y: E. AGUIRRE (2007). Neandertales ibéricos: hábitat, subsistencia, extinción. *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 10 (1): 203-210.
47. Antonio ROSAS (2010). *Los neandertales*. C.S.I.C. Eds. Catarata, Madrid. Col. ¿Qué sabemos de?
48. Ofer BAR YOSEF & Bernard VANDERMEERSCH (1993). El hombre moderno de Oriente Medio: En: Jaume BERTRANPETIT (Ed.): *Orígenes del hombre moderno*. Libros de Investigación y Ciencia, Prensa científica, Barcelona: pp. 33-40.
- También: E. AGUIRRE. Origen de la humanidad moderna: la evidencia y tarea pendiente. *Coloquios de Paleontología*, 47, 1995: 71-116.
49. E. AGUIRRE (2008). *Homo hispánico*, Espasa: pp. 248-258.
50. Ver E. AGUIRRE (2008). *Homo hispánico*, Espasa: pp. 260-264; para lo que sigue *ibid.*: p. 270.
51. Eudald CARBONELL convocó una reunión internacional de especialistas sobre esta «crisis de hace 40.000 años», con múltiple asistencia y valiosas contribuciones. Eudald CARBONELL & Manuel VAQUERO (Eds.) (1996). *The Last Neanderthals, The First Anatomically Modern Humans*: 383-434. Ayuntamiento de Capellades, Barcelona, España.
52. Victoria CABRERA, Anne PIKE-TAY & Federico BERNALDO DE QUIRÓS (2004). Trends in Middle Palaeolithic Settlement in Cantabrian Spain: The last Mousterian at Castillo Cave. *Zona Arqueológica*, 6. Victoria Cabrera, *Obra Selecta*: 175-187.
- Y: Victoria CABRERA, José Manuel MAILLO, Mercedes LLORET & Federico BERNALDO DE QUIRÓS (2001). La transition vers le Paléolithique supérieur dans la grotte du Castillo (Cantabrie, Espagne): la couche 18. *L'Anthropologie*, 105: 505-532.
53. J. ACOSTA, o.c. Libro Primero, Cap. XX: p. 72 (E.F.) / p. 33 (BAE).



54. o.c.: p. 81 (EF) / 37 (BAE). – El subrayado es nuestro.
55. o.c.: p. 84 (EF) / 39 (BAE).
56. Eugenio N. CHERNIJ (1993). Ritmo y modelos de destrucciones tecnológicas y culturales fundamentales a partir del descubrimiento del metal. Rhythm and models of the fundamental cultural and technological destruction after metal discovery. En: M. Isabel MARTÍNEZ NAVARRETE (Ed.). *Teoría y Práctica de la Prehistoria: Perspectivas desde los Extremos de Europa. Theory and practice of Prehistory: views from the edges of Europe*. Universidad de Cantabria, Santander (Spain), CSIC: pp. 275-300.  
También: J. RAMOS, A. SÁEZ, V. CASTAÑEDA & M. PÉREZ (1994). *Aproximación a la Prehistoria de San Fernando. Un modelo de poblamiento periférico en la banda atlántica de Cádiz*. Ayuntamiento de San Fernando. San Fernando (Cádiz, España): 392 págs. - Sostiene como ya social la relación entre el hombre y el medio, considerándola crítica y dialéctica.
57. Neil MORRIS (2000). *Atlas del Antiguo Egipto*. Grupo Anaya, Madrid. - La paleta de Narmer en p. 10.
58. Neil MORRIS, o.c., p. 14.
59. Ignacio MÁRQUEZ ROWE (2010). Un paseo por la historia milenaria de Babilonia. En: J. L. MONTERO FENOLLÓS (Ed.). *Torre de Babel. Historia y mito*. Museo Arqueológico de Murcia, Murcia: 21-34.
60. R. PIÑA CHAN (1985). Un modelo de evolución social y cultural del México precolombino. En: MONJARÁS *et al.* (Eds.). *Mesoamérica y el centro de México*. México D.F.: pp. 41-79.
61. José María BOVER y Francisco CANTERA (1961). *Sagrada Biblia*. Biblioteca Autores Cristianos, Madrid (6ª edición): 27-28.
62. Jorge JUAN y Antonio de ULLOA (1748). *Observaciones astronómicas y físicas hechas de orden de S. Mag. en los reynos del Perú... de las cuales se deduce la figura y magnitud de la Tierra y se aplica a la navegación*. Impr. Juan de Zúñiga, Madrid, [12], XXVIII, 396 p.
63. J. de ACOSTA, o.c.: p. 33 BAE. Libro primero, Capítulo. XX: p. 72 EF.
64. Douglas FOX (2011). La física de la inteligencia. *Investigación y Ciencia*, 420: pp. 14-21.
65. Ch. DARWIN (1872). *The origin of species*, 6ª Ed. Reimpresión Oxford University Press, 1956: p. 560.
66. José de ACOSTA, o. c. - Comienzo del Libro Tercero, Capítulo I. *Que la historia natural de cosas de las Indias es apacible y deleitosa*: 117 (EF) / p. 53 (BAE). Ver también: Pierre TEILHARD DE CHARDIN (1921). *La vision du passé*. Editions du Seuil, París: p. 15-40. Y traducido: Taurus Ediciones, Madrid (1957). *La visión del pasado*. Colección Ensayistas de Hoy, n. 16: pp. 17-70.  
Puede verse también: E. AGUIRRE (2009). La evolución antes de, con Darwin, y después. En: José Manuel SÁNCHEZ RON (Ed.). *Charles Darwin: una vida y una visión del mundo*. Instituto de España, Madrid: pp. 107-138.