
Cronología de la Tierra y de la Vida

Alberto Di Mare*

I. CRONOLOGIA DEL UNIVERSO

En esta primera parte indagamos sobre los orígenes de nuestro planeta, y más específicamente de sus elementos físicos y químicos. Ello no es posible sin indagar sobre el origen del cosmos, es decir de todo el Universo.

Desde el punto de vista empírico, es decir conforme a una metódica interpretación de los hechos que podemos observar, el Universo que conocemos, se origina en una gran explosión original ("Big Bang") hace 13.500 Ma. (millones de años).

LA EXPLOSION ORIGINAL (el "Bing Bang")

Conviene un breve resumen que explique cómo se ha llegado a las teorías de la evolución del cosmos.

Desde fines del siglo pasado pudo comenzar a percibirse el movimiento de los cuerpos celestes, gracias a la observación de la paralaje estelar.

La paralaje es la medida del movimiento aparente de un objeto al cambiar la posición del observador; por ejemplo, si observamos con sólo un ojo, primero uno y luego el otro, el panorama "da un salto" al cambiar de ojo y los objetos más cercanos cambian de posición mucho más que los lejanos.

Este fenómeno sugirió a los astrónomos observar la posición de los cuerpos celestes en intervalos de 6 meses, lapso en el cual la tierra se desplaza 300 mil millones de kilómetros: las estrellas cercanas muestran, al comparar estas observaciones, un cambio mucho mayor que las lejanas. Conocida la distancia de las más cercanas y la paralaje de ellas y las lejanas, puede determinarse la distancia de las más alejadas.

Cuando se acumuló suficiente información sobre las distancias entre los cuerpos celestes por este método, se compararon los resultados con las

*Fundador, Canciller y Catedrático de la Universidad, Maestrescuela del Stvdivm Generale, Tutor de Economía, Miembro de la Sociedad Mont Pelerín y del Instituto de los Actuarios Españoles. Estudió Economía, Derecho y Estadística en las Universidades de Costa Rica y Roma. Columnista del periódico La Nación, Director de Actualidad Económica. Ex Presidente de la Asociación Nacional de Fomento Económico (ANFE). Ex Ministro de Planificación (1966-1968), Ex Director del Banco Central de Costa Rica (1968-1970), antiguo profesor de Economía en la Universidad de Costa Rica.

observaciones de las características espectroscópicas de las estrellas, el espectro luminoso que podemos observar de cada una, y se constató que en las más distantes había un predominio de luz roja ("red shift") y que además había una correlación muy alta con la distancia determinada por el método de la paralaje. Por otra parte, en todo el universo permanece una radiación de fondo extraordinariamente uniforme.

De aquí nació la hipótesis de que el universo habría comenzado con una explosión, originada en una materia sumamente compacta, explosión que continúa su curso, produciendo la diseminación de los cuerpos estelares a velocidades altísimas, por lo que analizando el deslizamiento hacia el rojo ("red shift") de las rayas espectrales de la luz que emiten los cuerpos celestes observados, podríamos determinar su deriva, a partir de la explosión original.

Esta teoría presenta grandes dificultades desde el punto de vista científico y en modo alguno es aceptada por todos, ni la mayoría creo, de los astrónomos. Sin embargo, posee gran ventaja como modelo "histórico", por ser cronológica, y ser la cronología, precisamente, el alma de la historia.

Por esa razón la he adoptado para narrar el origen de nuestro planeta.

En la explosión original ("Big Bang"), una masa densísima de materia, que no tendría más de diez centímetros de diámetro, explotó, y desencadenó las fuerzas y elementos que constituyen nuestro Universo.

En esta explosión original tiempo y espacio se diferencian y aparece una gran cantidad de materia antimateria, que desaparecen en mutuo aniquilamiento, quedando un saldo de materia: protones y neutrones pesados y posteriormente los electrones, más livianos. Originalmente se establece la fuerza de gravedad, luego, en el primer microsegundo la materia y la antimateria, mil microsegundos después los protones y, al primer segundo de la explosión, los electrones.

Al cabo de tres minutos, aparecerá el helio.

En los diez años siguientes se producirá la separación de las galaxias; al cabo de los primeros diez mil años predominará la materia, en lugar de la energía radiante, en el Universo; al cumplirse 300 mil años

desde la explosión original se forman los átomos y al cabo de un Ma, el universo es, como ahora, transparente, es decir que la materia es prácticamente inexistente en los espacios siderales.

Actualmente el Universo es perfectamente transparente, la materia está acumulada en los cuerpos celestiales y, entre ellos, el vacío, una muy tenue radiación pervade el universo, sumamente fría (2.7 grados sobre el cero absoluto), reminiscencia de la explosión original observable sólo mediante radiotelescopios.

En los primeros segundos de la explosión original ya se había producido la mayor parte de la materia actual, pues el Universo está compuesto, actualmente como entonces, de un 75% de hidrógeno y un 25% de helio. Los elementos más pesados, como ya dijimos, no existían en el universo original, pero fueron elaborados subsiguientemente en las explosiones estelares, a las cuales más adelante nos referiremos.

Los astrónomos no saben si la expansión actual del Universo continuará indefinidamente o si, en algún momento, se invertirá el proceso, por la atracción entre las galaxias, condensándose nuevamente a su tamaño original y reiniciando un proceso de expansión seguido por un colapso, que nuevamente recrearía el Universo, en otra explosión original.

La lejanía en el tiempo de la explosión original (13.500 a 20.000 Ma.) se determina por la tasa de expansión actual del Universo.

LAS GALAXIAS

Las galaxias son agrupamientos, racimos, de miles de millones de estrellas visibles, ligadas por la fuerza de la gravedad, en forma tal que no se separan al expandirse el Universo, sino que permanecen arracimadas. Son de tres tipos: espirales (cerca del 25%, entre ellas la Vía Láctea a la que pertenecemos), elípticas (cerca del 67%) e irregulares (cerca del 10%).

La materia de nuestra galaxia (Vía Láctea) es de 1041 (2 Kg), la del Universo de 1053 Kg, es decir 500 mil millones de veces mayor. Nuestro planeta tiene una masa de 1024 (6,4 Kg), 80 veces la de la Luna.

El Universo contiene cerca de 1028 veces más materia que la Tierra, pero sus radios difieren por 1020, consecuentemente la Tierra es mucho más densa que el Universo. La nuestra es la densidad propia de la roca sólida, en tanto que la del Universo escasamente llega a un átomo de hidrógeno por metro cúbico. Por otra parte, la densidad del Universo disminuye continuamente, por cuanto las galaxias se separan, a una velocidad muy cercana a la de la luz, la explosión

inicial continúa Nuestra edad es apenas la cuarta parte de la del Universo.

Desde la más cercana de las estrellas sería imposible observar nuestro sistema planetario, así somos de insignificantes. Nuestro mismo sistema planetario tiene sólo el 0.13 por ciento de la masa del sistema solar y casi toda ella corresponde al planeta gigante, Júpiter, el cual es cerca de una milésima del Sol, pero tres mil veces más masivo que la Tierra.

Nuestra galaxia, la Vía Láctea, que aparece como una tenue nube de apariencia lechosa en el cielo (en las noches sin luna y lejos de las luces refulgentes de las metrópolis modernas, puede observarse a ojo desnudo), tiene un radio de cerca de cien mil años luz, con un núcleo cuyo radio es de diez mil años luz y de sólo la mitad en el "disco" exterior. No sabemos a qué distancia se encuentra nuestro sistema solar del centro de la galaxia, pero aparentemente está muy separado (33.000 años luz es la distancia convencional).

La Vía Láctea tiene un movimiento de rotación, que impide que las estrellas que la componen sean atraídas al centro, en el cual hay un vértice de gas y estrellas describiendo órbitas sumamente rápidas, de un millón de años para un ciclo completo.

Pero a la distancia en que se encuentra el Sol, las cosas son más tranquilas, la velocidad de rotación es de apenas 250 Km por segundo y para un periodo orbital se emplean 250 millones de años, en lugar de sólo un millón, como en el centro de la Vía Láctea. Desde que existe nuestro planeta hemos realizado escasos 20 giros alrededor de la galaxia. Nuestra galaxia es inmensa, con UN BILLON de estrellas y una energía radiante de 1034 kilovatios.

LAS ESTRELLAS

Continuamente se forman estrellas en la galaxia, porque la fuerza de gravedad condensa las nubes de gas espacial, entonces la estrella se repliega sobre ella misma, separándose en pequeños cuerpos que también se contraen. El radio de esta nubecilla comienza a disminuir por la contracción de los gases y así aumenta la fuerza gravitacional. Mientras la presión interna de los gases es suficiente para compensar la fuerza gravitacional, el proceso de condensación se detiene, entra en equilibrio, y los fragmentos de la nube radian en la banda infrarroja, se trata de una protoestrella.

Esta protoestrella continuará contrayéndose y así aumentarán la temperatura y la presión en su centro; cuando alcance los cien millones de grados centígrados comenzarán reacciones nucleares, que liberarán energía suficiente para estabilizar la contracción, es

decir cuando el calor irradiado corresponda al generado en el centro de la estrella.

En una estrella como el Sol, cada segundo, 655 millones de toneladas de hidrógeno se convierten en 650 millones de toneladas de helio y se aniquilan 5 millones de toneladas de materia, que se transforman en energía radiante.

Una vez que la estrella consume el hidrógeno, su evolución futura dependerá enteramente de cual sea su masa. Si son pequeñas comenzarán a contraerse conforme disminuye la temperatura, con lo que esta comienza a elevarse y si aumenta suficientemente se iniciará una combustión del hidrógeno remanente en el exterior y puede llegar al punto en que empiece a quemar helio para formar carbono y oxígeno, luego quemará carbón y se formará neón y magnesio y de la combustión del oxígeno, sílice y de la de éste hierro y estos materiales posiblemente se dispersen en el espacio como nebulas. El núcleo remanente se enfría y contrae hasta que las fuerzas entre los electrones son suficientes para oponerse a la gravedad: se ha convertido en una estrella enana blanca con una densidad varios millones de veces mayor que la materia ordinaria (llegando hasta mil millones de kilogramos por metro cúbico). Finalmente, ya totalmente fría, dejará de ser un actor en la galaxia.

Las estrellas mayores que el Sol probablemente terminen su evolución en una estupenda explosión, pues después de haber formado elementos hasta el hierro, la presión interna logra combinar electrones y protones, para formar neutrones, cambio que provoca una implosión catastrófica, contrayendo el núcleo de la estrella, que es ocupado por las capas externas. Esto eleva enormemente la temperatura y en menos de un segundo se producen reacciones nucleares en los materiales de las capas externas. Sigue una explosión gigantesca que lanza los materiales al espacio, es una supernova.

Los remanentes (debris) de la supernova primero viajan casi a la velocidad de la luz, pero finalmente alcanzan la del medio en que se hallan. El núcleo queda donde estaba y llega a ser una estrella neutrón, con una masa de 0.1 a 1.4 veces la del Sol y con una densidad de UN MILLON DE BILLONES de Kg. por metro cúbico, con un radio de escasos 10 Km. Los radiotelescopios las captan como pulsares.

Pero si la masa del núcleo de la supernova excede de 1.4 veces la de nuestro Sol, se contrae indefinidamente y produce un agujero negro, una región del espacio de la cual nada, ni siquiera la luz, puede escapar, es un quasar.

LA CORTEZA TERRESTRE

En la tierra existen zonas cuya antigüedad supera los 2.500 Ma. y otras con escasos 250 Ma. Las zonas más antiguas, existentes hace más de 2.500 Ma. se encuentran en Canadá, Sur y Norte, al Noroeste de los Estados Unidos, al Sur de Groenlandia, en diversas partes del cono africano, en la India, en la parte Norte de Rusia y Siberia y al Oeste de Australia.

Antigüedad entre 2.500 y 400 Ma. tienen las tierras que formaron el antiguo continente conocido como Gondwanaland, del que provienen Sur América, la Antártida, África, Australia, la India del Norte, Indochina, parte de Nueva Zelandia, Arabia y Europa del Sur.

Más recientes son el Norte de la China, Europa, Colima (en Rusia Oriental); posteriores Norte América, Groenlandia, la región del Kazakstan e Inglaterra. De algo más de 400 Ma. Siberia, el Sur de la China y partes de la Antártida.

Las tierras relativamente recientes, aquellas con menos de 250 Ma. de existencia, son relativamente pocas: parte del Centro América (desde la costa occidental de Colombia hasta Yucatán), las islas caribeñas, Nueva Zelandia, partes de Siberia, Indochina, Islandia, y regiones costeras del Oeste, de Norte América y Canadá.

II. CRONOLOGIA DE LA TIERRA Y DE LA VIDA

Hace 12.500 millones de años (Ma.) se formaron las galaxias y 300 Ma. después el más antiguo de los quasars conocidos (PKS 2000+330), en los 1.200 Ma. siguientes aparecen innumerables quasars.

10.000 Ma. atrás aparecen los elementos químicos que componen el sistema solar (excepto el hidrógeno y el helio que fueron elementos originales desde el "Big Bang"), producidos por la combustión y consunción de estrellas gigantes. Interreaccionando, estos elementos formaron granos de polvo que se reunieron en nubes gigantes, que se agrupan y forman cuerpos celestes, las estrellas en las cuales, por aumento de presión hacia el interno, aumenta la temperatura y se da un proceso de combustión de hidrógeno, que produce helio; conforme se consume el hidrógeno la fuerza de gravedad aumenta, con lo que el interior de la estrella aumenta de temperatura: los núcleos de helio se combinan y aparecen el carbono, que será el posterior fundamento de la vida, y el oxígeno.

Parte del carbono es quemado y produce magnesio, del oxígeno se derivará la sílice y el azufre (sulfuro). Cuando la temperatura interna de la estrella alcanza miles de millones de grados, la sílice se quema para producir hierro. En este proceso se producen

muchos otros elementos, inclusive el nitrógeno, en cantidades menores.

Una vez consumidos estos materiales el interior de la estrella no puede resistir, mediante el calor interno, la fuerza de gravedad entonces experimenta un colapso que la convierte en un cuerpo muy denso que no emite luz, sino sólo radiación, un pulsar o bien en un "hueco negro" ("black hole"). Se forman en este proceso materiales más pesados que el hierro (el oro y la plata, por ejemplo) y muchos materiales radiactivos.

Hace 6.700 Ma. el Universo había adquirido un tamaño equivalente a la cuarta parte del actual, se habían formado las galaxias que continuamente chocan, resultando grandes nubes de polvo cósmico.

De una de estas nubes proviene, unos 4.550 Ma. atrás, nuestra galaxia, la Vía Láctea, y nuestro sistema solar. La tierra aparecerá 50 Ma. después. Hace 4.000 Ma. el universo llega a la mitad del tamaño actual.

La energía de las colisiones con que se formó la Tierra y la elevada radiactividad de sus componentes suavizaron el interior del planeta y surgieron a la superficie las rocas livianas. En cerca de 50 Ma. se completaron casi 5 sextos del material total de la tierra. El hierro fundido ocupó el centro y las rocas ligeras la superficie, en la que la temperatura era menor, pero con numerosos volcanes.

La tierra adquirió una atmósfera de vapor y anhídrido carbónico, provenientes de las erupciones internas y de los gases de cometas y asteroides, que la bombardeaban continuamente. Las tormentas eran continuas y cuando el clima enfrió, se acumuló agua en las cuencas creadas por los impactos: los primeros mares, en los cuales se acumularon sustancias químicas diversas, formando una especie de sopa, de origen interno (volcánico) y cósmico.

De este caldo, especialmente por la acción del carbono que contenía, comenzaron a producirse complicadas moléculas: proteínas y ácidos nucleicos, estos últimos capaces de reproducirse, por tener memoria. Las moléculas mejor adaptadas al medio y capaces de "copiarse" (reproducirse) más rápidamente, predominan y establecen así, antes de que existiera la vida, la selección evolutiva que campeara posteriormente.

Hará unos 4.000 Ma. aparecen los primeros signos de vida en la tierra (estromatolitos). Hace 3.900 Ma. algunas bacterias habían adquirido la capacidad de absorber la energía solar mediante pigmentos, la fotosíntesis. Pudieron así utilizar la energía solar para crear azúcares a partir del CO₂, que era el gas predominante en la atmósfera.

Las más antiguas rocas de la superficie terrestre tienen 3.800 Ma., se encuentra en Groenlandia y testimonian un planeta sumergido en el mar, del que sobresalían multiplicidad de volcanes. Existen rastros de actividad bacteriana. Desde hace 3.900 Ma., el bombardeo cósmico cesó y la tierra inició su evolución individual.

Hacia 3.500 Ma. atrás y por los mil millones de años siguientes, la única forma de vida aparente son los montículos de estromatolitos.

En los últimos 2.800 Ma. la tierra se ha enfriado suficientemente como para endurecer su corteza exterior, en varias placas regidas y móviles, como permanecen hasta hoy en día; el choque de estas placas dio origen a montañas y depresiones en que hoy aparecen los mares.

Esta era, de los 3.800 a los 2.500 Ma. atrás, es denominada arqueana, y en general toda la historia de la formación de la Tierra, se conoce como el periodo Precámbrico, que termina hace 570 Ma.

Hace 2.500 Ma., en un mundo de mares poco profundos, las bacterias comienzan a evolucionar, hasta terminar en peces. El proceso se inicia al perder algunas bacterias su cubierta exterior y quedar "desnudas", separadas del medio por sólo una suave membrana (como aún hoy en día las bacterias termoplasmáticas). Esto les permitió culebrear mejor y posteriormente (en los 400 Ma. siguientes) algunas adquirieron la capacidad de tragarse a otras bacterias, envolviéndolas en su membrana, permaneciendo como huéspedes en su interior. Esta vida en común produciría, andando el tiempo, las modernas células.

En las costas de los antiguos continentes proliferaron los estromatolitos, que consumieron el CO₂ y liberaron oxígeno. El oxígeno libre hizo así su aparición en la tierra, y se combinó inmediatamente con el hierro, con lo que en los 700 Ma. siguientes se precipitó por esta acción más del 90 por ciento del óxido de hierro (mineral de hierro) hoy existente.

El bióxido de carbono en la atmósfera produce el llamado "efecto invernadero" que impide la pérdida del calor por irradiación y por eso eleva la temperatura, cuando mucho del CO₂ fue consumido por las bacterias, perdió la atmósfera calidez y humedad y a consecuencia de ello, hace 2.300 Ma., aparecen las primeras eras glaciales.

Como resultado de la acción bacteriana la superficie de la Tierra comenzó a oxidarse (herrumbrarse). Esta abundancia de oxígeno envenenó la atmósfera y fue letal para las formas de vida existentes, que no estaban adaptadas a él (las formas vitales eran anaeróbicas, de las cuales algunas

persisten hasta hoy, por ejemplo, las bacterias que hacen funcionar nuestros tanques sépticos son de este tipo).

Las bacterias que no pudieron adaptarse desaparecieron, otras se retiraron a vivir en lugares carentes de oxígeno, que siempre fueron lugares oscuros. Pero otras se adaptaron y aparecieron bacterias oxígeno-resistentes y otras capaces incluso de asimilarlo.

Entre estas destaco, 1.800 Ma. atrás, un grupo de bacterias fotosintéticas purpurinas, que habitaban las aguas profundas donde la luz del sol es poca y azulada. Las bacterias "desnudas", a las que hice referencia, antes, tragaron a las purpurinas, pero continuando unidas simbióticamente: la bacteria capaz de fotosíntesis perdió la capacidad de producir su alimentación y la otra la nutría en su seno, evitándose la necesidad de desarrollar su propia capacidad fotosintética.

De aquí habría de derivarse la moderna organización celular, pues se acababa de generar la célula que actualmente es común a casi todas las plantas y animales sobre la tierra. En el cuerpo humano persisten estas formas primitivas, las mitocondrias, descendientes de la mutante bacteria fotosintéticas purpurinas de las aguas profundas de hace 1.800 Ma.

100 Ma. después aparecen los proto-animales (hongos), en los 100 Ma siguientes las algas verdes azuladas, otros cien Ma. después las proto-plantas y 200 Ma. después, es decir hace 1.300 Ma. de años, las plantas.

La vida era imposible en la corteza terrestre porque los rayos ultravioleta eran letales, pero conforme la actividad bacteriana fue creando una atmósfera de oxígeno, se produjo una sutil capa de ozono que actuó como filtro eliminando los rayos ultravioleta. La vida sobre la corteza terrestre era ya posible, pero todavía no se dio.

Algunos proto-animales aceptaron como huéspedes a bacterias capaces de efectuar la fotosíntesis, lo que les permitió transformar y aprovechar la energía de la luz solar, transformándose en proto-plantas unicelulares: las algas, de diversos colores. Descendientes de las algas azul-verdosas se encuentran en las plantas de hoy en día, como cloroplastos que les dan a los vegetales y a nuestra tierra su verdura.

Hace 1.500 Ma. ya estaban presentes los predecesores de nuestros tres reinos animales actuales: hongos, proto-animales y proto-plantas.

El paso siguiente fue transformarse de una mera colonia simbiótica, como en los estromatolitos, en un sistema orgánico de colaboración, en un solo organismo. Las plantas parecen haber sido las primeras en lograrlo con las algas marinas (multicelulares) de cerca de un milímetro de longitud que aparecen 1.300 Ma. atrás. 300 Ma. después encontraremos algas de varios centímetros de longitud.

Cerca de 1.000 Ma. atrás se establece la reproducción sexuada en lugar de la mera división celular que hasta entonces existía. Esto permite la combinación genética entre diversos individuos, con inherentes ventajas evolutivas.

Hace 800 Ma. se forma un supercontinente, conocido como Baikalia, cuya masa fue aproximadamente la mitad de la superficie terrestre actual; este se fracciona unos 650 Ma. y origina el supercontinente Gondwanaland, del que provienen casi todas las tierras australes actuales (África, India, Antártida, Australia, América del Sur).

Por este mismo tiempo (670 Ma.) se da un fortísimo periodo glacial, que hace desaparecer las algas de la tierra. Periodos glaciales, pero no tan intensos, sufrió nuestra tierra 950 y 77 Ma atrás.

Hace 620 Ma. aparecen los primeros gusanos y los artrópodos, la primera organización cerebral, pronto los primeros animales con cuerpos endurecidos, hace 510 Ma. los primeros vertebrados, 425 Ma. atrás los primeros peces con mandíbulas y los primeros signos de vida en las costas, como consecuencias de un aumento de la temperatura. Hace 400 Ma. los peces desarrollan pulmones capaces de respirar el aire de la atmósfera.

Las plantas, que inicialmente debían reproducir sus semillas en el mar, se enseñorean ahora de la tierra, y hace 350 Ma. aparecen las coníferas; igual sucede con los animales: primero los artrópodos, milípedos, los arácnidos e insectos, que se alimentan de las plantas y sirven a su vez de alimento a los escorpiones y las arañas.

Hace 370 Ma. sufre el mundo una catástrofe que provoca un gran tsunami, que aniquila gran parte de la vida en todos los continentes, pero sin afectar grandemente a las criaturas del mar.

La deriva continental a su vez, sepulta gran cantidad de plantas, como resultado de cambios en la corteza terrestre por el choque de continentes; se forman así los depósitos carboníferos, hará unos 320 Ma.

Por este tiempo aparecen, por adaptación de ancestros anfibios, los primeros reptiles, los cuales

aportan una nueva adaptación evolutiva: el huevo. Hace 310 Ma. el pelicosaurio campea, un reptil de hasta 200 kilos de peso y que posee muchas características que posteriormente adornarán a los mamíferos.

Hará 290 Ma. se inicia otra era glacial, que disminuye el nivel de los mares.

245 Ma. atrás experimenta la tierra la mayor catástrofe a la que se ha enfrentado la vida en el planeta, en ella desapareció el 96% de las especies marinas, las costas de la tierra se tornaron estériles. En tierra firme todos los animales grandes desaparecieron. Diversas teorías existen sobre la causa, la más probable parece ser la colisión de un cometa con la Tierra.

Todo fue diverso después de esta catástrofe, con la que finaliza el periodo denominado Permiano, y que es uno de los hitos del desarrollo de la vida en la Tierra.

En los 10 Ma. siguientes diversas formas de vida surgieron, la más espectacular los dinosaurios, hace 235 Ma., luego los pterosaurios, los primeros reptiles alados. Los proto-mamíferos existían sólo en formas de tamaño muy pequeño (como el ratón actual), los que comienzan a desarrollar formas de adaptación típicas: piel, leche para alimentar las crías, cerebros relativamente grandes. Hace 175 Ma. aparecen los braquiosaurios, los mayores animales sobre la tierra firme, con sus larguísimos pescuezos y peso de 80 a 200 toneladas. Pero no todos los dinosaurios siguieron el mismo camino, algunos de ellos permanecieron diminutos y, para controlar la pérdida de calor de sus cuerpos, muy grande por su pequeño tamaño, optaron por el plumaje y de aquí descenderán los pájaros, 150 Ma. atrás aparece el primer pájaro, el arqueoptérix.

Hace 123 Ma. las plantas adquieren una notable nueva adaptación, al aparecer las angiospermas, la revolución floral, que será la más exitosa de todo el planeta, con cientos de miles de especies, las cuales desplazarán a las demás especies vegetales para predominar, hasta hoy en día.

Las plantas de flor permiten una simbiosis con insectos, aves y mamíferos, que da nacimiento a una ecología totalmente nueva. Este nuevo ambiente resulta propicio para la aparición de los mamíferos actuales, el primer mamífero vivíparo (placenta) aparece hará unos 114 Ma. en Mongolia, y se alimenta de insectos que abundan gracias a la revolución de las angiospermas. Los mamíferos marsupiales, los opossum, ocupan Australia, la cual se separa de los demás continentes hace unos 130 Ma., permaneciendo como un continente marsupial hasta hoy en día. Hace 69 Ma. ya hallamos al primer primate, Purgatorius su nombre, en Montana.

67 Ma. atrás un meteorito cae sobre el Océano Pacífico, a consecuencia de ello, durante los 10 Ma. siguientes, no habrá vida en los océanos; el nivel de los mares asciende, desaparecen los arrecifes y la mayor parte de las especies marinas, animales y vegetales. En tierra firme desaparecen los dinosaurios, los pterosaurios, sobreviviendo sólo los cocodrilos, los pájaros, los reptiles pequeños y los mamíferos diminutos.

El magnetismo terrestre se altera continuamente, en los 10 Ma. siguientes la tierra cambia polos magnéticos al menos 16 veces, y este fenómeno ha continuado intensificándose, pues en los últimos 10 Ma. la tierra ha cambiado su polaridad por lo menos 40 veces. No se sabe cuáles sean las causas y las consecuencias de estos cambios de polaridad. excepto que coinciden con una tendencia a un aumento del frío en la Tierra.

Estamos en la época en que el mundo pertenece a los mamíferos y los pájaros, que campean en los últimos 60 Ma.

Al separarse los continentes, crearse las cordilleras, descender el nivel de los mares y enfriarse el clima, los mamíferos ocuparán el lugar de los antecesores reptílicos: pueblan primero los mares (ballenas) y después la tierra firme (elefantes y felinos); con la posterior aparición de los pastos, la más notable adaptación de las plantas con flor, que cubrirán la tierra firme, se llenará la condición para la posterior multiplicación de los herbívoros.

Coronando esta época, hace unos 50 Ma., aparecerá nuestro antecesor, un mamífero bípedo, con capacidad de complicado lenguaje, industrioso y capaz de usar, primero, sus manos y luego de construir instrumentos, quien será el protagonista de la historia y realizará las proezas de la civilización y la tecnología que serán su herencia, como homo faber primero y como homo sapiens finalmente.

En los continentes septentrionales y en África, comienzan a extinguirse los marsupiales, algunos Ma. después de la desaparición de los dinosaurios, aparecen entonces carnívoros e insectívoros y los primates, representados por animales del tipo de los lemúridos y las musarañas. Siguen los animales de casco, que pastan en las praderas, semejantes, las actuales ovejas, pero grandes como rinocerontes. Al disminuir el nivel marino, unos 62 Ma. Atrás, aparecen los primeros carnívoros modernos, los precursores de los leones y los osos.

Hace 50 Ma. aparecen en África los antecesores de los elefantes (proboscidos), entonces pequeños como un cerdo actual, hace 40 Ma. los conejos las ballenas y

los insectívoros modernos completa la lista de los mamíferos contemporáneos. Por esa época el clima descende varios grados centígrados y sobreviven sólo los que logran desarrollar pelamen que los proteja del frío.

A partir de entonces la temperatura experimentará altibajos, por —entre otras causas— el reacomodo de los continentes, que interfiere con las corrientes oceánicas, las cuales distribuyen el calor superficial de nuestro planeta.

Hace 37 Ma. la tierra recibe otro impacto cósmico, que causa profundos cambios en la biosfera. A consecuencia de él se establecen las estaciones y las diferencias de temperatura entre el verano y el invierno, que hasta hoy en día caracterizan a nuestro planeta. Esto hizo que sobrevivieran solo las especies que pudieron adaptarse a estas nuevas condiciones climáticas tan variables y que se produjeran cambios importantes en la geografía: aparecen los glaciares en Antártida y la congelación de los mares polares elimina muchas especies animales marinas se instala un régimen de corrientes marinas profundas que hasta el día de hoy es típico de nuestra oceanografía.

Los pájaros de ambientes acuáticos se diversifican y adaptan rápidamente, un tipo de pingüino será el antecesor de casi todas las aves marinas actuales; las ballenas sufren un retroceso, pues ahora habitan un mar empobrecido. En tierra firme desaparecen muchos de los animales de casco, carnívoros e insectívoros ancestrales, quedando libres, hace 45 Ma., nichos biológicos que serán ocupados por los modernos felinos, perros y rinocerontes. Los ancestros de los cerdos y osos aparecen 10 Ma. después.

Por esta época Sur América y la Antártida se separan y como consecuencia las regiones antárticas no serán ya bañadas por las aguas cálidas de los trópicos; el resultado fue que se comenzó a acumular gran cantidad de hielo en el Polo Sur con lo que, hará unos 29 Ma., el nivel marino descendió mucho, lo que drenó las tierras de Eurasia, permitiendo la migración animal entre los continentes del norte. En los mares australes, conforme se separan Australia y la Antártida, se producen condiciones favorables para la multiplicación de plancton y otros alimentos filtrables, lo que representa condiciones excepcionales para la multiplicación y crecimiento de las ballenas, que llegan a ser los más grandes mamíferos de la tierra. Esta riqueza de alimentos en los ambientes marinos permite que muchos carnívoros terrestres “regresen” al medio marino, como los antecesores de las modernas focas.

Los 10 Ma. siguientes fueron de clima moderado, aunque mucho más frío y seco que en la época de los dinosaurios, con el resultado de un retroceso en la

vegetación en muchas partes del mundo, dejando nichos biológicos que fueron ocupados por pastos oportunistas. Los pastos evolucionaron de plantas semejantes a los bambúes actuales, hará unos 24 Ma., en América del Norte, ocupando luego todas las regiones semiáridas de la tierra en los 10 Ma. siguientes.

En estas regiones usualmente imperan fuertes corrientes de aire, y los pastos se adaptarían a esto, empleándolas para diseminar sus semillas, con lo que se independizaron de los insectos para la polinización, lo que a su vez hizo inútil que desarrollaran atractivas flores. El césped habría de lograr otro notable avance, al propagarse bajo tierra (rizomas) y crecer hacia abajo de las hojas, con lo que podía resistir la sequía y ser comido por los herbívoros, sin desaparecer.

Este nuevo hecho vital hará que los herbívoros crezcan y se multipliquen y que se conserven las adaptaciones capaces de utilizar mejor los céspedes: dientes especialmente adaptados, y velocidad para huir, pues en las pasturas no hay como esconderse de los depredadores.

Cerca de 20 Ma. atrás, en África, aparecen el antecesor de los monos antropoides (“apes”, Pongidae), es decir sin cola, los dryopitecinos.

Por esta época se unen Noráfrica y Eurasia, con Arabia como puente, con lo que la migración de mamíferos hace que los monos y probóscidos africanos invadan Eurasia y los felinos y equinos África. También los pastos norteños se difunden en suelo africano y así permitirán que los mamíferos de casco se reproduzcan mayormente, de donde vendrá el antílope, antecesor de nuestro ganado bovino y ovino actual.

La distribución continental por este entonces, 20 Ma. atrás, es casi idéntica a la actual: las diferencias son sólo toques menores y el mayor o menor nivel de los mares en los siglos sucesivos. La diferencia más notable es, sobre todo desde nuestro punto de vista, la inexistencia de Mesoamérica: Norte y Sur América están en esta época divididos por el Océano. Después de los 10 Ma. de condiciones climáticas suaves en que se dieron las modificaciones antes descritas, se inicia, hace 15 Ma., una nueva época glacial. Un meteoro de dimensiones moderadas cae en Europa, Antártida se congela definitivamente, desaparecen muchos de los bosques tropicales y se da una intensa actividad volcánica en todo el mundo. La tierra cambia su polaridad magnética 13 veces en 3 Ma.

En esta época disminuye el número de géneros de los mamíferos, desapareciendo casi un 30% de ellos. Aparecen los primeros monos con dentadura semejante a la de los humanos (ramapitecinos), hará

unos 15 Ma., ancestros de los orangutanes modernos, los cuales provienen de una rama separada, hará unos 10 Ma. de estos monos antropomorfos.

Los primeros felinos modernos y los progenitores de nuestros elefantes, aparecerán hace 8 y 7 Ma., respectivamente, en una época en que, nuevamente, nuestro mundo inicia otra época glacial; los glaciares ocuparán el Norte y se extenderán hasta América del Sur. Como efecto de la condensación (en hielo) de tanta agua, el nivel de los mares baja notablemente, hasta 40 metros, esto produce notables consecuencias en el Mediterráneo, el cual quedó separado de los océanos y en cerca de un milenio se secó, para ser llenado con el agua de los ríos afluentes, hasta lograr alcanzar un nivel suficiente para volver a desaguar en el océano, esto acaeció varias veces sucesivas.

Hace 6 Ma. aparecen los cánidos y dos millones de años después los camellos, osos y cerdos contemporáneos. Hará 5 Ma., los mamíferos se han recuperado de las pérdidas sufridas: entre ellos se desarrollará un animal no especializado, que puede comer tanto hierbas como carne, vivir en cualquier ambiente geográfico y servirse de instrumentos en lugar de su cuerpo y en tal forma utilizar los recursos del medio ambiente y aherrojar la energía de los materiales que lo rodean, como para disponer de fuerzas mayores que las que ningún otro animal haya logrado.

La línea de nuestros antecesores, según lo evidencia el análisis de los cromosomas moleculares, son monos antropomorfos que vivieron entre 6 y 4 Ma. atrás: la más antigua raza es la de los australopitecos, en Etiopía, hace 4 Ma., que ya caminan erectos, lo que les permitió— liberar sus brazos y utilizar sus manos.

Cerca de 3 Ma. atrás se inician las edades glaciales contemporáneas, que se alternan en periodos de aproximadamente 90 mil años cada uno; inicialmente no eran severas, pero hará unos 2.4 Ma. comenzaron a serlo, al aumentar el frío aumentan las sequías, desaparece la vegetación y prevalecen las zonas semidesérticas, la estepa en que sólo el pasto, los animales herbívoros y sus depredadores subsisten.

Cerca de 2 Ma. atrás, en una de esas épocas de sequía, en el Norte de África, deja sus huellas el denominado Homo habilis, un australopiteco con una capacidad craneana cerca de la mitad de la nuestra. Este animal es una mutación del mono antropomorfo, la cual le proveyó de un cerebro más grande y con la novedad biológica de que sus cerebros podían crecer después del nacimiento. Tiene algunas características sociales propias de los humanos: comen en compañía de los demás congéneres, y no devoran enteramente la

presa, sino que llevan algo de carne al hogar, para consumirlo en comunidad.

La siguiente huella del desarrollo de los antropomorfos la encontraremos en Asia, hace 1.8 Ma., el llamado Homo erectus, cazador que ya emplea un hacha de mano hecha de pedernal y que no devora la presa, sino que la destaza, para consumirla en comunidad.

Por esta época los mamíferos comienzan un periodo de acelerada evolución, los géneros casi se triplican durante los últimos 1.8 Ma.: el bisonte, la oveja, el jabalí, etc. Son tantos los géneros nuevos que no hay campo vital para todos y muchas especies se extinguieron, no obstante, la diversidad de los mamíferos es sorprendente todavía.

Pero volvamos a nuestros antecesores.

El hombre nace con un cerebro del tamaño propio del mono, el cual luego crece hasta alcanzar la dimensión mayor. Pero esto no es toda la diferencia, en lo que se refiere al cerebro, puesto que el mayor tamaño se da sobre todo en la corteza cerebral parietal, que son las áreas cerebrales usualmente comprometidas en "solución de problemas y verbalización (lenguaje); es posible además que la especialización manual, el predominio de la mano derecha, haya provocado que el hemisferio izquierdo del cerebro (que es el que rige los movimientos de la parte derecha del cuerpo) adquiriera mayor capacidad para los análisis secuenciales y en último instancia para el lenguaje, quedando encomendadas al lóbulo derecho las situaciones generales y de carácter espacial.

Por el desarrollo de las capacidades de lenguaje, que son más rápidas en las niñas que en los varoncitos, algunos opinan que la especialización manual (destrismo) fue una característica femenina, más que masculina, supuestamente porque las mujeres acurrucarían a sus bebés en el brazo izquierdo, para que el latido del corazón materno los arrullara, y con ello quedaría libre el derecho para iniciar la revolución cultural femenina.

No sabemos si el Homo erectus ya era diestro o si continuaba siendo ambidextro, pero sí sabía utilizar el fuego hará unos 1.4 Ma.

En el millón de años siguientes muy poco es el avance cultural que podemos detectar el Homo erectus vive en los climas cálidos, a la vera de un río o de un lago, dedicado a la caza, la recolección de plantas, y a la confección de herramientas primitivas, se pintarrajea principalmente de colores carmesí.

Los mamíferos alcanzan la cúspide de su proliferación hace cerca de un millón de años y luego declinan, desapareciendo muchas especies y géneros.

Hace 730 mil años la Tierra adquiere la polaridad actual.

Un poco antes comienzan las emigraciones de los Homo erectus, que abandonan África, para emigrar, como será costumbre del turismo desde entonces, a Italia central, donde existen asentamientos desde hace 750 mil años atrás; el Homo erectus llegará, hace unos 630 mil años, a la China, como lo testifican muchos cráneos partidos de "hombres del Pekín" cuyo cerebro consumía el Homo erectus, caníbal.

Aparentemente un grupo de Homo erectus que se asentó en Europa dio origen al Homo sapiens, la especie a la que pertenecemos los hombres modernos. Esta especie apareció hará unos 600 mil años atrás y no debe haber sido un único grupo, sino varios en diversas partes de Europa (subespecies).

Existen monumentos de la habilidad del Homo sapiens, como cazador en gran escala, de elefantes, caballos y venados, hará unos 450 mil años en España, durante el periodo glacial. Hace 420 mil se encuentran asentamientos en Niza, habitando en chozas y alimentándose de la pesca, tortugas y ostras. En estos tiempos los glaciares cubrían gran parte de América del Norte, hasta San Luis (Misuri) y el canal de la Mancha estaba helado y ocupado por glaciares.

Los periodos glaciales desde tres millones doscientos cincuenta mil años atrás hasta hace 500 mil años, fueron 30 y luego ha habido cinco más, encontrándonos hoy en el lapso cálido del periodo glacial 35. Se desconoce su causa, pero se cree debida a cambios en la trayectoria orbital terrestre, consecuente a eventos cósmicos.

El Homo sapiens muestra muy pocos signos de evolución orgánica, en el lapso siguiente, y casi ninguna social. Sin embargo, es probable que en los 250 mil años que pasaron hasta la aparición (hace 230 mil años) del Homo sapiens arcaico, el Homo sapiens primitivo haya consolidado, en lo físico, la posición erecta y desarrollado formas iniciales de colaboración social que fueron más allá del círculo familiar; en la utilización de instrumentos no se notan avances dignos de mención.

Las demás especies animales, por su parte, van asimismo evolucionando y alcanzan una etología que minimiza, sin eliminarla, la violencia, en forma tal que no tenga necesariamente consecuencias mortales, pero permita siempre la selección del más fuerte. Los animales vertebrados desarrollan las luchas rituales que los caracterizan actualmente.

Los humanos inician el desarrollo de sus capacidades de colaboración social más amplia, los gestos e incluso las primeras formas de lenguaje desde hace unos 230 mil años, cuando al finalizar el periodo glacial 33, en el interludio cálido siguiente aparecen los Hombres de Swanscombe y de Stenheim, que son Homo sapiens arcaico, quienes utilizaban hachas de mano y otros pedernales; muestran una mandíbula menor (en casi un 40%) que la del Homo habilis y con dientes mucho más pequeños.

Cerca de 200 mil años atrás encontramos la primera obra de arte, en que un hacha de pedernal se talla alrededor de un fósil que contiene la piedra, en el S.E. de Inglaterra.

Un nuevo periodo glacial (el penúltimo, el 34) comienza hace 188 mil años y durará por 60 mil años. En este periodo, hace 160 mil años, aparece la primera innovación tecnológica, del neolítico, en los instrumentos de Levallois en África: los pedernales no son ya una pequeña modificación de piedras que tienen de suyo la forma apropiada, sino que deliberadamente se tallan las piedras para producirlos (esta tecnología puede que haya sido iniciada en la misma África 600 mil años atrás, en Kilomre, pero no es sino hace 160 mil años que se consolida y difunde, durante los cien mil años siguientes por toda África, Asia y Europa).

Hace 150 mil años aparece el mamut, que se extiende hasta Norte América, una de las piezas predilectas de nuestros ancestros cazadores. Pero con el periodo cálido que se inicia hace 128 mil años, el hombre utiliza más elementos nutritivos marinos, consumiendo mariscos en abundancia. Este periodo cálido lo fue excepcionalmente y el hipopótamo y el león pueblan los alrededores de lo que hoy es Londres. El nivel de los mares aumenta considerablemente, unos 18 metros sobre el actual, como nos consta por las regiones de playas altas que existen en todas partes del mundo.

Dos tipos de Homo sapiens parecen estar bien definidos por esta época: los Neanderthalenses, masivos, robustos, con huesos grandes, frente baja, con un cerebro cuya capacidad excedía a la del hombre moderno y mandíbula saliente, quienes pueblan toda Eurasia y desarrollan, por cerca de 80 mil años la cultura humana de entonces. Pero quienes desaparecerán posteriormente, como habremos de ver.

Al mismo tiempo, en África, aparece otro Homo sapiens del que descenderemos los Homo sapiens, modernos. Una calavera de Tanzania de hará unos 100 mil años, muestra una configuración más semejante a la nuestra; con todos sus instrumentos eran atrasados, su capacidad craneana menor que la de los

Neanderthalenses, y no dan muestra de evolución cultural durante los siguientes 40 mil años.

Quizá lo que les faltaba, y por eso fueron tan estáticos, fuera el lenguaje.

Es un misterio insoluble como fueron precisamente estos, aparentemente menos adaptados, los que habrían de ser el vástago del hombre moderno. La biología también nos enseña a no hacer ciencia más que del pasado y a evitar las fáciles predicciones, puesto que -ciertamente- el preferido habría debido ser el Homo sapiens neanderthalenses para antecesor directo nuestro.

Los neanderthalenses continúan su desarrollo cultural, uno de ellos fabrica un amuleto, cien mil años atrás, coloreando un colmillo de mamut; en Yugoslavia quedan trazas de sus festines canibalísticos de 90 mil años atrás, y muchos de los restos fósiles muestran heridas.

Hace 72 mil años se instaure el actual (35) periodo glacial que persistirá extremoso por casi 60 mil años. Aparece entonces el actual oso polar, que se alimenta de focas en donde hoy es Londres, lugar en que antes de este periodo glacial habitaban los hipopótamos y leones.

Los neanderthalenses colonizan más territorios y se extienden desde Europa occidental, al Asia central y Afganistán, con diferentes técnicas e instrumentos de caza. Construyen chozas con los huesos del mamut, encienden un fuego interior para calentarlas, las piezas preferidas son el caballo salvaje y el reno, en las regiones nórdicas y los bisontes en las meridionales. En España habitan en cuevas y se alimentan de ganado salvaje. Comienzan a practicar ritos religiosos o mágicos: entierran a sus muertos, con ceremonial y con flores en sus tumbas; desarrollan la medicina y aparentemente el cuidado comunal de los ancianos. Hace 60 mil años es enterrado un neanderthalense, con flores de plantas medicinales, por lo que se cree se trató de un curandero.

Construyen los primeros templos; en Francia, 47 mil años atrás, existió una cueva para el culto del oso, donde hay sepultados 20, bajo una lápida que pesa cerca de una tonelada. Pintan sus cuerpos con diversos colores y disponen del rojo, amarillo, negro. Su gran desventaja estuvo en su formación bucal, muy semejante a la de un infante moderno, que no les permitió avanzar mucho en el desarrollo de la comunicación oral.

Los neanderthalenses fueron los predadores más formidables que había conocido la Tierra, por su inteligencia, su habilidad manual y visual, y su sociabilidad.

Pero apareció entonces una raza de superhombres, los parlantes.

Probablemente hace 45 mil años se produjeron las mutaciones en el cerebro y la boca que permitieron la vocalización tan compleja, propia del hombre moderno, lo que quizás haya ocurrido entre el mar Caspio y el Océano Indico.

En los cinco mil años siguientes esta subespecie se cruza con los neanderthalenses y se difunde: son animales menos robustos, con huesos menores, que se separan como especie desde quizás 40 mil años atrás y comienzan a poblar la Tierra, por su capacidad de adaptación a casi todos los climas: hace 40 mil años ya han llegado a Australia, colonizan Europa hace 35 mil años, África y Siberia oriental hace 32 mil años... y finalmente llegan a América (Alaska y el Yukón), hace 27 mil años.

Entre tanto, por mutaciones que sobreviven en la adaptación a diferentes medios, aparecen las razas, con los cambios en estatura, fisonomía, pigmentación, que serán condición para la diversidad de la raza humana del Homo sapiens actual.