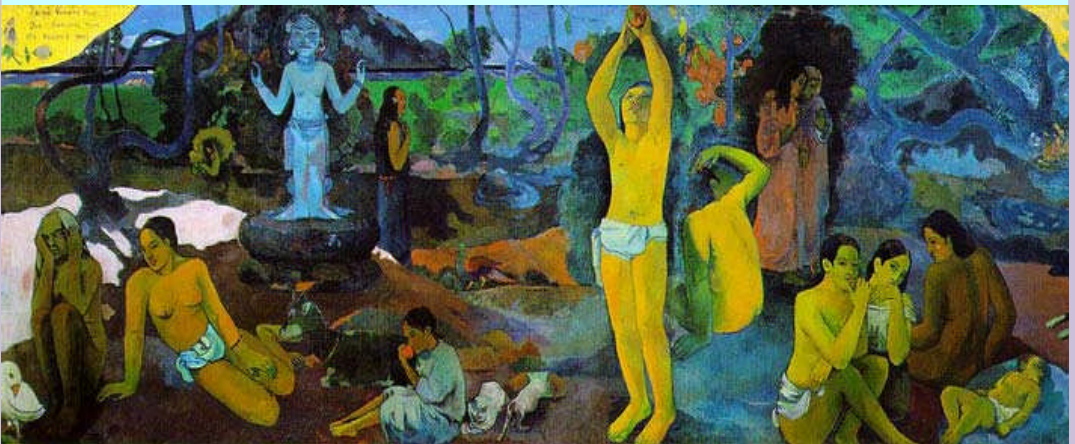


DE LA β ETA A LA YPSILON...

Antonio Huertas



Gauguin, 1897. "*¿De dónde venimos, qué somos, a dónde vamos?*"

Autor: Antonio Huertas Moreno

Procedencia: **DE LA β ETA A LA YPSILON**

<http://www.palimpalem.com/1/origenes/>

Antonio Huertas Moreno *

DE LA BETA A LA YPSILON

PRÓLOGO

DE entre todos los privilegios que se otorgan a uno cuando se jubila el mejor es el de la libertad de poder estudiar lo que quieras. Poder explorar los límites físicos y mentales de la existencia de forma confortable y segura, sin molestarse en considerar si parece o suena tonto, da una alegría inmensa. Las personas maduras, por lo general, no tienen tiempo para el ocio fuera del que dedican a ganarse la vida. Sólo los viejos pueden ton-tear alegremente.

Estos apuntes están dedicados a mi entretenimiento y espero que al de algún lector amigo. Se ha escrito como parte de un estilo de vida en el que reserva un tiempo para ir de paseo por el campo y para hablar acerca de las sorpresas que nos produce la vida.

Escribir sobre estas cuestiones es una notable experiencia de aprendizaje. Estas son razones por las que me sigue atrayendo estudiar. Mi pasado como profesor de Filosofía parece que influye en

* Antonio Huertas. Catedrático de filosofía, jubilado

este ensayo, he procurado ser claro, presentar la materia de forma amena y evitar la terminología específica. En nombre de esa pedagogía me tomo la libertad de no puntuar con citas cada una de las afirmaciones científicas que aquí se realizan, por supuesto, ninguna mía. Sólo citaré cuando sea una idea reciente o exclusiva, el resto está contrastado y leído en diferentes autores. El que quiera conocer mi aportación al enfoque del tema tratado, necesitará leerse previamente todos los libros que indico al final del trabajo.

Pienso en la gran suerte que tengo de ser una criatura viva y consciente que puede plantearse estas especulaciones en una época en la que algunos de los misterios más confusos de la naturaleza pueden estar revelándose ante nuestra terca insistencia. Supongo que ése es el poder del saber, el transportarte más allá de tus preocupaciones inmediatas y dejar que corran libres el espíritu y la mente.

Quiero resumir la situación actual del conocimiento de un tema en el cual no soy experto y que por lo demás abarca múltiples asignaturas. Esto no puedo remediarlo y pido disculpas.

Los capítulos, del II al V, se inician con un fragmento en letra cursiva que corresponde a un texto literal de Fritjof Capra, recoge, muy brevemente, todo lo que se puede decir, en el momento actual de la ciencia, sobre este tema. A ratos, pienso que lo mejor es leerse el texto en cursiva y punto.

Para una mejor comprensión del capítulo II pueden visionar la película “Génesis” de producción francesa, o la representación teatral “Nuestras amigas las bacterias” de producción española.

El lector que lo desee puede realizar las observaciones que le parezcan oportunas a través de correo: [antonio huertas@telefonica.net](mailto:antonio.huertas@telefonica.net)

INTRODUCCIÓN

Tras la exposición “apasionada” que realicé, siguiendo a Lynn Margulis, sobre el origen de la vida en lo que llamamos un Planeta Simbiótico, una de las dudas, de las “pegas”, que más insistentemente nos hicimos fue más o menos esta:

¿Queda espacio para el espíritu humano en ese planeta simbiótico?

¿Qué hay de la dimensión espiritual de la vida, la reflexión, la conciencia e incluso de la trascendencia del ser humano?

Hoy son raros los científicos que duden de que el hombre actual es producto de un largo proceso evolutivo. Pero dicha idea incomoda a buena parte del gran público. Pocos son los que niegan el hecho de que su apariencia física y su estructura corporal son el resultado de la evolución, pero ¿también es así en el caso de sus estructuras psicológicas? Además, ¿es pertinente considerar nuestro comportamiento, como seres inteligentes, desde un punto de vista evolucionista? En alguna parte he leído este inquietante planteamiento: Si un perro muere y sabe que muere como un perro y puede decir que muere como un perro, ¿es un hombre?

El problema surge cuando saltamos de la naturaleza animal, y la comparamos, a la naturaleza de ese mono desnudo, primo hermano de los chimpancés, familiar cercano de los primates y con una larga lista de parientes que se pierden en la noche de los tiempos. De cualquier forma, pienso que nuestra “dignidad” como seres pensantes está a salvo, puesto que, a partir de un mismo potencial

“nervioso”, en un mismo lapso de tiempo, los monos y nosotros hemos cumplido destinos muy separados.

Me viene a la mente lo que decía mi abuela: Tú descenderás del mono, yo no.

La necesidad en apariencia legítima de definir al hombre ha conducido al pensamiento occidental a un callejón sin salida. Muchos humanistas resumen admirablemente bien esta increíble situación: En el transcurso de los siglos, la ciencia ha infligido dos heridas al amor propio de la humanidad, la primera, cuando ha mostrado que la Tierra no es el centro del Universo, sino un punto minúsculo apenas concebible; y la segunda, cuando la biología ha robado al hombre el privilegio de haber sido objeto de una creación particular y ha puesto de relieve su pertenencia al mundo animal. Durante mucho tiempo los humanos nos hemos creído el centro de todo. La ciencia nos ha hecho bajar de ese trono. Sólo formamos parte del universo.

A esta situación se ha llegado a partir de una larga tradición del pensamiento occidental que intenta poner de relieve una lógica del mundo vivo que, necesariamente, conduce al hombre moderno. Esta creencia se encuentra desde Aristóteles en una suerte de determinismo metafísico: la evolución de la vida está dirigida a la aparición de los seres humanos, ya que participan de una misma lógica. Desde sus orígenes, la vida sería una promesa humana. Desde Platón la tradición filosófica occidental entiende la mente como sinónimo de espíritu o alma. Descartes lleva al extremo esta idea cuando dice que la mente humana es una entidad espiritual sagrada que controla la máquina corporal.

Claro, frente a esto se pueden exponer los planteamientos de otros sabios. Me viene a la memoria la famosa “navaja” de Guiller-

mo de Ockam, monje franciscano del siglo XIV, que ya planteaba la necesidad de explicar los fenómenos de la naturaleza a partir de la propia dinámica de la naturaleza, “cortando” la tentación de explicar lo de aquí con causas del más allá. Proponía explicar la mayor cantidad de fenómenos con la menor cantidad de leyes posibles.

De cualquier forma, el hecho de que tengamos, como seres conscientes, alguna esperanza de desvelar los secretos de un misterioso universo, es un don preciado que no debemos despilfarrar.

"Parece casi inconcebible que nosotros, una especie de monos inteligentes del tercer planeta de una estrella insignificante en una galaxia insignificante, podamos estar en condiciones de rastrear la historia de nuestro Universo hasta el instante mismo de su aparición, hasta aquel momento en el que las temperaturas y las presiones superaban todo lo que nuestro Sistema Solar ha experimentando nunca", escribe el físico Michio Kaku, para añadir a renglón seguido que en su opinión es algo que ya se ha conseguido.

Para poder plantear, correctamente, el “sitio” del espíritu, la razón y la conciencia humana, es necesario volver, no solamente, al origen y desarrollo de la vida sobre la Tierra, sino al devenir de este universo que nos acoge. En los últimos años hemos llegado a un punto en el que podemos empezar con los orígenes del universo y podemos terminar con una conversación entre seres inteligentes sobre cómo funcionan las cosas. Hacernos una idea muy precisa de todos los pasos que hay entre esos dos extremos. Ese soberbio objetivo es, nada más ni nada menos, el esbozo que quiero plantear en estas páginas.

Desde mi heterodoxa formación filosófica, me atrevo a sugerir que es posible comparar el momento presente de la teoría sobre la evolución del universo y la vida con estar componiendo un rompe-

cabezas y de pronto miras hacia el tablero y te das cuenta de que lo has terminado, tienes todas las piezas.

No quiero caer en la petulancia y en la absurda soberbia de pretender decir que se comprende todo. Es cierto, todo esto es muy difícil de comprender, lo que hacemos es intentar comprenderlo desde un ángulo u otro y ver si le encontramos algún sentido, uno no espera en realidad comprenderlo del mismo modo que comprendemos el mundo diario que nos rodea habitualmente. Pero esos pequeños atisbos de comprensión son, a mi modo de ver, algo apasionante y nos hace sentir que estamos cerca de algo que es un poco mágico. Siempre tendremos que tener en cuenta que a escala de las leyes de la mecánica cósmica y cuántica los objetos materiales se comportan de manera completamente distinta a como lo hacen a escala humana, de manera que nuestra experiencia normal no nos sirve de mucha ayuda.

Ciertamente, la última palabra no está dicha. Sin embargo, gracias a las ciencias físicas, biológicas y sociales disponemos hoy de completos modelos para responder las preguntas no solamente sobre el origen de nuestro pequeño planeta, sino sobre el del Universo entero, y por tanto, del espacio, el tiempo y la propia vida. La ciencia avanza porque el hombre tiene una curiosidad inherente por entender.

Soy muy consciente del peligro de las simplificaciones, pero la ventaja de las ideas simples es que son claras. El inconveniente de las ideas claras es que son reductoras. Sin embargo, es interesante partir de una idea clara, antes de matizarla, para lograr que se acerque a la realidad. Como decía Víctor Hugo: "No pretendemos que el retrato que hacemos sea toda la verdad, pero sí que se le parezca"

Y lo más importante; cuando hablamos de ciencia siempre debemos tener en cuenta que nos movemos en la lógica de las posibilidades, nunca en la lógica de lo necesario. Este puzzle también podía haber tenido otras fichas y otra composición. Las posibilidades de historias de la vida tienden al infinito. En esta historia del universo y por lo tanto de la vida no caben los apriorismos, todos sabemos que uno de los criterios de fiabilidad del saber científico es el de la probabilidad, nunca el de las verdades únicas y absolutas. La ciencia avanza formulando teorías, verificándolas y reformándolas con los resultados de los experimentos ideados para comprobarlas. La ciencia en la práctica consiste en ensayar suposiciones, caminando indefinidamente en torno a ellas.

Perdonadme que os hable de mi experiencia personal; de la cara de desconfianza que ponían mis alumnos cuando afirmaba, en clase, que lo único cierto es la experiencia contrastada de un hecho, fenómeno acontecido, por ejemplo la caída de una piedra, pero que la explicación de ese fenómeno es siempre provisional y revisable, por muy aceptada que esté en la propia comunidad científica, por ejemplo la Teoría de la Gravedad. Una cosa son los hechos y otra la explicación de los mismos, aunque algo habrá que exigir a esas explicaciones para que sean científicas, para no entenderme, como mínimo coherencia, simplicidad y algo de belleza.

En la ciencia hay creatividad como en la música o las artes plásticas. Inventamos un poco la naturaleza. Hay una estética en la ciencia. Elegimos lo que consideramos elegante, bello y que tiene sentido trabajar con ello.

Albert Einstein nos ilustra sobre este punto cuando compara la investigación científica de la naturaleza con un “reloj” del que todo el mundo desconoce su funcionamiento y el único relojero ha

muerto y no ha dejado instrucciones. De lo que estamos seguros es que el segundero, el minuterero y el horario se mueven. Sobre cómo es la maquinaria se pueden establecer distintas teorías, ¡ah! se me olvidaba decir que es imposible abrir el reloj. Nos quedaremos provisionalmente con la teoría más lógica, coherente y simple pero no nos empeñaremos en mantenerla cuando cambien las evidencias o aparezca otra teoría más “satisfactoria”. Einstein, igualmente, comparaba la investigación científica con la siguiente situación: un libro del que se conoce el desenlace pero se desconoce el argumento porque no se puede leer el libro abriendo sus páginas, para saber por qué ocurrió aquello. En las ciencias no se puede “deshojar” la naturaleza, pero se pueden establecer hipótesis que expliquen el actual estado de cosas.

Evidentemente, lo único que puede decirse es que este mecanismo pudo producirse o desarrollarse de esta o aquella manera, pero nunca si realmente ocurrió así. En sentido estricto, la ciencia lo único que puede pretender es intentar dar respuesta a las preguntas, pero en ningún caso dar con la última verdad. La modestia y la humildad son innatas en los científicos, que en esto se diferencian de aquellos que pretenden estar en posesión de la última verdad.

En una situación semejante se puede estar tentado de perder la esperanza de la predecibilidad, los físicos afrontan cada día situaciones en las que el resultado exacto de un único experimento nunca puede predecirse con certidumbre. Sin embargo, podemos saber con absoluta certeza cuál es la probabilidad estadística de todos los diferentes resultados posibles. Cuando hablo de casualidades puede parecer que he abandonado toda pretensión de precisión científica. Lo que ocurre, en realidad, es que las causalidades predecibles son la base de prácticamente toda la investigación

científica moderna. No está de más recordar que una simple casualidad marca muchas veces la diferencia entre la vida y la muerte; la pérdida del tren de cercanías en la ciudad de Madrid, la mañana del 11 de Marzo de 2004, cambia el futuro de una joven...

Naturalmente, nuestra evolución es única; no es algo corriente. Pero nos cuesta admitir que podamos ser fruto de contingencias, aunque las contingencias no suprimen una lógica de los acontecimientos. Si la historia de la vida volviese a empezar hoy de cero sería muy posible que se desarrollara de manera muy distinta, sin que nadie pueda predecir cómo, y esto molesta a la increíble vanidad humana.

Pongamos un ejemplo conocido por todos: pensemos en el final del Cretácico, hace unos 70 millones de años, un período dominado por los dinosaurios y las plantas de semillas desnudas, las gimnospermas. Un observador que desconozca la historia presente de la vida tendrá muchas dificultades para imaginar la crisis que conducirá a su extinción y más si cabe para entrever la expansión de las plantas con flores y frutos, las angiospermas, y los mamíferos. Así, sin un meteorito inoportuno o sin violentas manifestaciones volcánicas, la historia de los primates, los monos y los hombres no habrían podido desarrollarse. Nuestra evolución está, pues, estrechamente relacionada con el entorno y sus convulsiones.

Este trabajo es una constante muestra de ver cómo las cosas han sido y a la vez constatar que el más leve cambio de las circunstancias, de todo tipo, nos podía haber llevado a situaciones impensables, inconcebibles. Pongamos otro ejemplo:

El tipo de magnitudes a las que se refiere el principio antrópico de la Física incluye varias constantes, entre ellas, la constante "G", que determina la fuerza gravitatoria entre dos masas cualesquiera.

Si la intensidad de la gravedad fuera ligeramente mayor o ligeramente menor que su valor actual, no podría haberse desarrollado la vida (al menos la vida basada en la química del carbono). Con un valor de “G” ligeramente mayor, sólo podría existir estrellas enanas rojas, demasiado frías para permitir que, en su zona aledaña, hubiera planetas aptos para sustentar la vida. De manera similar, si “G” fuera ligeramente menor, todas las estrellas serían gigantes azules y persistirían durante un intervalo temporal demasiado corto para la aparición de la vida. Ya veremos muchas situaciones muy parecidas a esta.

Estas observaciones no pretenden reducir la importancia del hombre en la historia de la vida; se limitan a recordar que sus orígenes se inscriben en el marco de la evolución de la vida. Cuando se afirma que el hombre moderno es el último de los homínidos, no se pretende insinuar que la evolución se dirige hacia nosotros, como puede hacer creer el hecho de que nuestra especie sea hoy “la dominante”. En realidad, la paleontología nos revela que somos los últimos representantes de un grupo antaño floreciente.

Estamos lejos de ser el remate de una gran casa construida por la evolución. Se mantienen creencias y prejuicios que cuestan sangre, sudor y lágrimas desterrarlos del saber humano. No me resisto a presentaros algunas “perlas”:

Este verano George Bush, en una alarde verdaderamente pos-modernista, ha apoyado la idea de que en las escuelas públicas norteamericanas se enseñe en igualdad de condiciones la teoría de la evolución y las tesis del “diseño inteligente”, una versión maquillada de las viejas ideas creacionistas, como si de dos discursos equivalentes se tratara.

El Cardenal de Viena, Christoph Schönborn, ha dicho recientemente que Roma ni acepta ni puede aceptar una evolución basada en los ciegos azares de la selección natural.

En Italia, con el apoyo del gobierno de Berlusconi, los creacionistas consiguieron también que el curso pasado la teoría de la evolución no se enseñase a los menores de 14 años y, en su lugar, se alimentase la necesidad de saber de los estudiantes con mitos y leyendas de la versión bíblica de la creación del Universo.

Ante actitudes como estas lo importante es ante todo tomar conciencia de nuestro lugar en la historia de la vida. Nunca debemos olvidar que una generación de ignorancia, apoyada en el mito y el fanatismo, es todo lo que hace falta para borrar del mapa el moderno y magnífico edificio llamado ciencia, construido durante más de un milenio a base de pequeñas aportaciones en dirección a la verdad y me estremezco ante el daño que puede hacerse al combinar ignorancia y poder.

Si ya fue duro para la humanidad aceptar que su mundo no era el centro del universo, ser destronados del reinado de la naturaleza es algo que los seres humanos no perdonan fácilmente. En tales condiciones, ¿a quién le sorprende que, para buena parte de la humanidad, Darwin deba ser calificado con dos rombos? Muchos hoy, aunque han abandonado sus creencias religiosas, siguen aferrándose a sus creencias culturales sobre la sacrosanta naturaleza de la mente humana.

Por cierto, la comparación con la religiosidad es más que una mera coincidencia. Es un tema que se será tratado en su momento, pienso defender la tesis de que es posible compatibilizar religión, ciencia, cultura y humanidad; espero mostrarlo en este trabajo.

La vida, algo que todavía no entendemos en su inabarcable complejidad no es un fenómeno lineal, singular y absoluto, sino el conjunto de infinitas circunstancias que se combinan en un milagroso equilibrio, dando pulso y continuidad al latido del planeta.

Estamos comenzando a comprender que la Tierra se comporta como un organismo vivo, un fabuloso y complejo ser, formado por millares de especies, ecosistemas y equilibrios físico-químico-geológicos y atmosféricos. Hasta los más pequeños seres tienen un papel de incalculable valor y esta es la grandeza y fragilidad de nuestro mundo. Por inagotable que parezca, la vida depende de estructuras y seres pequeños, millones de diminutos pilares que cimientan el edificio de la vida convirtiendo a nuestro planeta en una rareza estelar. Una mancha azul en la inabarcable oscuridad del cosmos.

Cabe afirmar que no se puede dar una definición que abarque todos los conceptos de vida. Es posible que algún día pueda establecerse una bonita definición general de vida, una definición clara, compacta y elegante. Tan elegante y sencilla como las leyes de Kepler, que sólo necesitaron un poco de humildad y un mucho de observación para aclarar el papel que nuestro planeta desempeña en el Sistema Solar. Hasta entonces parece garantizado que la historia que sigue contiene al menos el principio de la verdad.

Es indudable que la materia inerte se ha transformado a lo largo de los 14.000 millones de años de su historia; la materia viva ha seguido el mismo camino durante 4.000 millones de años. Y puesto que el ser humano es naturalmente un ser vivo que, en los últimos momentos, forma parte de la historia de la vida, se inscribe también en la historia de la Tierra y en la del Universo: la materia iner-

te se ha transformado, en parte, en materia viva, que se ha transformado, en parte, en materia pensante.

Queridos amigos, admitir esta tesis no tiene que suponer admitir su necesidad, ni mucho menos, menoscabar la grandeza del ser humano. Es hora de admitir que somos una especie surgida de contingencias terrestres. De una vida que se fragua en las estrellas.

I

DEL ORIGEN DEL UNIVERSO

Durante casi toda la historia humana, los cielos han estado fuera de nuestro alcance. Para nuestros antepasados era el lugar en que vivían los dioses. O simplemente, un lugar enorme e intocable de belleza sin vida.

Pero en la actualidad el estudio del cosmos, nos revela una historia muy diferente, nos revela la historia de la vida, nuestra historia, que se extiende mucho más allá de la formación de la Tierra. Nos revela que la aparición de las condiciones para que se hiciera posible la vida fue el resultado natural de casi 14.000 millones de años de evolución cósmica.

Una cadena de conexiones que une el nacimiento del universo con nosotros, aquí y ahora.

Su extraordinario comienzo empezó con el Big-Bang. Una bola de fuego densa y caliente, de la que hace 14.000 millones de años nacieron el espacio y el tiempo. Desde ese preciso instante el Uni-

verso se ha ido agrandando, apareciendo estrellas y galaxias en todas las direcciones.

Empezamos cuando lo que ahora es "todo" el universo visible, más de 400.000 millones de galaxias, cada una de las cuales contiene más de 400.000 millones de estrellas y cada una de ellas con una masa un millón de veces mayor que la Tierra, abarcaba un volumen de una pelota de béisbol aproximadamente.

Stephen Hawking en una entrevista aparecida en *El País*, 20/03/05, ante la pregunta ¿Es posible que el universo no tuviera un comienzo? opina decididamente: "Hay teorías en las que existe una fase del universo anterior al Big- Bang, pero las ecuaciones se iniciaron en el Big- Bang, de manera que no las puedo seguir más allá de ese momento. El universo como lo conocemos empezó en el Big- Bang."

No sabemos, con seguridad lo que ocurrió después del Big-Bang, es probable que un accidente de la naturaleza causara una leve imperfección en el universo, una pequeña desviación del equilibrio, pero la idea más acertada es que ocurrió un fenómeno que llamamos inflación, y provocó una expansión hiperrápida aumentando el tamaño del universo, miles y millones de veces. Al principio, cuando todo era fuego, no había estrellas, ni átomos, ni moléculas. Todo el espacio estaba lleno de un zoo de partículas exóticas, los precursores de la materia ordinaria y toda la luz estaba atrapada en una especie de interminable partida de padel en las que rebotan estas partículas. Los átomos en sí no existieron durante un tiempo que podría parecer una eternidad.

HIPERNOVAS

Esta inflación condujo a su vez a la existencia de la materia y finalmente a la de los átomos de nuestro universo. Mientras el universo continuaba su expansión, también se iba enfriando, hasta que, al menos pasados 380.000 años del Big-Bang, las temperaturas caen a un nivel en que pueden formarse átomos estables. En ese instante se disipa la niebla primigenia y la luz del Big-Bang brilla con libertad, formando la imagen capturada por el telescopio estelar W- Mars en Febrero de 2003. La fotografía de un cosmos recién nacido. El universo era increíblemente simple. Este primer universo estaba compuesto de hidrógeno y un poco de helio. Como dice el astrofísico berlinés Erwin Sedlmayer, *“Desde este momento el desarrollo futuro del Universo puede ser pensado y físicamente formulado de manera sensata.”*

Nubes de hidrógeno comenzaron a condensarse y atraerse hacia sí debido a su propia gravedad. A medida que el hidrógeno se va acumulando, va aumentando la densidad de la región central, hasta que algo radicalmente nuevo ilumina el universo, una estrella.

Las primeras estrellas son gigantes, básicamente de hidrógeno, 70% de hidrógeno y 28% de helio, su tamaño, al menos, cien veces más grandes que nuestro Sol. Esas estrellas de tamaño tan vasto tienen una vida corta, 2 ó 3 millones de años, a lo sumo, y desaparecen con un bang, en explosiones tan grandes que han sido denominadas Hipernovas, y es por estos cataclismos por los que el universo comienza a acumular los elementos presentes en la denominada Tabla Periódica.

Todos los átomos del universo son creados por el hidrógeno y el helio de estas estrellas. Las estrellas son los alquimistas del uni-

verso, convierten los elementos de la luz en elementos más pesados, así reciben la energía que necesitan para brillar.

En el núcleo de una estrella la temperatura y la presión son tan altas que los átomos de hidrógeno se fusionan para formar helio. La fusión del hidrógeno libera una fabulosa cantidad de energía, luz y calor.

Aunque al final la estrella se queda sin hidrógeno y comienza a fundir sus reservas de helio creando así elementos más pesados. Lo que ocurre es que, la estrella, se contrae y aumenta de temperatura y si encuentra algo nuevo que poder quemar, lo quemará. Toma tres partes, a la vez, de helio para formar carbono. Podemos añadir una parte más de helio a ese carbono para crear oxígeno y...

¡Ese es un gran paso adelante!, significa que las estrellas pueden crear carbono, nitrógeno y oxígeno. Eso es fantástico, porque ya tenemos en el tablero los principales elementos de la vida.

La química orgánica es la química del carbono: la gama de compuestos químicos que puede formar el carbono es prácticamente ilimitada y en un entorno lo bastante denso puede reducirse u oxidarse para componerlos todos. En último término, al combinarse con los otros elementos abundantes –el hidrógeno, el oxígeno y el nitrógeno que emergen de las hipernovas–, las moléculas basadas en el carbono son lo elementos más ligeros con capacidad para formar estructuras autorreproductoras que algún día pueden cambiar la evolución del propio universo.

El carbono es el siguiente en fusionarse, lo que hace que se formen elementos aún más pesados; azufre, cloro, argón... El silicio empieza a quemarse a 3.000 millones de grados, una temperatura asombrosa. A mitad de la Tabla Periódica el hierro es realmente el final del trayecto. Es el elemento final, a partir del cual no se puede

quemar nada más. Es el final de la partida. Una estrella que se ha iniciado a partir de la fusión ha llegado a un punto en donde no tiene nada más que gastar.

La situación, aparentemente, puede parecer clara: formar esos núcleos más pesados exige consumir energía en lugar de liberarla. Los núcleos de silicio que se encuentran en las profundidades del núcleo se han fusionado para formar hierro a un ritmo furioso, rapidísimo. El denso núcleo interior de la estrella, rodeado ahora como una cebolla por capas de oxígeno, carbono, helio e hidrógeno, está a punto de experimentar uno de los acontecimientos más traumáticos del universo. Las estrellas están condenadas a quedarse sin combustible nuclear en esta última hora del último día de vida de esa estrella. Se liberará energía hasta que se produzca hierro. Luego, se acabó la suerte. La mayor parte del núcleo de la estrella, con una masa que excede la masa de nuestro Sol y un radio mayor que el tamaño de nuestra Tierra, se ha convertido ya en hierro y ya no queda nada que quemar. En un segundo habrá acabado todo. (¿Primera gran catástrofe?)

SUPERNOVAS

De pronto, la estrella se encuentra al borde del desastre. La radiación sale al exterior desde el interior, pero en su núcleo no tiene más combustible. El hierro no puede alimentar el horno estelar, por eso cuando una estrella acumula demasiado hierro, se muere.

El núcleo se desploma y rebota, comienza a moverse hacia el exterior, primero lentamente, pero cada vez más rápido, en cuestión de minutos, los átomos son arrastrados hacia la superficie y mucho más allá, como una ola se lleva a un surfista, al tiempo que

explota la estrella y su último aliento ilumina el cielo de la noche con la luz de mil millones de soles... Ya tenemos una Supernova.

En la región caliente en expansión y rica en neutrones que se halla tras la onda de choque, la captura de neutrones por los elementos intermedios produce rápidamente todos los elementos hasta llegar al uranio, que contiene un total de 238 protones y neutrones. Si la materia que rodea a la supernova no es demasiado densa, la materia expulsada puede viajar grandes distancias antes de enfriarse. Los restos tardarán casi 100.000 años en disolverse completamente en el medio interestelar.

Si la estrella, después de su explosión como supernova, todavía tiene una masa superior a 3,2 veces la masa solar, la presión del colapso no es suficiente para estabilizarla como estrella de neutrones, y finalmente se desintegra bajo el peso de su propia masa. Ésta es la muerte clásica de la materia, la cual determina al mismo tiempo el nacimiento de un agujero negro. Éste consiste en una especie de tubería cósmica de desagüe. Todo lo que se acerca a sus proximidades, ya sea luz o materia, cae en un remolino, y finalmente es succionado.

Una supernova puede ser tan brillante como 4.000 estrellas similares al Sol, una explosión formidable. Una energía tan extraordinaria supera la barrera del hierro, mezclando átomos de hierro con el resto de los elementos de la Tabla Periódica; níquel, cobre, cinc... (¿Primer “punto de bifurcación” del que emergen nuevas estructuras?)

Ya está, son bastantes elementos. Sólo somos polvo de estrellas, el carbono de nuestro cuerpo, el hierro de nuestra sangre, el calcio de nuestros huesos. Hasta el último átomo se formó en una estrella.

Según Maurizio Falanga, Comisario francés de la Energía Atómica, durante una observación astronómica rutinaria, el 2 de Diciembre de 2004, fue descubierto un fenómeno que nos muestra la cara "salvaje" del espacio. Se fotografió un púlsar, estrella formada por neutrones, en el momento que ingiere parte de la materia de una estrella compañera, lo que provoca que acelere su velocidad de giro.

Los púlsares son estrellas de neutrones a partir de explosiones estelares que emiten radiación electromagnética de forma discontinua y en pulsos regulares. Según ello los púlsares más veloces son aquellos que practican el "canibalismo estelar", es decir, que toman partes de las estrellas de su alrededor.

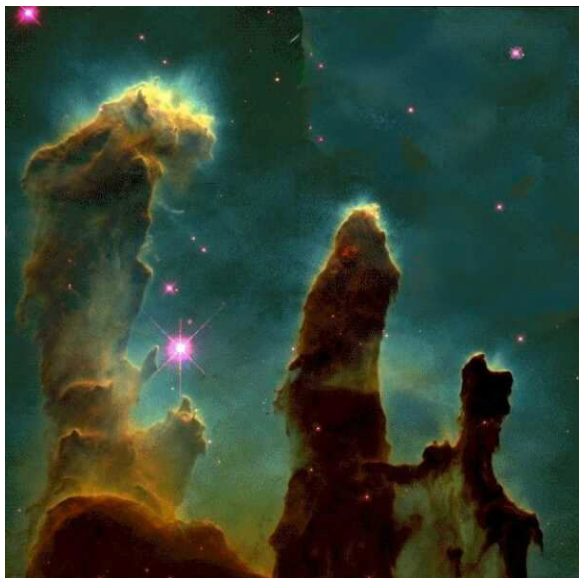
Por lo general, la velocidad del giro de estas estrellas se va reduciendo paulatinamente en unos pocos cientos miles de años, aunque a veces, como en esta ocasión, la tendencia se invierte y aumenta como consecuencia del proceso de "adición".

ALGO MÁS SOBRE EL UNIVERSO

Tras este impresionante inicio se puede afirmar que nuestro universo es hospitalario con la vida, hay miles de millones de galaxias por todas partes capaces de crear sistemas solares, los habitat en donde es posible la vida.

Quedan muchas preguntas por responder. Incluso muchas cuestiones por plantear. La más inmediata, por lo menos para mí, es preguntarme por qué tras esas fabulosas explosiones del universo en su gestación, todo se nos presenta tan estable y constante en el tiempo y el espacio. Hay que partir de algo evidente, las dimensiones del tiempo y el espacio cósmico no corresponden con las de nuestro espacio y tiempo. ¿Cómo podemos saber tanto sobre

estas cuestiones? ¿Esa expansión del Universo tiende al infinito, o se está desacelerando? Hablemos sobre ello en los siguientes párrafos:



5.000 millones de años después se ha borrado cualquier prueba directa de este revoltijo caótico inicial. Una estrella estable baña la Tierra con una incandescencia constante y cálida. Los meteoritos pequeños han sido eliminados en su mayor parte del sistema debido a la gravedad de los planetas grandes o han colisionado con algunos de estos objetos mayores miles de millones de años antes. Sólo seres inteligentes, capaces de explorar lo que queda de ese sistema solar a través de la observación astronómica y deducir el pasado a partir de claves remotas del presente, podrán tener una esperanza de desentrañar los detalles de la tragedia cósmica que condujo a su formación.

Sabemos que esto es así, porque sabemos lo que está sucediendo al lado de nuestra casa, en nuestra propia galaxia, la vía láctea. Es el caso de la nebulosa Águila, tomada por el telescopio espacial Hubble. Las condiciones de la nebulosa Águila se aproximan a las que tenemos aquí. La nebulosa águila contiene prácticamente, la misma mezcla de cuerpos pesados que contiene nuestro Sol.

Es posible que dentro de 4.500 millones de años, una civilización de un planeta que esté en la órbita de esa estrella, mire al cielo y se pregunte de dónde provienen. No voy a decir que vaya a ocurrir, pero, ciertamente, es posible.

Dejemos la exploración del espacio estelar, miremos en nuestra querida Tierra: En la meseta de la Antártida, cerca de la misma estación de investigación del Polo Sur que está sondeando las fluctuaciones de densidad primitiva que se generaron en el Big Bang, otro grupo de investigadores no mira hacia lo alto sino a la superficie de la capa de hielo de kilómetros de espesor que cubre el continente helado. La prístina superficie de hielo proporciona un delicado enterramiento a visitantes extraterrestres. No son alienígenas como los que salen en "Expediente X" sino a piedras de un tono raro, principalmente de hierro pero que contienen aglomerados de pequeños cóndrulos de carbono, esférulas de tamaño milimétrico embutidas en la piedra y que probablemente son restos de gotas condensadas de la materia original procedente de la nebulosa de polvo que rodeó a nuestro Sol naciente. Al fundirse la capa superficial del hielo de la Antártida, los fragmentos de meteoritos salen a la superficie asomando como un dedo hinchado. Unos geólogos bien abrigados rastrean las llanuras heladas en vehículos adaptados a la nieve recogiendo estas rocas como un mariscador recolecta sus langostas.

EL FUTURO DEL UNIVERSO

Por cierto parece que una de las grandes preguntas sobre el destino del Universo ya tiene, últimamente, una respuesta: ¿el cosmos que está actualmente en expansión, se está acelerando o desacelerando en su proceso expansivo?

Saúl Perlmutter, del Laboratorio Nacional Lawrence Berkeley y Brian Schmidt del observatorio de Mount Stromlo (Australia), junto a un grupo e colaboradores, teóricos y observadores astronómicos, parece que han contestado esta pregunta:

Era necesaria la observación de unas 50 supernovas, número suficiente de referencias, para saber si la expansión del Universo se estaba desacelerando. Ambos equipos consiguieron descubrir múltiples supernovas nuevas en galaxias lejanas en unas pocas noches. Se consiguió mediante cámaras panorámicas que permiten en una única imagen captar gran número de galaxias. Luces nacidas prácticamente al principio de los tiempos.

Ahora era necesario calcular a la velocidad a la que se desplazaban esas distintas referencias para determinar cual era el ritmo de desaceleración del Universo a lo largo de su historia. Esperaban que las estrellas más antiguas y distantes se desplazaran a mayor velocidad que las más cercanas. La búsqueda era el número mágico; el ritmo de desaceleración del Universo.

La respuesta fue muy distinta a la esperada.

Lo que vieron resultó ser algo extraordinario, las Supernovas eran un 20% menos luminosa de lo que esperaban, esto significaba que estaban mucho más lejos en el Universo de lo que debían de estar atendiendo a las leyes de la gravedad.

No podían creer lo que veían, sabían que la expansión del Universo debería de estar desacelerándose, que la gravedad tenía que estar frenándola, pero los datos contradecían las leyes conocidas de la Física y todas sus expectativas.

El universo no se está encogiendo, y de hecho la expansión del Universo se estaba acelerando.

El Universo está cada vez más grande y no al contrario.

Aunque la gravedad tiraba del Universo, de algún modo las Supernovas estaban siendo empujadas más hacia el interior del espacio. Aquello no tenía sentido. Era como tirar una manzana hacia arriba y que esta siguiera subiendo en lugar de bajar.

Durante 70 años se ha intentado medir la desaceleración del Universo y resulta que ocurre todo lo contrario.

Nuestro Universo se estaba expandiendo cada vez más deprisa. El Universo está aumentando de tamaño a un ritmo cada vez mayor. Naturalmente la materia y la energía no hacen eso, se atraen entre sí. Sin embargo, en distancias grandes hacen lo contrario. Si el Universo actúa en contra de la gravedad, eso solo podía significar una cosa, tiene que haber una energía misteriosa y desconocida en algún lugar del Cosmos que lo atraiga todo venciendo a la fuerza de la gravedad. ¿Qué podía ser esa poderosa energía? ¿Por qué no la habíamos visto antes? ¿Qué lo aceleró y en dónde estaba oculta?

La conclusión de los Teóricos es que esa energía desconocida provenía del mismo vacío del espacio. Puede parecer una locura, se supone que en el vacío no hay nada, pero sabemos que en el vacío sí hay algo. El vacío de la naturaleza está repleto de partículas que entran y salen de su interior y el efecto de creación de partículas y antipartículas en todo el universo produce una energía dentro del vacío. Este movimiento constante deja tras de sí una inesperada reserva de energía que se va acumulando por todo el espacio, creando una fuerza que supera a la de la gravedad y que permite que el universo sea cada vez mayor.

Una vez más hay que realizar un replanteamiento de la teoría para hacerla coherente con los fenómenos observados. Lo cierto es que la mecánica cuántica, emparejada con la teoría especial de la

relatividad de Einstein, supone que el espacio vacío no está realmente vacío. Está lleno de burbujeantes y hormigueantes partículas elementales, llamadas "partícula virtuales". Estas partículas son invisibles, pero afectan de forma medible a casi cualquier proceso microscópico en el universo.

Es una idea muy extraña, resulta muy difícil de asimilar. Pero cuando los teóricos volvieron a sus libros de Historia vieron que un gran genio ya había predicho un tipo de energía semejante, él la llamaba la Constante Cosmológica.

El universo de Einstein compartía con el de Newton un problema fundamental: ¡la gravedad atrae! Es decir que a diferencia de, por ejemplo, las fuerzas eléctricas o magnéticas, que pueden ser atractivas o repulsivas, la gravedad parece ser universalmente atractiva. En consecuencia, no existe una configuración estable de la materia esparcida por todo el universo. La atracción gravitatoria de los objetos densos conseguirá invariablemente que se compriman juntos. El problema de Einstein era que en 1916 la opinión comúnmente aceptada sostenía que el universo era estático. ¿No parecen inamovibles las estrellas distantes? Esa fuerza de la Constante Cosmológica, a la gran escala del universo, podría equilibrar la atracción gravitatoria de las galaxias distantes y mantenerlas separadas.

Sorprendentemente esta idea planteó dificultades casi inmediatamente: tantas, de hecho, que Einstein la denominó su "mayor pifia".

En primer lugar, al cabo de una década más o menos de la "pifia" de Einstein ya había quedado claramente establecido que el universo no era estático, confirmado posteriormente por el abogado transformado en astrónomo, Edwin Hubble. En 1923, Einstein

escribió en una carta al matemático Hermann Weyl: “Si el mundo no es casi estático, ¡fuera la constante cosmológica!

Pero ahora todo parece poder indicar que Einstein pudo haber tenido razón. En la actualidad todas las observaciones astronómicas, desde una Supernova de hace 10.000 millones de años, confirman lo mismo: que la actual expansión del universo estaría acelerándose en lugar de frenarse. Esto apunta hacia la posibilidad de que sí hay una energía más, una constante cosmológica en el Universo.

Si la expansión sigue aumentando con el tiempo, todas las galaxias se verán separadas las unas de las otras y acabaremos en una región muy vacía del espacio. Se volverán, prácticamente, todas las galaxias invisibles.

Si continúa expandiéndose a este ritmo, el Universo durará mucho tiempo. ¿Infinito? Pero nos iremos quedando solos en el universo para siempre jamás. Las estrellas acabarán apagándose, así que tarde o temprano, cuando de noche miremos al cielo no veremos más que oscuridad. El Universo más vacío, más solitario y en cierto sentido más frío y agonizante, situado en el más allá.

Alguien apaga la luz, la última estrella se extingue y sólo queda la oscuridad.

Pero en fin, volvamos a nuestra historia, han sucedido muchas cosas y seguirán sucediendo antes de “*QUE SE APAGUE LA LUZ*”.

Como dice Lawrence Krauss: “Sólo hay una morada temporal y mi vida es un momento sin trascendencia en su vasta eternidad”.

El mismo científico continúa: “Ya que nos hemos puesto tan tristes, pienso que es muy sugerente el mito de Sísifo, que empuja-

ba su enorme piedra hacia la cima de la montaña para sufrir durante toda la eternidad la condena de que volviera a rodar hasta abajo. Quizás nos aguarden nuevas experiencias maravillosas que justifiquen más que de sobra el esfuerzo de dar el siguiente paso. Como Albert Camus, siempre he creído que Sísifo sonreía”.

El ciclo de la vida -nacer, morir y volver a nacer- se ha venido dando con regularidad cronológica a escalas que van desde el minuto a los milenios durante el transcurso de la vida de la Tierra, poco después de que se formara la Tierra y ésta ha existido desde que fragmentos cósmicos de roca y polvo se aglutinaron en torno a una estrella de mediano tamaño en el borde de la galaxia llamada Vía Láctea.

Pero no es tan sencillo, ninguna estrella puede producir más que unos elementos pesados, así que para crear un entorno en el que pudiera desarrollarse la vida, el universo tuvo que buscar la forma de concentrar la materia “buena”.

La composición de la vida es más compleja. ¿Cómo sigue la historia?

II

DEL ORIGEN DE LA VIDA

"El escenario del origen y la evolución de la vida que queremos presentar comienza con la formación de las primeras burbujas constituidas por membranas en los océanos primigenios. Esas gotitas diminutas se formaron espontáneamente en un entorno adecuado de agua jabonosa, siguiendo las leyes fundamentales de la física y de la química.

Una vez formadas, esas membranas, comenzó a desarrollarse en su espacio interno una compleja red química, que les proporcionó el potencial para crecer y evolucionar hacia estructuras autorreplicantes, mucho más complejas.

Todo ello hizo que surgiera un antepasado universal -la primera célula bacteriana-, del cual descendería toda la subsiguiente vida sobre el planeta..."

NUESTRA GALAXIA, NUESTRO SOL, NUESTRA LUNA...

Pasaron los años y surgió la vida en al menos un pequeño planeta que giraba alrededor de una estrella en una galaxia espiral llamada la Vía Láctea.

Si queremos entender mejor nuestro espacio vital, el planeta Tierra, comprender la vida que en ella se cobija, debemos dirigir nuestra mirada al Universo. Ya lo hemos hecho, pero hablemos un poco más, por necesidad o curiosidad, de nuestro Sol, de nuestra Tierra, de la Luna en sus orígenes geológicos.

La estrella galáctica más cercana a nosotros es la Alfa-Centauro, que se encuentra a cuatro años luz, tiene luminosidad e igual espectro que el Sol, y es posible que posea planetas capaces de albergar algún tipo de vida parecido al nuestro. Una cosa es evidente: nuestra Tierra, nuestro Sol y nuestra Galaxia no presentan ninguna particularidad especial que incite a creer que somos los únicos seres vivos del Universo. Pero, hoy por hoy la única evidencia empírica de vida la tenemos aquí.

El Sol está compuesto de material reciclado. Pertenece al menos a la segunda generación estelar, y por tanto se formó con remanentes de viejas estrellas. Lo sabemos porque la propia estrella y el sistema planetario que lo rodea contienen elementos pesados que aún no existían cuando se originaron las primeras estrellas. Estos elementos se "cocieron" por primera vez en ellas, y constituyen el material de construcción para los planetas, que están compuestos principalmente de hierro, magnesio, aluminio, silicio y oxígeno. Incluso en los grandes planetas gaseosos del sistema, el núcleo está formado por estos elementos, y rodeado de una enorme cubierta de material estelar, hidrógeno y helio.

A partir del disco de gas y polvo que tenía el Sol a su alrededor se formaron los planetas. Todo comenzó de unos granos de polvo que se fueron amalgamando, básicamente silicatos, formando fragmentos cada vez mayores; de vez en cuando chocaban y volvían a romperse; luego volvían a amalgamarse y así se fueron haciendo cada vez más grandes, hasta que pasados algunos millones de años algunos alcanzaron un tamaño de algunos kilómetros y no quedó casi polvo. El protosol ya no está rodeado de polvo, sino de un par de millones de estos planetesimales. Tras volver a chocar entre sí sólo quedaron los planetas que existen en la ac-

tualidad, además del cinturón de asteroides situado entre Marte y Júpiter.

Durante su formación, los planetas se calientan por la desintegración de elementos radioactivos, colisiones y presión gravitatoria, y se funden en su núcleo. Los elementos ligeros ascienden y los pesados se hunden en el interior, donde quedan acumulados principalmente hierro y níquel, mientras que en la corteza se depositan silicio, magnesio, aluminio y oxígeno. Así se formó también la estructura fundamental de la Tierra. Este proceso comenzó hace aproximadamente 4.500 millones de años.

Durante los primeros setecientos millones de años de su existencia, desde su formación hasta hace unos 3.800 millones de años, la superficie terrestre bullía de calor y de energía. El Sol calentaba la superficie terrestre, sin embargo, la intensidad de la radiación solar era entonces muy inferior a la actual. Todavía el Sol era una estrella en su infancia, con poco helio, lo que se traducía en un 20 o un 30 % menos de luminosidad. Por lo tanto, a diferencia de lo que ocurre hoy, aportaba a la superficie terrestre menos calor que la propia radiactividad interna del planeta o que los impactos meteoríticos.

Poco a poco, al irse enfriando el magma, algunos minerales fueron cristalizando y formando la litosfera, una delgada envoltura sólida, agrietada y rota en placas, que recubre el planeta desde entonces. De aquella época inicial apenas nos queda ninguna roca, pues las frágiles y finas placas primitivas, movidas por las corrientes del manto fluido sobre el que flotaban, se hundían repetidamente al poco tiempo de formarse. Al hundirse, el aumento de la presión y de las temperaturas derretía las rocas y reconvertían los minerales en una masa ígnea, a la vez que en otras zonas el magma

ascendía y se solidificaba. El proceso de formación y destrucción de corteza era así semejante al que todavía sigue ocurriendo hoy en la Tierra, pero mucho más rápido y enérgico.

En aquel primer eón en la existencia de la Tierra de nombre mítico, Hadeense, el clima debió ser (si alguien lo vio...) pavoroso. El planeta giraba más deprisa: los días y las noches eran más cortos. La superficie, entre sólida y viscosa, burbujeante e incandescente, estaba plagada de cráteres y de chimeneas volcánicas de las que emanaban desde el interior de la Tierra sustancias volátiles. Algunos de los gases arrojados, como el hidrógeno, demasiado ligero, se escapaban para siempre al espacio extraterrestre; otros, como el amoníaco, eran descompuestos por las radiaciones solares. A partir de los gases resultantes más pesados, que la gravedad mantuvo pegados al planeta, se fue formando la atmósfera primitiva: la envoltura gaseosa de la Tierra. Una atmósfera que era bastante diferente a la actual, carecía de oxígeno, era reductora, densa, caliente y tóxica. Cargada de electricidad y afectada por continuas tormentas. Muy húmeda y con un cielo permanentemente sucio. Una atmósfera oscurecida por las nubes sulfurosas que emitían los volcanes y por el polvo levantado tras la colisión incesante de meteoritos.

Los choques de los meteoritos dejaron de ser continuos y ocurrían ya tan sólo en oleadas muy destructivas pero, al menos, espaciadas. Aquí y allá la superficie terrestre se fue enfriando. Con el enfriamiento, el agua líquida fue ganando la partida al agua evaporada. Las lluvias diluvianas, que caían cada vez menos calientes, fueron anegando las hondonadas de la litosfera, creando los primeros océanos. Aún, de vez en cuando, el calor de los impactos meteoríticos hacía hervir el mar, que aquí o allá podía temporalmente desecarse, pero cada vez sucedía con menos frecuen-

cia. Con menos vapor de agua en la atmósfera —potente gas invernadero—, las temperaturas del aire bajaban.

Y una vez que la mayor parte de la masa del agua terrestre estuvo ya en estado líquido, acumulada en unas cuencas oceánicas más estables, el planeta se buscó una nueva complicación: la vida. Hace unos 3.800 millones de años, al principio del Eón Arqueozoico, o incluso antes, aparecieron las primeras bacterias en los océanos primigenios.

Por puro romanticismo hablemos de nuestra Luna que, aunque no lo parezca, es algo extraña. Su tamaño es cuatro veces menor que el de la Tierra: es una magnitud grande para un satélite. Además tiene una composición inusual, porque no tiene ningún componente pesado (en concreto nada de Hierro), sino materiales como los que se encuentran en la corteza terrestre. Por último, gira alrededor de la Tierra siguiendo una órbita "incorrecta", pues no gira alrededor del ecuador, como hacen otras lunas. ¿Qué nos revela esto sobre su origen? No puede haberse formado al mismo tiempo que la Tierra, porque en ese caso tendría más o menos la misma composición química. Lo más probable es que ocurriera así: la Tierra recién formada, aún incandescente, habría recibido el impacto de otro planeta del tamaño aproximado de Marte. La Tierra líquida se habría tragado la parte más grande del agresor, lo que la habría hecho crecer considerablemente. Sin embargo, el vapor producido por el enorme calor de la explosión que siguió al impacto, y que sería en su totalidad material procedente de la corteza terrestre, habría sido lanzado al espacio y se habría concentrado en una órbita, donde se habría ido condensando hasta formar la Luna.

Si piensas que la Tierra tiene solamente una luna, estás equivocado. El segundo satélite es, sin embargo, mucho más pequeño, no fue descubierto hasta 1986, y no está reconocido oficialmente como luna. Obedece al nombre de asteroide Cruithne 3753, tiene un diámetro de entre uno y diez kilómetros, y traza una órbita elíptica que en su punto más cercano está a quince millones de kilómetros de la Tierra (unas cuarenta veces más lejos que la Luna) y en su punto más lejano a unos 375 millones de kilómetros.

¿HAY VIDA EN EL SISTEMA SOLAR?

Después de las sugerentes y bellas descripciones de Detlev Ganten, Lawrence M. Krauss y otros sabios, llegamos a un punto que pienso clave en desvelamiento del origen de la vida en la Tierra, a saber: Los cometas y los meteoritos son cuerpos celestes que contienen material orgánico. Material orgánico que si estuviese en los laboratorios podría transformarse en sustancias del tipo de los aminoácidos, de los ácidos, de las bases de los ácidos nucleicos, de los azúcares, etc. Incluso en los meteoritos se encuentran aminoácidos que, en parte, son semejantes a los que existen en los seres vivos.

No se ha demostrado que haya vida en los cometas. Pero hay hechos contrastados:

Gracias a los aviones U2 de la NASA, se ha recogido polvo cometario en su caída a través de la estratosfera superior y está repleto de materia orgánica.

Los meteoritos Allende (México) y Murchison (Australia), que cayeron sobre la Tierra en 1969 son ejemplos de meteoritos con

alto contenido de carbono, llamados condritas carbonosas (cóndrulos de la voz griega "grano"). Las condritas tienen una característica que pone de manifiesto que se hallan entre los objetos más antiguos y menos elaborados de nuestro sistema solar. Las condritas se agregaron casi directamente a partir del gas disponible en su zona de la primitiva nebulosa solar. El meteorito Murchison estaba repleto de aminoácidos, la base de las proteínas.

El 3 de Julio de 2005, Luisa Lara, perteneciente al Instituto de astrofísica de Andalucía, contempla el esperado impacto de la sonda "Deep Impact" contra un cometa llamado "Tempel 1". Una masa de hielo porosa y vacía que se calienta con rapidez, pero que confirma las teorías que relacionan los cometas con el origen de la vida en la Tierra. Los análisis de los efectos del impacto revelan que el cometa es un ejemplar típico de la familia del planeta Júpiter. Otro aspecto clave es que el análisis del material lanzado por el impacto mostró que existe una gran cantidad de moléculas de carbono. Esto parece confirmar la teoría de que los componentes orgánicos procedentes de éste y otros cometas podrían haber contribuido a originar la vida en la Tierra, en una época en la que el impacto de asteroides y meteoritos era algo común.

Se podrían exponer muchos más fenómenos de este tipo. Venus, Marte, lunas de Júpiter muestran presencia de agua y partículas orgánicas. En este momento no se puede dejar de mencionar que a principios del siglo XIX era creencia común que tal vez la vida se había sido traída a la Tierra por estos objetos extraterrestres, una variación de una antigua teoría llamada "panspermia".

Quizás la vida misma no viajó por el espacio a bordo de cometas para después colonizar la Tierra, sino que ésa fue la manera como nos llegó la materia prima que más tarde hizo posible la vida.

Pudo ser que la base orgánica de la vida nos llegara de ese modo desde el espacio. Y que también, por lo tanto, debió llegar a todo el sistema solar, quizás para que la vida surgiera en todas partes. Actualmente, esta forma moderna de la teoría de la panspermia es perfectamente asumible, por lo menos como una forma, no la única, de explicar el origen de los materiales prebióticos. Cada cometa es un iceberg que viaja con agua y elementos orgánicos. Sabemos ahora que la materia orgánica compleja se sintetiza en los cometas y meteoritos, ¿acaso pudieron esos mismos planetas que esterilizaron la Tierra durante 700 millones de años de bombardeos, tal vez incluso destruyendo, al mismo tiempo, la vida naciente, haber enviado también los mismísimos componentes de los que luego se formaría la vida?

De cualquier forma, si los cometas aportaron materia orgánica en gran cantidad, debemos tener en cuenta que el primitivo planeta Tierra con sus cálidos océanos y su rica geología tenía otras oportunidades de crear la materia necesaria para la vida. Después de todo, vivimos en un planeta dominado por los océanos y el agua nutre vida. Es un disolvente universal y puede transportar disueltos minerales y sustancias volátiles como el carbono y el oxígeno. Recuerdo la inquietante expresión de Confucio: *El hombre sabio se deleita en el agua*. Tales de Mileto establece a los océanos como la base de todas las cosas, el “arxè” de lo vivo y de lo inerte. Podemos realizar bellas descripciones del estilo: Los ríos resplandecientes de roja lava son la sangre de la vida de un planeta en plenitud.

Lo único que se necesitaba era un aporte de energía para iniciar la cocción... La energía necesaria para la formación de las moléculas primitivas pudo provenir, igualmente, de diversos fenómenos físicos y geológicos. Las fuentes más probables son la radiación

solar, principalmente ultravioletas, las descargas eléctricas, la radioactividad, los volcanes y los rayos cósmicos.

El sumergible Alvin, al explorar a 2,5 kilómetros bajo la superficie del Océano Pacífico, se topó accidentalmente con las llamadas "chimeneas negras" que vomitan humos sulfurosos y llevan aguas que han calentado la corteza hasta 1.000 grados centígrados. Según el punto de vista se pueden considerar o Chimeneas del Infierno o el mismísimo Jardín del Edén.

Así que, ante la pregunta ¿Dónde se produjo esa génesis originaria?, se puede hablar de diferentes fuentes: En una charca de agua dulce en la tierra. En los infiernos marinos en "Chimeneas negras" o producto de una panspermia. La vida terrestre está enclavada en una red cósmica y parece sensato pensar que éste es un sitio corriente. La información que se almacena en los genes de los seres vivos sugiere que la vida evolucionó desde un ancestro amante del calor. Un organismo que pudo soportar volcanes, géiseres y tormentas de meteoritos. Y pudo haber florecido en la eterna noche de los profundos océanos con la energía geotermal. En este mundo oscuro de medianoche podemos encontrar lo que queda de nuestros ancestros más antiguos.

Oparin fue el primero en emitir una hipótesis fundamental sobre el origen de la vida, en la que se afirmaba que los organismos habían surgido como resultado de una evolución de sustancias orgánicas. Oparin descubrió que era posible la obtención de elementos de vida "in vitro", debido a una generación progresiva. Es decir, primero se forman compuestos orgánicos simples, luego otros más complejos, finalmente estos compuestos orgánicos simples se organizan y, mediante la cooperación de las partículas fundamentales o necesarias para los seres vivos, emerge la primera

entidad con capacidad de autorreproducción. Ésta es muy rudimentaria, pero es lo que se llama "probiontes" o "fotobiontes", es decir los precursores de las primeras células halladas en rocas y sedimentos del Precámbrico, con unos 3.500 millones de años. Se trata de una generación progresiva que requiere millones de años.

Juan Oró, en los 60 del siglo pasado, ya afirmaba que no hay duda de que los fenómenos que ocurrieron hace unos 4.000 millones de años son reproducibles; basta que las condiciones que permitieron su desarrollo se reproduzcan. Los productos obtenidos serían exactamente los mismos, ya que el comportamiento fisicoquímico de las moléculas no está sometido a la evolución.

Pero intentemos dar un paso adelante en nuestra historia. El milagro de la química comenzó a funcionar para asegurar un futuro todavía más rico de lo que indica la geología de la Tierra. El mundo empezó a cambiar de manera mucho más profunda de lo que pudieron modificarlo los cometas energéticos y las fuerzas geológicas. Pronto surgieron en el planeta nuevas fábricas químicas que terminaron de alterar por completo su paisaje y su atmósfera. ¿Cómo empezó la vida?

EL PASO DE LA QUÍMICA ORDINARIA A LA MAGIA DE LA VIDA.

¿Por qué no pueden emerger "estructuras energéticas" en la Tierra, desde que se configura como tal, hace 4.500 millones de años? Para su supervivencia son cruciales las membranas celulares que controlan lo que llega del mundo exterior. Es sorprendente que estas membranas puedan surgir espontáneamente en la materia orgánica encontrada en meteoritos condrícticos carbónicos. Lo cierto es que, una vez extraídas de los meteoritos, se la ha visto coagularse de forma natural formando membranas en torno a unos sa-

cos denominados "vesículas lípidas". Estas fábricas químicas aisladas del entorno por la membrana, probables precursores de la vida, pudieron así extenderse por los antiguos océanos de la Tierra, iniciando de una sola zancada el camino hacia la vida.

Es la emergencia de estructuras membranosas, el "sine qua non" de la vida para que una pre-vida de compuestos químicos se concentren en recintos burbujas.

En el periódico *Málaga Hoy*, 8/10/04, recogiendo un artículo de la revista *Science*, se informa de la investigación dirigida por Luke Leman, que ofrece una explicación sobre las condiciones que pueden haber favorecido la aparición de formas de vida en la tierra: Un gas volcánico provoca la formación de cadenas de aminoácidos -péptidos- en soluciones acuosas y a temperatura ambiente. Han demostrado que una solución acuosa de aminoácidos expuestas al gas volcánico sulfuro de carbonillo (COS) pueden producir péptidos en cuestión de minutos, a temperatura ambiente.

A partir de ese momento, se generaron sistemas químicos de creciente riqueza y diversidad. Largas cadenas de distintas reacciones químicas deben haber evolucionado, reaccionado y fracasado, antes de que la elegante doble helicoide de nuestro antepasado definitivo se formase y replicase con gran exactitud. (Me viene a la memoria la formación de los planetesimales en el origen del sistema solar; el fraguarse de los elementos químicos en el origen del Universo...) Igualmente, en los océanos se debieron formar y romper innumerables veces las primeras hélices de ADN, hasta que emerge la doble hélice autorreplicante. Esto es posible. Tengamos en cuenta que ya los sistemas químicos naturales son capaces de hacer copias de sí mismos, denominados "autocatalíticos", y no están necesariamente vivos.

Hoy en día, la posición de partida es la hipótesis de que muy al principio, mucho antes del incremento de la complejidad molecular, algunas moléculas se reunieron y formaron membranas primitivas que constituyeron espontáneamente burbujas cerradas, ya que la vida es intrínsecamente un sistema de almacenamiento de memoria, y para eso es necesario delimitar, cerrar un espacio, eso lo hacen los liposomas, vesículas membranosas. La novedad de la emergencia de esas membranas fue posible gracias a grandes flujos de materia y energía.

Membranas estructuralmente cerradas, que determinan el “ser”, la identidad de la célula, pero, a la vez, funcionalmente abiertas, para poder recibir fuerzas energéticas y materiales químicos, rasgo que diferencia a las células vivas de las máquinas termodinámicas de la Física. Estas membranas semipermeables hacen posible la persistencia de estas estructuras celulares, lejos del equilibrio que supone la ley de la entropía. Hay que insistir en la necesidad de fuertes acopios de energía para posibilitar la emergencia de nuevas estructuras estables.

Para visualizar la coexistencia de flujo continuo de energía y estabilidad estructural es más fácil fijarse en simples estructuras físicas: el remolino en el desagüe de una bañera... El agua fluye continuamente a través del desagüe, si bien su forma característica –las bien conocidas espirales y embudos- permanece estable. Es ejemplo de una de las más simples estructuras disipativas. Metafóricamente, podemos visualizar una célula como un remolino, es decir, como una estructura estable con materia y energía fluyendo constantemente a través de ella.

Así pues, esas burbujas energéticas primitivas, delimitadas por membranas, se pueden reconocer como las raíces de las redes vi-

vas. Pero ¡jojo! La evolución de la complejidad molecular no tuvo lugar en el seno de una sopa química sin estructurar. Las moléculas no se combinan al azar; el carbono, hidrógeno, nitrógeno, fósforo, oxígeno, azufre y los demás elementos de la vida interactúan de acuerdo con las leyes de la química y la termodinámica, la ciencia del calor y la energía. Así aumentan las probabilidades a favor de la emergencia de sistemas dotados de una asombrosa capacidad de automantenimiento.

La aceptación del sometimiento a las leyes de la física y de la química parece que nos condena a un determinismo físico-químico en el que la complejidad de las estructuras vitales tiene difícil explicación. Dicho de otra forma, las reacciones químicas producen moléculas muy simples: las burbujas de jabón tienden a ser esféricas porque esta es su configuración *estable*. Los cristales de sal tienden a ser cubos. En el sol los átomos de hidrógeno se fusionan en átomos de helio porque la configuración del helio es más *estable*. Toda la gama de posibilidades de los sistemas de cristalización en los minerales son perfectamente explicadas por causas físico-químicas. ¡Pero en los organismos vivientes las células son altamente complejas e inestables desde un punto de vista entrópico!

A finales del siglo XIX, el triunfo del punto de vista mecanicista llevó a algunas personas a creer que el futuro podría predecirse con tanta seguridad como si pudieran seguirse los movimientos de las palancas y las ruedas de un reloj gigantesco. Un siglo después ha madurado y se ha modificado nuestra visión del mundo.

Valga otro ejemplo, si le das un puntapié a una piedra, ésta “reaccionará” a la patada según una cadena lineal de causa y efecto. Su comportamiento puede ser calculado aplicando las leyes fundamentales de la mecánica newtoniana. Sin embargo, si le das el

puntapié a un perro, la situación será muy distinta. El perro responderá con un comportamiento acorde con su naturaleza y su patrón (no lineal) de organización. El comportamiento resultante será, generalmente, impredecible.

¿Entonces? La vida, según esto, es algo más que una reacción físico-química.

¿En dónde está la frontera entre la construcción de estructuras simples físico-químicas, y la aparición de estructuras complejas que nos llevarán a las células vivas?

CAOS FRENTE A DETERMINISMO

Y volvemos a preguntarnos: ¿cómo es posible esta situación? Entiendo que la respuesta a esta pregunta va a tener una trascendencia enorme, pues explicado un paso evolutivo, descrita una innovación, ésta se convierte en patrón (paradigma, prototipo) para explicar sucesivas creaciones y procesos evolutivos. Intentémoslo:

Si el flujo de energía aumenta, el sistema puede llegar a un punto de inestabilidad, conocido como "punto de bifurcación", del que puede surgir una nueva situación, que es capaz de desembocar en un estado completamente nuevo, en el que es posible que emerjan nuevas formas de orden y nuevas estructuras.

Esta emergencia espontánea de orden, a partir de puntos críticos de inestabilidad, "catástrofes", constituye uno de los conceptos más importantes para la nueva comprensión de la vida. Las crisis organizadoras predicen el concepto de "catástrofe".

Los sistemas vivos son sistemas abiertos que operan lejos del equilibrio. La característica fundamental de una red viviente es que se está produciendo a sí misma continuamente. "Ser y hacer"

inseparables. La autopoiesis es un patrón de red en el que la función de cada componente es participar en la producción o transformación de otros componentes de la red. En otras palabras, la creatividad –la capacidad para generar nuevas formas- a partir de situaciones límites, constituye una propiedad clave de todo sistema vivo.

La hipótesis central de Kauffman es que los sistemas vivos existen en esta región limítrofe cerca de "borde del caos". Las redes en la frontera entre orden y caos pueden tener la flexibilidad necesaria para adaptarse rápida y exitosamente mediante la acumulación de variaciones útiles. Se dio el primer paso al afirmar que los organismos vivos son sistemas abiertos no descritos por la termodinámica clásica. Se mantienen lejos del equilibrio en estado "estable" caracterizado por un continuo flujo y cambio. Una nueva termodinámica de sistemas abiertos.

En los "puntos de bifurcación" pueden surgir espontáneamente estados de orden superior lo que, no obstante, no contradice la segunda ley de la termodinámica. La entropía total del sistema sigue aumentando, pero este aumento en entropía no significa un aumento uniforme en desorden. En el mundo vivo, orden y desorden son siempre creados simultáneamente. Las estructuras de las células vivas, que hacen posible la autoorganización, desarrollo y evolución, son islas de orden en un mar de desorden. Manteniendo e incluso aumentando su orden a expensas del creciente desorden de su entorno.

La Termodinámica establece una distinción clara entre "sistemas cerrados" y "sistemas abiertos". Un sistema cerrado no intercambia ni materia ni radiación ni trabajo con el medio ambiente que lo rodea. Las moléculas de ese sistema se "mezclan" y, al cabo

de cierto tiempo, se habrá alcanzado un estado, llamado de "equilibrio". Eso es la entropía. Es altamente improbable que se vuelva alcanzar el estado inicial de "desequilibrio". Desde el punto de vista de la Termodinámica, un ser vivo es un sistema abierto que puede desarrollar procesos en los que la entropía disminuye, a expensas de un aumento de entropía del medio que lo rodea.

Como resultado de la acumulación de energía se crearon los elementos que hacen posible la vida. La vida existe sólo en cuanto es capaz de perpetuar las desviaciones frente a la dispersión de la energía y al desorden que rige el universo es su conjunto. Cuando el flujo de materia y energía a través de ellas aumenta, pueden pasar por nuevas inestabilidades y transformarse en nuevas estructuras de incrementada complejidad

Está emergiendo una teoría de sistemas vivos que es consecuente con el marco filosófico de la ecología profunda, que comprende un lenguaje matemático adecuado. Las matemáticas de la complejidad. Ello implica una comprensión no mecanicista de la vida. No es algo nuevo en la historia del pensamiento occidental; desde Heráclito con su "todo fluye, todo cambia, nada permanece. Nadie puede bañarse dos veces en las mismas aguas del mismo río", hasta pensadores como Whitehead, Cannon y Bertalanffy con sus sistemas "abiertos", aplicables a una teoría formal de los seres vivos. El pensamiento sistémico es un pensamiento contextual, y por lo tanto medioambiental. Las propiedades sistémicas son propiedades del conjunto que ninguna de las partes tiene por sí sola.

James Lovelock con su hipótesis Gaia, 1972, habla de que todos los procesos biológicos y físicos de la tierra ocurren como en un "organismo vivo". La idea de que la tierra, como un todo, es un sistema autoorganizador vivo. Lástima el acaparamiento que de esta

idea hicieron los esotéricos. Sólo podemos entender el espacio vital de nuestro planeta si lo consideramos como un sistema en su totalidad. Los procesos que se desarrollan dentro de la tierra y en su superficie están imbricados unos con otros conforme a una relación causa efecto. Geología y Biología están interconectadas profundamente.

Puede ser sugerente la propuesta de Lovelock al comparar las atmósferas de Marte y la Tierra: En contraste con el espectro de la atmósfera de Marte que tiene un completo equilibrio químico, la atmósfera de la Tierra tiene una mezcla de gases lejos del equilibrio químico, eso está basado en el hecho de que todos los organismos vivos toman materia y energía y expulsan desechos. La vida sobre la tierra no sólo estaba haciendo atmósfera sino que estaba regulando la salinidad de las aguas y su temperatura... el oxígeno gaseoso no es producto de la química inorgánica, sólo la vida pudo preparar la Tierra para nuestra existencia. Cuando las vaporosas lluvias ácidas del nuevo planeta en formación empezaron a caer hace 4.000 millones de años, ya habían empezado a producirse otros procesos que pondrían los cimientos de la química maravillosa que llamamos vida.

Recapitulemos, brevemente:

El "primer eslabón" de la cadena microorgánica evolutiva lo podemos situar en la materia interestelar, compuesta primitivamente sólo por hidrógeno. Mediante transformaciones termonucleares en el interior de las estrellas se formaron otros elementos, como carbono, nitrógeno, oxígeno, etc.

El "segundo eslabón" es la combinación de estos elementos organogénicos originando moléculas simples, en las nubes interes-

telares, y más tarde la aparición de moléculas orgánicas y moléculas biológicas más complejas.

El "tercer eslabón", el más complejo y menos conocido; es el que corresponde a la evolución protobiológica en la propia Tierra, saber qué mecanismos fueron y son responsables de la interacción entre proteínas y ácidos nucleicos, y que dieron lugar al primer sistema molecular capaz de autorreproducirse. Es el momento en el que nos encontramos.

Y el "cuarto eslabón" es el de la evolución biológica que se inició hace unos 3.000 ó 3.500 millones de años, la cual nos conduce al ser humano. Y del que hablaremos posteriormente.

Dicho de otra forma: a estas alturas, la afirmación de que todos los seres vivos están compuestos de los mismos elementos químicos ya no causa asombro. Pero el material de construcción no es lo que constituye el ser, ya estemos hablando de una catedral o una rana. Lo decisivo son los planos de construcción que encontramos, en forma de genomas, en todos los seres vivos, y que, como hemos sabido los últimos años, muestran coincidencias asombrosas: en primer lugar, todos están escritos en un mismo idioma que sólo tiene cuatro letras; en segundo lugar, tienen un gran número de bloques de texto coincidentes. Tranquiliza saber que la diferencia entre las especies no depende sólo de los genes, sino también de la forma y manera en que éstos se activan y desactivan en el organismo. Al fin y al cabo, en la vida lo que importa son las pequeñas diferencias.

Tal vez sea lo más sorprendente saber que todas las especies de seres vivos existentes tienen los mismos tipos de esas moléculas, lo cual parece indicar que todas tienen un ancestro común. A pesar de los procesos evolutivos, todos los organismos vivos parecen

conservar, en sus moléculas más simples, la huella de su origen, aunque las personas no se parecen demasiado a las bacterias. (Bueno, conozco algunas que sí, pero no daré nombres).

PROTEÍNAS, ÁCIDOS NUCLEICOS Y ATP

No es mi intención intentar un curso abreviado de Biología Molecular, ¡ya quisiera poder hacerlo! Lo que si es verdad es que la comprensión de la vida ha cambiado drásticamente conforme hemos desvelado detalles del código genético que rige su propagación. Es comparable a una biblioteca de la historia, un archivo de perseverancia en un planeta cambiante.

El paso final en la emergencia de la vida a partir de la protocélula fue la evolución de las proteínas y de los ácidos nucleicos. En espacios cerrados sujetos a flujos continuos de energía, las redes químicas desarrollan procesos sorprendentemente parecidos a los ecosistemas.

El código genético y los mecanismos moleculares básicos son iguales en todos los organismos, desde las procariotas más primitivas en adelante. Todo esto ocurre tanto en las células de un humilde hongo escondido en el bosque como en las células del cerebro de un sabio lleno de honores.

En el centro de los procesos se halla el ADN, nuestro manual vital propio que se encuentra en nuestra sangre, en cada célula de nuestro cuerpo y que organiza nuestros procesos vitales. Molécula larga en forma de doble hélice con su información digital contenida en la secuencia de cuatro bases distintas, nucleótidos, que unen ambas cadenas de ADN de dos formas: con un enlace de citosina-guanina (CG) o con otro de timina-adenina (TA). Si se estirara el ADN de una persona, iría y volvería de la Luna 3.000 veces. En

nuestras células estas cadenas se rompen en 46 haces, llamados cromosomas. Determina todos y cada uno de los aspectos de la forma de vida resultante.

Juntos, en una bolsa membranosa llena de fluidos, el ADN, el ARN y las proteínas constituyen la estructura dotada de automantenimiento de las células. Así, partiendo de pequeñas moléculas, habrían evolucionado compuestos de complejidad molecular creciente, dotados de nuevas propiedades emergentes, hasta dar origen a la más extraordinaria de todas las propiedades: la propia vida.

Estos mecanismos moleculares básicos se podrían caracterizar de la siguiente forma: El ARN actúa como mensajero transportando información codificada para ayudar a construir proteínas, a la vez que codifica la información para formar las enzimas necesarias con las que catalizar las reacciones químicas usadas por todos los seres vivos.

En el ADN lo que determina su “ser” es la secuencia en la que se presentan los nucleótidos. Las moléculas de ADN realizan dos funciones importantes: se replican, casi sin errores y supervisa, indirectamente, la fabricación de un diferente tipo de molécula, la proteína. Las proteínas constituyen la textura física del cuerpo y ejercen un control sensitivo sobre todos los procesos químicos dentro de las células.

La importancia fundamental del ATP proviene del papel que desempeña en el intercambio de energía durante la actividad celular. La hidrólisis del ATP proporciona a las células del organismo la energía necesaria para los procesos metabólicos.

La vida sólo puede existir si puede obtener energía de su entorno, más energía de la que devuelve. Todo sistema vivo descu-

bierto hasta ahora, desde la más humilde bacteria hasta Albert Einstein, tanto tome su energía del Sol, como de la materia orgánica o de los gases sulfurosos que vomita la Tierra, se apoya para sobrevivir en una sustancia llamada "*adenosín trifosfato*" (ATP), la ruptura de un grupo de fosfato, que están conectados a un anillo de carbono, puede liberar una tremenda energía. Esta primera ruptura genera "*adenosín difosfato*" (ADP) y la segunda ruptura produce, como ya habrá adivinado el lector, "*adenosín monofosfato*" (AMP). La obtención de energía procedente de tales transformaciones puede utilizarse para construir un animal capaz de vivir y reproducirse y, repito, es la "única" manera como los sistemas vivos de la Tierra han redistribuido la energía a los lugares donde se necesitaba durante 4.000 millones de años.

Como hemos visto, la vida dependerá siempre de que se inventen nuevas maneras de robar energía de un entorno cambiante para poder impulsar los procesos de reproducción y metabolismo. La vida es una ladrona de energía que atesora para su uso posterior.

A PESAR DE TODO...

En todas estas propuestas hay muchos momentos que siguen sin ser suficientemente comprendidos, puesto que, hasta el momento, el ser vivo no se ha conseguido producir en laboratorio. Un primer ejemplo de esta situación se encuentra en las enzimas que actúan de catalizadores y que posibilitaron la síntesis de los tres elementos prebióticos (átomos, membranas y ADN) para construir la célula viva.

En las células contemporáneas son las enzimas las que actúan como mediadores para interaccionar entre los distintos elementos

que componen la vida, pero en las etapas iniciales estas macromoléculas no existían. ¿Entonces?

En el Instituto Federal de Tecnología de Zurich se está experimentando sobre este tema y proponen que la entrada del nitrógeno en la química de las protocélulas dio pie a la formación de esos catalizadores primitivos. Han llevado a cabo experimentos con numerosos tipos de vesículas y han conseguido protocélulas autopoiesicas formadas espontáneamente, estos bioquímicos han logrado crear lo que tal vez constituyera el paso más crítico de la evolución prebiótica. Con la aparición en escena de los catalizadores la complejidad molecular se incrementó rápidamente, gracias a la capacidad de esos mediadores, para crear redes químicas.

Un segundo ejemplo podría ser una situación que puede parecer paradójica, incluso absurda; que las leyes básicas de la biología aparecieran cuando aún no había vida. Sin embargo, es razonable pensar que en el momento en que los materiales inertes empezaron a tomar la organización fisicoquímica de los organismos vivos, por determinismo científico, empezaron a mostrar características propias de éstos aunque aún no existieran células bien conformadas.

Un tercer ejemplo nos lo brinda la razonable esperanza de que el ATP existiera en el entorno antes de que se desarrollara la vida que lo sintetizara. Esto nos lleva a la inevitable cuestión del huevo y la gallina. Lo único que sabemos es que eso no podía continuar eternamente así y aquellas formas de vida que pudieron sintetizar ATP en su cuerpo utilizando como combustible otras formas de energía externas terminaron por obtener una ventaja.

La vida avanza constantemente hacia la novedad.

Esta novedad no es evidencia de ningún plan, objetivo o propósito en el proceso global evolutivo, y por lo tanto, tampoco podemos hablar de progreso. El único criterio que se puede alegar para determinar el "sentido" de la innovación es la adaptación al medio. No existe, por supuesto, ningún "arquitecto": las instrucciones del ADN han sido determinadas por selección natural.

La investigación sistemática sobre el origen de la vida no tiene más de cuarenta o cincuenta años de existencia, pero si bien nuestras ideas concretas acerca de la evolución prebiótica son aún muy especulativas, la mayoría de los biólogos y los bioquímicos no dudan que la vida se originó sobre la Tierra como resultado de una secuencia de acontecimientos químicos, sujetos a las leyes de la física y la química, así como de la dinámica no lineal de los sistemas complejos...:

Hacia falta un nuevo instrumento matemático para poder expresar y operar con modelos de sistemas vivos como redes autoorganizadoras, cuyos componentes están interconectados y son interdependientes. Surgen en el siglo XX las "Teoría de los sistemas dinámicos", "Teoría del caos" y "Teoría de fractales". Son unas matemáticas más cualitativas que cuantitativas, muestran un nuevo nivel de orden subyacente en el aparente caos.

Escapan a la intención de este ensayo el desarrollo de estas ciencias. Había que, por lo menos, nombrarlas para conocer el nuevo instrumental, teórico-matemático sobre el que se soportan las nuevas teorías científicas relacionadas con la biología.

Según la historia de la geometría clásica, renacentista y cartesiana, desde la resolución de la paradoja de Aquiles y la Tortuga, hasta Newton: el universo era efectivamente un inmenso sistema mecánico funcionando según unas leyes determinadas. Todo lo

que acontecía tenía una causa y originaba un efecto definido. En las tres últimas décadas se reconoce la inexorable no-linealidad de la naturaleza, tanto en el mundo inanimado como en los patrones en red de los sistemas vivos. Un comportamiento aparente complejo y caótico puede dar lugar a estructuras ordenadas. El comportamiento de los sistemas caóticos no es meramente aleatorio, sino que muestra un nivel profundo de orden pautado.

Con la llegada de poderosos ordenadores, se descubre orden tras el aparente caos. Podremos establecer predicciones muy ajustadas pero que estarán en relación con las características cualitativas del comportamiento del sistema.

III

DEL ORIGEN DE LOS SERES VIVOS

“... Los descendientes de las primeras células vivas se expandieron por la Tierra hasta tejer una red bacteriana planetaria y ocupar gradualmente todos los nichos ecológicos. Impulsada por la creatividad inherente a todo sistema vivo, esta red planetaria de vida se expandió por medio de mutaciones, intercambio de genes y simbiosis produciendo formas de vida de complejidad y diversidad siempre crecientes.”

PROCARIOTAS

En un borde del hielo de agua dulce de Isua, al suroeste de Groenlandia, se encuentra un afloramiento de roca, cuarzo, calcita y arcilla, en el que aparecen las rocas sedimentarias más antiguas del mundo. Tres técnicas de datación diferentes indican que esos sedimentos tienen casi 3.800 millones de años. Y esos sedimentos implican que en esa época éste era un mundo con océanos de agua líquida, cubierto por una atmósfera que contenía dióxido de carbono.

En las colinas de Jack, en Australia occidental, se encontraron cristales de zirconio en sedimentos mucho más jóvenes, tienen casi 4.300 millones de años, menos de 250 millones desde la formación de la Tierra.

Tierras muy antiguas se han encontrado en las riberas del río Acasta, en los desiertos del noroeste de Canadá. Una datación reciente de las muestras indica una antigüedad de poco más de 4.000 millones de años.

Todo esto indica que siempre hubo alguna forma de continente, incluso en época tan temprana.

Sorprendentemente, en estos remotos tiempos de la formación de la Tierra, hace 4.000 millones de años, ya hay presencia de seres vivos. Los llamados Procariotas se expandieron por la Tierra, eran células sencillas, sin núcleo, fundamentalmente sacos de ADN y materia orgánica protegidas por una membrana y defendidos del mundo exterior por una pared celular, externa y rígida. El más diminuto de ellos es una bacteria que tiene forma esférica, conocida como *Micoplasma*, con diámetro menor a una milésima de milímetro y un genoma con un solo bucle cerrado de la doble hélice de ADN. Pero esta mínima célula funciona de manera constante en una compleja red de procesos metabólicos que introduce nutrientes y expulsa residuos. Sólo pueden vivir en un entorno químico muy preciso y bastante complejo, necesitando de un considerable aporte de energía.

En la actualidad en Australia occidental, a unos 650 kilómetros al norte de Perth, en charcas salobres, se encuentran unos grupos de seres vivos llamados estromatolitos. Son colonias de vida microbiana en capas superpuestas, con diferentes caminos metabólicos, que viven en armonía. Las criaturas de la parte de arriba, llamadas cianobacterias (algas verdeazules) viven de la energía del Sol y del dióxido de carbono y es obvio que pueden sobrevivir en presencia del oxígeno. Esos microorganismos, que miden poco más de dos milésimas de milímetro, contienen la molécula de la clorofi-

la, que les permite absorber la luz y utilizar la energía para dividir el dióxido de carbono en carbono, para su propia nutrición orgánica, y oxígeno, que se libera a la atmósfera como gas de desecho.

Bajo esta capa hay bacterias que son completamente anaerobias, prosperan gracias a los productos de desecho procedentes de las bacterias que tienen arriba. Mientras no hubo depredadores vivos, las bacterias pudieron prosperar. En cuanto surgieron formas más complejas de vida, que podían comerse a las bacterias, se acabó su apogeo, salvo en sitios extremadamente ácidos o calientes en los que no progresan otros tipos de vida.

En las chimeneas negras, citadas en el capítulo anterior, se descubrieron especies de seres vivos que prosperaban a su alrededor, desde decenas de bacterias hasta grandes animales tubículas que se alimentaban de ellas. Algunas bacterias se atracan de azufre, y para otras el oxígeno es un veneno. En este mundo oscuro de medianoche podemos encontrar lo que queda de nuestros ancestros más antiguos.

Las bacterias anaerobias hipertermófilas proporcionan a la humanidad dos servicios impagables. El primero es que ofrecen a los microbiólogos indicadores vivientes del pasado. Se han retirado a aquellos lugares que todavía se parecen a los de sus comienzos (de hecho, las bacterias que extraen nitrógeno de la atmósfera para usarlos en las moléculas orgánicas están limitadas, incluso hoy, a medios fundamentalmente anaerobios). El segundo servicio -más importante para el resto de la humanidad y, desde luego, para el resto de la vida sobre la Tierra- es que, al aferrarse a lugares inaccesibles, se aislaron de las catástrofes inevitables ocurridas después. Protegidas del bombardeo de los meteoritos, de las fluctuaciones del clima y demás desastres, sirvieron muy pro-

bablemente para mantener vivo al planeta durante los tiempos difíciles, de modo que algún día pudiéramos aparecer nosotros para preguntarnos cómo ocurrió.

Trabajando al unísono, billones y billones de cianobacterias terminaron por dar otra forma a la atmósfera del planeta. Afortunadamente el planeta nos echó una mano, de todas formas a las pacientes cianobacterias les costó más de 1.000 millones de años hacer una mella significativa en la biosfera. Fue tiempo suficiente para que la vida no sólo desarrollara mecanismos nuevos de protección eficaces, sino para convertir esta nueva capacidad en una ventaja que, más adelante, hizo posible la vida tal como la conocemos.

Los microorganismos dominan a la perfección el metabolismo y la reproducción en sus versiones básicas de la vida:

Las bacterias, como ya hemos apuntado, tomaron el hidrógeno que necesitaban del aire, después tomaron el sulfuro de hidrógeno eructado por los volcanes. Las bacterias verdeazuladas arrancaron átomos de hidrógeno del agua. El oxígeno fue expulsado como un producto metabólico residual.

La enorme versatilidad, durabilidad, variedad de capacidades que presentaban estos primeros seres vivos sobre la tierra fueron transformando la superficie del planeta y su atmósfera e inventaron, en miniatura, todos los sistemas químicos esenciales para la vida. Su antigua biotecnología condujo a la fermentación, a la fotosíntesis, a la respiración de oxígeno y a la fijación de nitrógeno atmosférico en forma de proteínas. Pueden realizar más de veinte procesos metabólicos, metabolizando muy diferentes sustancias químicas: metano, azufres, sales, etano, hidrocarburos...

El resultado es un planeta convertido en fértil y habitable para formas de vida de mayor tamaño gracias a la expansión mundial de las bacterias que se comunican e intercambian genes. La salinidad de nuestros mares, la composición de gases en la atmósfera, el equilibrio térmico o la presencia de agua líquida sobre la tierra se lo tenemos que agradecer, por lo menos en parte, a «esos microbios». Los microorganismos son los que hicieron habitable el planeta para el resto de las criaturas. El oxígeno, gracias a las cianobacterias que utilizaban hidrógeno, quedó liberado,

La reproducción se produce simplemente por desdoblamiento, división o brote. Primero se elabora una copia del material genético e inmediatamente el intercambio de dicho material. Transcribo la metáfora que Lynn Margulis propone para ilustrarnos sobre la forma de transmisión genética que presentan las bacterias, ya lo contaba en mi trabajo anterior: Imaginemos que en una cafetería usted ve a una persona de pelo verde. En este breve encuentro, se apropia de la parte de información genética en la que se codifica el factor pelo verde, y quizás de alguna otra característica. Ahora no sólo puede legar a sus hijos el pelo verde, sino que al salir de la cafetería podrá tener el pelo verde.

Las bacterias se permiten realizar este tipo de adquisiciones causales y rápidas en cualquier momento. Simplemente hacen que sus genes se esparzan por los fluidos circundantes. Todo ello es posible gracias a que el ADN no está firmemente encapsulado, sino que está libre en el citoplasma, se establecen rápidos puentes entre bacterias que producen nuevos grupos bacterianos genéticamente. La secuencia de la generación de muchas bacterias se producen en sólo unos minutos, el problema se presentará al tener que procurar un suficiente suministro de alimento para este universo bacteriano.

Las bacterias no tienen edad ni conocen la muerte si no son destruidas por influencias externas; exceso de calor o falta de alimento. En el primer caso, la única solución que les quedaría para sobrevivir es el letargo invernal, que puede mantenerse por miles de millones de años (*Bacillus*). O si escasea el alimento algunas bacterias pueden crear formas latentes (esporas) hasta que mejoren las condiciones (ántrax).

A partir de los años setenta métodos nuevos favorecieron un estudio más fiable del mundo de los procariotas:

Zuckerkandl y Pauling, del Instituto de Tecnología de California, idearon una estrategia revolucionaria. En vez de ceñirse a los caracteres anatómicos o fisiológicos, (irrelevantes en el campo de los microorganismos) se plantearon la posibilidad de utilizar diferencias en genes o proteínas para trazar parentescos y dependencias. La filogenia molecular, así se llama el método, resulta ser de una lógica implacable... Posteriormente Carl R. Woese estableció un nuevo "cronómetro molecular universal". Un parámetro para determinar distancias evolutivas: el ARN ribosómico microsubunitario.

Según estos estudios la estructura del nuevo árbol de la vida hay que buscarlo en un proceso de la evolución, que ni es lineal (pasar de una célula progenitora a sus descendientes) ni tan parecida a la estructura dendriforme que Darwin imaginó. Hoy en día se plantea la transferencia horizontal, en la que se transmiten genes individuales, o serie de ellos, de un individuo a otro.

En la profundidad del dominio procariota, sería impropio imaginarse un tronco principal. No habría en ningún caso, una célula que pudiera reputarse el último antepasado común. El antepasado ancestral no fue un organismo particular, un linaje exclusivo, sino

más bien un tropel de células eclécticas y cambiantes que se fundieron en un tupido césped de interconexiones.

Es evidente que la vida actual evolucionó a partir de bacterias que prosperaban sin oxígeno, puede que incluso sin luz, y sólo en agua caliente, alimentándose del calor de la Tierra. En la Tierra primitiva e infernal, los respiraderos hidrotermales y los manantiales que salpicaban los fondos oceánicos escupieron en abundancia vapores tóxicos y diversas combinaciones minerales. Hay toda una plétora de bacterias, arqueas hipertermófilas, acidófilas, que obtienen energía a partir de donantes inorgánicos de electrones y utilizan los gases producidos cerca de los respiraderos, entre ellos el hidrógeno puro y el sulfato de hidrógeno.

Mediante la fotosíntesis y la respiración se abre camino un cambio para siempre, no sólo de la vida sino de la Tierra. Son los dos más profundos avances en la historia de la Tierra. Una vez que fue posible la fotosíntesis, la vida tuvo libertad para salir a la superficie y extenderse por todo el planeta.

Cuando el azúcar comenzó a escasear, superaron esta primera crisis energética con el descubrimiento de la fotosíntesis: el arte de vivir del sol, el agua y el aire. Las bacterias verdes del azufre, utilizaron la luz del sol para producir azúcar. El *Rhizobium* vive en simbiosis con las leguminosas y los cloroplastos inicialmente eran bacterias que se establecieron definitivamente en las células de las plantas, pero esto lo vamos a ver a continuación.

EUCARIOTAS

Plantas, hongos y animales deben su existencia a una transformación en virtud de la cual bacterias diminutas y elementales se convirtieron en células grandes y dotadas de una organización

compleja. La biosfera estaría repleta de procariotas si no se hubiera dado el avance extraordinario del que surgió una célula perteneciente a un tipo muy distinto en la organización de la vida: los eucariotas, es decir, células que posee un núcleo genuino.

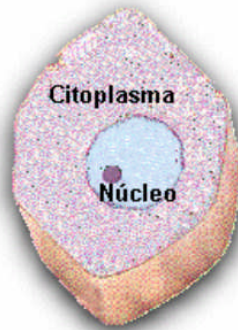
Las consecuencias de este acontecimiento marcaron el inicio de una nueva época. En nuestros días todos los organismos pluricelulares están constituidos por células eucariotas, que tienen una complejidad mucho mayor que los procariotas.

Si no hubieran aparecido las células eucariotas, no existiría ahora la extraordinaria variedad, tan rica en gamas, de la vida animal y vegetal en nuestro planeta; ni tampoco habría hecho acto de presencia el hombre para gozar de tamaña diversidad y arrancarle sus secretos.

Con las herramientas de la moderna biología, los investigadores han descubierto parentescos reveladores entre bastantes rasgos eucariotas y procariotas, que arrojan luz sobre el proceso de cómo los eucariotas pudieron originarse a partir de las células procariotas:

Las eucariotas tienen un tamaño mucho mayor que las células procariotas (en términos de volumen unas 10.000 veces); asimismo, el depósito de su información genética está mucho más organizado que en las primeras. En las células eucariotas la mayor parte del ADN se almacena, de un modo mucho más estructurado, en los cromosomas. Estos se agrupan a su vez dentro de un recinto central bien definido, el núcleo. Los elementos esqueléticos del interior citoplásmico aportan a las células eucariotas el sostén estructural interno. El citoplasma, bolsa envolvente del núcleo, posee varios millares de estructuras organizadas, los orgánulos, cuyo tamaño y estructura viene a ser el de una célula organizada. Entre

los orgánulos destacan las mitocondrias (orgánulos en los que tiene lugar la respiración aeróbica que permite la obtención de energía a partir de los nutrientes), los peroxisomas (que realizan diversas funciones metabólicas), y, en las algas y células vegetales, los plastos (donde acontece la fotosíntesis). Por cierto, cada uno de estos orgánulos contiene sus propios genes.



Ni las plantas ni los animales aparecieron sobre la Tierra hasta que las bacterias hubieron sufrido al menos 2.000 millones de años de evolución social y química. De hecho, no sólo los animales y las plantas, también los hongos, son nuevos en la Tierra

¿Qué fuerzas habrán impulsado la evolución de un procariota primitivo hacia una moderna célula eucariota? Dos factores parecen ser los que habrían posibilitado ese empuje potencial: 1) supervivencia y 2) reproducción:

1) Supervivencia entendida como la capacidad para crear una superficie con pliegues profundos que permitiría al organismo expandirse hasta alcanzar tamaños mucho mayores que los de los procariotas habituales, incrementando así la superficie disponible para la captación de nutrientes y la excreción de los materiales de

desecho, factores ambos limitantes del crecimiento de cualquier célula.

Está dentro de lo verosímil que la selección natural primara el aumento de tamaño en vez de la división celular por la sencilla razón de que los pliegues profundos incrementarían las posibilidades de la célula a la hora de obtener alimentos, dada la propensión de las membranas biológicas para el autosellado (tal y como ocurre con las pompas de jabón). La digestión habría pasado a constituir un proceso intracelular, dejando de ser extracelular. Ya no necesita depender del sitio en el que se producen los excrementos de otros para alimentarse. Una célula eucariota estaría así dotada de una organización eficiente para alimentarse de bacterias, un poderoso cazador que habría dejado de estar condenado a residir entre depósitos de alimentos y ahora podría moverse con entera libertad por el mundo persiguiendo activamente su presa.

Esta capacidad para crear superficies con pliegues profundos, curiosamente, se mantendrá como una línea «mimética» en todo el proceso evolutivo, a saber; poseer las mismas soluciones funcionales en diferentes estructuras biológicas, para poder adaptarse, interaccionar, de forma más eficaz con el medio ambiente. Pongamos un ejemplo, al estudiar los ammonites, moluscos cefalópodos prehistóricos protegidos por una concha única, muy larga y generalmente enrollada en una espiral plana, que podía alcanzar hasta dos metros de largo, el profesor Pérez Claros, Paleontólogo de la UMA, propone que al aumentar la complejidad aumentaba también la superficie para intercambio de líquidos entre el medio externo y el interior de la cámara, así como el proceso de la respiración de estos cefalópodos. Llama la atención el grado de complejidad que puede alcanzar el diseño de su caparazón: La concha se encuentra tabicada formando cámaras de gas, separadas

mediante tabiques, para flotar. La unión con el exterior de la concha deja una línea de sutura que refleja el arrugamiento de los tabiques. Estas suturas a lo largo de la evolución fueron aumentando su complejidad, bellas y enrevesadas.

Otras estructuras biológicas siguen el mismo patrón, necesitan aumentar mucho su superficie dentro de un cuerpo cerrado para cumplir su función. Por ejemplo, para aumentar el tamaño del cerebro sin hacer crecer la cabeza, la evolución recurrió a repliegues del cerebro o circunvoluciones que amplían su superficie sin variar su volumen. Lo mismo ocurre con nuestro intestino delgado, cuyos siete metros están replegados sobre sí mismo aumentando la superficie de absorción del alimento. O con los alvéolos pulmonares...

2) El otro factor es la reproducción sexual entendida como una unión de material genético que produce una forma individual procedente de más de un progenitor. La especialización celular exige la invención de una nueva forma de actuación, esta especialización disminuía progresivamente la capacidad de autorreparación y regeneración. El sexo meiótico de las plantas y animales implica dos procesos recíprocos: la reducción a la mitad de número de cromosomas para producir espermatozoides, óvulos o esporas y la fecundación que restablece el número original de cromosomas. No es la recombinación genética, el empalme y corte de fibras de ADN, característico del sexo bacteriano.

Parece que es el momento de recordar una consecuencia inevitable de este modo de vida sexual; la muerte programada de los seres pluricelulares. Las bacterias pueden morir por causas externas, hambre, desecación, venenos, pero su muerte por destrucción carece de una programación natural e incorporada. La multicelu-

laridad y la creciente complejidad y sus elaboradas historias vitales, programaron la muerte, el macabro precio que hubo que pagar por la sexualidad meiótica. Lynn Margulis habla de que la muerte es como una especie de enfermedad de transmisión sexual.

En esta línea se explica la evolución plausible de un pequeño procariota hacia una célula gigante que reuniera algunas de las notas principales de las células eucariotas, a saber, núcleo con envoltura propia, vasta red de membranas internas y capacidad de atrapar alimento y digerirlo internamente.

MUTACIÓN, RECOMBINACIÓN GENÉTICA Y SIMBIOSIS

El mundo de los seres vivos no es invariable. El cambio es constante. No hay que extenderse sobre esta cuestión. La diversidad es patente y maravillosa, a pesar de las múltiples y tremendas extinciones de especies que se han producido en la Tierra. Científicamente están consolidadas tres vías de evolución para este despliegue global:

A) La mutación aleatoria de genes en la base de ADN juegan, sin duda, un papel en el proceso evolutivo. Son como errores de imprenta que se multiplican en cada ejemplar del libro. De vez en cuando el proceso de copia genética produce un error en la secuencia. El error se da en una parte de la secuencia de la célula anfitriona, y producirá un ente no viable (lo habitual) o un modelo mejor. En este caso, la selección natural influirá en la velocidad con que se propague ese error. Cuanto más similares sean estas secuencias mutadas en las distintas especies, más próxima será su separación del árbol de la vida.

Sin duda los cambios aleatorios heredables, o mutaciones genéticas, ocurren. Estas mutaciones aleatorias quedan expresadas en

la química del organismo. La existencia de proteínas alteradas, cuyo origen puede remontarse a mutaciones genéticas en organismos vivos, ha quedado ampliamente demostrada. De cualquier forma, estos cambios aleatorios no parecen ocurrir con la suficiente frecuencia para poder explicar la evolución de tal diversidad de vidas. Además, la mayoría de las mutaciones no son, inicialmente, beneficiosas para la supervivencia del individuo.

B) Con la anterior, es una vía importante para las bacterias: la recombinación genética del ADN, libre intercambio de rasgos. La transferencia genética horizontal. Así las bacterias disponen de una enorme capacidad para adaptarse a los cambios del medio. Auténtica ingeniería genética, ya se inventaron la totalidad de las biotecnologías esenciales. Quizás se pueda considerar como la principal fuente de creatividad en la diversidad de especies.

C) La simbiosis es una asociación prolongada de organismos que pertenecen a más de una especie. Tiene profundas implicaciones en todas las ramas de la biología. El surgimiento de una nueva forma de vida, a partir de esta clase de simbiosis, es conocida bajo el nombre de «simbiogénesis». Supone la configuración de un nuevo genoma, una nueva individualidad, a partir de la incorporación de ADN de individuos diferentes. De aquí, se supone, que surgen nuevas especies. En definitiva, la simbiogénesis posibilita la «variedad genética» sobre la que actúa la selección natural.

Los actuales métodos de investigación otorgan credibilidad a uno de los temas más interesantes de la biología celular evolutiva: el mecanismo en cuya virtud las células eucariotas adquirieron mitocondrias y cloroplastos. Lynn Margulis exploró una posibilidad que ya llevaba tiempo en el aire, a saber, que las células complejas de animales y plantas superiores, las que tienen un núcleo y

muchos orgánulos distintos en su citoplasma, cada uno con una función, podrían haberse formado por células bacterianas que sencillamente asimilaron en su interior otras bacterias con funciones especiales. Así utilizaban para sus propios propósitos las capacidades especiales del nuevo inquilino.

La idea es clara y sencilla: cuatro ancestros, en un inicio, completamente independientes y físicamente separados, se fusionaron siguiendo un orden específico para convertirse en célula nucleada. Los cuatro eran bacterias y cada una de ellas era diferente a las demás en algún aspecto que todavía podemos determinar:

En primer lugar, un tipo de bacteria amante del azufre y del calor, llamada arqueobacteria fermentadora (termoacidófila), se fusionó con una bacteria nadadora (espiroqueta). Juntos se convirtieron en el núcleo-citoplasma, la sustancia base de los ancestros de las células animales, vegetales y fúngicas. Este temprano protista móvil y nadador era, como sus descendientes actuales, un organismo anaeróbico. Envenenado por el oxígeno, vivía en ricas arenas y lodos orgánicos, en grietas de las rocas, en charcos y estanques donde ese elemento estaba ausente o era escaso

Después de que evolucionara la mitosis en los protistas nadadores, otro tipo de microbio de vida libre fue incorporado a la fusión: una bacteria respiradora de oxígeno (proteobacterias alfa) ancestro de las mitocondrias. Surgieron células todavía más grandes, más complejas. El triplemente complejo «amante del calor y del ácido, nadador y respirador de oxígeno» se volvió capaz de engullir alimento en forma de partículas. Formaban ahora un único y prolífico individuo que produjo nubes de prole.

En la adquisición final de la serie generadora-de-célula-compleja, los respiradores de oxígeno engulleron, ingirieron, pero no

podieron digerir bacterias fotosintéticas de color verde brillante (cianobacteria). La literal «incorporación» tuvo lugar tras una gran lucha en la que las bacterias verdes no digeridas sobrevivieron y la fusión completa prevaleció. Con el tiempo las bacterias verdes se convirtieron en cloroplastos. Como cuarto miembro, estos productivos amantes del sol se integraron con los demás socios anteriormente independientes. Esta fusión final dio lugar a las algas verdes nadadoras. Estas antiguas algas verdes son los ancestros de las células vegetales actuales.

Sin ir más lejos, en la prensa de estos días, Málaga Hoy 14/10/05, aparece una noticia recogida de la revista Science en la que se vuelve a insistir en la idea de que los animales, las plantas y los hongos habrían surgido por evolución a partir de la asociación y la cooperación entre las bacterias.

Esta teoría acaba de recibir un fuerte espaldarazo gracias al hallazgo de un nuevo microorganismo vivo en la arena de una playa de Japón. Su interés reside en que es capaz de incorporar un alga verde fotosintética, por lo que podría ser un "eslabón perdido" del salto de la vida del agua a tierra firme en el reino vegetal.

El pequeño organismo, al que los científicos han bautizado como Hatena -término japonés que significa enigmático-, tiene un ciclo de vida que alterna entre una fase de depredador incoloro y una fase de huésped fotosintético. Durante esta última una pequeña alga verde crece y vive dentro de ella. Además, los científicos han observado que la Hatena sólo se divide en su "fase verde", dando lugar a un descendiente fotosintético y otro predador, que irá en busca de un alga a la que engullir.

Este enigmático microbio puede ser una pieza clave en la evolución de las plantas modernas.

Tanto las mitocondrias como los cloroplastos se localizan en el citoplasma de las células con lo que se ha dado “un giro de tuerca más” a la hora de comprender la importancia de cada uno de los espacios que constituyen las células vivas.

IV

DEL ORIGEN DE LAS PLANTAS Y ANIMALES

En este majestuoso despliegue de la vida, todos los organismos respondían continuamente con cambios estructurales a las influencias del entorno, y lo hacían de forma autónoma según sus respectivas naturalezas. Desde los albores de la vida las interacciones de esos organismos vivos, tanto entre sí como con el medio no vivo, fueron interacciones cognitivas.

MIL MILLONES DE AÑOS

La Tierra bulle con formas de vida. El teatro sigue ahí, pero los actores del drama ecológico van cambiando. Mutaciones y cambios genéticos aguzan y refinan nuevas alianzas. Tal vez sigan 4.000 millones de años más, pero finalmente morirá porque el sol también habrá muerto. Una vez que surgió la vida en la Tierra evolucionó de forma imprevisible, es una danza salvaje. La vida no es una escalera, es una relación de organismos para un determinado entorno. La vida puede proliferar en condiciones más duras de lo que pensamos, desde temperaturas muy calientes a los gélidos bajo cero de una noche de duro invierno, y allí fue donde comenzó el mundo moderno, tal como ahora se define. Pero con anterioridad a este planteamiento de la evolución, un tanto apocalíptico, hablemos de un período bastante desconocido, siguiendo, fundamentalmente, a los profesores Yves Coppens y Pascal Picq.

Los grandes hitos de la evolución se sitúan en las diferencias entre los procariotas y eucariotas y en el desarrollo posterior de hongos, plantas y animales.

Durante 1.000 millones de años después de la primera aparición de los eucariotas pluricelulares, la vida se redujo a una pléyade de seres vivos nadando en los océanos y que continuó diversificándose sin grandes obstáculos. Al mismo tiempo, las alfombras bacterianas primitivas siguieron floreciendo pues los nuevos organismos que surgían a la vida no parecían tener necesidad de pastar en ellas. Durante este período el oxígeno siguió aumentando sin parar en la atmósfera y se fueron desarrollando formas de vida nuevas y mayores que se aprovechaban de él. Después llegan unos seres multicelulares con planes de organización muy diversos que prefiguran las grandes ramificaciones actuales. Durante ese período, 1.000 millones de años, comenzó a desarrollarse la diversidad y en su superficie, el planeta, empezó a parecerse cada vez más al que conocemos hoy.

Comienzan los organismos vivos suficientemente grandes para ser vistos a simple vista. Los microorganismos florecían y todavía eran responsables de una parte importante de la regulación de la Tierra. El ritmo de la vida se alteró con la llegada de grandes comunidades de células de cuerpo blando. Distinguiéndose fundamentalmente, las plantas, que se mantenían de pie con raíces profundas y los “consumidores” que podían trasladarse por el suelo, el aire y el mar

Los niveles de oxígeno fueron acercándose al valor actual, las plantas vivían en tierra y en el agua y los animales nadaban en los océanos. Pero algo se echaba en falta. La vida parecía haberse estancado. ¿Acaso la vida era demasiado sencilla? ¿Quizás se apoderó

de ella cierta complacencia? ¿Necesitaba un nuevo nicho para desarrollarse?

Poco antes de los últimos 600 millones de años la superficie del planeta hubiera parecido familiar a primera vista y hasta acogedora a un viajero del tiempo que llega desde nuestra época. La Tierra se parecería a la de ahora. El cielo sería de un azul más pálido y quizá estaría menos cubierto de nubes. En la playa el color sería el azul-grisáceo. Del suelo brotaban plantas y en el mar se veían ondulantes animales. Salvo algunos hongos o plantas venenosas, a los exploradores no les habrían acechado grandes peligros. Y Justamente, esa ausencia de peligro, es lo llamativo. Hasta hace casi 600 millones de años la diversificación de la vida en el planeta no había llegado a nada en concreto. Estaban empezando a aparecer en escena los animales pluricelulares y todavía tenían que aparecer los esqueletos que hicieran posible la existencia de grandes animales, de los dinosaurios a las ballenas, de las aves a los humanos.

En los anteriores 1.000 millones de años, los ecosistemas y el planeta en su conjunto se manifestaron como organismos vivos, interdependientes, necesitados del trabajo de todas sus células, tejidos, órganos y sistemas orgánicos. Todos son importantes, y a partir de un número, todos son imprescindibles.

No se puede dejar de considerar un factor fundamental para poder explicar cualquier proceso evolutivo, el tiempo.

Mientras Vernadsky demuestra la naturaleza mineral de la materia viva, desconstruyendo así la jerarquía entre la vida y la no vida terrenales, Lovelock hace otro tanto sacando a la luz diversos comportamientos fisiológicos de la biosfera como un todo. Los puntos de vista de ambos científicos reflejan la interconexión es-

pacial de los sistemas termodinámicamente abiertos. Por ejemplo, la química de nuestra atmósfera no es en absoluto aleatoria. Está directamente relacionada con la respiración –absorción y expulsión de gases- de muchos trillones de células. Cada célula, cada cuerpo, cada especie, intercambian gases con la atmósfera, las aguas y los suelos del planeta.

La tendencia de las placas continentales a desplazarse lateralmente sobre el manto en fusión, también puede relacionarse con la vida. La presencia de agua líquida sobre la Tierra durante centenares de millones de años ha sido tradicionalmente atribuida a la buena suerte de nuestro planeta. Sin embargo, el agua de la Tierra podría muy bien haberse disipado al espacio hace muchos tiempo, como parece haberles sucedido a nuestros vecinos Marte y Venus. En ausencia de las actividades recicladoras de los seres vivos y de su trabajo en la retirada de dióxido de carbono de la atmósfera, la Tierra también podría haberse quedado sin agua. El metabolismo, el crecimiento y la reproducción de células la retuvieron. La fotosíntesis utilizó parte del gas invernadero, dióxido de carbono, de la atmósfera para producir toda clase de compuesto orgánicos, manteniendo así al planeta en una temperatura suficientemente fresca como para que su vapor de agua no escapara al espacio. Sin agua que lubricara el movimiento de las placas tectónicas, tal vez estas se habrían detenido. La superficie húmeda del planeta se mantuvo, pues, gracias a las condiciones medioambientales características de un Sistema Solar primigenio. La vida es un fenómeno planetario.

A través del metabolismo y de la reproducción, la vida sobre la Tierra tiende a mantener unos estados medioambientales característicos de las primeras etapas del desarrollo del planeta. Nuestro propio cuerpo orgánico y acuoso, al igual que el de los anima-

les, plantas y los microbios, es una especie de cápsula del tiempo que contiene el entorno químico de la Tierra tal como era hace tres mil millones de años. El medio ambiente en el que ocurre la evolución es dinámicamente estable y autorregulador. Mantenido en gran medida por las interacciones químicas y biológicas de los miembros de las comunidades microbianas, la estabilidad fisiológica de la biosfera azulada requiere un flujo incesante de energía procedente del exterior del sistema. La vida está ligada al planeta Tierra y a la célula, pero es también un fenómeno geológico y solar.

No nos vamos a detener en la “letra pequeña” de la evolución, escapa a las posibilidades de este trabajo. Hagamos, en este momento, una brevísima y “ligera” caracterización; actualmente se piensa que las plantas se separaron al principio de la evolución del ascendiente común de animales y hongos. La separación de los caminos de los hongos y animales fue después:

Los hongos son unos omnívoros sin límites. Por algo se les llaman los basureros de la biosfera. No son plantas porque no realizan la fotosíntesis. No son animales por que no forman embriones y tampoco son bacterias porque están compuestos de células eucariotas. Muchos hongos vive en simbiosis con las plantas. Los hongos y las plantas se ayudan mutuamente en la obtención de alimentos. En un bosque normal las raíces de los árboles están cubiertas con una densa red de hifas de hongos. Los líquenes, todos sabemos que son mitad hongo y mitad alga. Producen peligrosos venenos, micotoxinas, aflatoxina... Y sin embargo, un hongo es nuestro mejor aliado en la lucha contra las infecciones, "Penicillium notatum", la penicilina. Las células reproductoras de los hongos forman parte del aire que respiramos, minúsculas esporas.

Las plantas alimentan al mundo. La célula vegetal está rodeada de una pared de celulosa. La fotosíntesis se produce con los cloroplastos, las vacuolas almacenan agua y alimentos, los leucoplastos almacenan energía y los cromoplastos forman pigmentos.

Al principio sólo había algas. Las diferentes clases de algas se diferencian por el modo de realizar las fotosíntesis. La mayoría de las algas viven en el plancton o en los fondos acuáticos (bentónicas), producen el color verde del agua.

Los animales se mueven mucho. Sus células también pueden moverse por su cuerpo entre los espacios intercelulares. Según la embriología, cada uno de nosotros comenzó siendo una pequeña célula. Si todas las células tienen todos los genes, la causa de la diferenciación de las células durante el desarrollo debe buscarse en el citoplasma que favorece que ciertos gérmenes se activen o desactiven en momentos determinados, con las proteínas características de cada etapa.

¿Y los virus?, los virus no son seres vivos, no poseen metabolismo, no se alimentan, sino sólo se reproducen utilizando la maquinaria celular de los animales. Constan esencialmente de material genético y una cápsula, no son más que pequeños programas que se introducen en los genes de sus organismos huéspedes. Al no transformar la materia no son provechosos para la vida. No se le puede matar porque no viven. Hay que advertir que no hay unanimidad en esta definición porque, entre otras cosas, depende de la caracterización de vida que se proponga.

Y LLEGÓ EL PERÍODO CÁMBRICO

Más tarde, de repente y muy rápidamente, cambió todo y en toda la Tierra. Había comenzado la revolución Cámbrica. Los in-

creíbles cambios que se produjeron a continuación representan, quizás, la máxima revolución ocurrida en la historia de la Tierra desde el propio origen de la vida.

Unos procesos físicos drásticos y poderosos decidieron la evolución del planeta que nosotros habitamos. Ellos dieron forma precisa al aprovechamiento de la revolución bioquímica que había hecho traspasar a la vida el umbral de lo antiguo a lo moderno: la explosión del Cámbrico, en la que la vida moderna pluricelular comenzó a diversificarse y a despegar. La vida pareció cambiar cualitativamente. Empezaron a aparecer pequeños animales con conchas, estas conchas han perdurado como fósiles, lo cual dispuso a los científicos modernos haciéndoles creer que la vida misma había aparecido en ese período. Durante largo tiempo se pensó que la historia de la vida en la Tierra estaba restringida a más o menos los últimos 500 millones de años. La razón era sencilla: las conchas y los esqueletos fósiles se remontaban a esa época, pero no más atrás. Como le gustaba decir a Carl Sagan, ¡la ausencia de pruebas no es necesariamente prueba de ausencia!

CALCIO

Al volver la vista atrás no es sorprendente que los animales prehistóricos no se hubieran detectado anteriormente. Eran de cuerpo blando y por esta razón no legaron al futuro ni conchas ni esqueletos. Hoy sabemos, en cambio, que la vida se había limitado a cruzar el gran umbral que conducía al futuro. A base de conchas y esqueletos se habían puesto las bases para crear animales mayores. Así como los grandes edificios y puentes exigen una infraestructura rígida, las leyes de la física exigen que los animales terrestres grandes tengan algo que los mantengan de una pieza.

Una vez más tenemos que referirnos a esa “eterna” interacción entre la vida y la Tierra. Partes del medio ambiente acabaron finalmente organizadas dentro del cuerpo o como extensión del mismo. No solemos considerar el calcio de nuestros huesos como parte del “medio ambiente”, sin embargo, así es exactamente como se originaron los huesos y muchas partes duras en la historia de las células nucleadas: El calcio, residuo tóxico sobreabundante en el agua de mar, tenía que ser retirado de algún modo. Metabolizado en forma de carbonato cálcico (CaCO_2) o de fosfato de calcio, sustancias que se iban acumulando en las células, acabó siendo usado para la construcción de protecciones y estructuras de refuerzo de los seres vivos.

Los animales comenzaron a crear frenéticamente conchas, huesos y caparazones. Entre las colonias de seres para las que estas partes duras resultaron ser de utilidad se encuentran nuestros antepasados acuáticos, los antepasados de los moluscos y los artrópodos. Todos ellos, diatomeas, foraminíferos y cocolitofóridas precipitaron sus cáscaras, en una lluvia constante sobre el fondo marino durante millones de años, acabando por crear los lechos arenosos y cretáceos. Este proceso tuvo dos efectos: creó una configuración común a todo el planeta (sedimentos de creta o granito y arena) y, al enterrar cantidades ingentes de calcio y de carbono, redujo los niveles de estos elementos en la atmósfera y en los océanos.

El calcio debió ser el elemento determinante en la geofisiología de los océanos y de la corteza terrestre. La deposición biológica de carbonato cálcico puede haber sido determinante en el ciclo endógeno –el lento movimiento de los elementos desde la superficie y el océano a las rocas de la corteza y de nuevo a la superficie. El geólogo Don Anderson ha planteado que la deposición de piedra caliza

en el fondo del océano es un factor clave del movimiento de la corteza terrestre.

Tendemos a pensar en el calcio como un elemento nutritivo porque es un componente estructural esencial de nuestros huesos y dientes. También es crucial en numerosos procesos fisiológicos internos desde la coagulación de la sangre a la división celular. Es esencial para la vida pero, paradójicamente, muy tóxico en su estado iónico. Dentro de nuestras células, una concentración de iones de calcio que exceda unas pocas partes por millón es letal, una toxicidad comparable a la del cianuro; sin embargo, los iones de calcio se encuentran en el agua de mar a niveles diez mil veces superiores.

OXÍGENO

Igual valoración hay que darle a la presencia del oxígeno en la atmósfera y en nuestras vidas. En cualquier caso, la vida desarrolló lentamente la capacidad de regular y usar el oxígeno y eso lo cambió todo. De pronto el uso de esa energía, que hasta ese momento había sido impensable, se hizo posible y el mundo de la vida pudo diversificarse y crecer de maneras que hasta entonces había sido físicamente imposibles.

La catástrofe del oxígeno, durante la cual este gas potencialmente tóxico comenzó a acumularse en la atmósfera, condujo al desarrollo de la respiración, sin la que los animales pluricelulares nunca hubieran florecido.

Una situación, aparentemente, paradójica: de haber existido el oxígeno libre desde el inicio de los tiempos en la Tierra es probable que ningún tipo de vida se hubiese dado el lujo de evolucionar. Casi todas las especies que fueron vitales para el primer desarrollo

de la vida sobre la Tierra mueren rápidamente en presencia de oxígeno. Las bacterias fermentadoras y sus descendientes, que se nutren de azufre, evitan su presencia como si fuera la peste, incluso hoy. Sólo las encontraremos en entornos donde escasea el oxígeno.

Y por otra parte, sólo la respiración de oxígeno permite generar un adecuado tipo de energía con suficiente aporte de calor para desarrollar los sistemas biológicos. Y sólo entonces puede estar lista la vida para el gran momento.

Tal como lo dijo Lavoisier en 1783, "la respiración es una combustión, desde luego muy lenta, pero por lo demás idéntica a la del carbón". Aunque la energía podría haberse obtenido en otra parte, nada quema como el oxígeno. Además, hay tres pequeñas maravillas de la química que son las que hacen de la molécula de oxígeno, el di-oxígeno, O₂, especialmente apropiada para ser la fuente de energía de la vida:

1) la respiración puede liberar grandes cantidades de energía al unirse a otros átomos; sin ella la vida compleja no podría satisfacer sus necesidades.

2) gracias a la respiración, el nivel de oxígeno en la composición de la atmósfera de la Tierra se mantiene, aproximadamente, en un 20 %, lo que no está mal. El oxígeno es tan reactivo que si la fracción atmosférica de oxígeno se elevara más de lo debido produciría una combustión espontánea descontrolada. La chispa de la vida podría desencadenar una explosión, en este caso, literalmente. Incluso las húmedas plantas son muy inflamables en concentraciones elevadas de oxígeno. De hecho algunos tipos de carbón del período de los insectos gigantes, el Carbonífero, cuando

los niveles de oxígeno eran mayores, proporcionan pruebas de incendios forestales localizados de gran intensidad.

3) los productos de esa combinación, dióxido de carbono y agua, no son excesivamente reactivos. De otra forma la vida no sobreviviría al proceso de respiración.

(En este momento, no está de más recordar cómo este sabio acabó sus días. La auténtica tragedia de la muerte de Lavoisier, como de tantas mentes prematuras, es que no sabemos qué habría sido capaz de hacer. Cuando fue detenido y juzgado por sus sospechosas actividades científicas, se hallaba realizando varios experimentos importantes, o así lo declaró ante el juez al aceptar su sentencia de muerte, y solicitó que se retrasara hasta haber terminado su trabajo. Se dice que el juez, en una declaración que debería recordarse para que no se vuelva a repetir, dijo: "La nueva República no tendrá necesidad ni de ciencia ni de científicos. Que le corten la cabeza".)

Bueno, volvamos a lo nuestro. Hay que tener presente que el oxígeno gaseoso no es producto de la química inorgánica. Este gas proviene de la utilización de la energía solar por los cloroplastos verdes dentro de la célula para convertir dióxido de carbono y agua en oxígeno libre y productos químicos. Sólo la vida pudo preparar la Tierra para nuestra existencia. Después de todo, la Tierra se hallaba en un estado fundamentalmente reducido, el planeta entero pedía a gritos ser oxidado. El sulfuro de hidrógeno, el carbono reducido en la materia orgánica y el propio gas hidrógeno estaban a la espera de chupar oxígeno. Hasta las rocas se morían de hambre de oxígeno, absorbiéndolo como carbonato cálcico en la caliza o por medio de azufre, uranio o hierro ávidos de oxígeno.

Tenía que existir algún mecanismo de retroalimentación que elevara el contenido de oxígeno para que la vida pueda explotarlo, pero, afortunadamente, que también lo limitara por debajo del punto de riesgo. El nivel de oxígeno en la Tierra nunca fue muy superior al actual, aproximadamente un 20 % de la composición de la atmósfera.

Ya está dicho, en todo ello juega un papel central la estrategia de las cianobacterias con mucha lógica y eficacia: durante el día explotan la energía de la luz; por la noche la energía oscura. De aquellos promontorios de tierra alfombrados de bacterias surgían oleadas de oxígeno cuando el Sol brillaba, y por la noche el dióxido de carbono subía hacia la Luna.

Un cráter volcánico en el interior de las selvas costarricenses nos dan una pista de cómo fueron “los mayores asesinos” de la prehistoria. Ahí se encuentran unas pequeñas algas unicelulares, descendientes de bacterias fotosintéticas, que cambiaron el mundo durante 3.000 millones de años, produciendo el mayor caso de contaminación de la historia de la Tierra. Un envenenamiento producido por un gas altamente agresivo, el oxígeno.

No hay bien que por mal no venga, la desastrosa pérdida de hidrógeno, condujo a la utilización del agua para la fotosíntesis y la acumulación del venenoso oxígeno favoreció la evolución de las bacterias respiradoras de oxígeno. La ya expuesta simbiogénesis celular, produjo el efecto salvador de la adopción de las mitocondrias, por parte de las células nucleadas, cuando el “holocausto del oxígeno”. Hasta que aparecieron las mitocondrias, los peroxisomas podrían haber permitido a los eucariotas primitivos capear la crisis del oxígeno. Las mitocondrias, como ya hemos dicho, llevan a cabo, gracias al oxígeno, la combustión de los metabolitos pro-

cedentes de los nutrientes para sintetizar trifosfato de adenosina (ATP). El suministrador fundamental de energía para los organismos aeróbios.

Las bacterias fotosintéticas dominaron la Tierra, cambiando su atmósfera, pero también ellas perdieron su supremacía cuando la vida comenzó a devorarse a sí misma, cuando los animales pudieron alimentarse de plantas y de otros animales.

¿CATÁSTROFE CÁMBRICA?

De cualquier forma, la aparición de los animales cámbricos parece inexplicable sin otros acontecimientos drásticos añadidos. Parece que, sin un impulso más serio, el planeta no habría estado listo para alcanzar realmente su nivel actual. La inmensa diversidad tan característica del Cámbrico y que parece faltar anteriormente, exige otros factores terrestres y extraterrestres que marcaran una época de grandes cambios. Algo interrumpe lo que de otro modo habría sido una progresión monótona. Algo drástico en un, relativo, breve lapso de tiempo cambió las reglas del juego. La explosión cámbrica de hace 540 millones de años.

No se sabe con certeza lo que ocurrió. Las distintas posibilidades no están universalmente aceptadas.

Se sabía que, poco antes de este período, la corteza continental existente formaba un supercontinente alargado en tondo al ecuador y que esa masa de tierra acababa de empezar a romperse. Según se ha observado, esto debió aumentar drásticamente la cantidad total de costas ya que muchos continentes pequeños, cada cual rodeado de agua, tendrían más costas que un gran continente único. Con más costas cerca del ecuador hubo más áreas inundadas por la marea y más calidas. Como se pensaba que las aguas que

deja la marea eran buenos criaderos de vida nueva, se razonó que su aparición podría explicar la súbita explosión del Cámbrico.

Pero los descubrimientos de tipo geológico, realizados a lo largo de la pasada década, parecen indicar un estado de cosas completamente diferentes. En la época en que la diversidad de la vida estaba a punto de explotar, parece ser que la Tierra se congeló como una gigantesca bola de nieve. Durante una situación semejante las poblaciones de cada lugar quedarían aisladas entre sí. Ese aislamiento siempre ha generado nuevas especies sobre la Tierra. Con las líneas de comunicación -es decir, el agua- literalmente congeladas por todo el mundo, la vida que sobrevivió pudo haber empezado a divergir de sus parientes de otros lugares distintos.

Plantas y animales, algunos de ellos que fueron antecesores directos de los animales que andan (o nadan) sobre la faz de la Tierra en el presente, comenzaron a abundar en los continentes que se iban separando hasta llegar a su actual configuración que, por supuesto, es aún provisional.

En 1998 el geólogo Paul Hoffman y el oceanógrafo y geoquímico Daniel Schrag, desarrollan esta tesis: el supercontinente de Rodinia empezó a trocearse, hace unos 750 millones de años. Esto favoreció la aparición de muchas tierras en contacto con el agua y estos terrenos eran sobre todo tropicales, ya que en aquella época los continentes estaban arracimados en torno al ecuador. El mayor número de fuentes de humedad en esas regiones tropicales trajeron más lluvias. Y con más lluvias, hubo más dióxido de carbono barrido de la atmósfera y las temperaturas globales empezaron a descender. Y el hielo comenzó a acumularse sobre la Tierra. Al ser blanco, reflejaba mucha más radiación solar que el agua líquida. A más luz reflejada, menos luz absorbida, por lo que la Tierra se en-

frió aún más. Como producto de esta acumulación de hielo a gran escala, la Tierra entera se congeló.

¿Qué ocurrió con la vida? Ya se sabe que la vida puede existir, y desde luego prosperar, en entornos muy extremos. De cualquier forma, el calor que escapa por los respiraderos hidrotermales impediría que los océanos se congelaran hasta el fondo.

¿Qué causó el deshielo? Los volcanes pueden volver a llenar la atmósfera de dióxido de carbono hasta el actual nivel en menos de un millón de años, volviendo a causar un efecto invernadero generalizado. Conforme se evaporaba el agua del mar, el vapor de agua combinado con el dióxido de carbono acentuó aún más el efecto invernadero. Las temperaturas del globo pasaron de golpe de la congelación a unos 50° en pocos siglos. La Tierra dejó de ser un cubito de hielo para convertirse en un infierno tórrido.

Durante siglos hubo chubascos torrenciales que, una vez más, barrieron rápidamente de la atmósfera la alta concentración de dióxido de carbono, produciendo inmensas acumulaciones de carbonatos en los fondos oceánicos. El proceso completo de congelación y descongelación podía iniciarse de nuevo. Se afirma que debió producirse hasta cuatro veces distintas este período comprendido entre hace 750 y 580 millones de años.

Siendo plausible esta hipótesis, hay que tener en cuenta que la prueba que llevó a los investigadores por primera vez a la hipótesis de la Bola de Nieve tiene poco que ver con la biología; fueron descubrimientos geológicos, ya que el hielo glacial deja marcas peculiares en los movimientos de las rocas, que mostraron un período primitivo de glaciación ampliamente extendido, si bien es verdad que las presiones ambientales rápidas están a menudo asociadas a cambios genéticos generalizados.

CATÁSTROFES

La inmensidad de las fuerzas que aseguran la estabilidad del mundo de nuestra experiencia es algo que rara vez llegamos a percibir de inmediato. Normalmente queda reservada a las ocasiones en que se producen grandes catástrofes. Quizás sin catástrofes generalizadas la vida próspera no conduce al cambio y el desarrollo. Es prácticamente cierto que sin catástrofes de uno u otro tipo no estaríamos hoy aquí.

Hay que comprobar lo imprevisible de la historia de la vida. No está de más que comentemos el valor de las catástrofes planetarias, ecológicas y sociales que favorecen o posibilitan la mutación, la recombinación genética y la simbiogénesis.

Llamémoslo como queramos, pero son esas catástrofes, puntos de bifurcación o vectores de extinción masivas de especies los que han hecho realidad el mundo en el que vivimos. Las evoluciones innovadoras más importantes han estado inmediatamente precedidas de grandes catástrofes.

Dante Alighieri salió de los horrores del infierno como un hombre más sabio y más fuerte. ¿Será el inevitable descenso de la Tierra a los infiernos lo que haga a nuestros herederos más fuertes, o los reemplazará con algo que lo sea? Cada ecosistema, cada nicho, cada espacio sobre la tierra o bajo el agua fue aprovechado por prototipos biológicos que iban surgiendo conforme el paso de las eras cambiaba las condiciones del medio natural. Nuevos mundos y nuevos habitantes, este es el patrón general de la evolución de la vida. Una máxima que ha dejado por el camino millones de especies que un día fueron reales y pujantes en nuestro planeta, como hoy podemos ser los seres humanos.

En todo este camino sembrado de extinciones masivas ha habido sin embargo grandes supervivientes, familias, géneros y especies que han continuado su evolución superando las grandes crisis a lo largo de millones de años, ya sea porque su habitat ha permanecido estable o porque sus diseños evolutivos les han permitido adaptarse a los cambios. Nuestro mundo se comporta como un ser vivo en constante renovación y eso implica la aparición de nuevas especies que tomen el relevo. No importa lo poderosa o dominante que fuera una especie, cuanto más especializada más dependía de la estabilidad de su medio. Pero en la Tierra nada permanece estable mucho tiempo.

Cambios de temperatura creaban glaciares o generaban desiertos, fueron la causa directa de todas las extinciones masivas. Fueron cambios climáticos, si, pero provocados en la mayoría de las ocasiones por cambios globales, ya sean producto de la fragmentación y deriva de los continentes, los impactos de asteroides o la alteración química provocado por el metabolismo de miles de millones de diminutos seres fotosintéticos, estas son las causas remotas que han hecho replantearse la vida sobre la Tierra decenas de veces.

Hoy la Tierra es un mundo de sofisticados especialistas. Las comunidades biológicas están formadas por millones de especies, millones de seres vivos que basan su vida, unos en otros, de forma que todos dependen entre sí. La Tierra se ha llenado de especialistas, maravillosas entidades bio-geológicas capaces de perpetuarse a sí mismas.

Las uniones ecológicas han hecho que la vida se diversifique como no lo había hecho en su larga historia evolutiva, pero este éxito tiene sus riesgos. Hoy más que nunca, comprendemos que

cada animal, cada planta, cada factor ambiental puede influir en la vida de cada uno de los demás miembros de un determinado ecosistema.

Lo mismo que algunas especies sociales han conseguido conquistar infinidad de medios, gracias a la especialización de los individuos del grupo en los diferentes trabajos que requieren la sociedad, estos ecosistemas complejos necesitan de los diferentes miembros que lo componen para su óptimo funcionamiento.

La “Tierra Bola de Nieve” y sus consecuencias, puso en marcha, seguramente, esa nueva diversificación en el período Cámbrico. Puede que sea necesario que mueran muchas especies para permitir que algunas con mayor potencial vayan más lejos. Después de la explosión del Cámbrico, cinco catástrofes importantes, que se explican por la geofísica de la Tierra, y sobre todo por la tectónica de placas, diezmaron grandes linajes y favorecieron la aparición de nuevas especies:

Final del Ordovícico, hace 435 millones de años.

Este período debe su nombre a una tribu que vivió antiguamente en Gales, los ordóvices, ya que las rocas más famosas del Ordovícico se encuentran en Gales. Son pizarras y lavas volcánicas. Se produjeron grandes fluctuaciones en los niveles del mar por lo que se produjo la extinción del 85% de las especies. Los vertebrados hacen su aparición como animales acuáticos. Son abundantes los corales y trilobites.

Devónico tardío, hace 370 millones de años.

El período Devónico debe su nombre a un condado en Inglaterra, el de Devon, donde se encontraron y estudiaron capas de roca arenisca, caliza y pizarra. El Devónico fue un período de grandes cambios topográficos. La corteza de la Tierra ascendió y descendió, formándose inmensas cordilleras. Los océanos avanzaron y retrocedieron varias veces, poniendo al descubierto un fango rico en materia orgánica. Los hábitats más típicos de los peces los constituyen los mares interiores, muchos de los cuales se encontraban entre las recién formadas cadenas montañosas del continente septentrional. A la vez, se produjo un calentamiento de la Tierra y pérdida de oxígeno en el mar. Supuso la extinción, aproximadamente, del 83 % de las especies. Los trilobites, que hicieron su aparición en el Ordovícico, comienzan ya a declinar en este período.

Final del pérmico, hace 245 millones de años.

El período Pérmico debe su nombre a Perm, que es una zona de Rusia donde se han encontrado muchos fósiles de la época. Durante el Pérmico, el último período de la era Paleozoica, los desiertos y las montañas sustituyeron a los húmedos bosques y pantanos del hemisferio norte. Durante este tiempo los mares retrocedieron y dejaron más tierra firme al descubierto. Surgieron grandes desiertos. Los continentes empezaron a derivar hacia el Norte y los glaciares helados se desplazaron hacia el Sur. Junto a las fluctuaciones del nivel del mar, hay que contar con el impacto de meteoritos y el fenómeno del vulcanismo, todo ello produjo la mayor extinción conocida sobre la Tierra. Supuso la extinción, aproximadamente, del 95 % de las especies, en un corto período de tiempo. Pudo haber sido simplemente un caso de mala suerte, en el que se sumaron muchos pequeños factores al mismo tiempo. Lo más se-

guro es que cambiaran las rutas específicas por las que se absorbía, se transportaba y, en su caso, se excretaba el oxígeno.

Final del triásico, hace 215 millones de años.

El significado de Triásico es por el prefijo *tri-* que significa tres, que son las tres capas de roca que se depositaron durante ese período en la Tierra. Este período se caracteriza por un clima cálido y árido, el vulcanismo y calentamiento de la corteza terrestre fueron sus causas. Supuso la extinción, aproximadamente, del 80 % de las especies.

En estas condiciones desérticas hacen su aparición los primeros mamíferos que fueron evolucionando a partir de los *reptiles mamiferoideos* que existían en el Pérmico. Por otro lado, los reptiles son ya numerosos. El mundo del Triásico comprendía un sólo supercontinente llamado Pangea que se separó en dos partes: Laurasia, en el norte (Europa y Asia) y Gondwana, en el sur (América del sur, África, Australia, la India y Antártida).

El hallazgo en la Patagonia de un dromeosaurio, bautizado "buitreráptor gonzalezorum", demuestra que esta especie podía hallarse en la región del globo que ahora es Suramérica -la antigua Gondwana- y no sólo en el hemisferio norte, Laurasia, como se creía. Los restos prueban que los dromeosaurios habrían aparecido en todo el planeta antes de su división en dos hemisferios.

Este dinosaurio con características de ave descubierto en Argentina obligará a los científicos a replantearse la evolución y distribución en el planeta de estos animales, afirma el zoólogo Peter Makovicky según nota de prensa en el Málaga Hoy, 13-10-05. De cualquier forma los ejemplares del Norte y del Sur evolucionaron

de forma diferente desde la separación de las placas en las que vivían.

Final del cretácico, hace 65 millones de años.

El nombre Cretácico procede de la palabra latina creta, que significa tiza. Las capas de tiza y esquisto de esta época se amontonaron sobre el lecho de los mares. Supuso la extinción, aproximadamente, del 80% de las especies. Por ser la última gran extinción, por ser el momento en el que se produjo la extinción de los dinosaurios y porque, todo ello, hizo posible el dominio de los mamíferos, hagamos una descripción más detallada de las causas de esta catástrofe:

El debate sobre cuáles fueron las razones de la extinción de los dinosaurios y otras numerosas formas de vida al final del período Cretáceo hace unos 66 millones de años ha estado llamando la atención desde 1980, cuando el Premio Nóbel Luis Alvares y su hijo, Walter, propusieron que la extinción en masa fue causada por un enorme asteroide o cometa que cayó en la tierra.

Se cree que el responsable de la extinción de los dinosaurios hace 65 millones de años fue un objeto que tenía entre 10 y 20 kilómetros de diámetro. En comparación con la extinción del Pérmico y otras que le siguieron, el suceso que mató a los dinosaurios, abriendo el camino a los mamíferos, fue auténticamente cataclísmico. Es más, hay abundancias de pruebas que nos indican que esta extinción tuvo un origen extraterrestre; a finales de la década de 1970 se analizó un estrato de arcilla de la época, que varía de tamaño de unos lugares a otros, con un grosor de un centímetro o más. Analizada esta arcilla, se encontraron con un resultado completamente inesperado; se encontró una gran abun-

dancia de elementos siderófilos, que sólo se presentan en el núcleo de la Tierra, y que el elemento iridio era diez veces más abundante en esa zona arcillosa que en las rocas situadas en los estratos superiores e inferiores a esta capa de arcilla. Por cierto, el iridio es muy abundante en meteoritos y cometas. Y aún más, en el estrato de arcilla se descubrieron unos granos de un tipo especial de cuarzo que sólo se pueden formar a temperaturas y presión muy altas. Mitad en tierra y mitad en el océano se descubrió finalmente un cráter inmenso de 200 kilómetros de diámetro en la costa de la península de Yucatán, Chicxulub, en México. El examen de rocas efectuado por los geólogos en todo el mundo lleva tiempo indicando que hace 65 millones de años se dio un cambio drástico en la biosfera de la Tierra. En un lugar palpable de los estratos de las rocas sedimentarias, un cambio brusco de la composición fósil indica una extinción masiva.

Cuando el asteroide entró en contacto con la atmósfera de la Tierra empezó a generarse un tremendo calor y una enorme presión. La roca asteroide se puso al rojo vivo y parte de ella se volatilizó, y cuando chocó se produjo una enorme explosión. La energía del impacto provocó un terremoto de magnitud 12,4, como para lanzar materiales del cráter hasta la atmósfera ¡haciendo que caigan nuevamente sobre el planeta por el lado contrario! Por todas partes cayó una lluvia de material rojo, con un brillo diez veces el del Sol, prendiendo fuego a todo y quemando gran parte de la superficie del planeta. Durante varios años el Sol se oscureció, destruyendo la parte baja de la cadena alimentaria al no poder realizar las plantas su función fotosintetizadora.

Por si todo esto no fuera poco, la inmensa cantidad de agua enviada a la atmósfera provocó chubascos torrenciales durante los posteriores meses. La lluvia caída tuvo que ser ácida, dañina para

muchas formas de vida vegetal y marina. Por último, el efecto a largo plazo de este impacto sobre la corteza de la Tierra provocó la erupción generalizada de grandes volcanes en todo el planeta. Esto creó, por la enorme emisión de dióxido de carbono, un efecto invernadero a corto plazo que produjo temperaturas abrasadoras.

Los dinosaurios representan el pasado, los mamíferos el futuro, pues ocuparon el hueco dejado por los primeros tras su extinción. El nuevo mundo que apareció era muy diferente, en cierto sentido, del mundo anterior al impacto. Algunos elementos de la Biota se recuperaron rápidamente. Las plantas con flores volvieron rápido, en menos de un millón de años. Otros como los grandes vertebrados, se transformaron por completo y esta evolución llevó mucho tiempo. El clima se había vuelto más acogedor, y los animales que se aprovechaban del Sol, el agua y el oxígeno debieron ser en su mayor parte muy diferentes. Los pequeños mamíferos habían empezado a dominar el planeta, llenando el nicho dejado por los dinosaurios y abriendo el camino para la llegada de los primates. Desde luego, el significado de estos parientes muertos, hace tanto tiempo, es que nos ponen en nuestro lugar y dan sentido y explicación a la aparición de los primates sobre la Tierra.

Nunca se sabrá con exactitud qué ocurrió aquel día (o noche) aciago, pero podemos suponer lo que pudo ocurrir: No hubo aviso del destino inminente, los dinosaurios no disponían de esa clase de aparatos sensores a distancia. Por cierto, no es nada improbable que, quizás con un aviso de una década, una civilización inteligente pueda concebir algún mecanismo para evitar la catástrofe por el impacto de un meteorito. De cualquier forma parece que no debemos inquietarnos mucho, la frecuencia de bombardeos de cometas y grandes meteoritos en los últimos 3.000 millones de años se ha reducido exponencialmente con el tiempo. Como dice el astrónomo

español Jordi Llorca; la probabilidad, actual, de que un gran asteroide o cometa choque con la tierra es parecida a la que al disparar al aire se dé a un pájaro. Es posible pero improbable.

Otra cuestión sería el plantearse, lo dejaremos para más adelante, la situación actual; en los primeros años del siglo XXI una nueva extinción parece estar amenazando el planeta con una virulencia inusitada. ¿Somos nosotros la causa, el vector de una nueva extinción masiva? La llamada sexta gran extinción. Estamos resultando tan eficaces en nuestro papel depredador, al comprender los mecanismos interdependientes de la vida sobre la Tierra, que estamos vislumbrando que tal vez nuestra actividad está situando a nuestra propia especie, y a otras muchas, en el camino de la extinción.

Si la respuesta es positiva, puede cambiar de forma drástica la Biota. Destrucciones de hábitats, el calentamiento del planeta, propagación de especies invasoras pueden causar impactos biológicos de extinción. Los humanos pueden ser como asteroides para la vida del planeta. Tendríamos que usar nuestro conocimiento para afrontar la actual crisis de biodiversidad. Y ello no sería altruismo.

La vida es, por encima de todo, hasta donde conocemos, un precioso espejismo de leyes físicas, convulsiones químicas y viajeros geológicos silenciosos, colosales y casi eternos, pero la mayoría de todos ellos ya están muertos. De cualquier forma tenemos como resultado un mundo extraordinariamente variado, donde la vida ha experimentado durante millones de años, dando lugar a formas distintas, interdependientes y cambiantes.

V

DEL ORIGEN DEL SER HUMANO

A medida que sus estructuras iban creciendo en complejidad, lo hacía también sus procesos cognitivos, lo que acabaría por conducir a la percepción consciente, el lenguaje y el pensamiento conceptual."

EL SER HUMANO

Hasta ahora, cuando hemos hablado de cambios bruscos, estábamos hablando de catástrofes en la escala de tiempos geológicos, donde millones de años son apenas un instante, pero fue precisamente hace un instante cuando el más moderno de los prototipos biológicos llegó al planeta tierra. Parientes desgajados de un tronco común de 6 millones de años, según hallazgos de comienzos del siglo XXI, del *Hominin tugenensis* en Kenia y el *Sahelantropus tchadensis* en el Chad.

La vida es antigua pero los humanos somos jóvenes. Desde que apareció la vida en la Tierra, el Sol y sus planetas han completado 12 órbitas alrededor del centro de la Vía Láctea, y desde que aparecimos los humanos el Sistema Solar ha girado menos de lo que se mueve la segunda manecilla del reloj en un segundo.

Pues bien, los primeros Parántropos y el *Homo habilis* aparecen en el marco de cambios de entorno que afectan a todas las comunidades ecológicas, cifrando en 2,4 millones de años el punto de partida del linaje grácil de los homínidos al que pertenecemos. Es-

ta historia estuvo asociada a un animal que muchas personas tienen como culmen del árbol evolutivo.

Con el tiempo se han descubierto no menos de 20 especies diferentes de homínidos, que han recibido nombres tan exóticos como "Ardipithecus ramidus, Australopithecus africanus, Paranthropus robustus" (aunque tampoco era tan robusto) para terminar con "Homo ergaster, Homo heidelbergensis, Homo soloensis y Homo neanderthalis". Muchas de ellos compartieron el planeta durante períodos seguramente 50 veces más prolongados que el tiempo transcurrido desde que surgiera en África el más reciente de ellos, "Homo sapiens". Según sabemos, Homo sapiens, fue la primera criatura en 4.000 millones de años que desarrolló una explícita espiritualidad.

El Homo sapiens, aparece hace unos 130.000 años, son fósiles anatómicamente modernos que se creían los más antiguos. Pero los geólogos acaban de demostrar que el soporte de toda esa creatividad, el cráneo humano moderno, ya existía hace 195.000 años. Según una datación estratigráfica de dos cráneos fósiles (Omo I y Omo II) desenterrados en Etiopía en 1967.

El debate se centra en la datación del origen de la mente moderna, así como su forma de emerger: ¿eclosión instantánea de la cultura? O ¿una evolución gradual de la misma? Todo ello entraña no poca dificultad. Los signos arqueológicos de una inteligencia humana plenamente actual sólo tienen 50.000 años. ¿Por qué el "Homo Sapiens" tardó tantos milenios en comportarse como tal? Lo único seguro es que las capacidades cognitivas no evolucionaron al mismo tiempo que la anatomía.

Baste por el momento con saber que durante los últimos decenios, los expertos han sostenido que la humanidad sufrió una re-

volución comportamental hace alrededor de 50.000 años. Entendiendo por revolución comportamental al hecho de que los humanos comenzaran a fabricar armas más refinadas, a expresarse a través del arte y de la música y a desarrollar un conjunto de actividades que los arqueólogos asocian con la modernidad -rituales, pericia técnica, gran diversidad de herramientas-.

Terminológicamente ha dado lugar a la denominación de “Homo sapiens, sapiens”, que no pocos antropólogos rechazan.

De acuerdo con nuestros conocimientos actuales sobre la historia de la vida, el ser humano es la última especie de su línea evolutiva. La aparición del hombre se inscribe en el marco del declive de los grandes monos hominoides y de la expansión de los monos provistos de cola. En cierto modo, somos los últimos supervivientes en el planeta de los simios.

De cualquier forma este árbol genealógico nos sigue deparando grandes sorpresas, recordemos las notas de prensa de finales de Octubre de 2004: la aparición del homo floresiensis en la isla de Flores, capaz de utilizar el fuego y tallar útiles pero con una estatura minúscula, 1 m, y una capacidad craneal de las más bajas dentro de nuestra familia, y encima resulta tener sólo 18.000 años, ayer mismo. ¿12 mil años después de que desaparecieran los Neandertales había humanos coexistiendo con nuestra especie, comparables a los Australopitecos de 4 millones de años atrás? Según últimas noticias, Málaga Hoy 13-10-05, científicos australianos han hallado más restos de seres diminutos, que se suman a los descubiertos hace un año y que los expertos vinculan a una nueva especie humana. La pequeñez de esos seres motivó su nombre, hobbits, en alusión a los personajes creados por J. R. R. Tolkein en la trilogía “El señor de los anillos”.

EL ENTORNO FÍSICO

Un acontecimiento climático global afectó a la Tierra entre los 3 y 2,5 millones de años últimos. El descenso de las temperaturas tiene su origen en un brusco cambio de las corrientes marinas en el océano Atlántico. El cierre del istmo de Panamá y el nacimiento de la corriente del Golfo (circulación termohalina) tiene lugar, sin duda, en esta época. Esta gran corriente asciende a lo largo de las costas europeas para descender después hacia los fondos oceánicos a la altura del círculo polar. Así se lleva consigo una gran cantidad de calor y de salinidad que provoca un enfriamiento de esta parte del globo. De este modo se forma el casquete polar ártico. Provocado por la formación del casquete polar ártico y un período de glaciaciones se produjo una larga sequía en África. Los paisajes se abrieron y todas las comunidades ecológicas cambiaron. Los australopitecos desaparecieron para ceder su lugar a los parántropos y a los primeros hombres.

Centrémonos en la cuna del *Homo sapiens*, el Valle del Rif: la Gran Falla africana es una cicatriz que atraviesa de norte a sur el continente, a lo largo de 6.750 kilómetros. Se trata de una muestra espectacular de lo que ocurre cuando las placas tectónicas -la que sostiene la península arábiga y este de África, y la del resto de África- se separan bajo la tierra. A lo largo de esta descomunal vaguada se alinean volcanes extinguidos o inactivos, y sus depresiones forman un conjunto de lagos que caracterizan esta región del continente.

Para la aparición de estos lagos en los últimos diez millones de años tuvieron que darse dos condiciones: la formación de cuencas por procesos tectónicos y magmáticos, para acomodar los lagos, y

un balance positivo entre precipitaciones y evaporaciones durante un lapso de tiempo significativo. Tras comparar los datos con la historia volcánica y tectónica de la zona se pudo confirmar que el origen de los cambios simultáneos era debido, sin lugar a dudas, a las variaciones del clima. Los períodos de mayor cantidad de agua coinciden con el registro de cambios climáticos globales. Así el período comprendido entre 2,7 a 2,5 millones de años atrás corresponde con la intensificación de la glaciación del hemisferio norte.

Ahora, tras analizar los sedimentos de una decena de lagos del Valle del Rif, un equipo de científicos europeos y norteamericanos sugiere que no hubo uno, ni dos, sino hasta tres períodos húmedos entre 2,7 y 2,5 millones de años atrás; de 1,9 a 1,7 millones de años y de 1,1 a 0,9 millones de años, alternados con épocas de extrema aridez. Estos episodios podrían haber tenido un fuerte impacto sobre la especiación y dispersión de algunas especies de homínidos en la zona durante ese tiempo.

El carácter efímero de estos lagos africanos podría dar soporte a la hipótesis de la variabilidad de la evolución humana, que sugiere que, debido a los numerosos cambios en su entorno, los primeros australopitecos acabaron por vivir en diferentes hábitats, incluidos selvas, bosques abiertos y sabanas, adaptándose a entornos diferentes. La rápida variación entre períodos húmedos y áridos crearía las condiciones de estrés suficientes para iniciar el proceso de especiación. El aumento de los terrenos secos ha favorecido el desarrollo de la vida sobre el suelo, dificultando la vida en los árboles, y los simios terrestres pudieron haber formado grandes grupos sociales para favorecer su capacidad de encontrar alimentos y defenderse de los depredadores.

¿DEFINIR AL SER HUMANO?

¿Es legítimo buscar un atributo del hombre? Los primatólogos y los paleoantropólogos tienen sus criterios. Pero el hombre se ve descuartizado, hecho pedazos y se llega a un reduccionismo insostenible.

Todos nuestros infortunios provienen de que los hombres no saben lo que son, y no se ponen de acuerdo en lo que quieren ser.

¿Quién tiene la culpa? A fuerza de querer buscar la particularidad del hombre basándonos en la ignorancia de lo que nos rodea, se ha perdido el hombre. De un lado, el hombre, del otro, el animal que reúne a todo el resto del mundo vivo. Así, el humanismo metafísico clasifica al chimpancé más cerca del gusano de tierra con el pretexto de que ni el uno ni el otro poseen nada de lo que es propio del hombre. El trabajo de los primatólogos y paleoantropólogos muestra hoy que el atributo del hombre, se inscribe en una trama evolutiva que se apoya sobre una multitud de lazos todavía vivos.

Como se sabe, nuevos datos genéticos están sobre la mesa del conocimiento científico. En Septiembre de 2005 se secuenció completamente el primer genoma de un primate no-humano, el del chimpancé (*Pan troglodytes*) y el cuarto perteneciente a un mamífero, incluyendo el del propio ser humano. Ya son 180 organismos secuenciados genéticamente desde 1995 por diversos equipos científicos. Con el chimpancé surgen parecidos, aires de familia que se explican por el patrimonio genético, tan diferente y tan semejante:

Según revela un consorcio científico en la revista *Nature*, ambos genomas son idénticos en el 96 % de la secuencia genética. A efectos prácticos, esto implica que las diferencias genéticas entre

humanos y chimpancés son aproximadamente 60 veces menores que las encontradas entre humanos y ratones. O, dicho en otros términos, la distancia genética entre un humano y un chimpancé es sólo diez veces superior a la existente entre dos seres humanos cualesquiera.

Las diferencias aparentemente pequeñas entre las dos especies representan un gran abismo. El cuatro por ciento que nos separa equivale a 35 millones de bases y hasta tres millones de ellas podrían escribir genes codificantes cruciales para el Homo sapiens. Entre ellas se esperan identificar las regiones responsables de nuestro andar bípedo, el mayor tamaño cerebral y el lenguaje, tres características consideradas por muchos como las "más humanas".

Recordemos algunas caracterizaciones, clásicas, del ser humano:

Durante mucho tiempo se ha dicho: "El hombre es la herramienta", pero de inmediato se ha percibido que las herramientas de piedra, de madera y de hueso también pertenecían a las familias vecinas. Últimamente todos hemos leído noticias de las agencias informativas relacionadas con este tema: Hace ya años que los científicos están convencidos de que los gorilas son animales muy parecidos en costumbres y hábitos a los humanos. Tanto, que -según se ha descubierto ahora- incluso los animales que viven sin contacto con los hombres son capaces de utilizar utensilios para realizar tareas complejas y distintas. Desde ramas utilizadas como bastones hasta rudimentarias 'cucharas de palo' con las que remueven la comida. El 9 de octubre de 2004, uno de los miembros del llamado 'Grupo de Gorge', una hembra adulta, que ya estaba siendo vigilado por científicos desde 1995, fue vista utilizando una rama de un árbol como una especie de bastón, que también usaba

para medir la profundidad del agua antes de meterse en una gran charca y para ayudarse a cruzar una zona de aguas poco profundas y pantanosas. Unos días más tarde, los científicos vieron a otra hembra del grupo, un ejemplar más joven, que arrancaba un trozo de tronco de un árbol para utilizarlo como una especie de 'palo' con el que remover los ingredientes de su variada comida: plantas y hierbas de diferente tipo mezcladas con el palo hasta conseguir una especie de pócima espesa.

Se ha dicho: "El hombre es la cultura" recurriendo a la vieja noción de un conocimiento registrado, enseñado y transmitido. Pero se han encontrado tradiciones culturales en varias poblaciones de grandes monos. Siguiendo la misma nota de prensa anterior, podemos leer: Aunque los científicos no han podido determinar cómo han aprendido los gorilas este tipo de comportamientos, sí están casi seguros de que se trata de unos conocimientos heredados de padres a hijos y transmitidos de generación en generación en esta zona del Congo, donde la población de gorilas es muy grande. Hasta ahora, los científicos habían conseguido que estos grandes primates utilizaran herramientas estando en cautividad, pero nunca se había observado este comportamiento en un gorila en libertad y que no ha tenido contacto con humanos.

Se ha dicho: "El hombre es la sociedad". Pero haciendo trabajo de campo en la prehistoria, no es sencillo trazar la frontera que separa las sociedades humanas de las demás.

Se ha dicho: "El hombre es la palabra". La disposición de las cuerdas vocales superiores hizo descender la laringe e instaló una preciosa caja de resonancia entre las cuerdas vocales y la boca. Pero los grandes monos, que no han tenido esa evolución, han desarrollado una comunicación activa, aunque desprovista de len-

guaje articulado. Sin embargo, cuando se les enseña el lenguaje de los signos, tienen una cantidad impresionante de cosas que contarnos. Después de todo, y a pesar de las diferencias, tenemos mucho en común. Es muy antigua la cita que, con ironía, nos dice que es posible que el mono sea tan inteligente que no habla para que no lo hagan trabajar.

Se ha dicho: "El hombre es la conciencia". Después de todo "saber que se sabe" es un prerrequisito para la cultura. Engloba aspectos intelectuales, espirituales, éticos y estéticos de los portadores. Pero en el momento en el que hemos creído haber delimitado por fin nuestro territorio, voces autorizadas demandan el reconocimiento del tabú, moral y ritos dentro de las otras familias.

Dedicaremos un capítulo a estas cuestiones.

De cualquier forma, parece necesario tener en cuenta las interesantes palabras de Stephen Gould: En realidad hay que guardarse de utilizar el darwinismo fuera de su disciplina. La selección natural explica la evolución, pero es inútil para comprender la historia, la cultura, la sociedad. Parece que el hombre ha escapado a la ley de la selección natural para entrar en un nuevo orden, el de la cultura.

El darwinismo no reduce, pues, nuestra libertad, cree Gould, sino que nos apremia a buscar un sentido a la vida en algún lugar ajeno a los mecanismos de la evolución: en el arte, en la música, en la literatura, en la moral, en las relaciones personales, en el humanismo o en la fe. Pues la cultura, al contrario de la naturaleza, se adquiere, se adapta y se transmite. Contrariamente a todos los animales, los seres humanos pueden imaginar soluciones y comportamientos y enseñárselos a sus prójimos y a sus hijos, sin condiciones previas ni consecuencia genéticas. En definitiva, después

de haber atravesado desde sus orígenes unos doscientos mil años y de haber nacido de una selección que Darwin considera accidental, el Homo Sapiens aparece no reductible a ninguna otra. Es, según Gould, la única capaz de emanciparse de las presiones naturales.

LA HISTORIA MÁS GRANDE JAMÁS CONTADA.

El hombre moderno es el único mono que ha hollado todos los continentes.

El triunfo planetario del Homo Sapiens es, sin lugar a dudas, uno de los acontecimientos más insólitos de la historia de la evolución.

Todas las poblaciones humanas actuales pertenecen a la especie Homo Sapiens. La uniformidad de la especie Homo Sapiens, la nuestra, es un argumento a favor de un origen reciente y único, esto ha dejado huellas en nuestros genes.

Como ha señalado Relethford (2001), la cuestión del origen de las poblaciones actuales es mucho más compleja de lo que se creía, y la solución solo se encontrará si se tienen en cuenta tanto los datos genéticos, así como la sucesión de los fósiles y su morfología. En realidad, aunque los genetistas pueden proponer modelos y sugerir fechas, solo la Paleoantropología puede validarlos. La genética comparada efectúa una contribución muy estimulante a la hora de proponer hipótesis sobre los orígenes del Homo Sapiens.

Según los genetistas que estudian las poblaciones actuales, todos los humanos descienden de un antepasado africano. Esta hipótesis está asociada a la idea de un cuello de botella en la población, es decir, que un número reducido de individuos serían los únicos

antepasados de todos los hombres actuales. Esta es la propuesta vigente, ha sido denominada "Arca de Noé". Hoy en día está superada la hipótesis relacionada con el llamado modelo "Multi-rregional o candelabro", es decir, simultáneas cunas de la humanidad distribuidas por diferentes puntos de la Tierra.

Pues bien, sigamos el sugerente viaje que, en la última década del siglo XX, el genetista Spencer West de la Universidad de Stanford realizó por los cinco continentes. Spencer era alumno del reconocido Lucca Cavalli-Sforza. Acompañémosle, comentando lo que vayamos conociendo.

Hace mucho tiempo nuestros parientes estaban al borde de la extinción. Contra todo pronóstico y sorprendentemente se las apañaron, no sólo para sobrevivir, sino para convertirse en el pueblo más próspero del planeta.

Esa la historia de nuestros antepasados y de cómo conquistaron la Tierra. Algo puede cambiar nuestra concepción del mundo.

Es hora de conocer la verdad.

Los científicos han descubierto una máquina del tiempo. Una máquina del tiempo escondida en nuestros genes. Esto nos lleva a una nueva perspectiva de la historia reciente de nuestra especie, de los últimos 50.000 años en la cronología del planeta Tierra.

Es mucho más sorprendente lo que ocurrió entonces que el poder que tenemos nosotros ahora de saber lo que aconteció. Es mucho más sorprendente y extraordinaria la hazaña realizada por aquellas primeras generaciones de seres humanos que el poder, científico y tecnológico, que tenemos nosotros ahora.

En los últimos 15 años se ha desarrollado una tecnología punta para investigar la descendencia familiar del ser humano. La sangre

es la que ha proporcionado esa información. Es una de las sustancias más evocadoras para el hombre. En una gota de sangre está escrito el libro de la historia de la vida, de nuestra vida. El viaje de nuestra especie. Una ventana hacia el pasado con la que llevan soñando toda la vida, los arqueólogos. La evolución es historia, la evolución biológica es un fenómeno genético.

Todos los seres humanos que pueblan hoy el planeta podrían estar emparentados. Es posible establecer linajes de familia distantes gracias a los grupos sanguíneos. La clave está en la sangre de las poblaciones aisladas.

¿Y cómo sabemos que todos los pobladores de la tierra son descendientes de los bosquimanos, nuestros antepasados más antiguos?

La respuesta se encuentra en el ADN, como sabemos una espiral de tan sólo 4 moléculas encadenadas, ACGT, que se agrupan por parejas, formando una secuencia increíblemente larga y compleja. Debido a su enorme longitud pueden surgir pequeños problemas técnicos en la secuencia de ADN, son las mutaciones. Todo el mundo las posee. Cuando aparecen se transmiten de padres a hijos, mutaciones hereditarias, como marcadores. A medida que nuestros cromosomas van pasando de generación en generación van transmitiendo estos marcadores genéticos, esas mutaciones.

Ellos escriben nuestra historia., son el origen de nuestra máquina del tiempo y el medio para conocer a nuestros antepasados más antiguos.

Proponemos un marcador africano que sólo se encuentra en el cromosoma "Y", que se transmite tal cual se generó. El marcador se revela como un pequeño error de grafía de las 4 letras. Un cambio accidental en una secuencia de 6.000 millones de letras. Una errata

de una sola letra es suficiente. Un cambio de C a T, ese es el marcador africano. Ese diminuto error de grafía se produjo hace 2.000 generaciones. Toda su descendencia, la humanidad entera, presenta esta mutación pero añadiéndole las mutaciones que se presentaron en la siguientes generaciones.

El cromosoma Y permanece globalmente inalterado a lo largo de las generaciones, a excepción de un escaso número de mutaciones en ciertas regiones que codifican proteínas. Se manifiesta así un monomorfismo del cromosoma Y, cuya tasa de mutación es mucho menor que la del ADN mitocondrial, que hasta hace poco se utilizaba como el único marcador genético.

Intentemos explicarlo brevemente: el ADN mitocondrial corresponde al corpúsculo de origen bacteriano, situado en el citoplasma de la célula, y que mantiene gran parte de su propio material genético. Si bien los resultados para el cromosoma Y son a menudo comparables a los del ADN mitocondrial, a saber, los dos poseen una misma cualidad que les “inmuniza” en parte de las recombinaciones genéticas de la reproducción: el ADN mitocondrial se transmite a sus descendientes, exclusivamente, por vía materna, mientras el cromosoma Y se transmite por vía paterna. Sin embargo, los últimos trabajos han demostrado un mayor polimorfismo en el ADN mitocondrial, por lo que parece preferible el seguimiento genético del cromosoma Y. En esto como en todo, lo occidentalizamos inmediatamente, llamándolos respectivamente “Eva mitocondrial” y “Adán cromosómico”.

ÁFRICA

El análisis genético del cromosoma Y, contrastado con los yacimientos arqueológicos, nos llevan a la conclusión de que los bos-

quimanos tienen que ser la tribu más antigua del planeta. Los primeros individuos de la especie "Homo Sapiens-Sapiens".

De ellos proceden todas las razas, credos y nacionalidades que existen hoy en el planeta.

Partamos de donde todo comenzó, la cuna de todo ser humano en la actualidad, África. Desierto de Calagari en Namibia, la tierra de los bosquimanos.

Todos somos del pueblo SAM, lo único es que mi piel es un poco más rosada.

Ver a los bosquimanos es como mirar un mosaico de rostros de la tierra. Todo lo que está previsto en su sangre parece escrito en sus rostros: la forma de los ojos del Extremo Oriente. Los pómulos de los Mongoles. La piel de un moreno claro que puede oscurecerse o aclararse...

En la actualidad pueblan, nuestro planeta, unos 6.000 millones de habitantes. No hace tanto tiempo, 50.000 años, nuestra especie superaba escasamente los 10.000 individuos y en un solo continente, el africano. Entonces algo ocurrió.

Un pequeño grupo abandonó su África natal para conocer un mundo desconocido y hostil, y ¡nosotros somos sus descendientes! Veamos su historia por imposible y extraordinaria que parezca.

La velocidad, la fuerza y la resistencia que se necesitan son inimaginables. Y sin embargo ahí está, escrita en nuestra sangre.

¿Por qué se marcharon?

Entre los últimos 60.000 y 30.000 años la flora y la fauna se fueron a pique, los restos arqueológicos son muy escasos y se desabitaron muchas cuevas ocupadas anteriormente.

Ya hemos hablado de una catástrofe mundial, alimentada por grandes cambios climáticos. El mundo estaba dominado por una glaciación. Las placas del hielo del polo se habían extendido hacia el sur, haciendo que la mayor parte de la humedad de la tierra se encontrara en forma de hielo. Surgieron desiertos en África y el nivel de los océanos descendió. Las presas empiezan a escasear y los pastos del interior se convierten en páramos. Ahora se busca desesperadamente el alimento.

La humanidad estaba al borde de la extinción y milagrosamente a algunos se les extendió un cabo: Hace 50.000 años la diversidad de comportamientos de nuestros ancestros experimenta un enorme desarrollo. Esa enorme capacidad intelectual explica que a un pequeño grupo se le ocurriera pensar en lo impensable. Marcharse fuera de África.

La potenciación del lenguaje fue su instrumento más poderoso. El habla es algo más que simple comunicación. Es el medio por el que damos forma a nuestra existencia. El lenguaje permite prever y contrastar distintas soluciones a las posibles situaciones que se presenten el futuro. El lenguaje les posibilita conectar el pasado con el presente, plasmar y transmitir su imaginación al resto de sus compañeros; el saber por experiencia que tras las montañas que se dibujan en el horizonte, se abre otro territorio tan amplio o más que el primero. Que los pájaros y ciertos herbívoros que se presentan en su territorio, cada cierto tiempo, tienen que venir de otros lugares. Las múltiples experiencias exitosas que les han llevado a tener fe en lo desconocido. El saber que en situaciones extremas climáticas la solución puede estar en la “tierra prometida”.

En los bosquimanos sorprende su increíble lenguaje, hablan con “chasquidos” y otros sonidos desconocidos. Ninguna lengua

tiene sonidos así. Los "chasquidos" son sonidos ancestrales que se han perdido en todas las demás lenguas del mundo.

Hace 50.000 años esta lengua era nueva y compleja y había otras grandes innovaciones (armas más refinadas, vestidos...) Pudieron marcharse, usaban tecnología de vanguardia y una lengua para comunicar ideas, pero no eran filósofos, ya llegarían las teorías abstractas, ahora eran cazadores.

Estas destrezas combinadas constituyeron un arma formidable: "leer los rastros dejados y penetrar en la mente de sus presas". Hace 50.000 años usar el pensamiento de esa forma les hacía tener una enorme ventaja sobre sus competidores que no tenían esa capacidad intelectual: para los otros (el león), si no puede ver u oler al animal (la presa) es que simplemente no existe. Los bosquimanos relacionan el pasado con el futuro: una huella les decía que había pasado por allí un animal y que en futuro podría llenarse su estómago. Todo esto les da superioridad sobre el resto de los primates y animales.

El lenguaje es, básicamente el responsable de todo el comportamiento humano. Sea cual fuere. Un lenguaje avanzado es el que permite al hombre el realizar todo tipo de actividades de una complejidad y dificultad extraordinarias. Nos permite hacer una gran cantidad de cosas diferentes.

¿Pero hacia dónde se marcharon?

AUSTRALIA

Sorprendentemente la primera emigración les lleva a un lugar impensable: Australia. No hay pruebas arqueológicas de su viaje a pie y 10.000 kilómetros de mar descartan la navegación. El hecho es que los siguientes restos genéticos se encuentran allí. Un grupo

de 200 personas, aborígenes en tribus aisladas presentan, en la actualidad, el marcador genético africano del cromosoma "Y". Restos arqueológicos de la presencia de aborígenes aparecen desde hace 40.000 y 30.000 años. La antigüedad la determina el color de las bandas de arena en el que se encuentran los restos. El lugar, el lago Mongo al noroeste de Nueva Gales del Sur. En la tierra de Arnhem, en el noroeste de Australia, se han encontrado los vestigios más antiguos de la presencia humana, el arte rupestre comenzó a desarrollarse muy pronto en esa región, hace 40.000 años.

La humanidad tenía que ser un producto importado de África. Máxime, si tenemos en cuenta que hace más de 100 millones de años que Australia se desconectó del tronco de la evolución de la flora y la fauna y del linaje de los mamíferos. Y eso hace que los seres humanos sean los únicos de la clase de los Primates que vivieron en Australia. Eso significa que debieron llegar aquí de alguna otra parte.

¿Qué ruta tomaron?

La ruta más lógica es seguir la costa del sur de Asia, pero no se encuentran restos genéticos de ese paso, ni restos arqueológicos. Hay algo que no cuadra.

Los aborígenes cuentan su historia y sus tradiciones, no hablan de migraciones. Las pinturas rupestres tampoco. ¿Y por qué no vienen los Africanos de los Australianos?: No existe ningún marcador genético australiano en los africanos.

La hipótesis más factible es la siguiente: con la glaciación la mayor parte de los mares estaban congelados y por lo tanto el nivel de los océanos mucho más bajo. Esto hizo que Indonesia fuera una masa de tierra unitaria. El sur de Arabia unida a África. La dis-

tancia marítima del continente euroasiático con Australia disminuyó significativamente y al subir el mar han desaparecido los restos arqueológicos de la ruta, a la vez que se aislaban geográficamente los grupos humanos que pasaron.

Sin embargo sus marcadores genéticos tienen que estar en alguna parte del sur de Asia, de la India. Era buscar una aguja en un pajar. Se buscaron muestras de sangre de varones en el sur de la India, ya sabemos que el marcador africano sólo se encuentra en el cromosoma Y, que se transmite tal cual. ¡Se encontró! En la región de Marudai en el sur de la India. Un hombre de un pequeño poblado presentaba ese marcador, sin las mutaciones posteriores. Confirmado, pasaron por aquí hacia Australia. Un cambio microscópico rescribe la historia de todo un continente. Por cierto, los restos arqueológicos de la India no aparecen hasta hace 30.000 ó 35.000 años y en el norte de la India.

Todo se debe, una vez más, a la capacidad inteligente del hombre moderno, la capacidad de imaginarse tierras más allá del horizonte les llevó al otro lado del mundo.

ASIA

La segunda emigración se dirigió a Oriente Medio. Cuando salieron de África estaban en plena glaciación pero África no estaba helada, sólo un par de grados menos, lo que les afectó fue la sequía.

Una rama se dirige a la India. Se adaptan tan bien que pronto se multiplicarán sin cesar. Otros se dirigieron a lo que hoy es China, permanecieron aislados por el mar y la montaña y desarrollaron una apariencia física distinta. El pueblo más numeroso de la Tierra.

Antes de llegar a Europa dieron un rodeo agotador de Oriente medio a Urbekistanm, Kazakistan, las antiguas repúblicas soviéti-

cas. Todos contenían el marcador genético del cromosoma Y que heredaron los europeos.

¿Por qué hicieron eso? ¿Cómo acabó mi familia de Oriente Medio en estos páramos?

Las condiciones climáticas desempeñaron, una vez más, un papel crucial.

Por todo el mundo se están teniendo sequías, se incendian los bosques... Pero en los siguientes años se generaron muchos pastos y gran cantidad de herbívoros y esa fue la oportunidad para que los hombres sobrevivieran a la crisis. Los emigrantes africanos siguieron a los animales hacia las tierras de pastos, hasta lo que es hoy Kazakistan. En el camino perfeccionaron sus sistemas de caza y se adaptaron a climas más fríos.

Descubrimos que si África era la cuna de la humanidad, Asia Central era el jardín de la infancia. Hace 40.000 ó 35.000 años. Esta puede ser la razón de que cada vez más son los trabajos que postulan una participación no desdeñable de Asia en el patrimonio genético del hombre moderno.

El marcador genético está presente en todas partes hacia donde se busque. No sólo en dirección a Europa sino también hacia América.

Se ha encontrado un individuo en Asia Central, llamado de Niyasof, en el año 1999, que sólo presentaba el pequeñísimo error en la secuencia del cromosoma Y de sus antepasados africanos. Descendiente directo de 2.000 generaciones. Las generaciones de Niyasof han vivido siempre aquí. Este marcador es el que se ha diseminado por todo el hemisferio norte.

EUROPA

Durante este tiempo en Europa no había ni un alma. Tardaron 10.000 años más en llegar aquí. Las razones hay que encontrarlas en los factores climatológicos. La respuesta yace bajo tierra, no es casualidad la riqueza de cuevas y refugios naturales ocupados por los seres humanos, que se encuentran distribuidas por toda Europa.

Los hombres de Cro-magnon, que es como se llaman los recién llegados, viven en cuevas y convierten a éstas en una especie de santuarios. El ingenio de esos hombres era tan agudo como el nuestro. Solían hacer todo tipo de cosas, y muy rápidamente, esto les permitió adaptarse al frío. Estuvieron aislados mientras duró la glaciación, eliminando cualquier contacto con el resto del mundo.

La potenciación de la pintura fue un instrumento muy poderoso. Las pinturas rupestres son obras de arte. Las formas coloreadas son algo más que simple comunicación. Es el medio por el que damos forma a nuestra existencia. Los hombres se inventan mundos simbólicos que van más allá de la simple percepción de los sentidos. Buscar los orígenes del arte significa buscarse a sí mismo. Las formas, los colores, los sonidos, los movimientos y los olores son mensajes que nos ayudan a descubrir a los demás, pero también a comprendernos mejor y hacernos comprender. El arte es un atributo indispensable del Homo sapiens. ¿Qué seríamos sin arte? ¿Qué humanidad podríamos imaginar?...

Pues bien, cuando llegaron eran altos, propio de las temperaturas más cálidas. Tenían la piel oscura, resultado de una gran cantidad de un protector solar llamado melanina, para defenderse de la radiación de los rayos ultravioletas. La piel del hombre de Cro-magnon que vivía en Europa central, tuvo que despigmentarse y

aclararse, más pálida para poder absorber más luz. La luz solar produce vitamina D, crucial para tener unos huesos sanos.

El aislamiento geográfico desarrolló rasgos distintivos; el color de su pelo y su piel. La forma de su nariz e incluso su altura.

En Europa conocemos la existencia de un hecho singular, la coexistencia de los neanderthales con el hombre de Cro-magnon. Se han datado restos óseos de la "Grotte aux Fees" (la cueva de las hadas), situada en el noroeste francés. El equipo de arqueólogos aplicó nuevos métodos de datación por radiocarbono para determinar la edad de los útiles de huesos y poder compararlos con las capas de la tierra en los que fueron hallados y con los conocimientos sobre el clima de la época. Descubrieron que los neanderthales vivieron en la cueva entre 40.000 y 38.000 años, cuando el clima era relativamente suave. Después, tras una ola de frío, el Homo sapiens habitó esa cueva durante unos 1.000 a 1.500 años. A partir de entonces el clima se calentó, los Homo Sapiens se marcharon y los neanderthales regresaron por un período de otros mil años, aproximadamente.

Ambos homínidos coexistieron durante mucho tiempo. El estudio señala también la probabilidad de que los neanderthales se "esfumaron" y que su linaje expirara a causa del hambre y de la última glaciación. En contra de lo que a veces se ha sostenido, los neanderthales no podrían ser antepasados del hombre anatómicamente moderno. Estos dos grupos no se sucedían en el tiempo, sino que constituían dos entidades contemporáneas que evolucionaron en el centro de zonas geográficas diferentes, el oeste de Euroasia y África. Por otra parte los neanderthales en el curso de la evolución, acumularon caracteres anatómicos singulares que lo alejaron de forma progresiva del hombre anatómicamente mo-

derno, luego la teoría de los Pre-sapiens en Europa está totalmente descartada.

Una verdadera revolución biológica y ambiental, que dio lugar a la sustitución de una población por otra, tuvo lugar entre 40.000 y 30.000 años, período que corresponde a la transición entre el Paleolítico Medio y el Paleolítico superior.

AMÉRICA

Para llegar a América tuvieron que embarcarse en climas extremos mas allá de lo que habían soportado.

En la actualidad existe un pueblo denominado Chukchi, superviviente de los que dieron el salto a las américas en plena glaciación. Los Chukchis viven en el Círculo Polar Ártico con temperaturas que descienden hasta los 70 ° bajo cero. Obviamente están mejor adaptados para soportar el frío que nosotros.

Los Chukchi son un claro ejemplo de lo que se llama en biología las leyes de Bergman y Adam, es decir, en climas muy fríos la superficie corporal se reduce y la longitud de las extremidades disminuye y así se reduce la superficie por donde perdemos calor. Como "hornos" que conservan el calor corporal. Comen y beben continuamente. Son nómadas, siguen a los renos en busca de pastos, y de ellos sacan lo poco que necesitan para sobrevivir. Prueba palpable de que los humanos pueden sobrevivir en situaciones extremas.

Un grupo de estos dieron un salto imposible al nuevo mundo, consiguieron traspasar la barrera infranqueable del estrecho de Bering. Al caer las temperaturas y reducirse los volúmenes de agua en los mares, emerge una franja de tierra, llamada Beringia que unió hace 15.000 años, en la última glaciación, los dos continentes.

El final de la glaciación, hace 13.000 años, hizo imposible la marcha atrás y transitaron por un pasillo sin hielo en la cara oriental de las montañas rocosas.

Se encontraron en un territorio deshabitado y riquísimo.

Un viaje que se había iniciado en África y que se había dividido en Asia Central, ahora alcanzaba el último continente. Durante miles de años había soportado climas extremos y ahora esta nueva rama de la humanidad había encontrado un nuevo hogar.

En 800 años el hombre había colonizado el norte y el sur de América.

Los Navajos son los descendientes de los Chukchi. Ellos tenían sus historias de migraciones y sus tradiciones. Migraciones desde el interior de la tierra, de las tierras heladas y la más próxima migración, la de dar a luz de la madre. La tradición de migraciones de los Navajos puede completarse con las de la ciencia y empieza a encajar todas las piezas del rompecabezas. Tradición y ciencia son complementarias.

Los genetistas hablan de que todos los habitantes de la tierra descendemos de una misma línea. Todos somos parte de una gran familia. Todos estamos emparentados con un pueblo que vivió en África hace 50.000 años. La valentía y resistencia de nuestros antepasados nos ha enseñado una lección de humildad y hemos presenciado de primera mano, la poderosa combinación que es la inteligencia y el espíritu humano.

La historia que lleva nuestra sangre es realmente cierta.

Hay una lección que predomina sobre las demás. Ustedes y yo y todos los habitantes humanos de este planeta, somos africanos

debajo de nuestra piel, hijos del Sol y hermanos y hermanas separados tan sólo por 2.000 generaciones.

Los anticuados conceptos de razas no sólo son divisorios sino científicamente erróneos. A partir de Karl von Linné (Linneo), en 1735, se divide la especie de *Homo sapiens* en seis razas o variedades de las que cuatro son geográficas. ¿Son las diferencias observadas entre las poblaciones el reflejo fiel, y sobre todo real, de una diversidad que justifique una clasificación en grupos diferenciados, denominados "razas"?

Numerosos trabajos en las poblaciones humanas actuales han demostrado que la divergencia genética que existía entre ellos era relativamente escasa. Actualmente, si bien es cierto que la especie humana presenta variaciones graduales y diferencias biológicas sutiles, sigue siendo más difícil aprehender estas últimas que las diferencias culturales, políticas o lingüísticas.

VI

DEL ORIGEN DEL ESPÍRITU DEL HOMBRE MODERNO

En el Epimeteo de Platón, Prometeo descubrió que el hombre carecía de todos los dones indispensables para su supervivencia, y entonces fue cuando le dotó, además del lenguaje y el fuego, del arte, la política y la "vergüenza".

A medida que fue avanzando el tiempo, los rasgos diferenciadores del hombre moderno se han multiplicado: se centró en su postura vertical, el apareamiento cara a cara, el reparto de la comida, la escritura, la agricultura, la matemática, la filosofía sin duda, la libertad y, por lo tanto, la moralidad, la perfectibilidad, la aptitud para imitar, la previsión de la muerte, la lucha por el reconocimiento, el trabajo, la neurosis, la aptitud para mentir, el debate social, la risa...

La verdad es que podría terminar este trabajo, en este momento, y que cada uno saque sus conclusiones de las increíbles historias que hemos narrado. Cuanto más nos separamos de los fenómenos puramente físicos, más fácil es confundir los hechos demostrados con las hipótesis que los explican.

Si profundizamos en sus bases neurológicas, hablando de los genes que posibilitan la memoria, la inteligencia, la conciencia o la espiritualidad, seremos tachados de reduccionistas y simples. Si el enfoque es político, social y antropológico se nos dirá que hemos perdido contacto con la realidad y que eso son puras elucubraciones. Si, por último, le atribuimos un valor metafísico y trascen-

dente, más allá de todo lo físico, material y biológico, la mayoría se callará ante el temor o el respeto a lo desconocido.

Así pues, deberíamos atenernos lo más posible, sin paradoja, sin provocación, a una antropología negativa y afirmar que el hombre no puede ni debe ser definido, podría ser el único modo ético, político y científicamente conveniente de proceder. Habría que aceptar entonces que, al comienzo del siglo XXI, pensemos que el ser humano es irrepresentable: estamos delimitados por el pasado lejano de nuestra especie, el pasado reciente de nuestra historicidad y el futuro cercano de nuestra humanidad, ausencias que vuelven irrisorios nuestros esfuerzos de determinación, nuestra afirmación de especificidad.

Frente a una corriente innatista -y apriorista- que afirma que hay en el hombre algo universal que precede a toda experiencia, siempre se ha alzado el empirismo, el escepticismo, el materialismo y el existencialismo, que rechazan la idea de una esencia o una naturaleza humana predeterminada. Y la paradoja del debate contemporáneo es que el enfrentamiento entre lo innato y la experiencia se libra ahora, con el frente invertido, en el conflicto actual son los innatistas los deterministas que sostienen el "todo genético", y los empiristas y constructivistas los que ponen el acento en el papel constructivo y liberador de la sociabilidad.

A pesar de todo ello, tengo una gran cantidad de información que me gustaría ordenarla y contárosla. No estaría mal comenzar por replantearnos unas preguntas anteriormente apuntadas:

Como hemos dicho, la datación del origen de la mente moderna entraña una gran dificultad. En los últimos años, está creciendo el número de arqueólogos que rechazan las teorías basadas en una suerte de eclosión instantánea de la cultura, producida en parte

por una mutación genética. Se propone un modelo diferente: El comportamiento humano moderno habría surgido en el transcurso de un largo período, un proceso que guardó mayor semejanza con una evolución gradual que con una revolución. O como plantea McDougall de la U. Nacional Australiana, "La mayoría de la evolución muestra una pauta en "mosaico": las diferentes características que parecen partes de una unidad en los animales vivos han evolucionado en diferentes momentos de su historia".

La respuesta podría estar en no posicionarse, totalmente, ni con unos ni con otros: ni todo es determinismo genético ni, por lo contrario, constructivismo social.

Los nuevos hallazgos sugieren en que la capacidad inteligente existía con anterioridad a esta época de 50.000 años pero que se manifestaba su creatividad sólo esporádicamente y cuando hacerlo suponía una ventaja evolutiva, por ejemplo, en épocas de crecimiento demográfico:

Al crecer el número de individuos se acentuó la lucha por los recursos, forzando a nuestros antepasados a inventar nuevas formas de obtener comida y a recurrir a otros materiales con que elaborar sus útiles. Además, cuanto más numerosa es una población, mayor es la posibilidad de establecer contacto con otros grupos. Las cuentas, las pinturas corporales y quizá también cierto refinamiento en la elaboración de útiles pudieron significar la pertenencia a un grupo y la posición jerárquica dentro del mismo; ello habría resultado provechoso para hacerse con recursos que escaseaban. Los objetos simbólicos pudieron también servir para apaciguar las tensiones sociales; según investigaciones dadas a conocer en Septiembre de 2005, pequeñas conchas perforadas de 75.000 años de antigüedad halladas en la cueva sudafricana de

Blombos constituyen uno de los primeros indicios de un uso simbólico, componente clave del comportamiento moderno. Los adornos personales y las pinturas corporales pueden haberse originado mucho antes de lo que se pensaba. Para encontrar un buen socio, conviene mantener relaciones amigables con otros grupos: por ejemplo, mediante una red de intercambio de obsequios. Ello explicaría por qué algunos de los útiles hallados en Blombos muestran tal refinamiento estético. La belleza de un arma no tiene nada que ver con su eficacia, sino con su función simbólica.

Igualmente, hay que tener en cuenta que los trabajos de Eto-
logía han puesto seriamente en tela de juicio la atribución de la función simbólica únicamente a la humanidad. Los animales tienen comportamientos simbólicos, pero la desproporción entre su escasa capacidad de simbolizar y su gran potencia física explican que no se manifieste de forma suficiente este rasgo común. Hay, pues, que reconocer que se ha dado una "precultura".

Pero, hay que volver a insistir, el pensamiento occidental se ha encerrado en el dualismo hombre/naturaleza. Esta misma actitud vuelve a encontrarse en el evolucionismo cultural que ha creado el concepto de "hombre primitivo". Hace más de un siglo se estableció una escala de poblaciones humanas que partía del hombre amoral y egoísta para llegar al hombre civilizado de las ciudades de Europa. Posteriormente se habló, púdicamente, de protocultura. Pero nuestras representaciones culturales siguen pesando mucho. En efecto, por ejemplo, todos los criterios sobre el atributo del hombre se han propuesto para separar el linaje humano del de los grandes monos.

Cuando los grandes monos hayan desaparecido de los entornos naturales -el tiempo de una generación del hombre-, no será ya tan

difícil definir lo propio del hombre: habremos sido los artífices conscientes de nuestra soledad.

Por otra parte, Nietzsche apareció como alguien que, a propósito del hombre: "esa abstracción exangüe, esa ficción", había asumido con rigor la revolución darwiniana, liquidando así los consuelos humanistas de la teología, la metafísica y la moral. Hace del doble motivo: el mono antepasado del hombre y el hombre "mono de Dios", la figura de su escepticismo.

De cualquier forma, visto el tema desde otra perspectiva, nos arriesgamos a zozobrar en el disparate si nos obstinamos en negar que los hombres se expresan y comunican de otro modo que los animales más inteligentes y locuaces.

Seamos claros: el planteamiento comparativo, que vamos a realizar, no niega al hombre, pero muestra que comparte ciertos comportamientos con algunas especies, lo cual lleva a redefinir su lugar en la Naturaleza. El único objetivo es comprender mejor lo que somos y, si es posible, en qué somos humanos. Las observaciones nos enseñan que una multitud de lazos vivos, que se manifiestan en nuestros caracteres anatómicos, fisiológicos y de comportamiento, nos unen a otras especies. Los grandes monos y el hombre comparten estructuras neuronales y capacidades cognitivas comunes heredadas de un mismo antepasado; tratemos describir las diferencias.

HABLA, LENGUAJE Y COMUNICACIÓN

Uno de los momentos más espectaculares de esta revolución mental y social reside en el rápido desarrollo de la imagen, la palabra y del símbolo. La mano de un Homo sapiens es la única que ha trazado la silueta de un animal, o de un ser humano en las pa-

redes de una gruta. A partir de la llegada de los hombres modernos no dejan de sorprender el dominio de artes plásticas, la belleza y la carga emocional de las representaciones que dejan tras ellos. No representan tan solo un logro estético, sino que también demuestran por primera vez la capacidad de los hombres para comunicarse a través de representaciones, más allá del tiempo y en ausencia de los diferentes protagonistas. Es quizás en el terreno de la complejidad lingüística y de la comunicación en todas sus formas donde reside el mayor distintivo de los hombres modernos.

Partamos de este hecho: El lenguaje articulado es un rasgo exclusivo del hombre. Del mismo carecen, pues, los chimpancés y otros primates. A nosotros nos ha quedado el lenguaje; ningún mono aprende a hablar por más que se esfuerce. Lo que algunos monos antropomorfos han aprendido del lenguaje de los signos representa sólo un sucedáneo. Pero veamos la línea evolutiva de ese control sutil de la laringe y la boca.

Al parecer, sólo los centros cerebrales que intervienen en el habla humana, en la región de Broca, cuentan con redes nerviosas locales que facilitan la concatenación de procesos motores. Estos procesos son el requisito imprescindible para el habla. Debe añadirse -y ello reviste el mayor interés- que la regulación fina de la musculatura facial nos permite crear el tono del habla. La inteligencia motora reforzada en la cara y las manos nos hace personas. Nuestra fuerza ideatoria se origina de una inteligencia motora sobresaliente, con la que gobernamos nuestras manos y dominamos el habla.

Las transformaciones de la laringe y las capacidades cognitivas que permiten producir un lenguaje -doble articulación- no apare-

cieron al unísono; nacieron de la evolución independiente de dos conjuntos anatómicos y funcionales:

Si el hombre ha podido ser, a veces, calificado de mono desnudo, convendría compararlo más bien con mono sudoroso. En efecto, el enfriamiento de nuestro cuerpo se puede llevar a cabo esencialmente a través de la transpiración. El hecho de ser bípedo es ya, en sí mismo, un medio de protegerse de la radiación solar, pues en las horas más calurosas del día, es decir, hacia el mediodía, el cuerpo de un bípedo solo recibe una insolación reducida que afecta casi en exclusiva a la cabeza y los hombros. Esta es, sin duda, la razón de que hayamos conservado alrededor de nuestro cerebro una cabellera con funciones protectoras, mientras nuestra pilosidad corporal ha desaparecido prácticamente en beneficio del desarrollo de glándulas sudoríparas. La desaparición del jadeo ha tenido una incidencia importante: la respiración humana puede ser regulada con independencia de las condiciones de temperatura. Se trata de una característica humana muy importante, que constituye una de las condiciones necesarias para la producción del lenguaje articulado, que requiere una buena regulación y un control de la respiración.

¿Hay un gen específico del lenguaje? Siguiendo con los fenómenos anatómicos y biológicos que explican el habla articulada no está de más recordar que el año pasado, el 2004, se descubrió un gen asociado con dicha facultad. Wolfgang Enard y otros investigadores, del Instituto Max Planck y de la Universidad de Oxford compararon el gen FOXP2 con los genes equivalentes en el chimpancé, gorila, orangután, macaco y ratón, y se desprende que el gen humano FOXP2 contiene dos cambios clave en la secuencia, que han operado en el curso de la selección. Tales cambios podrían condicionar nuestra capacidad de controlar los movimientos facia-

les y, por tanto, desarrollar un lenguaje. La variante genética que posibilitó el lenguaje podría haberse propagado entre la población a lo largo de los últimos 120.000 años de la historia humana -en la época en la que emergió el hombre moderno desde un punto de vista anatómico-, lo que sin duda se convertiría en una poderosa fuerza de expansión.

La "aptitud" para el lenguaje reposa en bases genéticas, pero la "adquisición" del lenguaje se efectúa en un contexto social preciso y se transmite de una generación a otra. Resulta innegable que el hombre posee características cognitivas que le hacen capaz de aprender el lenguaje en el curso de su ontogenia. Pero el niño no aprenderá a hablar si es aislado socialmente y sus lagunas jamás se subsanarán.

El lenguaje puede definirse como un sistema a la vez comunicativo y representativo. Se basa en una convención social de que algunos sustitutos representativos, los significantes, puedan designar a otros, símbolos o realidades sustituidas, los significados. Se postula que el lenguaje es el resultado de una doble evolución, biológica y social, que ha conducido a la fusión de las dos funciones.

El lenguaje nos permite transmitir la información (ideas, habilidades, conocimientos, creencias) que hemos adquirido y que ha sido prerequisite para el desarrollo de la cultura. Mientras que la información genética se transmite de padres a hijos, la información cultural aprovecha cualquier cauce.

Comunicación y lenguaje muestran un cierto número de propiedades comunes. La comunicación puede definirse como un fenómeno social de intercambios entre dos o más congéneres. Uno de los rasgos más característicos del lenguaje atañe a la posibilidad

de referirse a objetos y hechos alejados en el tiempo y en el espacio del locutor. Esto permite expresar verbalmente cosas que no tienen localización espacial o que no se producen jamás. La capacidad de designar abstracciones, y la estructura sintáctica (la combinación de palabras), son peculiaridades del lenguaje humano. Modificación anatómica y progreso del lenguaje parecen haber evolucionado simultáneamente.

La comunicación es un territorio semántico creado por nuestro lenguaje. El mundo que todos vemos no es "el" mundo, sino "un" mundo alumbrado por todos nosotros.

LA INTELIGENCIA HUMANA

Inicialmente, la inteligencia humana se expresa en el control fino de la musculatura de los dedos de la mano y de la cara. Esta sorprendente inteligencia motora habría impulsado nuestra evolución cultural.

Se mantiene plenamente la misma consideración neurológica que hemos realizado con respecto a la aparición del lenguaje articulado. Los centros cerebrales que regulan los programas motores y las instrucciones para el habla y argumentaciones verbales son los mismos. Lo sabemos desde hace unos años que los dos, inteligencia motora y habla, guardan un vínculo neurobiológico. Nuestra destreza digital y manual sobrepasa con creces las de otros primates.

El Neurobiólogo Gerhard Neuweller, nos propone que un mono jamás tocaría el piano. No dispone de la capacidad digital para pulsar, con la suficiente rapidez y precisión, las teclas en una secuencia veloz y rigurosa. En cambio, las personas incluso las legas en música, logran en muy poco tiempo que suene una pequeña me-

lodía o un par de acordes, por no hablar de la técnica inigualable de los pianistas virtuosos.

Ya lo hemos comentado, un rasgo característico del habla es el control perfecto de la musculatura que lo articula. Curiosamente, nuestra destreza con los dedos también se basa en una motilidad fina sutilísima. Nosotros regulamos la musculatura de las manos y de los brazos con mucha más rapidez y precisión que cualquier animal. Ese mayor control de la motilidad se anuncia ya entre los primates, sus dedos son más hábiles y su mímica más pronunciada. Sin embargo, no usan esa capacidad para utilizar utensilios complicados o la articulación del habla. Esta inteligencia motora, realzada, ha constituido el fundamento de nuestra evolución cultural y encierra la destreza manual que facilita el aprendizaje social y el recuerdo y, con ellos, la cultura y la técnica.

Quizá sorprenda esta afirmación. Es cierto que muchos animales corren más deprisa, saltan con más agilidad o trepan con más destreza que nosotros. Para ello disponen de un aparato neuronal, con conexiones complejas, que proporciona las órdenes de movimiento y las ajusta a la situación. Este aparato ha supuesto la base evolutiva de la inteligencia motora humana específica; sobre la misma se erige nuestro dominio de la musculatura de la mano y la cara. El habla nace en la mirada, todos sabemos que los niños aprenden no sólo con el oído, sino fundamentalmente al contemplar los movimientos de la boca. Así se explica que los pequeños aprendan el lenguaje de la mímica con la misma facilidad que el lenguaje hablado.

En la evolución de los vertebrados superiores, los centros mielencefálicos se van sometiendo, cada vez más, a la influencia del lóbulo frontal; en concreto, la corteza motora. En esta instancia

superior de control del movimiento que se extiende, por así decir, en una banda transversal sobre la región temporal, nacen todos los actos voluntarios de los mamíferos, ya sea el salto de una fiera o el movimiento de la lengua para hablar. Sin embargo, la corteza motora sola, sin otras instancias superiores, no podría generar movimientos cabales, sino partes mínimas.

En honor a la verdad, hay que decir que la corteza motora no transmite sus mensajes de manera solitaria, sino que recibe una ayuda importante del cerebelo, que se activa a través de bucles de retroalimentación, sobre todo en los procesos temporales de precisión que requieren las secuencias motoras complicadas. Se va preparando algo nuevo por entero, una conquista que empieza a modificar ya en muchos aspectos el comportamiento de los primates y que termina por adquirir máxima relevancia en la especie humana. En efecto, desde el lóbulo frontal hasta la médula espinal se establece una vía rápida y directa que evita los centros motores mielencefálicos: la vía cerebroespinal o piramidal (este nombre se basa en el aspecto característico de una parte de la vía en un corte transversal). Aproximadamente la mitad de sus fibras neuronales procede de la corteza motora y la otra mitad, de la región premotora.

Por otra parte, todos sabemos que la inteligencia simbólica es la capacidad de abstracción que tiene la mente humana de construir objetos mentales en los que sólo se presentan rasgos comunes de una multiplicidad de objetos.

Los neurobiólogos chilenos Maturana y Varela proponen en su titulada Teoría de Santiago una interesante concepción de la inteligencia que por una parte atribuye la cognición a todo ser vivo y

por otra diferencia la capacidad inteligente según la especificidad del individuo.

Intentemos decir algo de ella:

Es entender cómo la inteligencia humana, con su pensamiento abstracto y sus conceptos simbólicos, emergen del proceso cognitivo común a todos los organismos vivos.

Es la identificación de la cognición con el proceso de la vida. Las interacciones de un organismo vivo, con su entorno son interacciones cognitivas y está asociada a cualquier nivel de vida. Luego la mente no es una sustancia, sino un proceso. Incluso nos podríamos remontar a hechos exclusivamente físico-químicos como que "el aceite y el agua no precisan neuronas para repelerse mutuamente".

El cerebro es una de las estructuras específicas mediante las cuales se realiza este proceso, pero no es la única. La relación entre mente y cerebro es una relación entre proceso y estructura y el cerebro no es la única estructura. Sólo será la experiencia vivida conscientemente, la autoconciencia que se desarrolla en determinados niveles de complejidad cognitiva, la que requiera un cerebro y un sistema nervioso superior.

En definitiva, la cognición es el alumbramiento de un mundo mediante el proceso de vivir. Vivir es conocer. Es una de las intuiciones más profundas y arcaicas de la humanidad.

INTELIGENCIA Y CULTURA

Pero no todo es herencia neurológica es nuestra inteligencia. El desarrollo del pensamiento abstracto, los axiomas y primeros principios de los que parte nuestro pensamiento discursivo, hoy en

día, se pone en duda que sean producto de la herencia neurológica y que tengan un desarrollo idéntico en todos los humanos. Nuestro trasfondo cultural no sólo determina qué pensamos, sino también cómo lo pensamos. El hecho es que investigaciones más recientes permiten confirmar esta versión; prueban que incluso los procesos mentales básicos portan el sello de la cultura. (Takahiko Masuda y Richard Nisbett, Universidad de Michigan 2002).

El maestro japonés de Zen propone que quien busca la inspiración, para resolver un problema, sólo puede ver la solución si deja de reflexionar sobre el tema. ¿Desconcertante? En China forma parte de la tradición espiritual el trato con las contradicciones. Hace ya más de 1.000 años que los discípulos del Zen le daban vueltas a enigmas paradójicos, los llamaban Koan: “¿Cómo suena el aplauso de una sola mano?”

La causa de la percepción occidental, orientada al objeto, se halla presumiblemente en la milenaria tradición filosófica de la Grecia Clásica, al tiempo que, en cierto modo como proyecto opuesto, surge la tradición oriental holística y, desde una óptica científica, no menos eficaz.

Las culturas occidentales están profundamente influenciadas por la Grecia clásica, donde se originó la idea de la "libertad individual". Los atenienses opinaban que cada uno podía determinar en gran parte sus acciones y que la sociedad se constituía por individuos independientes y libres. Se fomentaba la discusión pública. Debemos también a los griegos las bases del pensamiento "científico". Supusieron que se podía alcanzar el conocimiento clasificando el mundo real en categorías y comprendiendo las regularidades causales entre objetos. Por ese camino llegaron a modelos

refinados de física, geometría axiomática, lógica formal y filosofía racional.

Pero si atendemos a la cultura de la antigua China, nos encontramos, en muchos aspectos, con un proyecto opuesto. Los chinos preferían ver al hombre integrado en una red polifacética social: de la familia, la comunidad local y del país. La conducta individual no se dirigía a las preferencias personales, sino a las expectativas de los otros. A diferencia de la Grecia clásica no se valoraba el debate público; antes bien, se le desaprobaba como una vulneración de la armonía social.

La sociedad de la cultura china era, desde el punto de vista de la producción técnica, muy superior a la de la Grecia clásica. Las destrezas alcanzadas y los inventos (como el desarrollo de la brújula magnética, la técnica de la imprenta, la carretilla o la invención de la porcelana) no surgieron tanto de una formulación de modelos y teorías científicas y su posterior comprobación como de tanteos intuitivos.

Los chinos construyeron menos modelos formales que los griegos sobre el mundo natural, los objetos y sus relaciones causales. Los chinos no disponen de un concepto de "naturaleza" separado y distinto del de ser humano. En tanto que los modelos abstractos "científicos" de los griegos debían satisfacer las leyes de la lógica formal, los chinos creían en la validez simultánea de los enunciados paradójicos.

En la cultura occidental, Aristóteles reducía a la distinta naturaleza de las cosas las propiedades del Ser. Los chinos, en cambio, tenían ya en la antigüedad la idea de que hay que explicar el comportamiento de las cosas no sólo por sus cualidades, sino también por su relación recíproca con fuerzas del entorno. (Leyes mecáni-

cas, que no se consideran en Occidente hasta la llegada del Renacimiento). Así, conocían ya el magnetismo con el que comprendían, como causadas por la Luna, las mareas.

La forma oriental de la dialéctica podía compendiarse así: sólo cuando se soporta la simultánea corrección de contradicciones puede reconocerse la verdad. En ningún otro símbolo cultural se expresa mejor esta actitud que en el dibujo del Ying y Yang, en el círculo que se forma por la reunión de la mitad clara con la mitad oscura.

Es muy interesante el análisis comparativo de las leyes lógicas del pensamiento, según se planteen en Oriente u Occidente, que realiza Ulrich Cuneen, Profesor de Psicología:

Aristóteles presupone unas reglas lógicas que en la Grecia Clásica se admitían ya como verdades absolutas:

Ley de Identidad: A es igual a A. Toda cosa es idéntica a sí misma.

Ley de no Contradicción: A no es igual a no-A. Ningún enunciado puede ser a la vez y al mismo tiempo verdadero y falso.

Ley de Tercio excluido: Todo enunciado es o verdadero o falso. No hay término medio

Esta leyes nos parecen a nosotros como dadas por la naturaleza; pero, ¿realmente lo son? Formularlas fue, sin duda, un logro cultural extraordinario.

En contraposición, se desarrolló en China el pensamiento dialéctico oriental: la dialéctica oriental acepta las contradicciones, pues sólo por ellas se reconocerá la verdad. Y esto no es la dialéctica platónica como arte del debate, ni la superación en una síntesis resolutoria de las contradicciones según Hegel.

La sabiduría oriental propone los siguientes axiomas:

Principio del Cambio: La realidad es un proceso en cambio constante.

Principio de Contradicción: puesto que lo único constante es el cambio, también la contradicción es constante.

Principio del Holismo: Dado que todo cambia constantemente y está en contradicción, no se entiende nada en la vida humana ni en la naturaleza con independencia una de otra. Todo se halla en mutua dependencia.

Cierto que en ambos grupos culturales se presentan expresiones analíticas y dialécticas, pero el listado chino contiene casi el cuádruple de dichos planteamientos dialécticos que el occidental.

En conjunto, estos estudios constituyen una prueba inequívoca de que la cultura influye profundamente en nuestra forma de pensar. Afecta a la mera percepción así como a fijar las causas de los fenómenos observados, a la deducción o a la construcción y valoración de argumentaciones.

De cualquier modo, parece más que prudente admitir que los miembros de las culturas occidentales y orientales pueden pensar analítica y holísticamente, si bien espontáneamente lo hagan con una frecuencia distinta. Por otra parte, las diferencias observadas en las operaciones fundamentales del pensamiento no entran en contradicción con las consideraciones pertinentes a la evolución biológica.

El cerebro reacciona con flexibilidad ante los estímulos del entorno. Más aún: está realmente orientado a la influencia de la experiencia. El cerebro, que, en buena medida, se desarrolla fuera del claustro materno, se muestra muy sensible a los influjos externos,

culturales incluidos. Hay quien habla de un "cerebro cultural", que permanecería flexible, hasta cierto grado, durante toda la vida.

CONCIENCIA

El hombre tiene conciencia. Surge en el curso de su propia vida, pero también en el transcurrir de la historia de la vida. La llegada de la conciencia se realiza como una metamorfosis: es el efecto mariposa, un batir de alas neuronal que nos transporta a un mundo de inteligencia, de representación y de demencia. Sugerente metáfora que nos propone Boris Cyrulnik, Neuropsiquiatra y profesor de la Universidad de Toulon.

Nuestra conciencia es una evidencia... Tengo mi propia identidad. Soy quien origina y controla mis actividades corporales y psíquicas; emociones, afectos y necesidades fisiológicas y los deseos, pensamientos, intenciones y actos voluntarios... ¡Ah! y nos experimentamos como centro del mundo

No intentemos delimitar más su caracterización, nos expondríamos a "precipitarnos" en cuestiones filosóficas: ¿Cómo sabemos de verdad que pensamos nuestros propios pensamientos y no, tal vez, los pensamientos de otros? Quizás la hormiga en el bosque se figure también que es el objetivo y el fin de la existencia del bosque, como hacemos nosotros con nuestro universo. Es verdad que, en general, estoy seguro de que soy yo quien percibe, piensa, siente y actúa. Pero eso no significa que sea necesariamente así. Las respuestas clásicas a este tipo de preguntas ya se encuentran en la filosofía de los Dualistas y Monistas. Desde los sueños literarios de Calderón de la Barca, a las armas de destrucción masiva en Irak, según el presidente Bush.

En la película española “Princesas” se reconvierte el pensamiento cartesiano de *Dudo luego pienso, pienso luego existo*, por este otro *Existo, si soy pensado por otro*.

A pesar de todo, podemos preguntarnos: ¿Cómo se forma la conciencia? En realidad surge progresivamente en el mundo vivo. Aparece en nosotros en un proceso neurobiológico de la información justo en el momento en que llegamos a hacer signos y a hablar. El hombre, gracias a la palabra, es un virtuoso de la conciencia consciente.

Ser humano es existir en el lenguaje, e incluye la reflexión y la conciencia. Al saber que sabemos nos damos a luz a nosotros mismos.

Esta manera de abordar el problema de la conciencia en el mundo vivo descalifica la dicotomía entre hombre y animal. La noción de metamorfosis parece la más indicada. El efecto mariposa de la palabra metamorfosea la condición humana. El signo de la palabra, al modificar el modo de aprehender el mundo y al crear un universo en donde la palabra se percibe en el lugar del mundo no percibido que ella representa, inventa otra naturaleza. Ya estamos familiarizados con la emergencia de creativas e innovadoras estructuras cuando la vida se encuentra en “puntos de bifurcación” evolutivos.

Se trata de demostrar ahora que la metamorfosis - paso del estado larvario de la oruga al imago de la mariposa- se inicia con la transformación de las imágenes en palabras; que el sueño, que aparece muy pronto en el mundo vivo, el reconocimiento de uno mismo en un espejo y la posibilidad de identificar las estructuras de parentesco de los rostros exigen un sistema nervioso evolucionado, permiten describir este paso de las representaciones de lo

real a las representaciones de las representaciones. Lo cual vuelve a afirmar que el paso de un mundo a otro comienza en el mundo animal para reunirse en un mundo humano.

Como otros animales, nosotros solo podemos alimentar representaciones del mundo a partir de los objetos a los que somos sensibles. Pero, como seres hablantes, los humanos se vuelven sensibles a representaciones verbales no percibidas, por lo que su condición biológica es diferente, puesto que un objeto sonoro percibido arroja luz sobre otro objeto no percibido y nos hace sensible a él, esté fuera de contexto o sea virtual. Este objeto representado verbalmente provoca una toma de conciencia.

La narración verbal de la exploración de ese mundo interior, infinito, intenso, imposible de percibir pero reconocido por todos, se encuentra probablemente en el origen de la toma de conciencia de que hay un alma en cada uno de nosotros. La conciencia compartida, la que implica la subjetividad, la exploración del mundo invisible de las almas, nació en el momento en que dos hombres pudieron inventar la convención del signo y contarse sus sueños.

Así pues, la conciencia es el resultado de una marcha que parte del mundo de la percepción para evolucionar hacia el de la abstracción. La conciencia gráfica es más perceptual, no ajena a los grandes monos, mientras que la conciencia compartida es más refleja, parece constituir lo propio del hombre.

Si se admite que la marcha hacia la conciencia abstracta se construye a partir de conciencias empíricas, cabe afirmar entonces que el andamiaje de la conciencia se apoya en el terreno de las percepciones para elevarse hacia el cielo de las representaciones. No se puede lograr la efectividad de la palabra hasta que dos mun-

dos íntimos, utilizando la convención del signo, crean la posibilidad de que exista una intersubjetividad.

Es probable que el surgimiento de la conciencia perceptiva, representaciones del mundo, necesite cierto tipo de cerebro. Especies muy numerosas poseen dicho cerebro, pero para tener acceso a la conciencia compartida, la que permite vivir en un mundo de representaciones inmateriales, hay que bañarse en las otras conciencias, expresadas por gestos, mímicas, símbolos y narraciones.

A partir de ahora se ha cumplido la metamorfosis. Podemos volver hacia las representaciones no materiales del mundo impalpable de la espiritualidad. Lo experimentamos como una evidencia, hasta el punto de que adaptamos a ella nuestras decisiones. Es una representación semántica que dicta desde ahora nuestras conductas en lugar del cerebro.

Para comprender un fenómeno inmaterial, para representarse un estado imposible de percibir, para pasar de la cosa percibida a la representación no percibida, en suma, para pensar en la metamorfosis de las conciencias, la muerte proporciona una excelente ilustración.

La representación mental del otro mundo es frecuente. El hombre se construyó un mundo en el que, después de la muerte, la vida continuaba en un más allá.

Para realizar esta actividad intelectual casi mágica son necesarias tres condiciones: un cerebro capaz de descontextualizar el tiempo (de representarse el pasado y el futuro), un desarrollo psíquico que permita acceder a la conciencia de lo invisible, y una cultura que dé forma a un mundo del más allá.

Los seres capaces de esta actividad gestual e intelectual poseen una herramienta mental que con la “debilísima” energía del soplo

de la palabra basta para colocar en miles de conciencias una cantidad ilimitada de mundos representados. Pueden de este modo tomar conciencia y experimentar mundos mentales narrados, compartidos e imaginados hasta el infinito. Entonces todo resulta posible. El arte nos maravilla, las divinidades nacen y la locura acecha.

Esta tendencia a habitar los mundos virtuales que fabricamos explica que la trascendencia, el arte y la espiritualidad metamorfoseen nuestras percepciones, sin las cuales nos veríamos sometidos a la "animalidad". Gracias a su progreso, los hombres llegan a ser capaces de habitar los mundos creados por sus representaciones.

Los hombres refuerzan estas representaciones mediante obras de arte y narraciones. Estas divagaciones de la conciencia alcanzan su paroxismo en el caso de los delirios colectivos, durante los cuales la conciencia individual se somete bajo el yugo de una sola imagen, de una sola narración, de un solo hombre. Así aparecen las morales perversas. Así pues, nuestras representaciones se hallan a la vez en el origen de obras de arte maravillosas y de terribles crímenes colectivos. Se trata de una especificidad humana.

La conciencia que surge en nosotros es un proceso biológico entre un organismo y su entorno, mientras que la toma de conciencia es un proceso verbal y afectivo que resulta del encuentro con otra conciencia. No obstante, estos procesos de naturaleza diferente, conocen lo que hemos denominado una "continuidad metamorfoseada".

El modo actual de abordar el problema es muy integrador. Hace aparecer la conciencia como un andamiaje cuyos componentes elementales son las sensaciones. Por ejemplo, el dominio de la pa-

labra en el curso del tercer año del desarrollo del niño cambia el origen de la conciencia; a partir de entonces es provocada por las representaciones que desencadenan emociones que, a su vez, entrañan otras representaciones. En este estadio de la evolución de las especies y del desarrollo de los niños, las conciencias se encuentran, se comparten, se enfrentan y crean el mundo de las intersubjetividades.

Así pues, se podría concebir una conciencia sin palabras que surgiría de la materia cerebral. Los chimpancés toman conciencia de su identidad al verse reflejados en un espejo. Los niños antes del aprendizaje de las palabras (vigésimo mes) y los animales tendrían acceso a esta conciencia hecha de significados percibidos y representaciones sensoriales. Después, nuestros niños conocen esta metamorfosis, una especie de novedad evolutiva les abriría la vía de la conciencia compartida, la que necesita compartir mundos íntimos gracias a una convención de signos gestuales y vocales. El proceso de la conciencia sería así el de una continuidad metamorfoseada.

Como hemos visto, no parece razonable considerar que todo lo que hay que decir acerca de la mente y la conciencia encaje con el lenguaje de la neurología al hablar acerca de las células (potenciales de membranas, sinapsis, neurotransmisores, etc.) No hay, por el momento, peligro de que se vaya a cumplir la rotunda afirmación de la Alicia de Lewis Carroll: "No eres más que un montón de neuronas".

Lo que si parece innegable es que frente a su conciencia del mundo, el hombre ha podido creer que era la conciencia del mundo.

ÉTICA Y RELIGIÓN

Desde Aristóteles a Thomas Huxley, la moral se erige como una virtud que distingue al hombre del resto del mundo animal. Ha llegado a ser casi inmoral considerar que las nociones de bien y mal hayan podido surgir en el curso de la evolución.

La filosofía, la teología y la ciencia constituían las tres dimensiones del espacio conceptual de la Revolución científica, dimensiones que coexistían en la obra de Kepler, Galileo y Newton. Por una razón poderosa quienes trajeron la Revolución Científica se proponían poner la ciencia al servicio de la comprensión de la obra de Dios, para erradicar la ignorancia y la superstición.

Posteriormente, parece incontrovertible que la ciencia, la reflexión teológica y el comportamiento moral han atravesado momentos de tensión. Apoyada en este dato, existe la idea generalizada de que la ciencia empírica avanza a medida que va arrebatando dominios hasta entonces privativos de la teología. La ciencia en sus diferentes asignaturas parece que en lo referido a la Ética nos asemeja, cada vez más, con el comportamiento de los grandes monos (chimpancés), y en lo relacionado con el hecho religioso nos arrebató a Dios. Muy pocos terminan por descubrir que no necesariamente tiene que plantearse en esos términos.

Puede mantenerse el carácter de originalidad humana, tanto en lo Ético como en lo religioso, sin tener que negar o ignorar los últimos descubrimientos científicos en sus diferentes áreas; astronomía, neurología, antropología... Intentemos mostrarlo.

El estudio de las sociedades de los monos y los grandes monos revela comportamientos -reconciliación, consuelo, mediación, reparto, reciprocidad- sobre los que puede construirse una moral.

Durante mucho tiempo, asumiendo el aforismo " la lucha por la vida", los biólogos se limitaron a contemplar el mundo animal como el escenario de la competencia. Este aforismo ha conocido un éxito extraordinario. En la actualidad se dispone de numerosas pruebas que indican la existencia de colaboración entre los animales. Se ha reconocido que estos últimos pueden ayudarse los unos a los otros y que de este modo logran obtener beneficios colectivos que sobrepasan las ganancias a corto plazo que proporciona la competencia inmediata. En los primates, no humanos, ello se traduce en reglas sociales complejas donde el dominio y la fuerza se moderan mediante la negociación y la formación de redes de ayuda mutua. En consecuencia, un individuo evitará agredir a un aliado por un motivo menor, aunque esté seguro de vencer, a fin de no poner en peligro su relación.

La prevención y la resolución de los conflictos de intereses movilizan actitudes como la reconciliación, el consuelo y la mediación, la reciprocidad y el reparto. Estos elementos son necesarios para la moralidad en la medida en que su existencia indica un "voluntad y capacidad de buscar soluciones comunes a los conflictos".

En el plano de las emociones están el apego al otro y la comprensión de sus necesidades, la aptitud para ajustarse a ellas y, si llega el caso, la capacidad de empatía, facultades todas ellas susceptibles de dejar en suspenso los intereses a corto plazo del individuo y de trabajar al servicio del bien común.

Si bien lo propio del hombre es definirse como un ser moral, no es menos cierto que varias de las actitudes sociales y cognitivas en las que se basan sus comportamientos morales han precedido a la aparición de nuestra especie en el planeta. Los sistemas morales complejos observados en el ser humano se han construido a partir

de esta "materia prima". La reutilización y la transformación de caracteres ya existentes para formar otros susceptibles de responder a nuevas funciones representa un mecanismo fundamental de la evolución de las especies.

A pesar de todo se puede afirmar que la construcción de un sistema moral humano constituye un producto de la evolución cultural y no, exclusivamente, de la biológica. En este sentido el orden ético-social no puede entenderse en el chimpancé más allá de las relaciones privadas, mientras que en el caso del ser humano las normas se explicitan y se elaboran en el espacio público.

En este aspecto, la moral no puede atribuirse a seres desprovistos de un lenguaje simbólico elaborado. (Semejante discurso lo hemos planteado con motivo de la emergencia de la autoconciencia.) Desde el momento en que la representación de la palabra permite la expresión de mundos íntimos, el comportamiento moral del ser humano puede fundamentarse en principios como la verdad, la justicia o la belleza.

Moral privativa y exclusiva del ser humano.

En lo referente a la relación entre ciencia y religión, todos hemos oído, alguna vez, que la teología retrocedería, primero, con el advenimiento del heliocentrismo copernicano, que sustituyó al geocentrismo; luego, con la teoría darwinista de la evolución de las especies a través de la selección natural, que minaría la concepción de la creación individual de cada especie "ab inicio", hombre incluido; más tarde, la eternidad del mundo que destruiría la idea de un universo finito en el origen y en su terminación; y, por fin, la disolución del yo, de la conciencia, en unos correlatos neuronales.

Los neurólogos rastrean el sentido de lo divino en el cerebro. ¿Qué sucede en el cerebro en los instantes de la más profunda meditación? La experiencia religiosa, parece que se refleja en un proceso mental. La vivencia religiosa se experimenta con una fuerte inmediatez. Jeffrey Saber, neurobiólogo de la Universidad de Los Ángeles, sitúa en el sistema límbico el desencadenante de las experiencias religiosas. Esta región del cerebro relaciona las vivencias con nuestro mundo de emociones. En experiencias religiosas intensas, el sistema límbico se muestra especialmente activo y confiere un peso considerable a la vivencia.

Sin pretensión de darle valor de verdad científica, me remito al conocido planteamiento, en los albores de la neuropsiquiatría, de considerar a la epilepsia como “una enfermedad sagrada”. Parecía haberse observado que los epilépticos del lóbulo temporal eran muy propensos a los estímulos religiosos. ¿Son enfermos los fundadores de religiones? ¿Pablo de Tarso pudo ser un epiléptico y su famosa conversión un episodio de esta enfermedad?

Sin embargo, eso sólo confirma que existe una relación entre el cerebro y las vivencias religiosas; absolutamente nada más. Las afirmaciones sensacionalistas del tenor de “la sede de lo divino se halla en el lóbulo temporal” no hacen más que dañar la propia imagen de la ciencia y la investigación neurológica.

Con respecto a la interpretación del hecho religioso como puro fenómeno social son muy variadas las lecturas que se pueden hacer: ¿Por qué las convicciones, prácticas e instituciones religiosas constituyen, en todo el mundo, un componente básico de la sociedad? Aparentemente la antropología tiene razones para justificar que cazadores y recolectores compartan en grupo los alimentos, pero es más difícil saber por qué los queman en un altar.

Los arqueólogos aseguran que el hombre recurre siempre a expresiones rituales. Toda cultura conocida practica algún tipo de religión. Ni siquiera la marcha triunfal del racionalismo científico de los últimos siglos ha cambiado el patrón general: el 90% de los estadounidenses cree en Dios; más de dos tercios, en una vida después de la muerte y alrededor de un 60% en el infierno.

La conducta ritualizada sirve para la comunicación dentro de la propia especie. Los rituales religiosos refuerzan la lealtad en el seno del grupo. "Me identifico con el grupo y creo en lo que el grupo defiende". ¡Con prueba de dolor o abnegación, mejor!

Se ha llegado a hablar del "Mercado de las religiones": Las iglesias que exigen mucho de sus miembros conocen una mayor afluencia de inscritos. Testigos de Jehová y mormones tienen una tasa de crecimiento excepcional.

¿Por qué muchas religiones exigen a sus adeptos sacrificios personales del tipo de prácticas diarias, castidad, donativos e incluso la plena renuncia a la propiedad?

Para algunos antropólogos la razón estribaría en que esas exigencias las hacen fuertes.

Es difícil comprender el sentido de estas conductas. ¿Por qué invierte nuestra especie tanto tiempo y energía en actividades dolorosas o, al menos, desagradables? Según parece, un grupo se asegura un nivel de entrega de sus miembros tanto mayor cuanto más restricción les impone.

Las prácticas religiosas excepcionales y la energía invertida condicionan el éxito de la religión como estrategia cultural. El fundamento de todo grupo reside en la cooperación provechosa de sus miembros. Para mantener la cooperación, se requieren, pues, mecanismos sociales que eliminen los comportamientos pa-

rasitarios. Quien se identifica con una determinada comunidad de creyentes, adquiere una serie de obligaciones que desalientan a quien no se identifica con las enseñanzas de ese credo. Ello ahorra al grupo complicados mecanismos de vigilancia que serían necesarios para excluir a los individuos parásitos.

Por otra parte, parece que los conceptos espirituales se graban con más fuerza en la memoria que las ideas seculares que mueven a otras instituciones y, por tanto, se transmiten mejor. La fe en un mundo trascendente parece que es decisiva para una disposición duradera a cooperar. Probablemente la religión ha contribuido siempre a la cohesión de sus fieles. Por desgracia, esta solidaridad tiene también sus lados sombríos, como se manifiesta en la violencia de los grupos integristas y fundamentalistas.

A pesar de estas consideraciones, las correlaciones neurológicas de la religión, incluso sus funciones sociales, se quedan cortas, insuficientes, para explicar el hecho religioso. Los creyentes piden una realidad propia para su fe. La relación con Dios sin otras connotaciones.

CULTURA, RELIGIÓN Y CIENCIA

Malinowski, sostuvo que las religiones nacieron de las "tragedias reales de la vida humana, del conflicto entre los planes humanos y la realidad": la fe puede mitigar nuestro miedo a la muerte o ayudarnos en la búsqueda del sentido de la vida. Esto puede ser así, representan a los que abogan por la tesis de la "independencia", los que confinan religión y ciencia a sendos compartimentos estancos, distintos y complementarios. La ciencia se ocuparía del cómo operan las cosas del mundo y descansarían en datos objetivos y públicos, en tanto que la religión se ceñiría al

ámbito de los valores y al significado de la vida personal. No habría conflicto, pero tampoco una interacción constructiva entre ambos dominios; cada uno posee sus propios métodos y su lenguaje genuino.

Igualmente que puede plantearse una nueva dimensión en la que “el ser religioso” sea una opción libre y voluntaria, y en la que ciencia y religión no tengan que ser incompatibles. Nos encontramos en una fase de apaciguamiento social e intelectual sobre este tema, salvo los que se empeñan en situarse en los arrabales de la radicalidad.

Todo se puede leer, aunque no necesariamente, en clave religiosa:

El Big-bang, como una singularidad en un espacio-tiempo continuo y cerrado sobre sí mismo; de ahí puede partir, sin limitarse a esa hipótesis, la actual reflexión teológica sobre el "fiat" bíblico.

De hecho se trata de revisar el momento de la intervención de la causa última. En este sentido, el mejor sabio no está a mejor nivel que el peor teólogo; se ha trasladado simplemente el centro de gravedad desde el origen de la vida al origen de la materia.

EPÍLOGO

Hablar del futuro de la humanidad, de la Tierra, del universo se me antoja algo desconcertante cuando estamos asistiendo a situaciones verdaderamente dramáticas en el momento actual. En el momento que nos ha tocado vivir asistimos paralizados a odiseas perversas ocasionadas por los seres humanos; guerras, genocidios, hambrunas... Es verdad que la naturaleza provoca a menudo tragedias humanas como las que estos días hemos vivido en Afganistán, la India, Paquistán o Guatemala, en estos casos sólo cabe prestar ayuda a los perjudicados con la máxima celeridad. Sin embargo, en otras ocasiones los padecimientos no son debidos a causas naturales, sino resultado de torpes políticas humanas y es lamentable que la respuesta no sea igualmente urgente y solidaria. Somos responsables al asistir impertérritos a estos hechos, actuando como si estas tragedias humanas fueran tan inevitables como los *tsunamis*, las lluvias torrenciales o los gigantescos terremotos. Guardamos silencio sin querer reconocer que los recursos necesarios para paliar los sufrimientos están a nuestro alcance, pero los dedicamos a otros fines más irracionales y egoístas.

Es necesario que Estados y organizaciones internacionales establezcan un orden mundial más sensible con la quejumbre de los globalizados. Que tomemos conciencia que la pobreza, el sufrimiento o la injusticia que aquejan a cualquier otro ser humano afrenta a cada uno de nosotros. Que seamos conscientes de que el trato vejatorio, el viaje hacia ninguna parte que observamos, no

sólo lo están imponiendo unas autoridades concretas, sino que éstas son meros brazos ejecutores del egoísmo de los poderosos y del ominoso silencio de todos nosotros.

¿SEXTA GRAN EXTINCIÓN?

Por otra parte, puede que estemos asistiendo en lo que se ha dado en llamar la "sexta gran extinción" y ello es posible si redefinimos la civilización como el derecho de los humanos a destruir la autorregeneradora diversidad de la naturaleza; el derecho de los fuertes a anexionarse los territorios de los débiles, el derecho a enviar a otros, resultado del proceso evolutivo, al paredón de la extinción. Y todo ello en nombre del Progreso.

Hemos cambiado de tal manera nuestro entorno natural que ya no podemos vivir en él, nos hemos hecho dependiente de nuestro mundo de metal, plástico y cristales, donde la energía nos proporciona calor, protección y seguridad, pero para conseguirlo estamos destrozando el mundo. Nos hemos convertido en un vector de extinción tan devastador como lo pudieron ser la deriva de los continentes o el impacto de los meteoritos, pero estamos haciéndolo con una velocidad miles de veces superior y ya hemos visto que la vida necesita tiempo para poder absorber los cambios. Un tiempo geológico, o lo que es lo mismo, muchísimo tiempo.

Las consecuencias de nuestras acciones se han convertido en problemas ecológicos globales. Aramos zonas vírgenes, suelos arrastrados por el agua o los vientos; se "urbanizan" grandes extensiones de tierras productivas; los desiertos crecen, se talan bosques, millones de especies pierden su hábitat; en los océanos devastamos pesquerías, envenenamos los mares, usamos los cielos como basureros, alteramos el equilibrio del dióxido de carbono...

De esta manera, defender la diversidad cultural equivale para la especie humana a lo que la biodiversidad para la naturaleza. Diversidades ambas que están hoy amenazadas por los fundamentalismos globalizadores: religiosos, políticos, y, sobre todo, mercantilista. Por el mercado y por los otros poderes que dominan o tratan de dominar la sociedad: el poder del Estado y el poder de las religiones autodenominadas universales.

Defender la diversidad no significa, en modo alguno, apuntarse a ningún relativismo extremo ni defender en bloque el contenido de ninguna cultura específica. Defender la diversidad cultural es oponerse a la uniformización cultural forzada desde los intereses de quienes poseen el poder económico, político o religioso. Quiere decir reconocer a los otros -a quienes definimos como otros por su etnicidad, por su género, por su orientación sexual, por su edad, por religión o ideología- como otros, sin forzarlos a una asimilación que casi nunca consigue los objetivos pretendidos, reconociéndoles, a la vez, iguales derechos que a nosotros; tratar de entenderlos y ponernos en su lugar y orientarnos hacia la interculturalidad, sabiendo que ésta sólo será posible eliminando no sólo las exclusiones y desigualdades sociales sino también los prejuicios y estereotipos raciales, étnicos, sexistas o religiosos, que no son simple consecuencia de la desigualdad económica.

Estamos llegando a una crisis generalizada de la Humanidad y cambiando el habitat de la Tierra y los primeros indicios surgen donde menos se esperan. Las especies se extinguen con una rapidez como nunca antes se había conocido en la historia de la Tierra. A un ritmo 10.000 veces superior a la velocidad con la que surgen nuevas especies. Somos los causantes, por lo menos en parte, de la sexta extinción masiva. Una extinción que se está produciendo aquí y ahora.

Los científicos calculan que en los próximos 100 años, la mitad de todos los seres vivos del planeta estarán en peligro de extinción. Un periodo inapreciable en la escala de las extinciones, en donde el tiempo se mide en millones de años. Estamos comenzando a comprender la responsabilidad que supone ser una especie exterminadora. Pero, por suerte, el proceso aún es reversible. La inteligencia que nos hizo capaces de producir cambios a escala planetaria, la misma que nos permitió conquistar la tierra y hacernos dueños y señores de la naturaleza, puede conducirnos a enmendar nuestros brutales e inaceptables errores.

Hoy son muchos los que han emprendido la tarea urgente de dar marcha atrás al proceso de extinción que hemos provocado. Vivimos en un planeta mágico, marcado por el don de la vida y aunque nos creamos tan importantes y poderosos, visto de forma global con la perspectiva de millones de años, no somos más que una especie loca y efímera que se está saltando todas las reglas.

La Tierra ya ha soportado cambios similares a los que estamos provocando, extinciones masivas que hicieron desaparecer hasta el 95% de todas las especies. Ella, por tanto, sobrevivirá a todos estos deterioros alarmantes y la vida, con seguridad, volverá a la Tierra. Pero si no somos capaces de evitarlo, nuestra especie como los dinosaurios, los tigres marsupiales y los ictosaurios, serán tan sólo un recuerdo insignificante en la larga historia del planeta Tierra.

Pudiera ser que no sólo, o principalmente, se tratara de no provocar esta situación, sino más bien de comprenderla y controlarla. Pudiera ser que no fuéramos los principales causantes de desastres atmosféricos como la reducción de la capa de ozono o el llamada “efecto invernadero”, pero ello no nos eximiría de preverlos

y controlarlos en un futuro. Lo que está claro es que no debemos, ni podemos, favorecerlos ni precipitarlos:

Según los cosmólogos Coran Randall y L. Boulder, *El país*, 16/03/05, la concentración de gases de óxido de nitrógeno y dióxido de nitrógeno en la alta atmósfera subió en la primavera de 2004 hasta el nivel más alto registrado al menos en dos décadas. Provocó la reducción del ozono hasta un 60% a unos 40 Km. de altura. Esta reducción fue completamente inesperada. El aumento de estos gases se formó tras el bombardeo masivo de partículas altamente energéticas, emitidas por el sol. Dos procesos naturales son los responsables de ello: Las tormentas solares registradas y los fenómenos meteorológicos en la alta atmósfera. El año pasado se registró la mayor pérdida de ozono en la capa alta estratosférica de la atmósfera registrada hasta ahora en el hemisferio Norte. Y las causas no son siempre imputables a los seres humanos.

Según Carlos Duarte, del CSIC, el clima característico del norte de África podría desplazarse y terminar dominando la Península Ibérica debido al cambio climático.

Science alerta de la excesiva vulnerabilidad de la península Ibérica y el Mediterráneo a causa del cambio climático. Esta vulnerabilidad se debe a su "transición climática" por su ubicación entre el norte de África y el resto de Europa, con un clima atlántico. Es posible un desplazamiento de la zona climática del sur hacia el norte, es decir, que el clima característico del norte de África, el Sahara, acabe dominando en la península Ibérica.

El efecto nocivo del cambio climático es motivado en su mayor parte por las emisiones de CO₂. Incluso si se detuviera el incremento, o se suprimiera la totalidad, de dióxido de carbono emitido a la atmósfera por la actividad industrial humana, seguirían sur-

giendo efectos dañinos, ya que existe una enorme cantidad de CO₂ retenida en los océanos que se puede volver a poner en circulación.

La cantidad de CO₂ retenida bajo los fondos marinos es prácticamente la mitad de todo lo emitido desde la revolución industrial. Según el profesor Duarte, los ritmos de circulación natural del mar en algún momento pondrán en contacto esas aguas con la atmósfera, y el dióxido de carbono volverá a su lugar de origen, "como si fuera una rueda, ya que existen unos tiempos característicos de ventilación de los océanos, del orden de algunas décadas". La consecuencias del retorno de este dióxido de carbono a la atmósfera, almacenado "bajo la alfombra" de los océanos son las ya previstas de aumento de temperaturas.

La larga sombra proyectada en el epígrafe anterior, tiene respuesta en la teoría Gaia de Lovelock: Gaia ha salido beneficiada de sus convulsiones periódicas. Las crisis pueden generar adelantos, siempre y cuando el ímpetu del cambio no se "dispare" hasta la catástrofe. Si podemos hacer frente a la crisis, Gaia podría avanzar hacia un periodo de desarrollo sin precedentes. Si, a pesar de todo, fracasamos, el Homo Sapiens podría verse descartado como un callejón evolutivo sin salida.

CUERPOS ELÉCTRICOS

Por otra parte, vuelve a ser desconcertante, el constatar que amanece una nueva e insólita era. Una nueva era de inventos revolucionarios: torsos cableados, cerebros con microprocesadores implantados, criaturas de silicio y acero: Cybors y Androides.

Los seres humanos se asemejan cada vez más a las máquinas y los artefactos se humanizan. La frontera entre la Biología y la Tec-

nología comienzan a desdibujarse. Quizás estemos inventando el futuro de nuestra especie.

¿Puede que el conocimiento de los mecanismos vitales y el desarrollo de la Biotecnología nos conduzcan a una evolución dirigida de la especie? Es posible, lo cual puede ser muy importante para el hombre. Sin embargo, existiría el peligro de dependencia de la voluntad de unos pocos hombres. Hay que tener confianza en la inteligencia y la ética humana.

Es posible, pues, que el hombre, actuando como un ser inteligente y consciente de estos principios generales de evolución, llegue a reconocer que tiene que asociarse para dar lugar a la formación de organismos que vayan más allá de los puramente orgánico y que siguiendo los caminos de la evolución basados en la cooperación celular y aplicando los conocimientos que se obtienen de las ciencias para el bien común de la existencia humana, evolucione a un nivel más alto, hacia un ser mucho más evolucionado.

Alterar el curso de la evolución humana y rediseñar la especie; por ejemplo, para viajar en el espacio, con torsos cableados y bacterias atómicas bajo la piel. Un híbrido entre hombre y máquina. Un hombre artificial diseñado ex profeso para internarse entre el humo y las llamas. Trabajar en las centrales nucleares o en las tareas domésticas.

Más allá de lo humano. Imaginemos el día en el que las máquinas caminen entre nosotros, expresando sus sentimientos, emociones, reivindicando sus derechos. Hoy en día las dotamos de inteligencia, quizás, algún día las dotaremos de vida a estas criaturas de silicio y acero. La línea divisoria entre el hombre y la máquina comienza a dejar de ser lo que era. Hay que recordar “Un mundo feliz” de Huxley.

Un humanoide que supere incluso a nuestras capacidades. Ese futuro ya se vislumbra. Un momento en el que la ciencia ficción se hace realidad y los sueños de los niños se cumplen.

11 millones de personas ya han sido trasplantadas. Los procesadores de silicio son, cada vez, más diminutos y potentes. Se le están incorporando sensores biológicos, electrodos, receptores de radio, dispositivos conectados directamente a los sentidos en los que las señales penetran en lo más profundo del cerebro.

El afán de replicarnos y de camino comprendernos es un paso o deseo muy antiguo en el ser humano. Pero claro, la fe en el hombre se puede tambalear cuando se sabe que la palabra “robótica”, oriunda del checo, significa “esclavo”.

- oOo -

NOTAS BIBLIOGRÁFICAS:

- (1) Arnau, Catalina y Carbó, Ramón. (1973), ***El origen de la vida***, Salvat, GT, Barcelona, 1973.
- (2) Capra, Fritjof. (1998), ***La trama de la vida***, Anagrama, Barcelona, 2003.
- (3) Capra, Fritjof. (2002), ***Las conexiones ocultas***, Anagrama, Barcelona, 2002.
- (4) Ckarpak, Georges y Omnés, Roland. (2005), ***Sed sabios, convertíos en profetas***, Anagrama, Barcelona, 2005.
- (5) Coppens, Yves y Picq, Pascal. (2001), ***De la aparición de la vida al hombre moderno***, Espasa Calpe, Madrid, 2004.
- (6) Coppens, Yves y Picq, Pascal. (2001), ***Los orígenes de la Humanidad***, Espasa Calpe, Madrid, 2004.
- (7) Darwin, Charles. (1859), ***El origen de las Especies***, Sarpe, Madrid.
- (8) Dawkins, Richard. (1998), ***El gen egoísta***, Salvat, Barcelona, 2002.
- (9) Ganten, Detlev. Deichmann, Thomas y Spahl, Thilo. (2003), ***Vida, Naturaleza y Ciencia, "Todo lo que hay que saber"***, Taurus, Buenos Aires, 2004.
- (10) Grene, Brian. (2001), ***El universo elegante***, Crítica, Planeta, Barcelona, 2003.
- (11) Hawking, Stephen. (2005), ***Brevísima historia del Tiempo***, Crítica, Barcelona, 2005.
- (12) Hewitt, Paul G. (2002), ***Física Conceptual***, Pearson Educación, México, 2004.
- (13) Krauss, Lawrence M. (2005), ***Historia de un átomo***, Laetoli, Pamplona, 2005.
- (14) Llorca, Jordi. (2003), ***Meteoritos y cráteres***, "Fragmentos de otros mundos que caen en la tierra", Milenio, Lleida.
- (15) Lovelock, James. (1993), ***Las edades de Gaia, Una biografía de nuestro planeta vivo***, Tusquets, Barcelona, 2000.
- (16) Margulis, Lynn y Sagan, Dorion. (1995), ***Microcosmos***, Tusquets, Barcelona, 2001.

- (17) Margulis, Lynn y Sagan, Dorion. (2002), ***Captando genomas, "Una teoría sobre el origen de las especies"***, Kairos, Barcelona.
- (18) Margulis, Lynn. (1998), ***Planeta simbiótico, "Un nuevo punto de vista sobre la evolución"***, Debate, Madrid.
- (19) Margulis, Lynn. (2002), ***Peces Luminosos, "Historias de amor y ciencia"***, Tusquets, Barcelona, 2002.
- (20) Margulis, Lynn. (2002), ***Una revolución en la evolución***, Universitat de València.
- (21) Maturana y Varela. (1980), ***El árbol del conocimiento***, Crítica, Barcelona, 1950.
- (22) Mayr, Ernst. (1991), ***Una larga controversia: Darwin y el darwinismo***, Crítica, Barcelona, 1992.
- (23) McCord, Wilson. (1995), ***Biología para principiantes, Era naciente SRL***, 1995.
- (24) Prigogine, Ylia y Stengers, Isabel. (1992), ***Orden fuera del caos. El nuevo diálogo del hombre***, Salvat, Barcelona, 1998.
- (25) Punset, Eduardo. (2004), ***Cara a cara con la vida, la mente y el Universo***, Destino, Barcelona, 2005.
- (26) Schrödinger, Erwin. (1944) ***¿Qué es la vida?***, Tusquets, Barcelona, 2001.
- (27) Swain, Harriet. (2002), ***Las grandes preguntas de la ciencia***, Crítica, Barcelona, 2003.
- (28) Watson, James D. (2003), ***A D N, el secreto de la vida***, Taurus, Buenos Aires, 2003.
- (29) Ynduráin, F. J. (2003), ***Los desafíos de la ciencia***, Crítica, Barcelona, 2003.
- (30) Sorman, Guy. (1989), ***Los verdaderos pensadores de nuestro tiempo***, Seix Barral, Barcelona, 1991.

HEMEROTECA:

- (31) 08/10/04, Leman, Luke. ***El origen de la vida pudo provocarlo un gas volcánico***, *Málaga Hoy*, pp. 42
- (32) 21/10/04, Muñoz-Chápuli. Ramón. ***Gusanos al revés***, *Málaga Hoy*, pp. 44
- (33) 29/10/04, Cela Conde, Camilo. ***Un pariente insólito***, *La Opinión de Málaga*, pp. 25
- (34) 20/12/04, Pérez Claros, Juan Antonio. ***Conchas Prehistóricas***, *Málaga Hoy*, pp. 35
- (35) 04/02/05, Centro Médico Southweatern, Texas. ***Mitocondrias Protegidas***, *Málaga Hoy*, pp. 36
- (36) 06-02-05, Fundación Ipsen de París. ***Expertos hallan las neuronas que rigen las emociones***, *Málaga Hoy*, pp. 40
- (37) 06-02-05, Roca, Elisenda, CSIC de Microelectrónica, Sevilla. ***Chip anticollisiones y los ojos de las langostas***, *Málaga Hoy*, pp. 40
- (38) 15/02/05, Rosas, Antonio y Lalueza, Carles, CSIC. ***ADN de neandertales en Asturias***, *Málaga Hoy*, pp. 38
- (39) 15/02/05, Yehoah Raphael, Universidad de Michigan. ***Terapia genética para curar la sordera***, *Málaga Hoy*, pp. 38
- (40) 17/02/05, Fleage, John y McDougall de la Universidad Stony Brook, NY. ***Los restos más antiguos de "Homo Sapiens" se remontan a 200.000 años***, *El País*, pp. 40
- (41) 17/02/05, Martin Robert, Museo Field de Chicago. ***La modernidad empezó hace un millón de años***, *El País*, pp. 40
- (42) 17/02/05, Revista Science. ***El origen del cráneo humano moderno***, *El País*, pp. 40
- (43) 06-03-05, Bruce Latimer. ***Homínidos más antiguos que LUCY***. *El País*, pp. 31
- (44) 06-03-05, Lefebvre, Louis. ***Las aves también aprenden. Coeficiente intelectual de la especie***, *Málaga Hoy*, pp. 42
- (45) 10/03/05, Rhode, Robert y Muller, Richard. ***Hay un método en la catástrofe***, *El País*, pp.31
- (46) 16/03/05, Coran Randall, L. Boulder. ***Las tormentas solares de 2003 afectaron a la capa de ozono***, *El país*, pp. 38

- (47) 16/03/05, García, Ricardo, CSIC. ***El porvenir de lo pequeño***, *El País*, pp. 40
- (48) 16/03/05, Mundzeck, Till. ***El teletransporte según las teorías de Einstein***, *Málaga Hoy*, pp.41
- (49) 16/03/05, Novacek, Michael. ***Hallamos evidencias de dinosaurios incubando huevos, como las aves***, *El país*, pp. 38
- (50) 17/03/05, Zimmer, Carl. ***Igual resulta que los animales también tienen personalidad***, *El País*, pp.10
- (51) 20/03/05, Hawking, Stephen. ***Una mente en contacto con el cosmos***, *El País Dominical*, pp. 1
- (52) 23/03/05, Ynduráin, Francisco. ***Hans Bethe, el sol y los neutrinos***, *El país*, pp. 28
- (53) 30/03/05, Bob Pruitt, Universidad de Purdue, EEUU. ***Plantas que contradicen las leyes de Mendel***, *El País*, pp. 32
- (54) 01/04/05, Jaenicke, Ruprecht, Universidad de Mainz. ***La caspa y las células muertas de la piel afectan al cambio climático***, *Málaga Hoy*, pp. 48
- (55) 01/04/05, Pansksepp, Jaak. ***La risa no es exclusiva de los seres humanos***, *Málaga Hoy*, pp. 48
- (56) 02/04/05, Beffa, Manuel Mari, UMA. ***Aletas que no paran de crecer***, *Málaga Hoy*, pp. 52
- (57) 03/04/05, Alan Cox, Paul, Universidad de Hawai. ***Una bacteria con rasgos de alga emite toxinas ligadas al Alzheimer***, *Málaga Hoy*, pp. 47
- (58) 05/04/05, Agencia Efe. ***Un proyecto lleva al espacio las ondas gravitatorias de Einstein***, *Málaga Hoy*, pp. 40
- (59) 06/04/05, Bobout, Brad, NASA. ***La NASA analiza en México bacterias que podrían dar pistas sobre la vida extraterrestre***, *Málaga Hoy*, pp. 44
- (60) 06/04/05, Kelley, Deborah, Universidad de Washington. ***Una zona submarina del Atlántico puede albergar datos sobre el origen de la vida***, *El País*, pp. 37
- (61) 06/04/05, Peebles, James E. ***Nunca se nos acaban las preguntas***, *El País*, pp.36
- (62) 06/04/05, Rebolo, Rafael, CSIC. ***Mirar los límites del universo***, *Málaga Hoy*, pp.44

- (63) 07/04/05, Brunet, Michel, Universidad de Poitiers. ***El "abuelo" de la humanidad***, *Málaga Hoy*, pp. 48
- (64) 10/04/05, Hawking, Stephen. ***Hacia una teoría del universo***, *Dominical de Málaga Hoy*, pp. 12
- (65) 10/04/05, Ptacek, Louise J. Universidad California y Utah. ***Con el reloj cambiado***, *Málaga Hoy*, pp. 47
- (66) 11/04/05, Asuaga, Juan Luis, arqueólogo de Atapuerca. ***El lenguaje humano se inició hace medio millón de años***, *Málaga Hoy*, pp. 45
- (67) 11/04/05, James, Simón, arqueólogo. ***La verdad de los señores del norte***, *Málaga Hoy* pp. 29
- (68) 12/04/05, Bermúdez de Castro. ***El "homo antecesor" tiene un origen asiático no africano***, *Málaga Hoy*, pp. 42
- (69) 12/04/05, Muñoz Gambero, Juan Manuel, UMA. ***Descubren en la Axarquía estelas con signos cuneiformes***, *Málaga Hoy*, pp. 44
- (70) 13/04/05, Aguilar Piñal, catedrático de Historia. ***Mi cerebro y yo***, *Málaga Hoy*, pp. 42
- (71) 13/04/05, Hawking, Stephen. ***Un viaje hacia atrás en la historia del Universo***, *Málaga Hoy*, pp. 42
- (72) 16/04/05, Charpak, Georges. ***Los avances científicos son una razón para admirar al hombre***, Babelia, *El país*, pp. 1
- (73) 16/04/05, Gonzáles Barón, Salvador, UMA. ***El mecanismo fisiológico de la emoción***, *Málaga Hoy*, pp. 38
- (74) 16/04/05, Sanpedro, Javier. ***La realidad cumple cien años***, Babelia, *El país*, pp. 4
- (75) 24/04/05, Klaus Toepfer, Secretario de ONU. ***El agua será en breve motivo de guerra entre países***, *El País*, pp. 38
- (76) 01/05/05, Centro nacional de investigaciones francés. ***Imágenes del planeta exterior al sistema solar***, *Málaga Hoy*, pp.41
- (77) 01/05/05, Díaz del Río, Víctor, Centro oceanográfico de Málaga. ***Hallan unas chimeneas marinas asociadas al efecto invernadero***, *Málaga Hoy*, pp. 44

- (78) 04/05/05, Griffin, Michael. **La NASA se replantea salvar el Hubble**, *El País*, pp35
- (79) 04/05/05, Marín, Oscar, Instituto de Neurociencia, Alicante. **Un humano necesita unos 10 años para formar el cerebro**, *El País*, pp. 36
- (80) 09/05/05, Álvarez Fayul, Enrique. **La máquina planetaria del clima**, *Málaga Hoy*, pp. 33
- (81) 09/05/05, Harrison, Mark. Universidad Nacional de Australia. **El agua ya bañaba la "infancia" de la Tierra**, *Málaga Hoy*, pp. 33
- (82) 25/05/05, Bustamante, Carlos, Biólogo. **En la ciencia hay creatividad, como en la música**, *El País*, pp. 39
- (83) 25/05/05, Thorne Lay, Universidad de California. **La tierra vibró como una campana**, *El País*, pp. 37
- (84) 26/06/05, Canovas, Francisco, Biólogo Molecular, UMA. **Proteínas vegetales que sí cuentan**, *Málaga Hoy*, pp. 48
- (85) 28-06-05, García Sancho, Leopoldo, ESA. **Los líquenes españoles enviados al espacio han sobrevivido**, *Málaga Hoy*, pp. 42
- (86) 19/08/05, Martín H. Trauth. **El clima condicionó la evolución homínida**, *Málaga Hoy*. pp. 35
- (87) 19/08/05, Trinkaus, Erik de Journal of Archeological Science. **Los humanos comenzaron a usar zapatos hace 30.000 años**, *Málaga Hoy*, pp. 35
- (88) 21/08/05, Fried, Itzhak. **Una ventana al cerebro**, *Málaga Hoy*, pp. 39
- (89) 01/09/05, López Otn, Carlos, Consorcio científico, Universidad de Oviedo. **Tan parecidos, tan diferentes**, *Málaga Hoy*, pp. 40
- (90) 01/09/05, Mellars, Paul, Universidad de Cambridge. **Humanos modernos y neanderthales convivieron mil años**, *Málaga Hoy*, pp. 40
- (91) 02/09/05, Pérez-Jurado y Pompeu Fabra. **La duplicación genética explica las diferencias entre los humanos y los chimpancés**, *Málaga Hoy*, pp. 39
- (92) 07/09/05, Luis Gómez Catedrático Psicología Social, UMA. **Monos que heredarán el viento**, *Málaga Hoy*, pp. 43
- (93) 08/09/05, Lara, Luisa, Instituto de astrofísica, Andalucía. **Los análisis realizados al "Tempel 1" desvelan que es una bola de nieve**, *Málaga Hoy*, pp. 43

- (94) 09/09/05, Falange, Maurizio, Comisario de la Energía Atómica en Francia. ***La ESA detecta cómo una estrella pulsar "engulle" a su meteorito compañero***, *Málaga Hoy*, pp. 39
- (95) 19/09/05, Moreno, Isidoro, Catedrático de Antropología. ***Antropología y sociedad***, *Málaga Hoy*, pp. 5
- (96) 11/10/ 05, Palmqvst, Paul, UMA. ***Los primeros homínidos peninsulares eran carroñeros***, *Málaga Hoy*, pp. 43
- (97) 13-10-05, Científicos australianos. ***Descubren más restos del "hobbit" de la isla indonesia de Flores***, *Málaga Hoy*, pp.41
- (98) 13-10-05, Makovicky, Peter. ***Un dromeosaurio hallado en Argentina aporta nuevos datos a la teoría evolutiva de la Tierra***, *Málaga Hoy*, pp. 41
- (99) 14/10/05, Científicos japoneses. ***Un microbio explica el traslado de las plantas del agua a tierra firme***, *Málaga Hoy*, pp. 43
- (100) 15/10/05, Manifiesto de la UMA. ***Pobreza en África e inmigración subsahariana***, *Málaga Hoy*, pp. 14
- (101) 02/11/05, Carlos Duarte, del Imedeia, CSIC, ***Las temperaturas serán hasta cuatro grados más altas en 2075***, *Málaga Hoy*, pp. 45

REVISTAS:

- (102) Acero, J. J. y Morales, Alberto. ***Neurociencia y reduccionismo, con sólo investigar el cerebro no puede entenderse la mente***, *Mente y Cerebro, (Investigación y Ciencia)*, Octubre de 2004, N° 9, pp. 51
- (103) Alexander, Igor. ***Los axiomas de la conciencia***, *Mente y Cerebro, (Investigación y Ciencia)*, Octubre de 2004, N° 9, pp. 43.
- (104) Doolittle, Ford. ***Nuevo árbol de la vida***, *Temas 35 (Investigación y Ciencia)*, 1º trimestre, 2004, pp. 12.
- (105) Duve, Christian. ***El origen de las células eucariotas***, *Investigación y Ciencia*, Junio de 1996, N° 237, pp. 18

- (106) Hans-Ferdinand, Angel y Krauss, Andreas. **Bases neurológicas de la religiosidad**, *Mente y Cerebro*, (*Investigación y Ciencia*), Mayo de 2005, N° 12, pp. 62
- (107) Hans-Ludwing, Kröber. **Libres pese a todo**, *Mente y Cerebro*, (*Investigación y Ciencia*), Octubre de 2003, N° 5, pp. 46
- (108) Kühnen, Ulrich. **Pensar a la manera asiática**, *Mente y Cerebro*, (*Investigación y Ciencia*), Enero de 2004, N° 6, pp. 84
- (109) Levinton, Jeffrey S. **La edad de oro de la evolución animal**, *Temas 35* (*Investigación y Ciencia*), 1º trimestre, 2004, pp. 26.
- (110) Luis Alonso. **Conciencia**, *Mente y Cerebro*, (*Investigación y Ciencia*), Octubre de 2004, N° 9, pp. 92
- (111) Neuweiler, Gerhard. **El origen del entendimiento**, *Mente y Cerebro*, (*Investigación y Ciencia*), Mayo de 2005, N° 12, pp. 10
- (112) Pauen, Sabina. **Antes de hablar, los niños pueden pensar**, *Mente y Cerebro*, (*Investigación y Ciencia*), Octubre de 2003, N° 5, pp. 30
- (113) Paueri, Michael. **Cerebro y libre albedrío**, *Mente y Cerebro*, (*Investigación y Ciencia*), Octubre de 2002, N° 1, pp. 64
- (114) Ramachandran, Vilayanur y Sherrick, Carl E. **Escuchas colores, saborear formas**, *Temas 35* (*Investigación y Ciencia*), 1º trimestre, 2005, pp. 72.
- (115) Roger, J., Ángel, P. y Wolf, Neville. **La búsqueda de vida en otros planetas**, *Investigación y Ciencia*, Junio de 1996, N° 237, pp. 28
- (116) Sosis, Richard. **Una interpretación darwinista del fenómeno religioso**, *Mente y Cerebro*, (*Investigación y Ciencia*), Mayo de 2005, N° 12, pp. 72
- (117) Stix, Gary. **¿Ante una nueva revolución?**, *Investigación y Ciencia*, Junio de 1996, N° 237, pp. 74
- (118) Vogelev, Kai y Newen, Albert. **¿Qué es pensar?**, *Mente y Cerebro*, (*Investigación y Ciencia*), Enero de 2004, N° 6, pp. 76
- (119) Weinberger, Norman. **Música y cerebro**, *Temas 39* (*Investigación y Ciencia*), 1º trimestre, 2005, pp. 55.
- (120) Wong, Kate. **La aparición de la mente moderna**. *Investigación y Ciencia*, Agosto de 2005, N° 347, pp. 76

DOCUMENTALES:

- (121) Fernando González, I. ***Candidatos a la extinción. Un mundo frágil***, Transglobe Films, España, 2003.
- (122) Frace Córdova, astrofísica y Grinspoon, David, Astrónomo. ***Más allá de la Tierra. ¿Estamos solos?***, National Geografi, 2003.
- (123) Goldberg, Rob. ***Más allá de lo humano***, Thomas Lucas, EEUU, 2001
- (124) Neil deGrasse, Tyson, Director del Instituto astronómico de New York. ***Orígenes***, Novac, EEUU, 2001.
- (125) Permuter, Saúl, Físico Astrónomo del Laboratorio Lawrence, Berkeley. ***De aquí al infinito***, Horizon, Ben Fox, EEUU, 1999.
- (126) Quinn, Max. ***Ciencia candente: La Antártida***, National Geografi, 2002.
- (127) West, Spencer, Biólogo, Universidad de Stenford. ***La travesía del hombre***, National Geografi, 1990.

Autor del presente escrito: Antonio Huertas Moreno.

INDICE

PRÓLOGO

INTRODUCCIÓN

I

DEL ORIGEN DEL UNIVERSO

HIPERNOVAS

SUPERNOVAS

ALGO MÁS SOBRE EL UNIVERSO

EL FUTURO DEL UNIVERSO

II

DEL ORIGEN DE LA VIDA

NUESTRA GALAXIA, NUESTRO SOL, NUESTRA LUNA

¿HAY VIDA EN EL SISTEMA SOLAR?

EL PASO DE LA QUÍMICA ORDINARIA A LA MAGIA DE LA VIDA

CAOS FRENTE A DETERMINISMO

PROTEÍNAS, ÁCIDOS NUCLEICOS Y ATP

A PESAR DE TODO

III

DEL ORIGEN DE LOS SERES VIVOS

PROCARIOTAS

EUCARIOTAS

MUTACIÓN, RECOMBINACIÓN GENÉTICA Y SIMBIOSIS

IV

DEL ORIGEN DE LAS PLANTAS Y ANIMALES

MIL MILLONES DE AÑOS
Y LLEGÓ EL PERÍODO CÁMBRICO

CALCIO

OXÍGENO

¿CATÁSTROFE CÁMBRICA?..

CATÁSTROFES

V

DEL ORIGEN DEL SER HUMANO

EL SER HUMANO

EL ENTORNO FÍSICO

¿DEFINIR AL SER HUMANO?

LA HISTORIA MÁS GRAN DE JAMÁS CONTADA

ÁFRICA

AUSTRALIA

ASIA

EUROPA

AMÉRICA

VI

DEL ORIGEN DEL ESPÍRITU DEL HOMBRE MODERNO

HABLA, LENGUAJE Y COMUNICACIÓN

LA INTELIGENCIA HUMANA

INTELIGENCIA Y CULTURA

CONCIENCIA

ÉTICA Y RELIGIÓN

CULTURA, RELIGIÓN Y CIENCIA

EPÍLOGO

¿SEXTA GRAN EXTINCIÓN?

CUERPOS ELÉCTRICOS