



UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA



EVOLUCION BIOLÓGICA:
TEORIA Y FRONTERAS



LECCION INAUGURAL
DEL CURSO ACADEMICO 1994-95

por:

GERMAN LARRIBA CALLE
*Catedrático de Microbiología
de la Facultad de Ciencias*

Badajoz - Cáceres, 1994



UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA



EVOLUCION BIOLOGICA: TEORIA Y FRONTERAS



LECCION INAUGURAL
DEL CURSO ACADEMICO 1994-95

por:

GERMAN LARRIBA CALLE
Catedrático de Microbiología
de la Facultad de Ciencias

Badajoz - Cáceres, 1994

Indice

- Introducción
- El nacimiento de la ciencia
- La estabilidad de las especies y la teoría del preformismo
- Teorías Evolutivas

Lamarckismo

Darwinismo

- El cálculo de probabilidades y el nacimiento de la genética
- Bases moleculares de la Teoría de la Evolución
- El impacto social de la Teoría de la Evolución
- La frontera de los orígenes y el egoísmo del gen
- La otra frontera: El cerebro

*Excmo. Sr. Presidente de la Junta de Extremadura,
Excmo. y Magfco. Sr. Rector de la Universidad de Extremadura,
Excmas. e Ilmas. Autoridades,
Queridos Compañeros,
Queridos Alumnos, Personal de Administración y Servicios,
Amigos,
Señoras y Señores:*

Introducción

La Biología actual aspira a explicar los seres vivos en términos de sus moléculas constituyentes y las interacciones que entre ellas se generan. Y no sólo en lo que concierne al funcionamiento del músculo o del tubo digestivo, sino también en relación a la herencia, al comportamiento, al cerebro. Se trata de explicar el ser vivo en su totalidad. Se persigue, finalmente, interpretar la naturaleza de lo viviente, incluida la Naturaleza Humana, en términos no metafísicos.

El hecho de que los fenómenos biológicos, rodeados siempre de misterio y fetichismo, hayan sido objeto de las más ardientes controversias, ha convertido a la Biología en la más significativa de todas las Ciencias. Desde que Darwin formulara en 1859 la teoría de la Evolución por selección natural, es la Biología la que ha influido de manera más determinante en la configuración del pensamiento moderno, transformándolo y marcándolo a la vez, en todos sus terrenos, filosófico, religioso y político. Y ello a pesar de que las implicaciones del darwinismo no han sido aún comprendidas en toda su amplitud.

Pródiga en generalizaciones, la Biología es parca en teorías. De estas últimas, la teoría de la Evolución desempeña un papel preponderante respecto de cualquier otra, y ha dominado, diseñado y ordenado, desde el instante de su formulación, toda configuración del mundo viviente. Ello se debe, en parte, a que reúne una gran cantidad de observaciones que en

su ausencia permanecerían aisladas, dando así coherencia y unidad a la Biología entera. Ciertamente es que su carácter historicista le impide prestarse a todo tipo de comprobación directa. Aún así, la teoría de la Evolución conserva su carácter científico, frente a lo mágico y lo religioso, debido a que puede ser contrastada continuamente con los nuevos hechos, experimentos y observaciones. El intento de formularla supone, pues, el riesgo de que pueda ser desmentida algún día por la observación. Pero, como veremos más adelante, desde su enunciación a mediados del pasado siglo, todos los avances de la biología moderna no han hecho otra cosa que reforzar ciertos aspectos de la teoría y confirmarla.

He de anticiparles que los conceptos que voy a exponer no son en absoluto originales sino que representan el sentir de un buen número de biólogos modernos con cuyas ideas comulgo, y a las cuales he añadido algún retoque personal. Un reconocimiento especial, a este respecto, merecen los biólogos moleculares, premios Nobel, Jacques Monod, François Jacob y Francis Crick, así como el zoólogo Richard Dawkins. El tema no es para mí objeto de enseñanza, aunque sí, ocasionalmente, de reflexión. Ha sido elegido en función de la heterogeneidad del auditorio y preparado en un tiempo récord. He de solicitar, pues, su indulgencia, tanto por los errores que pueda contener como por la aridez y rapidez con que abordaré algunos conceptos biológicos. No es mi intención, en todo caso, dar una lección de Biología Molecular, aunque no renuncio a introducir al tema a los no iniciados, sino analizar el contexto filosófico en el que los conocimientos biológicos han surgido en el pasado y extraer de ciertas concepciones biológicas modernas su significado social y cultural. Labor ingrata por las susceptibilidades que puedan, muy a pesar mío, sentirse heridas al escucharme. Por ello debo precisar que hablo como científico, y en consecuencia, no debo, ni puedo, prestar atención más que a las causas eficientes y considerar como mera hipótesis cualquier explicación de los hechos que no haya sido, o no pueda ser, sometida al análisis experimental. Al mismo tiempo pido la comprensión de mis colegas por algunas generalizaciones poco rigurosas que me veo obligado a hacer para no alargar excesivamente mi discurso. Espero que estarán de acuerdo conmigo en que no modifican sustancialmente las conclusiones que de ellas puedan desprenderse.

El nacimiento de la ciencia

Hasta el siglo XVI, lo mágico y lo religioso impregnaban toda explicación del mundo. Todo conocimiento se articulaba en Dios, el alma y el cosmos. Pero a la llegada del siglo XVII cambia de pronto el modo de conocer, cambia el paradigma. Descifrar la Naturaleza requiere observar los fenómenos y ligarlos entre sí por leyes, en la medida que el ingenio lo permita. Dios puede haber creado el mundo, puede haberle dado el impulso inicial e incluso haber predicho cual sería su futuro, pero esta norma no puede ser ya modificada. Las reglas del juego han quedado establecidas y no pueden cambiar. Nace así el postulado de objetividad de la Naturaleza que, en su formulación más moderna, impone la negativa sistemática de ser capaz de conducir a un conocimiento verdadero toda interpretación de los fenómenos en términos de causa final, de proyecto. Las causas primeras se desvanecen ante las causas eficientes. El conocimiento se basará, de ahora en adelante, no en el discurso de Dios, sino en el discurso del hombre.

Los fenómenos que más fácilmente se prestan a la observación son los que involucran cambios espacio-temporales, como el movimiento de los astros o la caída de las piedras. Es aquí donde se buscan, y se encuentran, las leyes que rigen el Universo. Conclusión: Todo obedece a las leyes de la mecánica, y ni siquiera los seres vivos pueden escapar a esta ley. Se implanta así el Mecanicismo en la misma trama de la Naturaleza.

La estabilidad de las especies y la teoría del preformismo

El mecanicismo no es ajeno a la diversidad del mundo viviente y se preocupa de su clasificación. No fue ésta una labor fácil, ya que puesto que cada individuo es diferente de cualquier otro, una clasificación natural, es decir, aquélla que sigue fielmente a la Naturaleza, debería ramificarse hasta el infinito. Hay pues que buscar el denominador común, lo esencial de un conjunto de individuos. Y lo esencial de, por ejemplo, una planta es, para Linneo, lo que le viene conferido por la generación ininterrumpida del semejante. Por tanto, ha de recurrirse,

no sólo a las formas externas, sino a la permanencia de las estructuras a través de las generaciones. El concepto de especie es el corolario de la propiedad que tienen los seres vivos de engendrar al semejante. Además, la permanencia de las especies a través de las generaciones da un sentido al mundo. Asegura que el mundo que vemos hoy refleja el que fue instaurado inicialmente en la Creación.

Pero si las especies se reproducen por generación, ¿qué opina el mecanicismo de esta última? Por una parte asume sin escrúpulos la creencia en la generación espontánea, un prejuicio secular que proponía que la materia viva podía surgir a partir de la materia inerte. Se limita a sustituir las fuerzas ocultas que propugnaba el siglo XVI por las leyes del movimiento. En lo que respecta a la generación por los padres, el secreto parece esconderse en el líquido seminal. Y, al no admitirse ya los poderes misteriosos ni las virtudes creadoras, hay que quedarse sólo con las leyes del movimiento, las cuales parecen, por otra parte, insuficientes para organizar algo tan complicado como se percibe un embrión. Sólo queda una solución. Asumir que los gérmenes de todos los seres vivos, pasados, presentes y futuros, fueron formados en el momento de la creación. Se encontraban, bien en los espermatozoides, bien en los óvulos, encajados a modo de muñecas rusas, esperando el momento de ser activados por fecundación. El tamaño de cada muñeca disminuye a cada generación en la misma proporción que el adulto al huevo. Pero el germen del ser que ha de nacer dentro de mil años está tan bien formado como el del que verá la luz en nueve meses. Reducido a las leyes de la mecánica y privado de unas técnicas que se desarrollarían más tarde, el mecanicismo del siglo XVII, y parte del XVIII, acaba por relegar la formación del nuevo ser al dominio de las causas primeras de las que no quiere, ni puede, ocuparse. Con todo, el nuevo paradigma representa un cambio de modelo respecto al del siglo XVI. La generación del semejante no representa ya una creación aislada, sino que se inserta en un proyecto a largo plazo. Si todos los embriones de todas las especies fueron formados durante la Creación, no es necesario invocar una intervención externa en la generación de cada individuo. Nótese que la teoría de la preexistencia y del preformismo encaja perfectamente en el concepto de la inmutabilidad de la especie y reafirma

su significado. La especie se convierte así en esa colección de gérmenes, esa reserva de ejemplares fabricados sobre el mismo molde. La coherencia es tan grande, la solidez tan impactante que cualquier otra interpretación está destinada al fracaso. Ello a pesar de que la insuficiencia de la explicación vigente, en lo que respecta a los fenómenos de regeneración o a los imprevistos del acoplamiento, no escapa, sino más bien intriga, a las mentes de la segunda mitad del siglo XVIII.

Teorías Evolutivas

Lamarckismo

Vemos, pues, que hasta el siglo XVIII los seres vivos carecen de Historia. La generación de un ser consiste en una creación, ya sea individual o colectiva. Pero al final de este siglo el tiempo empieza a introducirse en los seres vivos. Los escritos de muchos pensadores ponen de manifiesto la existencia de una serie de cataclismos que han sacudido la Tierra, y estos deben haber influido sobre los seres vivos. Se hace, de pronto, posible que el mundo viviente haya podido ser diferente en el pasado, que los seres puedan cambiar y las especies transformarse. Surge, en definitiva, una corriente de pensamiento que se opone al fijismo de Linneo. En la transición del siglo XVIII al XIX, con Lamarck, se van a plasmar las inquietudes transformistas en una teoría unificada que, otorgando a la organización el poder de transformarse, hace derivar a los seres vivos los unos de los otros y liga su conjunto a una misma historia que da cuenta de su génesis sucesiva. Teoría rebosante de vitalismo y dominada aún por una idea de finalidad inherente al siglo XVIII (el mundo viviente no es sólo el mejor, sino el único posible). El mundo viviente se representa como una columna ascendente llena de armonía, cuya evolución está asegurada por propiedades inherentes a la materia viva. Pretendiendo escapar de los apremios religiosos, en coherencia con sus ideas materialistas, Lamarck termina por otorgar a la propia Naturaleza las mismas propiedades que eran antes atribuidas a una voluntad suprema. Sin embargo, la Naturaleza crea, pero no adapta. Es aquí donde Lamarck se ve obligado a hacer influir el medio sobre la herencia a través de necesidades, costumbres,

deseos y actos. Una vez que el organismo ha modificado, de esta manera, su organización, ésta se transmite a sus descendientes.

Darwinismo

Cuan diferente va a ser la teoría darwiniana, propuesta medio siglo más tarde por Darwin y Wallace. El mundo viviente que genera esta última es no sólo compatible con los archivos paleontológicos, esto es, los fósiles, sino con la distribución geográfica de las especies actuales. Toma ahora el aspecto de un árbol genealógico, con ramas muertas, enterradas en las entrañas de la Tierra, correspondientes a especies o grupos extintos, mientras que otras alcanzan la superficie del planeta, donde se renuevan sin cesar. La idea de necesidad, es decir, la idea lamarckiana de que exista una armonía entre los seres, es desterrada de la configuración del mundo viviente. La expansión de unos grupos y la extinción de otros nos hablan más bien de contingencia. La emergencia de un nuevo ser no es un hecho ineluctable, sino fortuito; es el resultado de la coincidencia de un conjunto de azares. Pero la necesidad no desaparece del todo, aunque cambia de estatuto. Porque, una vez que un grupo de individuos ha adquirido una mínima ventaja, conferida por un pequeño aumento en las posibilidades de supervivencia y de reproducción, se convertirá ineluctablemente en predominante. Debe entenderse que, en contra de la imagen de combates encarnizados o la victoria de los fuertes sobre los débiles, con que frecuentemente se adultera la teoría de la evolución para justificar desigualdades sociales o raciales, el factor que determina la expansión y la evolución de las especies en la Naturaleza es su tasa reproductiva y la limitación que el medio ambiente la impone.

Quizá el punto más llamativo de la teoría de la Evolución es su proposición acerca de la manera en que surgen las producciones de la naturaleza y se adaptan al medio ambiente. Para Lamarck, cuando surgía un nuevo ser ya estaba asignado, de antemano, a la cúpula de la columna ascendente de seres, dada la propiedad que él atribuía a lo viviente de perfeccionar siempre su organización. La dirección, si no la intención, precedían a la realización. Curiosamente, todavía existen filósofos, que se dicen de la Ciencia, pregonando este tipo de teorías arruinadas en su

misma raíz por una inmensidad de evidencias. Con Darwin los términos se invierten. La realización es anterior a todo juicio de valor sobre la calidad de lo realizado. Es sólo tras su nacimiento cuando los candidatos a la reproducción recibirán la sentencia inapelable de la selección natural. Se hace camino al andar. La evolución biológica no tiene meta alguna establecida por una voluntad externa. La evolución “avanza” por acumulación de pequeños cambios progresivos y utiliza mecanismos simples de ensayo y error. En suma, en su “The origin of species” Darwin propone que todos los seres vivos tienen un origen común y las diferencias entre ellos se deben a cambios surgidos al azar que se han mostrado ventajosos al ser sometidos al filtro de la selección natural, al filtro del ambiente.

Para la teoría de la Evolución, conceptos tan dispares como permanencia y variación, idéntico y diferente, determinismo y contingencia encuentran su punto de confluencia, su eje acimutal, en el proceso de reproducción y allí establecen su debate dialéctico. Porque, si bien a mediados del siglo XIX, la herencia es aún algo etéreo, tan intangible como el cerebro y el pensamiento en nuestros días, para la teoría de la evolución la novedad aparece gratuitamente en el curso de la reproducción. Y lo que es seleccionado se convierte en permanente, transmitiéndose por vía hereditaria. Y si la aparición de novedad no puede atribuirse a ninguna intención, sino que es extraída del reino del azar, su éxito o fracaso en la lucha por la supervivencia dependen exclusivamente de factores físicos, es decir, variables potencialmente cuantificables. ¿Por qué no, pues, convertir a la propia reproducción en objeto de análisis?

El cálculo de probabilidades y el nacimiento de la genética

Aunque Darwin nunca utilizó fórmulas, su modo de abordar el mundo viviente, estudiando el comportamiento de grandes poblaciones, le convierte en precursor del nuevo paradigma que impregnará la mayoría de las Ciencias modernas, del cambio de actitud que marca, más que ningún otro, el juicio del pensamiento científico moderno. De él nos darán fundada cuenta Boltzman y Gibbs al establecer las bases

de la termodinámica estadística y Mendel, el padre de la Genética. Los nuevos conocimientos, leyes o teorías, no provendrán ya del estudio de entidades aisladas sino de poblaciones de objetos, ya se trate de individuos o moléculas. Y estas leyes se cumplen plenamente en la medida en que el número de individuos es muy alto. En consecuencia, de ahora en adelante, serán las leyes de la estadística y el cálculo de probabilidades las que, sustituyendo al determinismo newtoniano y a la causalidad estricta, proveerán las reglas de la lógica del Universo. Las previsiones obtenidas a partir de estas leyes tienen carácter probabilístico y se verifican solamente en un entorno cuyos límites podemos definir con precisión. Se introduce no sólo la contingencia, sino la irreversibilidad en el mismo seno de la Naturaleza. Para la Biología, la irreversibilidad viene dada por el proceso de selección natural; para la Física por la segunda ley de la termodinámica.

La actitud de Mendel, representada por su investigación de la distribución de algunos caracteres hereditarios en grandes poblaciones, nos da nuevamente prueba de este giro conceptual. Los datos obtenidos por Mendel eran sometidos al análisis estadístico a fin de establecer sus relaciones. Estos números aparecían ahora en forma de relaciones simples, de las que podían extraerse una serie de generalizaciones que ahora conocemos como leyes de Mendel, aunque nunca fueron emitidas como tales por el monje agustino. Pero lo que sí distinguió Mendel es la diferencia entre el carácter y el "factor" que lo sostiene, factor que recibirá más adelante el nombre de gen. Pero, como sabemos, estas ideas fueron olvidadas. Para que la Genética llegara finalmente a constituirse será necesario que se transforme el estudio de la célula a finales del siglo XIX, se revele la existencia de cromosomas y su distribución durante los procesos de división celular que originan las células sexuales. Sólo una vez redescubiertas las leyes de Mendel, y correlacionado el movimiento de los cromosomas con la distribución de los caracteres se podrán ubicar los segundos en los primeros.

Sin embargo, el gen es algo abstracto. Cuando en Biología surge algún concepto abstracto el biólogo no se detiene hasta sustituirlo por unos elementos materiales, partículas o moléculas, como si una teoría

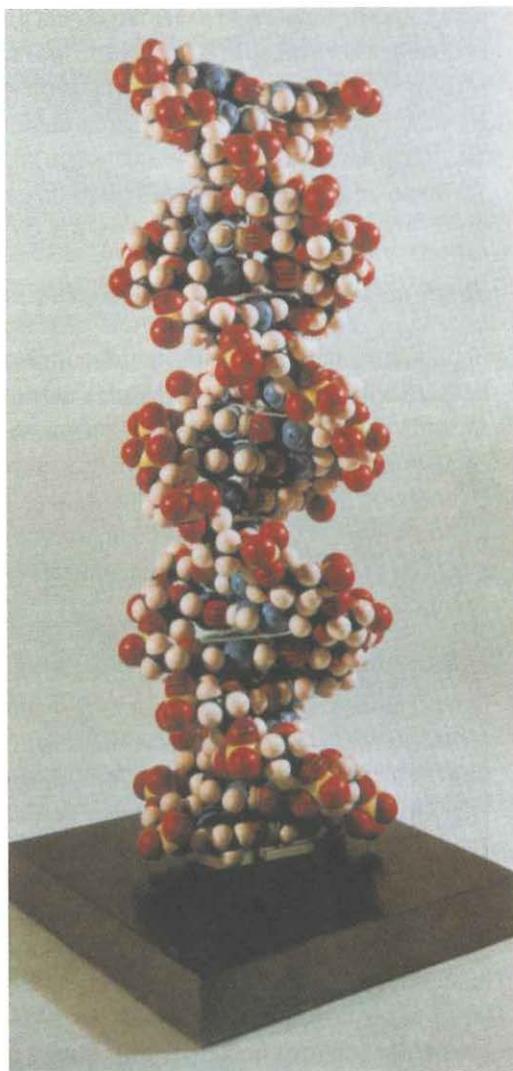
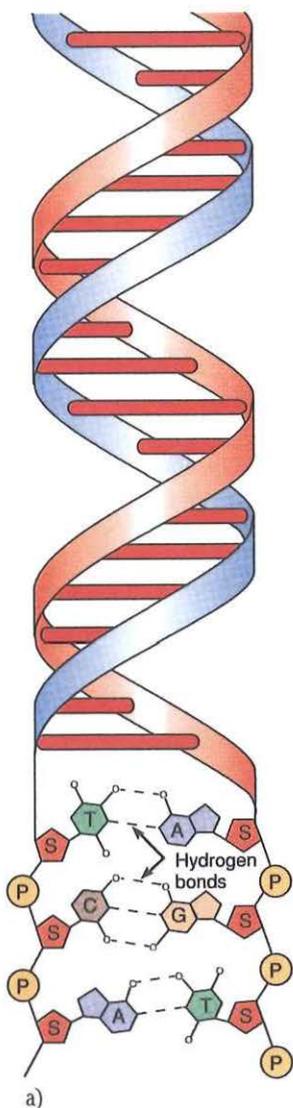
para subsistir hubiera de hacer referencia a algún modelo concreto. Pero la Genética será incapaz de encontrar por sí sólo ese modelo concreto. Será necesario que se alíe con otras dos ramas de la Biología, Microbiología y Bioquímica, que se desarrollaron durante la segunda mitad del siglo XIX. Nació así la Biología Molecular y con ella la sustitución del concepto abstracto de gen por el concepto concreto de molécula.

Bases moleculares de la Teoría de la Evolución

¿Cómo afectaría el nuevo orden impuesto por la Biología Molecular a la Teoría de la Evolución?. Antes del advenimiento de la primera, la segunda permanecía vulnerable mientras no se elaborara una teoría física de la herencia que rindiera cuenta, en términos moleculares, de la elaboración de lo idéntico y lo diferente en el curso de la reproducción; y ello a pesar de que el darwinismo aseguraba la coherencia epistemológica de la Biología, dándole así un lugar entre las ciencias del conocimiento objetivo.

Afortunadamente, la teoría física de la herencia, cuya consecución parecía casi quimérica hace 50 años fue finalmente conseguida. Esta es la aportación de la moderna Biología Molecular en relación no sólo a la estructura del material hereditario y la información de que es portador, sino también a los mecanismos moleculares de duplicación de dicha estructura y a la expresión morfogénica y fisiológica de dicha información.

De la conjunción de la Microbiología con la Bioquímica durante el primer cuarto del siglo XX nació el principio de la Unidad Química del mundo viviente, que indicaba que todos los seres vivos, desde las bacterias al hombre, estaban formados por los mismos tipos de polímeros (proteínas y ácidos nucleicos), los cuales estaban, a su vez, constituidos por un número finito de monómeros (20 aminoácidos para las proteínas y cuatro bases para los ácidos nucleicos). Es más, todos los seres vivos utilizan las mismas reacciones para la obtención, puesta en reserva y movilización de la energía y para la síntesis de sus constituyentes celulares.



a)

b)

Fig. 1. a) Representación estructural de la doble hélice de DNA mostrando el detalle de la formación de puentes de hidrógeno (hydrogen bonds) entre las bases de las dos bandas o fibras. b) Modelo espacial mostrando la configuración real de un pequeño segmento de una molécula de DNA.

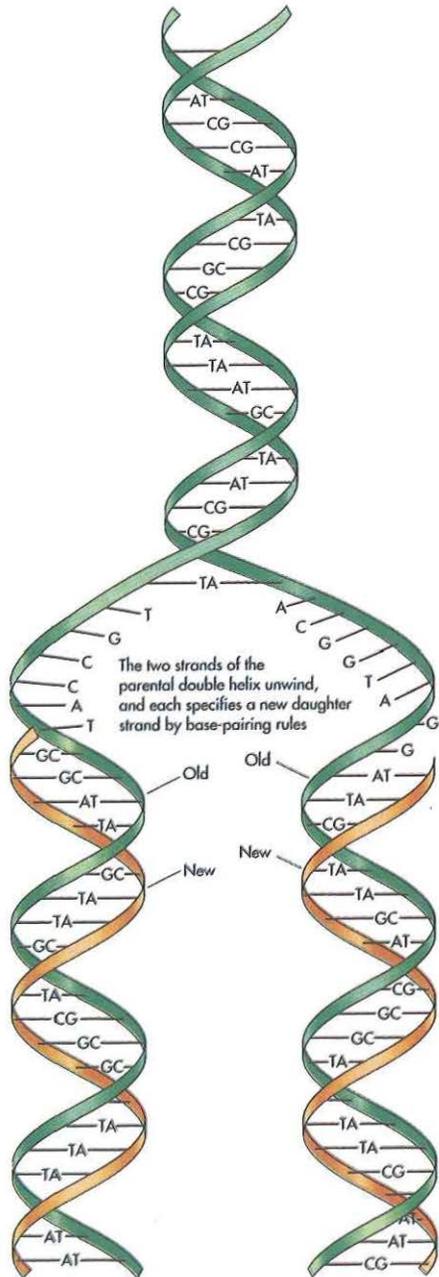


Fig. 2. Replicación semiconservativa del DNA. Formación de dos fibras hijas idénticas a la parental. "Las dos bandas de la doble hélice parental se desenrollan y cada una especifica una nueva banda hija por la regla del apareamiento de bases".

La década de los 80 ha sido pródiga en evidencias confirmatorias de esta unidad de lo viviente. A falta de fósiles celulares a los que interrogar, los biólogos han dirigido su atención a las moléculas biológicas, algunas de las cuales podrían conservar en su secuencia las huellas de su pasado. En efecto, cierta clase de ácido ribonucleico (RNA), la cual cambia muy lentamente durante la evolución, exhibe secuencias de radicales químicos (ribonucleótidos) que son comunes tanto al hombre como a las bacterias. Se trata de auténticas firmas notariales que se han mantenido indelebles durante 3500 a 4000 millones de años y que constituyen los estigmas de una ascendencia ancestral que se remonta al progenitor común de todo lo viviente.

Pero esta revelación de la “forma” universal de la química, esta componente conservadora de la Biología tan querida de los platónicos, parecía, por otra parte, hacer más paradójico aún el problema de la evolución. Si a nivel microscópico los constituyentes son los mismos, ¿cuál es la fuente de la prodigiosa diversidad macroscópica de los seres vivos? Y más aún, si los materiales básicos y las transformaciones químicas que experimentan son intercambiables, ¿cómo cada especie se mantiene invariante y diferente de cualquier otra a lo largo de las generaciones?

Poseemos hoy la clave. La invariante fundamental es el ácido desoxiribonucleico (DNA). Su identificación como molécula portadora de caracteres hereditarios fue uno de los descubrimientos más trascendentales de la Historia. Unos años más tarde, Watson y Crick desarrollaron un modelo que se ha visto confirmado totalmente. Tal es el modelo de la doble hélice, un símbolo ya familiar en la Biología y sociedad modernas (Fig. 1).

Existe en Biología una secuencia de acontecimientos que los biólogos han denominado, no sin cierta petulancia, dogma central de la Biología, y que comprende tanto la replicación invariante del DNA como su expresión en proteína, a través de un mensajero que es la molécula de RNA [(DNA \rightleftharpoons DNA) \rightarrow RNA \rightarrow Proteína].

El secreto de la replicación invariante del DNA reside en la complementariedad estereoquímica, no covalente, de tan sólo cuatro radicales

químicos repartidos y alineados a lo largo de las dos fibras asociadas en la molécula; en otras palabras, en la complementariedad de las bases. El modelo define su propia replicación invariante, asegura la producción de lo mismo por sí mismo. Para ello las fibras se separan en el espacio y cada una de ellas sirve de molde para la síntesis de la otra. Dicha síntesis ocurre por adición sucesiva de cuatro nucleótidos, de los cuales sólo uno, aquél que lleva la base complementaria, es elegido en cada etapa (Fig. 2).

¿Cómo se pone de manifiesto el mensaje genético? Las proteínas son los agentes encargados de ello. El descifrar la manera en que una información original o su mensaje fidedigno (RNA), escritos ambos con un alfabeto de cuatro letras (bases), se transcribe a una secuencia escrita con un alfabeto de 20 letras (aminoácidos) ha sido uno de los principales hallazgos de la década de los sesenta. Para realizar sus funciones la proteína se pliega originando una estructura tridimensional. Y de las varias miles de estructuras que le son accesibles es elegida la que es termodinámicamente más estable, la que posee menor energía libre. Y las proteínas son las responsables no sólo de los rasgos morfológicos del organismo, sino de sus realizaciones. Son los agentes teleonómicos, los ejecutores del programa inscrito en el material genético; en el DNA.

La replicación conforme y su expresión morfo genética. He aquí el sustento molecular de la componente conservadora del proceso evolutivo. He aquí el determinismo, la permanencia, la necesidad, que en su expresión más extrema conduce a fenómenos que, a la luz de la física moderna, se nos antojan más paradójicos que la propia evolución: la prodigiosa estabilidad de ciertos animales, como la lígula, que han sabido reproducirse sin modificaciones apreciables desde centenas de millones de años.

¿Cuál es, entonces, la fuente molecular de variación? Durante el proceso de replicación se producen modificaciones en la secuencia del DNA, conocidas como mutaciones, las cuales se expresan en las proteínas correspondientes dada la fidelidad del mecanismo traductor. Las mutaciones son a menudo perjudiciales. Sin embargo, a veces suponen una ventaja selectiva para el individuo que las sufre, con lo que prevalecerá su descendencia sobre la de la estirpe primitiva.

Estas alteraciones, cuya existencia es no sólo compatible, sino predecible, por la física cuántica, no pueden ser orientadas en una dirección precisa, ni por el medio, ni por ningún constituyente celular; son accidentales, ocurren al azar. El texto genético no recibe lecciones de la experiencia, ni de los deseos, ni del medio ambiente, tal como proponía Lamarck. Y ya que, junto con otros acontecimientos que contribuyen a mezclar programas genéticos (dispersión del programa en fragmentos o cromosomas, recombinación entre los mismos, etc.), los cuales ocurren así mismo al azar, constituyen la única fuente básica de modificaciones en el texto genético, único depositario de las estructuras hereditarias del organismo, se deduce que sólo el azar está en el origen de toda novedad en la biosfera. Esta es la única hipótesis concebible como única compatible con los hechos de observación y de experiencia. Inmensas posibilidades son ofrecidas por el azar a los programas genéticos; sólo aquéllas que resultan coherentes con los programas ya existentes son aceptadas. La intuición de Demócrito de Abdera, aquel filósofo residente en una colonia jónica al norte de Grecia, cristalizada, hace más de XX siglos, en su célebre frase “Todo lo que existe en el Universo es fruto del azar y la necesidad” ha recibido el espaldarazo de la Biología Molecular. Es la combinación del azar (mutación) y la necesidad (replicación conforme) lo que rinde cuenta tanto de la variedad y como de la estabilidad de los seres vivos.

El impacto social de la Teoría de la Evolución

El Hombre destila proyectos, rezuma planificación. No admite que el curso de la Historia, incluida su propia historia evolutiva, se deba al azar. Desean verla dirigida por la conciencia de una finalidad fuera de la cual el mundo y el hombre pierden todo significado. El hombre rechaza ser un aventurero cósmico dispensable, un pasajero inadvertido. Por ello debe inventar mitos que le permitan hacer descifrable la Naturaleza y le consagren como su rey absoluto, debe dotarla de un alma tan activa y proyectiva como la suya propia a fin de hacerla inteligible. Esta tendencia, innata a juzgar por la universalidad de su ocurrencia, ha dado origen

a los grandes sistemas filosóficos y a las grandes religiones, todas las cuales proponen la existencia de un Principio Teleonómico inicial que crea y protege la formación del semejante y guía su ontogenia (religiones) o bien dotan a la materia de un poder que la conduce *necesariamente* a elaborar el cerebro pensante, dueño absoluto del cosmos, no importa cuantas veces deba antes nacer y perecer el Universo (materialismo dialéctico). Hace trescientos años, con la formulación del principio de inercia por Descartes y Galileo, nació otra vía más auténtica de conocimiento que trata de buscar de una manera más lenta y dolorosa, pero también más segura, el significado de las cosas. Para ello emplea simplemente la confrontación sistemática de lógica y experiencia y se atiene con todo rigor al postulado de objetividad de la naturaleza. Joven aún cuando se la compara con tradiciones varias veces milenarias, pero provista de una confianza ilimitada y una arrogancia puritana, pugna por abrirse camino en las sociedades modernas a las que ha dotado de poderes con los que nunca habían soñado. Con respecto a los seres vivos y a su formación, la Ciencia propone la hipótesis inversa. La teleonomía y la ontogenia son manifestaciones de la Invariancia (replicación conforme del DNA), única propiedad considerada como primaria. Es este principio, tan austero como sobrio, lo que produce su rechazo por las almas, lo que asusta al hombre, lo que retrasará muchos años, siglos tal vez, su aceptación como fundamento de una ética en la que los valores no se impongan al hombre, sino que éste, utilizando su libre albedrío, los elija y, al elegirlos, no los confunda, sino que los diferencie clara y explícitamente de los juicios de conocimiento. Es cierto que la actual confusión de juicios de conocimiento y de valor, mezclados permanentemente en el discurso político, aunque no sólo en él, atenaza a las sociedades modernas y perturba al hombre, que, si no es consciente, al menos intuye las contradicciones de un sistema al cual debe, finalmente, rendirse para sobrevivir; confusión que es fuente permanente de rebeldía de las almas jóvenes. Y, sin embargo, el hombre se aferra aún a esta situación porque no está preparado para enfrentarse a la fría soledad que "presiente" fuera de esta alianza ancestral; teme asumir el papel de único e irrecusable testigo de su propia evolución. Tal vez sea esta la razón por la que no se enseña darwinismo en la enseñanza secundaria.

No deja de resultar curioso que la Ciencia naciese en Occidente, precisamente en una época en donde el poder eclesiástico, opuesto generalmente a toda innovación de pensamiento, dictaba reglas y las hacía cumplir. Se estima que ello fue debido a la separación que estableció el cristianismo entre lo sagrado y lo profano. En el budismo, donde el concepto de profano no existe y todo pertenece al dominio de lo sagrado, sería impensable un movimiento que preconizara la objetividad de la Naturaleza. Oriente hubo de heredar el método científico de Occidente.

Mientras este principio, el de objetividad de la Naturaleza, se aplicara al mundo inanimado podía ser permitido, aunque no sin resistencia por parte del "status", ni dolor por la de los científicos que hubieron de soportar los rigores de la justicia eclesiástica. Que los movimientos de los cuerpos celestes no estuvieran dirigidos por ángeles, que la contingencia reinara en los cielos y en las cosas, podía al fin y al cabo permitirse. ¡Pero que incluyera al propio rey de la creación!

Este concepto, el de que nosotros somos fruto del azar, es para el Hombre, la más impactante consecuencia de la teoría de la Evolución. Desde su formulación por Darwin y Wallace, no fue la transformación de las especies, ni el posible parentesco del hombre con el mono lo que provocó el rechazo de la teoría por parte de abundantes grupos sociales, sino la destrucción radical de la ilusión antropocéntrica. Fue la exorcización de la idea del hombre como rey de la creación, como producto final *necesario* de una evolución dirigida, como el heredero, por siempre esperado, del Universo. Fue la introducción del postulado de objetividad en la misma trama del mundo viviente, incluido el cerebro pensante. Organos tan maravillosamente adaptados como el ojo o la mano del hombre, cuyo diseño había proporcionado al teólogo inglés William Paley poderosos argumentos en favor de la existencia de un poder supremo, parecían ahora producto de una evolución sin meta alguna. ¿Qué significado puede tener evolución, progreso, perfeccionamiento, si no existe meta adonde ir? ¿Habría que aceptar que el relojero supremo que invocaba Paley es ciego?

Y sin embargo, la Biología parece ofrecer los ejemplos más llamativos de la existencia de proyectos en la Naturaleza. Por una parte, aún

admitiendo que la evolución de los seres vivos hubiera procedido tal como predice la Teoría, ¿no parecen éstos, en su conjunto, cumplir un proyecto con una finalidad clara, la de perfeccionar sus estructuras y sus realizaciones, a lo largo de los milenios? Es más, ¿no parecen los seres vivos, desde su concepción hasta su muerte, cumplir un proyecto que se repite hasta la saciedad? ¿No existe una flagrante contradicción epistemológica entre estas evidencias que la objetividad nos obliga a reconocer y el postulado de objetividad de la Naturaleza que impide la interpretación de los fenómenos en términos de proyecto? La respuesta es no. Efectivamente, los seres vivos cumplen un proyecto. Pero es un proyecto cuyos planos arquitectónicos se encuentran en las estructuras hereditarias del propio organismo. Es un proyecto prescrito por la herencia, grabado “a sangre y fuego” en su material genético. La ejecución minuciosa de este proyecto sustituye a la intención de una psique. Así, con el concepto de programa genético, la contradicción epistemológica deja de ser real para convertirse en aparente. No es necesario invocar ninguna inteligencia que haya concebido el diseño, ni su ejecución; ninguna voluntad que haya decidido su finalidad. Esta finalidad es preparar nuevos programas para la siguiente generación. Es reproducirse.

Y si la emergencia y la historia de un ser vivo puede equipararse al desarrollo de un programa, la Evolución del mundo viviente se reduce a la Historia de los programas. Los términos progreso y perfeccionamiento aplicados a la Evolución son antropomorfismos poco útiles. Además, la Evolución avanza por caminos tortuosos, no va nunca al grano. Actúa como un aprendiz poco habilidoso, evoca a un cacharrero. Otros criterios, como la adaptación al medio son igualmente poco operativos. Se encuentra tan bien adaptada la levadura a la cerveza como el hombre a su entorno. Tal vez lo que caracteriza la evolución de los seres vivos es su tendencia a aumentar la interacción con el medio ambiente. En los organismos unicelulares el programa genético es rígido; poseen unos receptores que responden a estímulos, unos circuitos que conducen la información hasta el DNA. La respuesta, generalmente en forma de síntesis de proteína, es automática y predeterminada. Los mamíferos, en cambio, poseen infinitamente más receptores y la respuesta es impredecible. Han aumentado no sólo sus vías de interacción con el medio ambiente sino

también la complejidad de sus circuitos internos y, por tanto, su capacidad de respuesta. La ejecución del programa genético es menos rígida, se ha flexibilizado. Y ¿qué podía esperarse de los reos de la selección natural que la de ser seleccionados en virtud, no sólo de la adecuación intrínseca de su programa al medio, sino también de la flexibilidad de sus relaciones con dicho medio, de la flexibilidad de sus respuestas a ese juez ejecutor que es la selección natural? ¿No representa esta expansión del programa, tanto como su rapidez de copia, una mejora en las posibilidades de supervivencia? ¿No llegaremos a la conclusión de que la propia Evolución, este aparente progreso, es una necesidad termodinámica?

La frontera de los orígenes y el egoísmo del gen

Vemos que la explicación a las paradojas de la Evolución reside, una y otra vez, en la ciega tendencia de los reproductores a reproducirse más y mejor. Es de esta idea de donde ha surgido el concepto de gen egoísta. Todo reproductor que haya sobrevivido durante centenas de millones de años debe poseer la calidad de egoísta, es decir, la capacidad de producir copias de sí mismo más rápidamente que otras variedades rivales, aún a expensas de acabar con estas últimas.

No sabemos si anteriormente al DNA ha existido alguna molécula con las características de un reproductor. Se habla de arcillas capaces de replicarse. Más plausible parece un mundo de RNA. Sin embargo, sea un usurpador o no, la única molécula reproductora digna de mención en la actualidad es el DNA. Es el material genético de todos los seres vivientes actuales. Se supone que surgió por azar, por polimerización de monómeros orgánicos, sintetizados espontáneamente a partir de compuestos inorgánicos reducidos en las condiciones existentes en nuestro planeta poco después de su nacimiento, hace 4500 millones de años. Tiempo hubo para que se acumularan en las aguas de los océanos primitivos formando una especie de sopa orgánica. Hace ya algún tiempo que esta síntesis prebiótica de materia orgánica ha dejado de ser un enigma para la Ciencia, ya que en los laboratorios pueden sintetizarse los sillares estructurales básicos de las moléculas biológicas (aminoácidos, bases,

etc.) simulando las condiciones de la Tierra primitiva. El tema de la polimerización de los monómeros en un ambiente acuoso así como la formación de las primeras células presenta más dificultades, que confío serán finalmente resueltas. Pero volvamos a nuestra historia. Una vez surgido, el nuevo reproductor debería, por definición, poseer la capacidad de hacer copias de sí mismo utilizando los monómeros presentes en grandes concentraciones en la sopa orgánica marina, si bien, dado su carácter primitivo, los errores en las copias serían frecuentes. Estos errores podían dar lugar a variedades cuyas capacidades reproductivas estuviesen disminuidas, pero también, ocasionalmente, a variedades más prolíficas. Con el tiempo los monómeros comenzaron a escasear y comenzó una batalla por la supervivencia entre las diferentes variedades de reproductores en el sentido de que sólo aquellas más estables o longevas y sobre todo, las más prolíficas y con mayor fidelidad de copia terminarían siendo las más numerosas. Se trataba de una batalla sin intrigas, ni rencor; sin sentimiento alguno. Ellos no sabían que estaban luchando, ni se preocupaban de ello. Pero iniciaron un proceso unidireccional, irreversible, con una única finalidad: hacer copias de sí mismos, perpetuar los programas genéticos. La memoria genética había nacido y, con ella, la vida. Estos programas poseían la capacidad inherente, prevista por la propia mecánica cuántica, de alterar su estructura al azar al replicarse. Y también de aumentar su tamaño mediante fusión aleatoria con otros congéneres. Y así, extrayendo del ruido del azar sólo las notas más adaptadas a la sinfonía naciente, se emprendió un camino imprevisible de complicación.

Con el tiempo algunos reproductores pudieron “aprender” a (adquirir la capacidad de) desestabilizar moléculas rivales y utilizar sus monómeros para sintetizar copias de sí mismos. Otros reproductores, para defenderse, podrían haber construido cubiertas que les aislaban parcialmente del mundo exterior. Tal vez fue el origen de las primeras células. Los reproductores habían aprendido no sólo a sobrevivir sino a construirse. De los muchos caminos posibles, habían “elegido” el de construir máquinas de supervivencia. Lo cierto es que este camino pareció encontrarse con el éxito. De ahora en adelante la evolución no haría más que aumentar la complejidad de las máquinas de supervivencia que se hicieron más grandes y elaboradas.

Pero sí, a juzgar por su origen y por su historia, estos primeros reproductores eran maestros en el arte de replicarse, ¿dónde se encuentran ahora? Richard Dawkins, autor del libro "El gen egoísta", lo ha definido perfectamente. "No murieron porque eran maestros en el arte de la supervivencia. Pero ya no se les puede buscar flotando libremente en el mar; ellos renunciaron a esa desenvuelta libertad hace mucho tiempo. Ahora abundan en grandes colonias, a salvo dentro de gigantescos y lerdos robots, encerrados y protegidos del mundo exterior, comunicándose con él por medio de rutas indirectas y tortuosas, manipulándolo por control remoto. Se encuentran en ustedes y en mí; ellos nos crearon, cuerpo y mente, y su preservación es la razón última de nuestra existencia. Ahora se les conoce con el nombre de genes y nosotros somos sus máquinas de supervivencia".

Lo fundamental, el egoísmo del gen, no ha cambiado, aunque sí la mecánica de su manifestación. Las espirales inmortales saltan ahora de un cuerpo a otro; de los padres a los hijos, y de estos a los nietos, y así sucesivamente. Su supervivencia depende ahora de la eficiencia de las máquinas que ellos construyen. Unas máquinas son eficientes en el mar, otras en el aire, otras en el bosque, etc. Pero todas las realizaciones de las máquinas de supervivencia están ciegamente dirigidas hacia un mismo fin: el de reproducirse. No puede esperarse que un gen, o conjunto de genes, que construya una máquina con escasas posibilidades de reproducirse, no importa por qué motivo, perdure en descendencia alguna. Cada vez que han surgido han sido, de inmediato, eliminados en la competición por los rivales que construían cuerpos mejor dotados. Nuevamente, la selección natural es juez automático e inapelable. Y, a este respecto, los reproductores no son más conscientes que antes. Los genes que nos construyeron, dice Dawkins, son incapaces de hacer proyectos o simulaciones; no planifican. Simplemente existen, unos con mayores probabilidades de supervivencia que otros.

Los seres vivos somos egoístas porque nuestros genes lo son, y así lo manifestamos al comportarnos de manera que aumentamos nuestro bienestar (es decir, posibilidades de supervivencia, aunque nos parezcan insignificantes) a expensas del de otros individuos. Los actos

aparentemente altruistas, es decir, los que producen el efecto contrario, son, a menudo, actos egoístas disfrazados. A esta regla parece escapar el comportamiento auténticamente altruista de los padres con los hijos. Pero esta excepción está igualmente justificada por la ley fundamental del egoísmo de los genes. Porque, ¿cuántas copias potenciales de todos y cada uno de sus genes habrá salvado una perdiz que haya dado la vida por una prole de doce individuos atrayendo hacia sí misma la atención de un depredador? Se conoce la respuesta: Seis en promedio. El aparente perjuicio queda sobradamente compensado.

El egoísmo de los genes no es, en modo alguno, una cuestión de academicismo vulgar. Una de las predicciones de la teoría del gen egoísta es que, a menos que la evolución haya inventado algo para evitarlo, dentro de la célula debe existir DNA parásito, un tipo de DNA que no coopera a la construcción de los cuerpos, un DNA sin otra función que la de reproducirse. Pues bien, casi todos los seres vivos superiores poseen cantidades ingentes de DNA que no codifica para proteínas y que parece constituir una carga genética, en el sentido de que es un auténtico parásito que utiliza el medio ambiente creado por los genes "obreros" para reproducirse. Ciertos peces y anfibios poseen 25 veces más DNA que cualquier especie de mamífero a pesar de ser mucho menos flexibles en sus relaciones con el exterior. Incluso especies relacionadas varían en su contenido en DNA por un factor de cinco a diez. Actualmente se conoce la estructura química de varios de estos agentes (transposones, satélites, pseudogenes, etc.) y en ciertos casos sus bizarros mecanismos de replicación y transposición de un lugar del genoma a otro. No escapa a los biólogos modernos que una expansión incontrolada de este DNA parásito debería resultar en la extinción del genotipo que lo soporta dado el coste energético que su replicación acarrea. Y nada está en contra de que ésta haya sido la causa de la extinción de algunas especies en la Naturaleza.

¿Se extiende este egoísmo de los genes y sus máquinas de supervivencia a los humanos? Por mi parte, no lo dudo. Sin embargo los humanos poseemos, superpuesta a la componente genética, una componente cultural ausente en animales. Esta componente nos dice que si queremos construir una sociedad en donde impere el altruismo y la cooperación al

bien común, no podemos esperar mucha ayuda de nuestros genes, de nuestro instinto básico. Nuestra solución está no sólo en enseñar generosidad y altruismo, sino en establecer unas reglas de juego en donde el egoísmo exacerbado esté desterrado. Las instituciones intrínsecamente altruistas y sin regulación externa constituyen el mejor caldo de cultivo para la proliferación, no ya sólo de los individuos, sino de los grupos, egoístas. No tienen más que echar una mirada a nuestra Universidad de Extremadura y a su reciente historia, sobre todo a partir de la promulgación de la Ley de Reforma Universitaria. Y este no es el único ejemplo de institución altruista en nuestra Región. Y si no se pone freno a la codicia de sus miembros su extinción se convierte en una necesidad termodinámica, como la de las especies de que acabamos de hablar. Ello, con la carga adicional que supone la proliferación temporal de los grupos o individuos más egoístas a expensas de los altruistas durante el periodo, generalmente largo, de deterioro.

La otra frontera: El cerebro

Si la aparición de memoria genética en forma de radicales químicos unidos covalentemente, capaces de realizar copias de sí mismos, es decir, capaces de replicarse, marcó el paso de la evolución química a la biológica, la aparición de la memoria cerebral, combinada con la capacidad de transmitir a otros congéneres ideas mediante el lenguaje simbólico, señaló el inicio de la evolución cultural. El Hombre es único entre las especies biológicas en razón de esa dualidad, biológica y cultural, que le da poder sobre el resto del Universo pero que desgarrar su interior al exigirle una explicación sobre el sentido de su propia existencia.

Es admitido que en los animales, al menos entre los mamíferos, existe un grado de memoria, que pueden simular situaciones y expresar con su conducta estados anímicos, pero todas las combinaciones de "ideas" que se fragúan en sus cerebros, cuya naturaleza nos es por otra parte desconocida, mueren con ellos. Pero el día que un simio antropomorfo, dígase X-ántropo, consiguió transmitir una idea mediante un lenguaje primitivo, la idea no murió con él; se extendió a otros cerebros y se

inició un nuevo tipo de evolución: la Evolución cultural. Era tal el poder otorgado por la capacidad de intercambiar simulaciones que la presión de selección tomó necesariamente un nuevo rumbo: la de favorecer la construcción de cerebros mejor dotados, no sólo en cuanto a la generación de ideas sino capaces de transmitir las con el lenguaje. De ahí la extremada rapidez en la evolución en los cráneos fósiles de hace algo más de dos millones de años ya que debieron acomodar el incremento del cortex necesario para el aumento de la capacidad intelectual y para la mejora del mecanismo que explicitaba las operaciones transmitiéndolas a los miembros del grupo, esto es, del lenguaje. Es posible que la evolución cultural estuviese durante mucho tiempo constreñida por la evolución genética que le proporcionaba el soporte material que la posibilitaba. Pero hubo de llegar un momento en que alguna propiedad emergente del cerebro permitiera su completa disociación de la del genoma, su liberación. Se inició así una nueva evolución independiente: la de las ideas.

Se ha recalcado en varias ocasiones la tentación que para un biólogo supone comparar las evoluciones cultural y biológica. Las ideas poseen propiedades parecidas a los seres vivos: se transmiten intactas (formación del semejante) o alteradas (mutación); al igual que los genes, se fusionan, recombinan y segregan; mueren como los grupos biológicos a los que la evolución conduce a un callejón sin salida. Y como ocurre en la biosfera, nuevamente es la reproducción la que se encuentra en la encrucijada de su evolución. A nivel de sociedades culturales la semejanza se mantiene. Fusión de culturas es comparable a fusión de gametos; y al igual que los gametos transmiten genes a la siguiente generación, la Universidad transmite cultura. En este sentido bien podemos identificarnos con la línea germinal de la Evolución cultural.

La atracción que para los biólogos ejerce el mundo de las ideas y la posible aplicación del darwinismo a su evolución ha conducido a hipótesis llamativas. Las ideas parecen constituir un nuevo replicador, surgido recientemente en el caldo de cultivo de la cultura humana. Incluso se ha acuñado un nombre para la unidad de transmisión cultural. La raíz griega "mimeme", que denota imitación, se ha abreviado para acercarla onomatopéyicamente a la unidad de transmisión hereditaria o gen: la resultante

es el mem. Los memes saltan de unos cerebros a otros, así como los genes pasan de unos cuerpos a otros. Cuando los profesores damos clase estamos transplantando memes extraídos de libros a los cerebros de nuestros alumnos; los políticos universitarios llevan ya varios años transmitiendo el mem Universidad-Sociedad a la sociedad que debe financiarlos. Un ejemplo de mem, al que se recurre usualmente, por resultar demostrativo, son los fragmentos de canciones que ocupan los primeros puestos en los *hit parades*, ya que se transmiten a millones de cerebros y allí subsisten en forma de copias.

Al igual que los genes, no todos los memes tienen el mismo valor de supervivencia y, por tanto, es de esperar que compitan para ocupar un sitio en los cerebros. Y no todos tienen el mismo éxito. El valor de penetración de una idea depende, en parte, de la modificación de conducta y ventajas subsecuentes que confiere al grupo que la asume (mayor cohesión, por ejemplo); la proliferación del grupo asegurará la expansión de la idea. Debe entenderse que la aceptación de una idea, no importa lo democráticamente que sea impuesta, no tiene que ver nada con la porción de verdad objetiva que conlleve. A veces ocurre al contrario, no sólo en la sociedad sino, con mayor frecuencia aún, en la Universidad, en donde el conocimiento objetivo debería constituir el valor supremo.

El poder de invasión de una idea depende también de ciertas categorías innatas del cerebro que sólo un estudio detallado del mismo podrá algún día desvelar. Finalmente, las ideas preexistentes determinan también el grado de invasión de las nuevas. En este momento estoy transplantando ideas a sus cerebros con la intención de que queden grabadas en los mismos. Pero sería incapaz de decir si lo hago movido por la atracción psicológica que estas ideas ejercen sobre el mío y al hacerlo me obligan concomitantemente a propagarlas o existe otro motivo más escondido. En todo caso no puedo esperar que ejerzan el mismo grado de atracción en el cerebro de cada uno de mis oyentes o lectores, ni que, en consecuencia, todos estén, como yo, estén dispuestos a aceptarlas. Nuevamente, al igual que en la evolución biológica, la coherencia o compatibilidad con otros memes preexistentes determinará el grado de aceptación.

El problema es, pues, difícil. Tanto, que nadie ha propuesto, que yo sepa, una teoría de selección de ideas.

Algunos memes merecen una consideración muy especial. Entre ellos, destaca el mem Dios, un mem universal. Revelado o no, según diferentes opiniones, debió nacer en los albores de la evolución del hombre, en la infancia de la Humanidad. Lo que parece cierto es que debió apaciguar su ansiedad al satisfacer la necesidad de explicación exigida por la componente cultural emergente. Posteriormente, ha sido implantado en los cerebros jóvenes generación tras generación. Le acompaña, casi siempre, el mem para creer en la vida después de la muerte. Y también el mem fe, el mem para creer a ciegas, sin exigir pruebas. Los tres se complementan y se potencian. El mem fe puede, bajo circunstancias especiales, convertirse en peligroso. Tanto, que puede ser la causa de que un infiel sea quemado en la hoguera, de que un niño de 13 años sea acribillado a balazos por un fundamentalista en El Cairo, un guardia civil muerto de un tiro en la nuca en un bar en Mondragón, o una niña dejada morir por impedirse una transfusión de sangre.

Otro mem que merece una consideración especial, por su posible relación con el cerebro, es el mem alma. Se define generalmente como una entidad immaterial que contiene la esencia del ser humano (y, según algunos filósofos, de los animales) y pervive, generalmente, tras su muerte. Casi tan universal como el mem Dios, es transmitido por las enseñanzas de casi todas las religiones, aunque los detalles de su destino tras abandonar el cuerpo difieren, dependiendo del tipo de Revelación considerado. El punto central es que para la mayoría de los mortales, el alma no es una metáfora, existe literalmente.

Para algunas personas, sin embargo, la creencia en un alma espiritual es un mito. Piensan que, para explicar las operaciones de la conciencia, no se necesitan otras leyes que las conocidas por la Ciencia actual. Piensan que, efectivamente, sin el conocimiento de estas leyes, la invención del mito alma es más que probable. Pero, el avance de la Ciencia, hace que esta explicación secular, se haya convertido en inaceptable, en tanto que dogmática, de la misma manera que la Fuerza Vital que explicaba la vida, fue cuestionada (y, finalmente, descartada) hace más de cien años.

Francis Crick, premio Nobel por su contribución con Jim Watson a la elucidación de la estructura del DNA, ha lanzado explícitamente el reto al publicar en la primavera del presente año su libro: "The astonishing hypothesis: the scientific search for the soul" (La Hipótesis Sorprendente: la búsqueda científica del alma). Tal hipótesis propone que, "Tu, tus alegrías y tus penas, tus recuerdos y tus ambiciones, tu sentido de la identidad personal y tu libre albedrío, no son más que la conducta de un elevado número de células nerviosas ensambladas y de las moléculas que las constituyen". Crick escoge el proceso visual como paradigma de otros procesos mentales y describe la visión en términos de *correlación* de las diferentes facetas del proceso con la actividad de ciertos grupos de neuronas. Hoy se sabe que la información visual es procesada activamente por el cerebro en una forma semijerárquica, sólo parcialmente entendida. Diversos procesadores especializados e independientes responden separadamente a la forma, movimiento, profundidad, color, etc. de los objetos y es, por tanto, el proceso de integración el que aúna todas estas informaciones para dar percepciones vívidas. El mecanismo neuronal de *atención* puede ser central al proceso global. En todo caso, lo que ven nuestros cerebros no es el mundo real sino una interpretación simbólica del mismo que nos permite sobrevivir en él, haciendo de lo que llega a nuestra retina la mejor interpretación posible según experiencias pasadas, tanto genéticas como adquiridas. No olvidemos que nuestros cerebros han sido construídos por nuestros genes y, como decía R. Dawkins, educados como máquinas de memes.

Es cierto que si del proceso de la visión se sabe poco, otros aspectos del alma como las operaciones matemáticas, incluida la resolución de problemas, imaginación visual, respuesta a la estética del arte, placer en la interacción con la naturaleza, experiencias religiosas, enamoramiento, conciencia del yo, etc., son aún más misteriosos. Pero el reto está lanzado. La Hipótesis Sorprendente (tal vez escalofriante) que postula una *correlación* entre la actividad neuronal y las actividades anímicas está empezando a dar sus primeros frutos. Unos frutos aún escasos, cuya penosa y lenta maduración evoca el jadeante progreso del conocimiento sobre los misteriosos fenómenos de la herencia al final del siglo XIX. Pero se estima que, una vez conocido el proceso de la visión, se podrán formular nuevas

hipótesis y otros procesos más complicados podrán hacerse más accesibles al análisis. Si la hipótesis se define como correcta, dentro de un siglo, a lo sumo, la humanidad tendrá una imagen más acertada de los mecanismos que subyacen a la intuición, creatividad y placer estético, por ejemplo. Es cierto que no existe hipótesis para explicar la conciencia, el porqué el rojo es rojo, o porqué duele el dolor. Pero es posible que surjan algunas durante el asalto que se avecina.

Debo terminar. Soy hombre de Ciencia y como tal he hablado. Reitero que cuando enseño, no debo, ni puedo, preocuparme más que de las causas eficientes y olvidarme de las causas primeras. Algún día conoceremos mejor el origen de la vida, tendremos una imagen más completa de nuestra propia evolución, percibiremos fenómenos de la conciencia en función de intrincadas conexiones neuronales y quien sabe si captaremos la propia naturaleza del dolor o si describiremos en términos de la física y de la química un sentimiento, un recuerdo. ¿Hasta donde será el sistema lógico capaz de describirse a sí mismo y captar su intimidad? ¿Qué nuevas hipótesis, qué nuevos misterios se prestarán, entonces, al abordaje de la Ciencia? ¿Continuarán unos hombres interrogando a la Naturaleza acerca de problemas que otros hombres atribuirán a la existencia de una causa primera? Y si este proceso no cesa en su empuje, ¿llegará esa Causa Primera a convertirse en causa eficiente, en objeto de la propia Ciencia? Si la profundidad de mi ascendencia cósmica sobrecoge mi alma, la luminosidad de mi presente se disipa en el inmediato futuro, antes de que pueda tan siquiera vislumbrar una contestación al más simple de estos interrogantes. Pero algo en mi interior me obliga a hacer camino.

