

APROXIMACION A LOS PROBLEMAS  
EPISTEMOLOGICOS  
DESDE LA BIOLOGIA ACTUAL

ANTONIO PREVOSTI

CATEDRATICO DE GENÉTICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS  
DE LA UNIVERSIDAD DE BARCELONA

## *Introducción*

Actualmente se ha llegado a una concepción científica bastante clara de lo que es la vida. Según esta concepción la vida es un proceso que se desarrolla en el espacio y en el tiempo y, en el cual, se recopila información. Este proceso se desarrolla mediante una serie de unidades individualizadas, los sistemas vivientes, que tienen la facultad de reproducirse formando réplicas parecidas, pero no idénticas, a sí mismas. Estas unidades contienen la información recopilada en el linaje biológico al que pertenecen y lo utilizan para la autoconservación y para la conservación de su linaje. Esto lo realizan explotando y respondiendo adecuadamente a las circunstancias, al ambiente, con que se encuentran. La recopilación de información se realiza en el proceso de reproducción casi idéntica, mediante un mecanismo de tanteo.

## *La información genética*

Cuando no se diga explícitamente lo contrario, nos referiremos a los animales superiores, puesto que desde un punto de vista biológico, el hombre se sitúa entre ellos. No obstante, conviene indicar que los aspectos más fundamentales de lo que se dirá son válidos para cualquier sistema viviente. La facultad de portar, transmitir, recopilar y actualizar la información, se basa en principios, mecanismos y utilización de materiales, que son comunes a todos los sistemas vivientes.

## *En qué consiste y cómo se utiliza la información genética*

A la información que portan los sistemas vivientes se le suele llamar información genética, porque la recibe cada individuo, en su origen, de sus progenitores y le sirve para ir desarrollando las propiedades moleculares, estructurales, fisiológicas, morfológicas y de comportamiento propias de su especie. En los organismos superiores el individuo se inicia en el huevo fecundado. El núcleo de éste contiene dicha información, la cual durante el desarrollo se va materialmente traduciendo para ser utilizada en la construcción del nuevo individuo, con todos sus caracteres y propiedades.

En los cromosomas del núcleo se encuentra la sustancia química por-

tadora de la información. Se trata del ácido desoxirribonucleico (ADN), que es una sustancia polímera formada por unidades semejantes, los nucleótidos. Cada uno de éstos está constituido por una molécula de ácido fosfórico, un azúcar del grupo de las pentosas (la desoxirribosa) y una base nitrogenada púrica (adenina o guanina) o pirimidica (citosina o timina). El ácido fosfórico de cada nucleótido está unido, por un lado al carbono 3 de la desoxirribosa del nucleótido contiguo y, por el otro, al 5 de la desoxirribosa del nucleótido situado al otro lado. Así se forma una larga cadena de moléculas de fosfórico y de desoxirribosa. Unidos a ésta sobresalen lateralmente, como los peldaños de una escalera, las moléculas de las bases nitrogenadas. Según la base nitrogenada que contengan, los nucleótidos pueden ser de 4 clases. Además, en una molécula completa de ADN (el ADN de algunos virus es una excepción) hay dos cadenas paralelas de nucleótidos, que están enrollados en hélice. Estas dos cadenas son complementarias, en el sentido de que cada nucleótido de una de ellas corresponde un nucleótido de la otra, con el cual está unido mediante puentes de hidrógeno. Si uno de los dos nucleótidos unidos contiene timina (T) el otro contendrá siempre adenina (A), asociándose igualmente la citosina (C) con la guanina (G). Debido al tamaño y a las propiedades quimicofísicas de estas bases, sólo estas asociaciones son posibles en la formación de la doble cadena. Por tanto, los genes, las unidades que portan la información genética, están constituidos por cadenas de parejas de nucleótidos, que por ser de 4 clases distintas, pueden ordenarse en tantas cadenas diferentes como variaciones puedan formarse con el número de parejas de nucleótidos que contengan.

Así pues, los genes, o de una manera más general el genotipo (conjunto de genes que posee un individuo), pueden compararse a un mensaje escrito en un lenguaje que utiliza 4 símbolos, las 4 clases de nucleótidos. De hecho, los genes constituyen un verdadero mensaje, que contiene la información para las propiedades del individuo.

Pasemos ahora a ver cómo se utiliza el mensaje escrito, con 4 letras, que contiene el ADN. La información contenida en esta sustancia sirve para regular la síntesis de proteínas específicas. Muchas de éstas son enzimas pero también pueden ser proteínas estructurales o con otras diversas funciones, entre las cuales se encuentran, incluso, proteínas reguladoras del funcionamiento de los genes. Las proteínas, como los ácidos nucleicos, también son sustancias polímeras. En ellas las unidades que se polimerizan son los aminoácidos, una veintena de los cuales forman parte de las proteínas. Las propiedades de cada proteína dependen de la ordenación de sus aminoácidos.

Una cadena de nucleótidos del ADN debe contener la información para una cadena de aminoácidos de una proteína. Los diferentes genes, con sus cadenas diferentes de nucleótidos, deben contener la información para diferentes cadenas de aminoácidos y, por tanto, para diferentes proteínas. Por ser 20 los aminoácidos de las proteínas y sólo 4 los nucleótidos diferentes del ADN, se requiere un grupo de nucleótidos para portar la información para un aminoácido. Al grupo de nucleótidos que tiene información para un aminoácido, es decir, a la unidad de información del

mensaje genético, se le ha llamado codón. Está comprobado que los codones están constituidos por grupos de 3 nucleótidos (tripletes). Con 4 nucleótidos distintos pueden formarse 64 tripletes diferentes, o sea que hay más codones diferentes que aminoácidos. La clave genética está ya descifrada, es decir, se conoce la equivalencia en aminoácidos de los 64 tripletes de nucleótidos. Se ha visto que es una clave degenerada, ya que para casi todos los aminoácidos hay más de un triplete que lo determina. También se ha comprobado que existen 3 tripletes que no portan información para un aminoácido y sirven de puntuación en el mensaje genético. Están situados al final de la cadena de nucleótidos propia de cada gene y constituyen la señal de paro, en la síntesis de la cadena proteica especificada por el gene correspondiente. También existe un triplete que lleva información para el aminoácido metionina, que indica el punto de iniciación de la traducción de cada gene. Esto comporta que la síntesis de las cadenas proteicas, o traducción del mensaje genético, comience siempre por una metionina, aunque este aminoácido inicial, suele haberse separado en la proteína funcional.

La transmisión de la información del ADN a proteínas específicas comporta dos pasos esenciales. Primero, la información del ADN pasa al ARN (ácido ribonucleico, otro ácido nucleico parecido al ADN, pero cuyos nucleótidos tienen ribosa en lugar de desoxirribosa y uracilo en lugar de timina; además suele presentarse en forma de filamento sencillo), llamado mensajero, elaborado por los mismos genes y que copia el mensaje que éstos contienen, para transferirlo al citoplasma, a los orgánulos llamados ribosomas en los que tiene lugar la síntesis de las proteínas específicas. A este proceso se le llama transferencia de información. En los ribosomas y mediante un proceso que no detallamos, tiene lugar la llamada traducción del mensaje. Cada triplete del ARN mensajero señala la posición de un aminoácido específico, que es conducido a dicha posición por otra clase de ARN, el ARN de transferencia. Así, la sucesión de tripletes especifica una cadena de aminoácidos. El mensaje transferido por el ARN mensajero queda traducido al lenguaje de las proteínas.

Una característica del mensaje genético, que también es interesante conocer, es que para ser bien leído y traducido por la proteína que le corresponde, es necesario que se lea desde un punto inicial. Suponiendo el mensaje ACUACUACU (las letras simbolizan los distintos nucleótidos, según la base nitrogenada que contengan), cuya traducción correcta sería treonina-treonina-treonina (la treonina es uno de los aminoácidos integrantes de las proteínas), se traduciría así empezándola a leer por el extremo A. Mas, si por alguna circunstancia se perdiera A, o sin perderse, la lectura empezara por C, entonces se leería (A)CUACUACU y la traducción sería leucina-leucina, totalmente distinta. Este hecho, o sea la necesidad de que el mensaje genético comience a leerse por el punto adecuado, se debe a que el mensaje contenido dentro de los genes carece de puntuación. Entre los tripletes no hay puntuación, a diferencia de lo que ocurre entre los genes.

Conviene indicar que la información contenida en el mensaje genético

no supone unas características fijas y determinadas; en otras palabras, un individuo, al nacer, no recibe con su herencia una predestinación ineludible hacia un desarrollo de unas características dadas. La expresión de la información genética está en función de una norma de reacción ante el ambiente. En la historia de cada especie se ha ido recogiendo información sobre las situaciones que se le presentan y sobre la forma más adecuada de reaccionar ante ellas. Por esto, a un genotipo no le corresponde un fenotipo (así se denomina a los caracteres que realmente presenta el individuo) unívocamente determinado, sino que el fenotipo es el resultado de una interacción con el ambiente en que se ha desarrollado.

Que el mensaje genético condiciona una norma de reacción y que esta norma es adaptativa se demuestra en casos como el siguiente, en el cual la interacción entre genotipo y ambiente se presenta al nivel mismo de funcionamiento de los genes. Si la bacteria *Escherichia coli* se desarrolla en un medio que contenga lactosa, elabora enzimas adecuadas para metabolizar la galactosa, un componente de este azúcar. En las cepas normales de *Escherichia coli*, cuando no hay lactosa en el medio de cultivo, estas enzimas no se elaboran y las células contienen poquísimas moléculas de ellas. Este fenómeno, conocido por adaptación enzimática, depende de una regulación de la elaboración de las enzimas, al nivel genético mismo. Especialmente JACOB y MONOD han aportado pruebas experimentales de que los genes responsables de la síntesis de las enzimas que metabolizan la galactosa no funcionan, es decir, no elaboran ARN mensajero, si no hay lactosa en el medio de cultivo. Esta falta del funcionamiento se debe a la acción de otro gene, cuyo papel es regular el funcionamiento de los que controlan la elaboración de la enzima. A este gene y, en general, a los de su clase, JACOB y MONOD los han llamado genes reguladores, en contraposición a los genes que rigen la síntesis de las proteínas enzimáticas, estructurales, etc., que reciben el nombre de genes estructurales. Los genes reguladores también controlan la síntesis de proteínas, llamadas represoras, que tienen por misión colocarse sobre los genes estructurales, cuyo funcionamiento controlan, impidiendo, cuando se encuentran allí, la elaboración de ARN mensajero. Las moléculas de la galactosa tienen la propiedad de combinarse con el represor, alterando así su estructura y determinando que pierda la propiedad de colocarse sobre los genes estructurales. Éstos, al quedar libres, elaboran ARN mensajero y en la célula se forman las enzimas que metabolizan la galactosa. Mientras hay moléculas de ésta, continuará la elaboración de enzimas, pero se detendrá en el momento en que no haya galactosa.

Este mecanismo de la adaptación enzimática es un ejemplo que explica la herencia como una norma de reacción, evidentemente adaptativa. En este caso la regulación se realiza al nivel mismo del funcionamiento de los genes. En otros casos, es al nivel de los productos de la acción génica o de sus interacciones, donde se encuentra la base de la respuesta del organismo, con capacidad de adaptación. Por ejemplo, se conocen enzimas, elaboradas por los genes, que son termolábiles y sólo actúan a temperaturas suficientemente bajas. En este caso, la norma de reacción consiste en que los caracteres que dependen del funcionamiento de la enzima sólo los presentan los

individuos desarrollados o que viven a una temperatura inferior a cierto límite. En cambio, por encima de éste las características son otras, las que dependen de la falta de funcionamiento de la enzima.

En los organismos superiores, además de mecanismos como los que acabamos de describir, que actúan al nivel celular, son necesarios otros que regulan las relaciones entre las distintas células, tejidos y órganos, los cuales determinan que el organismo funcione como un todo integrado. Aunque en este sentido se conozca la importancia del sistema hormonal y, en los animales, del nervioso, en conjunto tenemos muchos menos conocimientos de la regulación a este nivel que a niveles celulares. Incluso no está claro si la regulación a este nivel, se realiza mediante los mismos mecanismos que en las bacterias. En el desarrollo de los organismos superiores la información genética no sólo debe servir para la elaboración de productos específicos, sino también para que dicha elaboración se realice en el lugar y tiempo adecuados. Concebimos el desarrollo como el progreso de un plan integrado por múltiples procesos coordinados y encadenados, cuyas sucesivas etapas vienen determinadas por la anterior y condicionan la siguiente. Cada etapa de estos procesos se caracteriza por el funcionamiento de determinados genes en respuesta a las condiciones del ambiente interno del organismo, que resultan de la interacción del ambiente externo con los productos de la acción de los genes que han actuado en etapas anteriores. Haciendo una comparación podemos decir que el genotipo no sólo tiene información sobre cómo tiene que ser el organismo, a semejanza de los planes de una máquina que contienen la información sobre cómo tiene que ser esta máquina. También posee la información que se tendría si los planos de la máquina estuviesen acompañados de instrucciones referentes a su funcionamiento y conservación, así como a la construcción de la máquina y a la elaboración y obtención de las materias primas necesarias para tal fin. Además, debe tenerse presente que el genotipo no sólo contiene la información sino que tiene la facultad de llevar a cabo, por sí mismo, las instrucciones contenidas en dicha información, con sólo la utilización de los materiales contenidos en el huevo fecundado. Esta información no sólo depende de las propiedades individuales de los genes, sino también de las relaciones existentes entre ellos.

### *La transmisión de la información genética*

La estructura de las moléculas de ADN, formadas por dos filamentos complementarios (en el sentido de que a un nucleótido con timina de un filamento, le corresponde siempre un nucleótido con adenina del otro y a uno con citosina otro con guanina), es el fundamento del mecanismo de duplicación del ADN. El desdoblamiento en filamentos sencillos y la ordenación dirigida por éstos del filamento complementario permite la formación de dos dobles hélices idénticas entre sí y a aquella que se ha desdoblado.

TACTGCTT	TACTGCTT
	ATGACGAA
	TACTGCTT
ATGACGAA	ATGACGAA

Así, el mensaje genético que porta una molécula de ADN forma su réplica con una exactitud notable, pudiendo pasar a células diferentes que reciben la misma información que poseía la célula madre.

Por otra parte, los diferentes tipos de mecanismos de reproducción que conocemos en los seres vivos, tanto a nivel celular como al de organismo, están encaminados a transmitir estas réplicas de las moléculas portadoras de información. Gracias a estos mecanismos es posible que la herencia y las propiedades específicas, raciales e incluso familiares, se puedan transmitir de generación en generación.

Es evidente que la evolución consiste en cambio, y que una herencia absoluta, invariable, haría imposible la evolución. No sería posible recopilar nueva información. En realidad la herencia no es absoluta pues existen las mutaciones, de las que trataremos a continuación, aunque primero conviene indicar que sin herencia tampoco sería posible la evolución. La recopilación de información requiere la conservación de la información ya obtenida. Pensar en una evolución sin herencia, es decir, sin un mecanismo de transmisión de información, sería pensar en la construcción de un edificio sin fundamentos.

### *La variabilidad genética y su origen*

Uno de los aspectos de los sistemas vivientes que más llama la atención es la gran variabilidad que presentan. No sólo existen una serie de tipos diferentes de organización, sino que dentro de éstos existen innumerables especies e, incluso, éstas pueden dividirse en razas, dentro de las cuales no se encuentran dos individuos idénticos. Conviene recordar que las diferencias que encontramos entre los seres vivos, principalmente en los niveles inferiores al de especie, pueden ser genéticas o debidas al ambiente, es decir, heredables o no. Por esto, la información genética decimos que determina una norma de reacción ante el ambiente, más que una predeterminación total de los caracteres individuales.

En lo que se refiere al aspecto que vamos a tratar aquí, es decir, el análisis de la variabilidad como materia prima utilizada por la evolución, nos interesa considerar primordialmente la variabilidad genética. Como se ha dicho al final del apartado anterior, si bien la variabilidad, el cambio, es necesario para que la evolución sea posible, también es necesario que el cambio sea hereditario, es decir, que tenga estabilidad. Sólo la variabilidad genética tiene estas propiedades. Por esto nos limitamos a tratar del origen de la variabilidad hereditaria.

Los cambios hereditarios reciben, en general, la denominación de muta-

ciones. Éstas, consideradas en su sentido más amplio, son cambios cualitativos, cuantitativos o estructurales en el ADN. Se pueden producir sustituciones de uno o de diversos nucleótidos por otros y, por tanto, al sustituirse alguna "letra" por otra en el mensaje, éste cambia de sentido. Igualmente se altera el sentido si, sin producirse sustituciones de nucleótidos, se producen cambios en su ordenación, por inversiones o cambios de lugar de segmentos de los filamentos del ADN. Por último, se pueden producir pérdidas o reduplicaciones de fragmentos del ADN, pudiendo afectar estas últimas incluso a toda la dotación del ADN celular.

Las mutaciones llamadas puntiformes, que afectan a uno solo o a muy pocos nucleótidos de cada filamento de la molécula de ADN y, en especial, las que consisten en la sustitución de un nucleótido por otro, son las más frecuentes. Además, suelen ser recurrentes, es decir, cada tipo de mutación se repite con cierta frecuencia característica. Esta clase de mutaciones, a pesar de ser las más frecuentes, se producen con una frecuencia muy pequeña. La probabilidad de que un gene presente una mutación de este tipo es, en la naturaleza, por término medio del orden de  $10^{-6}$  por célula y por generación. Vemos, por tanto, que la estabilidad del material genético es realmente muy grande.

En lo que se refiere a los mecanismos que producen las mutaciones interesa señalar, en primer lugar, que en el mecanismo de replicación del ADN existe una probabilidad intrínseca de error, aunque muy pequeña. Las bases nitrogenadas de los nucleótidos del ADN, además de su estado energético más estable y, por tanto, más probable, presentan formas tautoméricas de vida muy corta. Debido a esto el estado ordinario de estas bases tiene una pequeña probabilidad de pasar al tautomérico y éste, una probabilidad muy elevada de pasar al ordinario. Las formas tautoméricas tienen la propiedad de aparearse con una base diferente que la forma ordinaria. Así, por ejemplo, una adenina tautomérica se aparea con citosina en vez de hacerlo con timina. Gracias a este hecho, en las sucesivas duplicaciones del ADN se puede pasar de un par de nucleótidos AT a GC o a la inversa, según que la forma tautomérica se haya producido en una adenina ya situada en una cadena de ADN o en un nucleótido libre, que se coloque en una cadena que se está duplicando.

Existe, pues, un mecanismo de mutación que depende intrínsecamente de la naturaleza del material hereditario. Podemos considerar, por tanto, que en la base de la variabilidad biológica existe un indeterminismo de la misma naturaleza que en el mundo físico. Mas, dejando aparte esta probabilidad de mutación intrínseca del ADN, las mutaciones también son provocadas por factores extrínsecos. Especialmente, se ha comprobado que distintos tipos de radiaciones y numerosas sustancias químicas son mutágenos eficaces. Estos agentes pueden actuar directamente sobre el material hereditario o indirectamente, provocando cambios citológicos, no genéticos, con los cuales se producen sustancias mutágenas. Sus mecanismos de acción son muy numerosos y variados. Detallarlos sería salir del marco de lo que nos interesa.

Un aspecto del fenómeno de la mutación que conviene subrayar, es la



llamada contingencia adaptativa de las mutaciones. Llamamos contingencia adaptativa al hecho de que las mutaciones se producen con independencia del efecto, favorable o desfavorable, que tienen en el organismo. Es decir, en los cambios fenotípicos producidos por las mutaciones no se ha podido comprobar una finalidad adaptativa. Ni tampoco se ha descubierto mecanismo alguno que controle el proceso de la mutación, determinando que los cambios sean adaptativos. En las mutaciones estudiadas, más bien llama la atención la falta de valor adaptativo que tienen sus efectos. En general, estos cambios suelen disminuir la eficacia biológica de los individuos que los presentan. Esto es lo que debe esperarse si las mutaciones se producen realmente al azar. Un cambio al azar en un texto escrito tiene muy poca probabilidad de variar, con sentido, la información contenida en dicho texto. No obstante, si provocamos cambios repetidamente, de vez en cuando encontraremos alguno que tendrá sentido. Estos cambios son los que se utilizan para recopilar nueva información. Después veremos cómo ocurre esto, pero antes digamos algo sobre el efecto de las mutaciones.

Puesto que la función primaria de los genes es determinar la síntesis de proteínas específicas, el efecto primario de las mutaciones tiene que ser determinar cambios en dichas proteínas. Según el tipo de mutación, estos cambios pueden constituir la sustitución de algún aminoácido por otro, una alteración del orden de los aminoácidos, la pérdida de alguno de ellos, la fragmentación de una cadena proteica o la formación de una cadena única con polipéptidos primitivamente separados. Si la proteína afectada es una enzima, puede ser que ésta pierda la actividad originándose un bloqueo metabólico, que puede tener consecuencias meramente funcionales o también morfológicas si las sustancias afectadas intervienen en procesos morfogenéticos. Otra posibilidad es que las condiciones del funcionamiento de las enzimas queden alteradas. Así es, por ejemplo, en los mutantes que determinan enzimas sensibles a la temperatura. De esta manera pueden producirse alteraciones a la norma de reacción. Los cambios en las proteínas no enzimáticas pueden producir igualmente alteraciones cualitativas o cuantitativas.

En todo caso, de estos cambios primarios dependerán las numerosas alteraciones funcionales y morfológicas hereditarias que se observan en los individuos mutantes. Es interesante señalar que, a menudo, una característica del efecto de las mutaciones es su pleiotropía. Un solo cambio primario, que afecte a una proteína, puede tener múltiples consecuencias a niveles superiores. El genotipo es un todo integrado y armónico y un cambio en un punto repercute en otros muchos.

### *La selección natural*

Con lo visto hasta aquí disponemos de los elementos necesarios para pasar a describir el mecanismo de la selección natural, que es el mecanismo de la evolución biológica.

La comparación con los simios mecanógrafos nos puede servir para

describir este proceso. Imaginemos un simio que, en una máquina de escribir, va tecleando al azar. La probabilidad de que en una hoja blanca colocada en la máquina escriba, pongamos por ejemplo, la primera página del Quijote, es extraordinariamente pequeña. Es tan pequeña que tal resultado nos aparece como prácticamente imposible. Las variaciones con repetición, formadas con un número de elementos igual al de espacios que contienen dicha página, que pueden obtenerse con un número de elementos igual al de los signos que contiene el teclado de la máquina de escribir, nos dan el número total de resultados posibles. Este total es enorme y la probabilidad de cada uno de estos resultados posibles es la unidad dividida por este número total de variaciones. Por consiguiente, aunque es posible que el mono escriba la primera página del Quijote, ya que la probabilidad de que así sea es igual que la del resultado efectivamente obtenido, el número de casos diferentes igualmente probables es tan elevado, que encontramos con el único favorable nos parece prácticamente imposible.

Frecuentemente, cuando se piensa en la evolución de los seres vivos por acumulación de mutaciones casuales, se plantean dificultades parecidas a las suscitadas en el ejemplo anterior. Puede parecer inverosímil que por tal mecanismo se haya podido originar, incluso el organismo más sencillo, que contiene una cantidad de información muy superior a la de la primera página del Quijote. Esta conclusión se debe a que no se ha tenido en cuenta el papel que, en la recopilación de información, durante la evolución de los seres vivos, tienen la reproducción y la selección natural.

En efecto, planteemos el símil del mono mecanógrafo introduciendo factores equivalentes a la reproducción y a la selección natural. Así, lo que parecía prácticamente imposible se nos presentará como muy factible, o aun como necesario. Empecemos suponiendo que en vez de un simio mecanógrafo tenemos una población de ellos, quizá 500 o 1.000. Con esto situamos el proceso en un plano superior al individual, el de la población, que es el nivel al que realmente tiene lugar la evolución. Si todos estos monos escriben una primera letra, algunos escribirán una *E*, es decir, la primera letra del Quijote. Supongamos ahora que se eliminasen todas las páginas en que se hubiese escrito una letra distinta de la *E*, mientras que las iniciadas con una *E* se reprodujeran (o que las primeras se perdieran en parte y fuesen sustituidas por copias de las segundas) y sus copias ocupasen, en las máquinas, el lugar de las páginas eliminadas antes de que los simios escribieran la segunda letra. Entonces, al escribir ésta, algunos simios escribirían una *n*, y así tendríamos la primera palabra del Quijote, *En*. Si repitiéramos el proceso anterior, persistiendo sólo o persistiendo en proporción mayor, las páginas en que estuviese escrito *En*, nos encontraríamos con las condiciones necesarias para que algunos monos, pulsando la tecla del espacio en blanco, determinasen la separación de la primera palabra *En*, del texto siguiente. Por repetición del proceso aparecerían páginas que dirían *En u*, *En un* y espacio, *En un l*, ..., *En un lugar de la Mancha*, ..., la primera página del Quijote.

Esta comparación presenta, esquemáticamente, los rasgos más característicos del proceso evolutivo por selección natural. Las hojas de papel son los

organismos y lo que llevan escrito su dotación hereditaria o información genética que reciben de sus progenitores. Las letras escritas al azar corresponden a las mutaciones. El factor que permite (o favorece) la reproducción de las páginas que contienen la información correspondiente a la primera página del Quijote y elimina a las demás, corresponde a la selección natural. En los seres vivos, efectivamente, la selección natural se expresa como reproducción diferencial. La información adecuada que, por tanto, tiende a conservarse, es precisamente la que favorece la conservación del individuo y su probabilidad de reproducción.

Es evidente que la comparación de los monos mecanógrafos sólo esquemáticamente nos descubre el proceso de selección natural, tal como realmente se nos presenta en la evolución biológica. En el símil, la recopilación de información sólo se hace por adición al final del mensaje. Las mutaciones pueden alterar el mensaje genético debido a procesos muy diversos. Cambiando unas letras por otras, alterando el orden de letras, palabras o fragmentos más largos del mensaje, invirtiendo frases, perdiéndose o duplicándose parte del mensaje, etc. No obstante, la característica más importante del mecanismo de recopilación de información en los seres vivos no reflejada en esta comparación, es la existencia de la posibilidad de combinar la información reunida en diferentes mensajes. Esto se realiza mediante los procesos de sexualidad, sobre los que insistiremos más adelante.

En los seres vivos la evolución por selección natural es posible gracias a la reproducción. Sin reproducción es posible concebir la evolución, pero no la evolución por selección natural. Además, de acuerdo con lo que se ha dicho antes, para que la selección natural sea eficaz es necesario que la reproducción se realice con herencia, pero, al mismo tiempo que se produzcan cambios en dicha herencia, las mutaciones.

Así pues, reproducción, con herencia y mutación son las tres condiciones básicas del proceso de selección natural. Dadas éstas y teniendo presente las características del proceso de la mutación descritas en el apartado anterior, la evolución por selección natural se nos presenta como un proceso de recopilación de información por tanteo, por "prueba y error" utilizando la gráfica expresión inglesa. Para que un proceso de esta clase sea eficaz es necesario que el número de pruebas realizadas sea elevado. Por ello la reproducción es condición de la selección natural. Cada individuo es una prueba sometida al dictamen de la selección natural. Ésta consiste en la eliminación, por reproducción diferencial de los pocos eficaces, o sea de los que presentan mutaciones o combinaciones de mutaciones poco eficaces. Si no hubiese reproducción, la mutación al azar más la selección llevarían a la extinción. El proceso de la selección natural consiste precisamente en la sustitución, por reproducción diferencial de los sistemas biológicos portadores de información menos eficaz, por los que la portan más eficaz. Por esto, la eficacia favorecida por la selección natural es eficacia reproductora o, dicho de otra manera, eficacia para la conservación de la información. Se comprende, que una gran eficacia en la explotación del ambiente durante la vida individual, no tendría provenir evolutivo si se presentara en individuos estériles, que no pudiesen transmitir esta eficacia

a sus descendientes. Esta capacidad de sobrevivir y reproducirse está en relación con las condiciones externas en que se encuentra el individuo, es decir, con el ambiente.

Al indicar el significado que la reproducción tiene para la selección natural, es interesante fijarse en que los mecanismos de reproducción que encontramos en los seres vivos, tienen precisamente las características adecuadas para que sea eficaz la selección natural. Estos mecanismos parecen caprichosos y sin significado, si no se les examina a la luz de su eficacia para la selección natural. A manera de ejemplo, trataremos de la asociación de la reproducción con la sexualidad.

Gracias a la asociación de la sexualidad con la reproducción, la eficacia de la recopilación de información se incrementa notablemente. Esta asociación, especialmente en los organismos superiores, determina numerosas oportunidades de recombinación, es decir, de reunirse en los individuos resultantes de la reproducción sexual información genética procedente de diferentes líneas. Debido a la recombinación, los ensayos sometidos a la prueba de la selección natural son mucho más numerosos. Sin recombinación, la recopilación de información se haría en líneas de descendencia, es decir, en estirpes aisladas. Estas líneas serían verdaderos clones, formados, por tanto, por individuos genéticamente idénticos. Sólo si se produjera una mutación se tendría una nueva prueba para someterse a la selección natural. Esta situación sería muy desfavorable para la evolución. Con la recombinación, la recopilación de información es un proceso cooperativo, en el cual los resultados conseguidos por las distintas estirpes de la población, mediante los fenómenos de sexualidad se incorporan al fondo de variabilidad utilizable por toda la población. Vemos, pues, cómo la recombinación genética y, de igual manera, la asociación de la sexualidad a la reproducción, adquieren especial sentido como mecanismos de recopilación de información, sobre todo porque dicha recopilación se basa en tanteo y selección natural.

### *La función en los seres vivos*

El análisis de las características de los fenómenos biológicos demuestra que en ellos se pone de manifiesto algo más, y distinto, que en los fenómenos fisicoquímicos. Las características de los seres vivos parecen cargadas de teleología, de finalidad, mientras que en el mundo inorgánico ésta no parece manifestarse. En las ciencias físicas una pregunta teleológica carece manifiestamente de sentido. Parece absurdo preguntar de qué le sirven al sol los planetas, los electrones a un átomo o por qué es mejor que la tierra sea redonda. En cambio, en Biología, nos hacemos continuamente preguntas como éstas y de ellas se originan conceptos distintos de los físicos, pero de uso general: órgano y función. Un órgano es una parte de un sistema viviente que tiene una función específica y una función es una actividad que de alguna manera es necesaria o útil para el organismo, es decir, que le sirve para alguna cosa. Este servir para alguna cosa tiene

generalmente un significado inmediato, específico en cada caso. Un ojo sirve para ver, un oído para oír, un miembro para la locomoción, el ATP para la utilización de la energía, etc. Los mecanismos físico químicos, en que se basa el fenómeno de la visión, interesan al biólogo. Le interesa el análisis de las propiedades del ojo como una cámara oscura, provista de una lente, el cristalino, que forma una imagen de los objetos externos y precisamente sobre la retina y también le interesa el mecanismo fotoquímico que se desarrolla en la retina. Pero, el estudio del ojo plantea al biólogo algo más que el conocimiento de estos mecanismos. El ojo, ante todo, es un órgano que sirve para ver y que se desarrolla en los individuos de las especies en que ver les sirve para algo.

Utilizar el término función en fisiología parece tener implicaciones definitivamente teleológicas, ya que en muchos casos se puede sustituir por propósito. En la historia de la Biología y, más en general, del pensamiento humano, frecuentemente se ha aceptado tal teleología, considerando que la vida era un fenómeno esencialmente diferente de los fenómenos del mundo inorgánico. La entelequia de ARISTÓTELES o el "élan vital" de BERGSON pretendían explicar esta cosa esencialmente diferente que se encuentra en la vida. Otros, como recientemente TEILHARD DE CHARDIN, han pretendido que la finalidad de los fenómenos biológicos no era sino la manifestación de algo existente en el Universo, el "dédans" o interior de las cosas; pero que sólo al nivel de complejidad de la organización biológica, se manifiesta plenamente. En todos estos casos se considera que en los procesos biológicos existe una verdadera teleología. Esto va unido a admitir que éstos no son completamente analizables por método científico, precisamente porque poseen o se manifiesta en ellos una esencia que condiciona su finalismo y que no se puede reducir a conceptos científicos.

La formulación por DARWIN de la teoría de la evolución por selección natural y la sólida base que han dado a esta teoría los conocimientos de la Genética moderna, han convertido las interpretaciones del significado funcional que tienen los fenómenos biológicos y al cual nos hemos referido en el párrafo anterior, en elucubraciones innecesarias. De hecho, las implicaciones teleológicas del término "función" no son idénticas a los principios teleológicos de ARISTÓTELES. Algunos autores para liberar a la "finalidad" propia de los seres vivos de sus implicaciones extracientíficas dicen que en éstos se observa teleonomía. Yo prefiero utilizar términos biológicos más sencillos y decir, simplemente, que la estructura de los órganos o que los procesos fisiológicos de los seres vivos tienen una función, o, también que constituye una adaptación a ciertas condiciones dadas. Función, para el biólogo actual, no es un término explicativo, sino más bien un concepto eurístico que nos permite plantearnos cuestiones útiles, en términos científicos. Ciertamente, no implica que sea un designio que existe antes del ente biológico, ni contenido en dicho ente. Sólo significa que en un sistema biológico podemos preguntar cuál es la función de una parte respecto del todo y que a esta pregunta le responderá una contestación significativa. Esta característica de la Biología se basa, precisamente, en la integración del plan contenido en la información genética, que se mani-

fiesta tanto dentro del genotipo, como en la interacción de éste con el ambiente. La explicación del origen de este plan como resultado de un proceso de recopilación de información, sitúa a la Biología dentro de la línea lógica y metodológica de las ciencias inorgánicas, aunque, evidentemente, a un nivel al que éstas no llegan. La función no es un designio que existe antes que el ente biológico o que está contenido en la esencia del mismo, es sólo un designio que se ha ido desarrollando con los sistemas biológicos, como consecuencia de una continua prueba de su eficacia.

En el concepto de función, tal como se utiliza en Biología, cuando decimos que un órgano tiene una función, implicamos algo más que su significado o utilidad inmediatos (un ojo sirve para ver, un oído para oír, etc.) A esta significación inmediata se añade siempre otra más remota y general, que es la conservación de la vida. De la vida individual en las adaptaciones individuales que favorecen su conservación; de la vida de la especie, en las propiedades que favorecen la reproducción; de la vida en general, en las que facilitan la evolución. Ver y oír "sirven" al organismo porque condicionan la probabilidad de conservación de los organismos que tienen órganos para ello y, por tanto, contribuyen también a la probabilidad de conservación de su especie.

Esto enlaza el concepto de función con el valor selectivo de los caracteres. Éste puede definirse como la contribución que tienen sobre la probabilidad de conservación de la especie o de que ésta evolucione en el futuro hacia una especie con nuevas propiedades adaptativas. En último término, al hablar de función de los seres vivos, significamos que sus propiedades tienen un valor selectivo, o en otras palabras, que son el resultado de la información que contiene el genotipo para la conservación del linaje biológico en que se encuentran.

Por tanto, la función que tienen los caracteres de los seres vivos es consecuencia de la selección natural. Por un lado, la función de un carácter corresponde a sus potencialidades hacia el futuro en términos de selección natural, y por otro, la explicamos como originada por la selección natural. Esto no constituye un círculo vicioso, se basa sólo en un círculo cibernético. Esto es, en el hecho de que la selección natural (podríamos decir la recopilación de información) sea una consecuencia del mecanismo evolutivo, en el que existe una retroacción de la eficacia biológica de una generación a la siguiente. Gracias a esto se va acumulando información. Así, pues, el carácter distintivo de los seres vivos, la aparente teleología que observamos en ellos, y que expresamos al decir que sus propiedades tienen una función, se identifica con la eficacia biológica que resulta de la selección natural.

Este es, pues, el mecanismo clave para explicar las características de los seres vivos. Éstas no dependen de un "élan vital" causante de sus propiedades funcionales, sino que se basan en un mecanismo que no contiene fuerzas inexistentes o no manifestadas en el mundo inorgánico. Los actuales conocimientos sobre el material genético al nivel molecular, permiten enlazar las características del ser vivo a las del mundo físico, fundando en éste la indeterminación básica del fenómeno de la mutación y combinándolo con el proceso de la selección natural. Es esta combinación la que se concibe

como creadora y no una energía específica del mundo biológico que, en diversos sentidos, pero siempre de forma indefinida en términos científicos, han aducido las interpretaciones que suelen llamarse vitalistas. La función, en los seres vivos, sólo depende de las propiedades estructurales de los fenómenos biológicos. En ellos, los elementos son los mismos que en el mundo inorgánico, pero están estructurados de forma suficientemente compleja para que las diferencias en la probabilidad de supervivencia se aprovechen para dar un "premio" a los sistemas en que dicha probabilidad es mayor. Este premio consiste en una reproducción diferencial y se nos presenta como una finalidad o función.

### *Implicaciones de la concepción científica de la vida, en la concepción general del Universo*

Clásicamente, no hace muchos años, el biólogo que intentaba definir las características de la vida lo hacía en términos de metabolismo, de coordinación funcional y de ordenación de las partes del organismo, de irritabilidad y respuesta adecuada a los estímulos, de la maravillosa integración entre las propiedades del organismo, incluido su comportamiento, con las necesidades que le crea el ambiente en que vive. Es evidente que tal caracterización está impregnada de propósito, de finalismo, de teleología. No es posible encajar este propósito con una concepción científica, si nos limitamos al nivel del organismo. Por esto, algunos biólogos admitían que estas propiedades dependían de alguna "fuerza" específica de los seres vivos, como la entelequia de ARISTÓTELES o DRIESCH. Estas concepciones, evidentemente, no eran científicas, porque en general trataban de llenar el vacío existente en nuestro conocimiento de los fenómenos biológicos, no haciendo gran cosa más que inventar un nombre o, como mínimo, introducir conceptos muy imprecisos y, sobre todo, totalmente inmanejables en términos científicos. No obstante, estaba justificada su introducción, porque en las interpretaciones mecanicistas coetáneas faltaba una explicación adecuada de los fenómenos más específicos y diferenciales de la vida. ¿Cuál es el origen de la coordinación funcional y de la ordenación de las partes del organismo, de la adaptación al ambiente? Es decir, en términos más generales ¿cuál es el origen de la extraordinaria eficacia de los organismos, que nos hace ver un propósito o finalidad en ellos?

Fuera del campo científico, incluso con más frecuencia que dentro de la Biología, los seres vivos se consideraban como un ejemplo, frecuentemente incluso el único, en que se manifestaba claramente un finalismo. Además, por ser recientes los progresos en nuestro conocimiento biológico, que se han expuesto en la primera parte de este trabajo, y que cambian nuestros conceptos sobre lo que son los seres vivos, en amplios sectores se sigue aceptando que los fenómenos biológicos están impregnados de finalidad.

En particular, en el pensamiento filosófico han sido importantes las repercusiones de lo que podríamos llamar concepción clásica de la vida. Tanto en la Cosmología, como en la Antropología, en la Metafísica o en la

Teología, el sentido finalista de los fenómenos biológicos, ha constituido frecuentemente una pieza importante en la construcción de teorías. Se ha utilizado para fundamentar estas teorías, podríamos decir, experimentalmente o en la observación.

La situación actual es que el finalismo de los fenómenos biológicos se ha desvanecido. Como hemos dicho, la funcionalidad se explica, en los sistemas vivientes, porque llevan información que han ido recopilando y continúan recogiendo, a lo largo de su historia, mediante el mecanismo de tanteo, basado en mutación al azar y selección natural. La facultad de hacer esto es la que actualmente se nos presenta como más característica de los fenómenos biológicos. Éstos se explican, así, en términos puramente científicos, y quedan plenamente situados dentro del mundo físico o material, en el cual corresponden, simplemente, a un nivel de organización y complejidad suficientemente elevados para que sea posible la recopilación de información. Así, la teleología de los fenómenos biológicos ha pasado a ser lo que algunos autores llaman teleonomía y que puede expresarse, como ya se ha dicho antes, diciendo que tienen propiedades funcionales. Pasemos a analizar las consecuencias que esta nueva concepción de los fenómenos biológicos tiene fuera de la Biología, en especial sobre nuestra concepción del Universo.

Evidentemente, deja sin soporte a las concepciones que veían en la vida la base en que fundamentar una concepción dualista del Universo. Los fenómenos biológicos son susceptibles de análisis científico, como manifestaciones puramente materiales, igual que los físico químicos. La necesidad de admitir un alma para los seres vivientes, un aliento o soplo, que es el principio vital que encontramos en ARISTÓTELES, ya no tiene sentido, excepto si asimilamos el concepto aristotélico al genotipo, portador de la información y director de las actividades de todo ser vivo. Aún tiene menos sentido la distinción, también aristotélica, pero recogida y desarrollada por santo TOMÁS, de un alma vegetativa que tienen las plantas, animales y hombres; alma sensitiva, que tienen los animales y el hombre; y un alma racional exclusiva de éste. Interesa señalar que respecto al alma humana los conocimientos biológicos la hacen innecesaria en tanto que informadora del cuerpo humano, que le da su ser corporal y racional. Para el biólogo moderno las características del hombre, incluidas su inteligencia y su capacidad de elaborar cultura (no la cultura que elabora) tienen una base puramente biológica y, por tanto, material.

Igualmente, se ha tratado de fundamentar la existencia de un finalismo en el Universo en general, en el finalismo que parecía existir en los fenómenos biológicos. El finalismo en el Universo, en algunos casos, se ha considerado una manifestación de un Ser Superior. También en relación con estas concepciones, los avances de la Biología moderna nos pueden parecer destructores.

De hecho, este aspecto destructor sobre ciertas concepciones filosóficas y religiosas, no sólo ha sido admitido para las concepciones realmente afectadas. Entre los mismos biólogos no es extraño el desarrollo y extrapolación



de este efecto destructor a las ideas religiosas en general y a las filosóficas, en tanto que aceptan la existencia de Dios, alma y espíritu.

Analícemos, no obstante, tratando de ser lo más objetivos posible, el alcance que puede darse a la interpretación de la supuesta teleología de los seres vivos, como una simple función, en la cual se utiliza la información recopilada durante su evolución.

Las concepciones filosóficas y religiosas que buscaban un soporte en la teleología de los procesos biológicos, siempre han sido intelectualmente flojas. Introducen un punto débil dentro del cuadro, a través del cual se nos presenta el mundo externo. Éste lo exploramos mediante la experiencia, y la información que así conseguimos nos sirve para inducir las leyes que lo rigen. Así, nos aparecen como predecibles y manejables los fenómenos que nos presenta el mundo; llegamos a una concepción científica del mismo. El incumplimiento, arbitrario, desde el punto de vista de las leyes científicas, de las predicciones que cabe esperar en una situación determinada, es lo que calificamos de milagro, si consideramos que ha sido determinado por la intervención de alguna causa extramaterial. Si esta causa no fuese un ser superior, probablemente hablaríamos de magia o brujería. De hecho, la admisión de teleología en los seres vivos, es equivalente a la admisión de un milagro permanente. La materia, en los seres vivos, se vería sometida a la acción de "fuerzas" extramateriales, que la desviarían del cumplimiento de las leyes naturales. Una filosofía o una teología que necesiten fundarse en el milagro, se nos presentan, realmente, con muy poco empuje a nivel intelectual; pero es más, nos presentan un mundo incongruente.

Si lo que se ha dicho en el párrafo anterior es cierto, también lo es que sobrevalorar el efecto destructor que los nuevos conocimientos biológicos pueden tener sobre las concepciones filosóficas, teológicas o religiosas en general, constituye igualmente una posición carente de fuerza y profundidad intelectual. La falta de conocimientos o una atención superficial prestada a la Teología y a la Filosofía, consecuencia de una predisposición, por prejuicio, a subvalorarlas, es generalmente la causa de esta actitud. Es una posición intelectual previa la que lleva a la conclusión de que el desarrollo de la Biología, o de la Ciencia en general, hace innecesarias a la Teología y la Religión. No es que el desarrollo científico nos lleve, como consecuencia lógica, a admitir dicha conclusión. Es más, el análisis objetivo de las consecuencias de los nuevos conocimientos biológicos indica que, en lo que se refiere al aspecto que estamos tratando, han contribuido a clarificar la situación. Permiten a las concepciones extracientíficas del Universo desligarse de un lastre que más bien las desacreditaba, por el hecho de inducir a confusión respecto a su naturaleza.

Prosiguiendo el análisis, podemos situarnos en un terreno más general que la simple consideración de los efectos del progreso de la Biología. Hemos dicho que la admisión de las consecuencias destructoras de este proceso depende, principalmente, de una posición previa que actualmente tienen muchos biólogos, científicos, o personas en general. ¿A qué hay que atribuir esta posición? El principal determinante es, con toda probabilidad,

el valor que ha conseguido el conocimiento científico. Éste se nos muestra en muchos aspectos como el único en que podemos confiar o, incluso, como el único posible. Nos aparece como el más objetivo posible, pero sobre todo su valor instrumental para la predicción y la manipulación de los fenómenos le dan un valor inmediato impresionante. Por tanto, al desvanecerse los milagros ¿no se desvanecen las únicas pruebas, experimentales y, por tanto, posibles, que tenemos de que en el mundo hay algo más que materia y energía? Al quitarse lastre la filosofía y desaparecer la confusión que privaba sobre las concepciones extracientíficas del Universo, ¿no nos aparecen estas concepciones faltas de contenido o, si éste se conserva, de toda aceptabilidad? ¿Qué pruebas tenemos para aceptar que su contenido responde a la realidad?

Me parece evidente que carecemos de estas pruebas. Mas, también es evidente que la Ciencia no nos ofrece una alternativa satisfactoria, para sustituir a las concepciones filosóficas que intentan darnos un conocimiento del Universo. La concepción científica del Universo, si es que podemos decir que tal concepción existe, es totalmente fragmentaria y superficial. La Ciencia sólo trata de establecer relaciones entre fenómenos que observamos. Va profundizando en estas relaciones, estableciendo una cadena progresivamente más extensa de causas y efectos. Mas, las causas que descubre la Ciencia nunca son autosuficientes, siempre necesitan el sostén de otra causa, para aparecer como racionales. En ciertos casos se encuentra un límite a esta cadena de causas y efectos. Así ocurre en lo infinitamente pequeño, en la física cuántica, en la cual se encuentra una indeterminación de base; pero este límite es un límite de nuestro conocimiento, no una propiedad del Mundo real. Se trata de un límite epistemológico. En el otro extremo de la cadena la situación es parecida: de la misma manera que la Ciencia no nos descubre una causa autosuficiente y, por tanto, que nos conduzca a un conocimiento absoluto, tampoco descubre un efecto que presente estas características y que, por ello, pueda servir de sostén a una concepción del Universo, con sentido. Ante estas limitaciones de la Ciencia algunos toman la actitud de considerar que es absurdo buscar este conocimiento absoluto, que trata de descubrir las propiedades y sentidos del Mundo real. Ciertamente que esta posición es lógica si el conocimiento que pretendemos está en función de la predicción y la manipulación de los fenómenos, como lo está el conocimiento científico. Mas, incluso admitiendo que éste fuese el único conocimiento posible, es evidente que estas propiedades de permitir la predicción y la manipulación no constituyen por sí mismas, una indicación de conocimiento superior. Estas propiedades las tienen conocimientos muy superficiales, utilizados por pueblos primitivos, fruto de una información conseguida por experiencia no racionalizada, heredada y transmitida rutinariamente de generación en generación. Igualmente, en la vida cotidiana se utilizan multitud de conocimientos de este tipo, que recibimos de los demás o que adquirimos por nuestra propia experiencia. De este tipo es, por ejemplo, la predicción del tiempo que hacen los campesinos. Es más, gran parte del conocimiento científico se utiliza continuamente con desconocimiento de su base científica, tanto por desconocimiento de esta base, como

porque esta base no está constantemente presente en nuestra conciencia. La actividad de un obrero, con gran sentido de la práctica, es un ejemplo del primer caso, mientras que las predicciones que todos podemos hacer de que mañana volverá a salir el sol puede ser un ejemplo del primero o del segundo, según quién lo hace. Por tanto, la predicción y posibilidad de manipulación, que comporta el conocimiento científico no constituyen una indicación de profundidad en el conocimiento, de un conocimiento mejor y más completo o de una superior comprensión. La superioridad que presenta el conocimiento científico es más bien de naturaleza práctica. Consiste, por una parte, en que gracias a estas propiedades, su validez puede ser probada y verificada, cosa que no es posible en otras clases de conocimiento; por otra parte, es un conocimiento eficaz y útil, que da una superioridad instrumental a quien lo posee respecto a quien carece de él.

A pesar de su valor instrumental, el conocimiento científico no es suficiente para llenar la necesidad que siente el hombre de tener un punto firme en el Universo. Este punto de apoyo sólo se lo puede dar el conocimiento de una causa realmente explicable en sí misma y que dé, al mismo tiempo, un sentido al Universo y, por tanto, al mismo hombre. Quizá pretender encontrar este asidero, sea pretender comprender el Universo en términos antropomórficos, pero, es que si el Universo no es comprensible en nuestros términos, éste debe presentárenos como algo extraño a nosotros. Algo, no obstante, dentro de lo cual estamos sumergidos y que, incluso, pudiendo manejarlo hasta cierto punto, no sabemos de dónde viene, ni adónde va, no sabemos de dónde nos trae y adónde nos lleva. Tanto si pensamos que quizá no nos traiga ni nos lleve a ninguna parte, como que estamos sumergidos en un destino desconocido, ya sea como individuos, ya como especies, nuestra psicología sólo nos permite dos reacciones. Optar por la actitud del avestruz, poniendo la cabeza debajo del ala, y vivir la parte del Mundo que allí nos encontramos, es decir, el mundo de los fenómenos que podemos manejar científicamente, o bien, con más valentía, enfrentarnos con la angustia que nuestra situación nos provoca y partiendo de esta angustia, tratar de explorar caminos de conocimiento, quizá menos seguros que la simple experiencia, pero de mayor alcance.

Es interesante ver que la reacción de angustia que experimenta el hombre moderno, al encontrarse sin un punto de apoyo firme es idéntica, en el fondo, a la que experimentaba el hombre primitivo ante su incompreensión de la Naturaleza. Éste, ante los fenómenos naturales, totalmente incomprensibles para él, se sentía desvalido y angustiado ante su propia pequeñez. Reaccionaba con una concepción mágica del Mundo, propia de la mentalidad primitiva y, sobre todo, de la escasa información que tenía sobre el Mundo. Actualmente, precisamente gracias al desarrollo de la Ciencia, a la información que hemos adquirido sobre lo que nos rodea, dicha concepción mágica se ha desvanecido. Por esto ya no son los fenómenos naturales, como una erupción volcánica, la furia de una tempestad o incluso la impresión obtenida ante los beneficios del sol o de la lluvia, aquellos que nos impresionan, despertando en nosotros la desazón de la incompreensión y el peso de las fuerzas cósmicas gravitando sobre nuestra fragilidad.

Actualmente, la angustia se produce dentro de una concepción mucho más sofisticada de lo que nos rodea. Aunque siga teniendo la misma base primaria de incomprensión y de sorpresa ante un mundo que no comprendemos y ante el cual nos sentimos extraordinariamente frágiles, llegamos a esta sensación intelectualmente y, además, somos conscientes de lo que ocurre en nosotros. Por esto, precisamente el hombre de Ciencia, si es sincero consigo mismo y suficientemente objetivo para poder desprenderse de su deformación profesional, es quien debe darse cuenta más claramente de la situación del hombre actual. El científico, más que nadie, debe darse cuenta de que, con la ciencia establece una red de causas y efectos de dimensiones progresivamente mayores; pero que esta red flota, por expresarlo de alguna manera, con los extremos faltos de amarras que la sostengan a un asidero firme. En este sentido la angustia ha dejado de ir apareada a una concepción ingenua del Mundo. Al contrario, es la concepción elaborada del científico la que lleva actualmente a la conciencia de estupor ante el misterio. El hombre de la calle, que sólo ve los resultados espectaculares de la aplicación de los conocimientos científicos, los cuales incluso maneja en parte, puede quedar impresionado por ellos. No obstante, desconoce la Ciencia, en general ni tan sólo comprende su lenguaje, y por ello fácilmente se le presenta cargada de un contenido y de una trascendencia que no tiene y que los científicos objetivos están muy lejos de intentar darle.

Por lo dicho en el párrafo anterior vemos, pues, que en el fondo el desarrollo del conocimiento científico ha cambiado poco la situación del hombre ante el Universo. Por esto, los caminos que en el campo de la Filosofía y de la Religión, el hombre ha intentado explorar, en busca de una comprensión del Universo que le satisfaga, conservan el valor (o la falta de valor aquellos que no lo tengan), que tenían antes del desarrollo de la Ciencia. Por ejemplo, afirmar que el alma humana es inmortal por el deseo que el hombre tiene de permanecer en su manera de ser y porque este deseo no puede ser vano, como dijo santo TOMÁS, debe valorarse idénticamente ahora que en el siglo XIII. Tratar de analizar cuál es el valor de estos caminos cae fuera del objeto de este trabajo. La única cosa que aquí nos interesa subrayar es que tengan un valor o dejen de tenerlo, no está determinado por los actuales conocimientos de la Biología. Además, quizá sea también adecuado señalar que con el desarrollo de la Ciencia éstos caminos y las concepciones a que puedan llegar, se han liberado de un lastre de primitivismo. Actualmente tienen que aparecer más claros los objetivos propuestos, por el hecho de venir definidos por una posición intelectual y consciente. Las concepciones mágicas o su equivalente moderno, la necesidad del milagro, constituían evidentemente una incongruencia de la cual pueden y es preciso que se vean libres las futuras concepciones religiosas y filosóficas. La necesidad o la no necesidad de Metafísica no ha sido afectada por el desarrollo científico y si consideramos que esta necesidad existe, nos parece evidente que los objetivos de esta disciplina son actualmente más claros y definidos que antes. El rechazo actual de la

Metafísica se debe al cientificismo, no al desarrollo de los conocimientos científicos.

La aceptación de que el conocimiento experimental no es adecuado para responder a las preguntas más básicas que nos hacemos para comprender el Universo, y que esta respuesta la tenemos que buscar por otros caminos, constituye una alternativa que desde un punto de vista intelectual me parece lícita, pero que no es la única que se nos presenta. El desarrollo de la Biología, evidentemente nos ha puesto de manifiesto una dimensión nueva de la materia, su facultad de organizarse en sistemas capaces de portar, transmitir y recopilar información. Estos sistemas se constituyen en microcosmos, que en el curso de la evolución van adquiriendo una autonomía creciente respecto al macrocosmos, siendo el hombre la máxima expresión de esta situación.

La propiedad biológica de portar información y el psiquismo, la mente, que se ha desarrollado en el hombre, ¿pueden considerarse propiedades emergentes? Es decir, quizá podamos invertir los términos en que se plantean las posiciones filosóficas que hemos estado criticando y a las cuales los conocimientos de la Biología moderna le han quitado base. No es el alma la que explica las propiedades de los seres vivos, pero quizá sean estas propiedades las que explican el alma. Para dar un juicio fundado sobre esta base nos faltan datos que nos debería aportar y, en el futuro seguramente nos aportará, la Biología, cuando descubra los mecanismos de funcionamiento del sistema nervioso. El pensamiento actual probablemente todavía no está suficientemente maduro para valorar de manera adecuada, objetivamente y sin prejuicios, el alcance que la respuesta afirmativa a esta posibilidad implicaría.

Como biólogo, mi impresión es que la Biología llegará a explicar totalmente los fenómenos psíquicos. En cambio me despierta muchas dudas la introducción del término "emergente" como calificación de las propiedades biológicas. Probablemente por esto último, también me parece que la demostración de la base biológica del psiquismo, no constituirá otra cosa que la adición de un peldaño más en la red, sin amarras, del conocimiento científico. En este caso, todo cuanto se ha dicho antes, continuaría siendo plenamente válido, quedaríamos reducidos a los caminos conocidos de la exploración del Mundo.

Puede pensarse, no obstante, que este nuevo peldaño constituyera la amarra necesaria para enlazar nuestro conocimiento del Mundo material con una concepción más profunda del Universo. De hecho, lo más positivo de la obra de TEILHARD DE CHARDIN, es el intento de realizar este enlace, precisamente, utilizando el psiquismo como conexión. Quizá la tentativa sea prematura. Especialmente la flojedad de su contenido biológico e incluso, la falta de rigor científico en los aspectos puramente científicos de su pensamiento, llevan al biólogo a rechazarla y a considerarla como un intento vitalista más. No obstante, no pueden negarse los destellos de genialidad que contiene.

Para terminar, ya que hemos estado tratando de las limitaciones de la Ciencia como conocimiento, es probablemente interesante precisar en sus

confines concretos lo que se ha dicho. Quizá, podría parecer que se ha intentado poner objeciones o minusvalorar la Ciencia. No es así. A lo que sí se ha tratado de plantear objeciones es al Cientificismo o todavía más exactamente al Pancientificismo, que querría presentar a la Ciencia como al único camino o al camino principal tanto para llegar a la concepción del Universo, como para las actividades humanas. Esta posición es, de hecho, contraproducente para la misma Ciencia, ya que da pie a una reacción anticientífica, puesta ya de manifiesto en muchos hechos especialmente en la juventud, que no se resigna a la solución del avestruz, en la cual encuentra como únicos valores lo que tiene de cómoda, fácil y utilitaria.

Actualmente, comienza a ser necesaria una defensa de la Ciencia, para evitar que la reacción no lleve el péndulo hacia el extremo contrario. Lo más deseable es un desarrollo armónico de la cultura humana. Dentro de ésta son evidentes los beneficios que aporta la Ciencia y son mucho mayores los que puede aportar, si los que la utilizan lo hacen de acuerdo con principios morales de valor universal y no poniendo la eficacia inmediata en la cima de la escala de los valores. Poniendo, en cambio, el amor en la cima de estos valores y actuando en consecuencia, es decir, respetando los derechos y buscando la máxima realización de cada hombre, como miembro de la comunidad humana, concebida como resultado de una unión en la tarea común que debe ser nuestra existencia en el Mundo. Las posibilidades de la Ciencia para contribuir a este objetivo nos aparecen casi como ilimitadas. Por esto, su práctica y desarrollo, constituyen una manera eficaz de contribuir a esta tarea común, facilitando el establecimiento de relaciones operativas con los demás. Dentro de un desarrollo cultural equilibrado, el valor utilitario de la Ciencia, le convierte en una pieza fundamental para la realización del hombre. Además, aparte de esto, el conocimiento científico tiene evidentemente un valor estético, cuya percepción está al alcance de todos los hombres, pero que constituye un atractivo especial para aquel que tiene por profesión su conservación, transmisión o desarrollo.