

nidad. En este capítulo extiende el autor su exposición a los modos de vida, incluyendo en su consideración la busca de alimento y los correspondientes estímulos de los sentidos. De parecida extensión es el capítulo sobre los factores bióticos, es decir, sobre el influjo de seres vivos en otros seres vivos. Es aquí tratada brevemente la forma de vida "social" de las especies como apareamiento, cuidado de las crías, asociaciones, efecto de grupo, territorio y orden jerárquico. También son tratados en el libro, por lo menos en forma de índice, con aclaraciones, fenómenos como la simbiosis, el comensalismo, el parasitismo. El capítulo final trata de la estructura animal-medio.

El autor es ecólogo terrestre, lo que explica que deliberadamente sitúe en primer término la ecología de los animales terrestres. Como, si se exceptúan los libros de W. Tischler, apenas disponemos de obras modernas de amplitud sobre ecología terrestre, no constituye desventaja esta preferencia. El contenido ha sido rigurosamente articulado, de modo que es fácil encontrar el tema que se desea. Incluso para el no ecólogo es el libro de interés: le hará ver la verdadera opulencia de problemas de la ecología, le demostrará que, sin ecología, la vida, en sus vastísimas repercusiones, no podrá ser científicamente comprendida.

LOS VIRUS Y LOS PROCESOS DE LA HERENCIA, CONOCIMIENTOS NUEVOS DE LA CIENCIA NATURAL

por el prof. WOLFHARD WEIDEL

Director del Instituto Max Planck de Biología, Universidad de Tübingen

Acaso se pregunte qué tienen que ver los virus con la teoría de la herencia. Se trata de inquietantes, ultramínusculos, gérmenes morbosos, sobre los que todavía no se sabe mucho y frente a los cuales todo lo que nos interesa parece orientarse exclusivamente en el sentido de aprender a destruirlos. En un principio fue, en buena parte seguramente, la tendencia a destruir o inutilizar cuanto a la humana finalidad se opone lo que contribuyó a despertar un especial interés por el problema de los virus. Pero la acumulación de hechos de experiencia, constantemente aumentados, y la reflexión sobre ellos, trajo consigo en esta nueva esfera de investigación, como tan a menudo ocurre, que se rebasaran ampliamente todos los objetivos prácticos y se hollara el terreno de cuestiones biológicas de grande y universal trascendencia. Se comprobó finalmente —sólo en virtud de experimentos recientes— con absoluta claridad— que los virus brindan la última clave para la plena comprensión y explicación de ese curioso fenómeno biológico que llamamos herencia.

Aproximémonos al problema propiamente dicho con la ayuda de una consideración de carácter todo lo general posible. Supongamos que nos encontramos ante la tarea de construir un complicado mecanismo dado, un auto, por ejemplo, exactamente según el modelo de que disponemos. Tendríamos, pues, que "heredar" en cierto modo, en un sucesor, todas sus cualidades y características. La información sobre qué catadura y

constitución ha de tener el sucesor como representante de una generación nueva, está contenida por lo pronto en el modelo dado y en ninguna otra parte. No nos queda, pues, otro recurso que desarmarlo totalmente, copiar las partes pieza por pieza y acoplarlas hasta que resulte un coche nuevo. Claro que sería enormemente dificultoso repetir la historia para dar paso a una tercera generación. El único procedimiento acertado y económico con tal objeto es conocidísimo desde remotos tiempos: resumir la información en forma simbólica y darle una proyección fija en forma de dibujos normativos de la estructura aplicables de modo inmediato a cada coche y según los cuales puede ser construido un nuevo vehículo en cualquier momento sin que sea necesario tocar uno de los viejos.

Exactamente ante el mismo problema se encuentra todo organismo para reproducirse y propagarse, es decir, cuando se le impone la tarea de la producción de descendientes que se le asemejen en todos los puntos esenciales. La naturaleza soluciona el problema exactamente del modo que acabamos de indicar. Y no hay otro modo, pues, no sólo sería insostenible para un organismo cualquiera que la conservación de la especie y la generación de un solo descendiente exigiera cada vez que el modelo fuera "descuartizado" y con ello destruido, sino que la reproducción de organismos superiores sería, ya en lo puramente técnico, por completo impracticable de esta manera, ya que estos organis-

nos requieren una disposición que les permita reali-
arlo y consumirlo todo desde sí mismos y por sí mis-
mos, sin ayuda externa. Puede considerarse, pues, de an-
emano como seguro que a cada organismo le es dado
por lo menos un dibujo de construcción, completo y
simbólico, de sí mismo. Si han de engendrarse descen-
dientes sólo se necesita hacer copias directas de este
esquema. Según lo prescrito se hacen nuevas construc-
ciones con los medios, de que cada célula dispone, para
verificar síntesis químicas, con lo que cada descendien-
te recibe de nuevo, en forma inmediata, su propio
estatuto de esquemas constructivos.

La investigación de los virus ha averiguado, de modo
inequívoco, cómo está constituido el papel de dibujo
al que se han confiado los planos simbólicos de cons-
trucción de seres vivos y de virus, que por lo demás no
pueden ser incluidos entre los seres vivos propiamente
tales. No se trata en absoluto de papel, ni siquiera en
el sentido de la bidimensionalidad del material, sino de
hilos, formas, pues, *monodimensionales* esencialmente.
Superficialmente podría permitirse aquí la comparación
con los ramales de la escritura incaica, los llamados
quipos, que no representan otra cosa que haces de hilos
con complicadas series de nudos en los distintos hilos.
El sentido de la escritura incaica debe haberse inferido
del orden de sucesión de los nudos y su peculiar anu-
ladero. Es cuanto puede decirse, ya que, en realidad, na-
die es capaz hoy de descifrar el sentido.

Muy semejante debe imaginarse el principio de la "es-
critura" que simboliza las características constructivas
de los objetos biológicos que nos interesan, si bien to-
davía nadie es hoy capaz de leer esta escritura. Claro
que en los hilos no hay intrincados nudos, pero deter-
minado orden de sucesión de algo desempeña aquí,
desde luego, un papel importante. En realidad, a los hi-
los debería llamárseles cadenas que constan de distintos
eslabones, colgados unos de otros. Y estos eslabones no
son todos iguales como en las cadenas corrientes. En
general, se dispone en nuestro caso para la formación
de una cadena de cualquier longitud de cuatro clases
distintas de eslabones. Ahora bien, fácil es comprender
que en virtud de la prevista selección de determinados
órdenes de sucesión de estos cuatro eslabones, y por
su disposición en una larga cadena de decenas de milla-
res de eslabones, puede almacenarse una gran cantidad
de significativas informaciones ya en una sola de estas
cadenas. El alfabeto Morse, en combinación con una
tira de papel, logra lo mismo con sólo dos "eslabones",
es decir, dos signos: punto y raya (y pausa, por expre-
sarnos con rigor).

Cuanto más complicado sea el organismo que debe pro-
ducirse, más cadenas o hilos serán, naturalmente, ne-
cesarios para fijar realmente en la escritura todo lo

indispensable. Y los hilos tendrán que ser arrollados y
dispuestos en haces adecuadamente para que nada se
pierda, sobre todo cuando tras una copia de la serie
completa de hilos llevada a término por dispositivos
especiales, debe cuidarse de que el organismo que va
a producirse obtenga, completa y sin vacíos, la indis-
pensable y propia serie que le corresponde. Estos haces
de hilos y el mecanismo de su distribución después de
realizada la copia, pueden verse y observarse con un
microscopio corriente. Se trata de los conocidos crom-
osomas y del mecanismo de escisión del núcleo. Ahora
bien, los distintos hilos, que para el esclarecimiento
del simbolismo de la escritura son mucho más intere-
santes, pues contienen las distintas informaciones, sólo
podrán ser captados con ayuda del microscopio elec-
trónico en su máximo aumento, tan increíblemente
delgados son. En lo que atañe a su estructura pertenecen
ya a la esfera de la *química*, no ya, como núcleos ce-
lulares y cromosomas, a la de la *morfología* clásica.
Son auténticas moléculas de una sustancia llamada
ácido nucleínico.

Que realmente es el ácido nucleínico y no otra cosa
la sustancia química llamada a fijar la escritura de los
planos constructivos que van siendo heredados, se sigue
de evidentes experimentos realizados con bacterias y es-
pecies de virus especialmente adecuadas. En las especu-
laciones sobre la naturaleza material de la sustancia
hereditaria hipotética en realidad se había pensado
mucho más en aluminoides, que en virtud de su com-
plicada composición admiten un número inconcebible
de variaciones en su estructura, brindando un campo
mucho más vasto a la simbolización por lo tanto. En
este aspecto no se esperaba mucho al principio del ácido
nucleínico. Mas, a consecuencia de los mencionados ex-
perimentos, la albúmina como sustancia hereditaria
prácticamente quedó excluida por completo de la dis-
cusión.

Por lo pronto se averiguó —y ello hace muchos años—
que el ácido nucleínico obtenido por la vía química de
determinadas castas de neumococos, los gérmenes de la
pulmonía, eran capaces de conferir a otras castas de
neumococos cualidades hereditarias completamente nue-
vas. La casta receptora —en el caso más simple— al
contacto con estos preparados de ácido nucleínico era
sencillamente transformada en la casta dadora de la
que se había obtenido el preparado. La metamorfosis
se mantuvo por indeterminadas generaciones de células:
se había convertido, pues, en hereditaria con carácter
perfectamente normal.

Al afinarse en numerosas reiteraciones este experimento
fundamental pudo inferirse que el ácido nucleínico
con virtud transformadora no es otra cosa que deter-
minada parte del vasto esquema constructivo de la casta
dadora y que esta parte, al ser incorporada por la célula

receptora, logra predominar. Esto se verifica, probablemente, en virtud de una substitución por la que un fragmento correspondiente del esquema constructivo de la casta receptora es reemplazado por el fragmento extraño incorporado, perdiéndose él mismo. A partir de este momento las células en las que ha verificado la substitución deberán funcionar en forma exactamente idéntica a la de las células dadoras en lo que atañe a lo prácticamente aplicativo que obedece al fragmento esquemático introducido como substituto. Y como en cada disgregación celular éste es copiado siempre de nuevo junto con el restante plan constructivo de la célula receptora, todas las generaciones sucesoras deberán trabajar también según el plan arbitrariamente modificado y evidenciar las correspondientes cualidades. La heredabilidad de las cualidades se basa justamente en esto.

No menos claramente demostró su cometido el ácido nucleínico como genético papel indicativo en algunos virus. Una partícula del virus mosaico del tabaco, por ejemplo, consta sólo de ácido nucleínico filamentososo en torno al cual está arrollada, en grueso estrato, como la aisladora en un tubo de la calefacción, una albúmina, es decir, una proteína, para hablar científicamente, de muy determinada composición y estructura. La partícula tiene, pues, forma de bastoncitos. En su multiplicación, que se verifica en el interior de las células vegetales, una de estas partículas genera numerosas nuevas partículas, asemejándosele todas. Sobre todo la composición y la estructura de su manto proteínico coinciden por completo con la correspondiente estructura de la partícula paterna. Estas cualidades puramente químicas deben ser utilizadas aquí para la caracterización, ya que una entidad tan simple no puede brindar un vasto espectro de cualidades como el de una célula viva, por ejemplo. Ahora bien, justamente esto es una gran ventaja, como veremos.

De modo evidente, de todo punto de vista, una de estas partículas de virus no puede llegar a sus descendientes otra cosa que la química estructura fina de las dos substancias componentes de que consta. El más importante problema que la investigación de la herencia puede aquí plantear es el de si la proteína de la partícula paterna es responsable de que su estructura fina especial sea conservada en la proteína de los descendientes y si ocurre también lo mismo, *mutatis mutandis*, en lo que se refiere al ácido nucleínico de la partícula o si la conexión hereditaria es mantenida de otro modo. De hecho, ocurre esto último: puede, por medios químicos, despojarse totalmente a las partículas del virus mosaico del tabaco de sus cápsulas proteínicas de modo que quede el puro ácido nucleínico y tratar plantas de tabaco con el preparado de ácido nucleínico obtenido así. Se comprobará, aun con sorpresa, acaso, que las

plantas son atacadas de la enfermedad virulenta exactamente como si se las hubiera infectado con partículas de virus completamente intactas. El jugo de estas plantas contiene las correspondientes cantidades de partículas de virus normales completas con manto proteínico totalmente desarrollado de estructura fina típica... ¡y ello sin que las plantas hubieran estado nunca en contacto con la proteína del virus! Sólo habían sido tratadas con el ácido nucleínico del virus y ni de vista habían conocido proteína de virus como modelo para la reproducción.

Deberá ser, pues, de nuevo, sólo en el ácido nucleínico en el que la estructura heredable de la partícula de virus, a la que pertenece como parte constitutiva, está impresa hasta el último detalle en forma simbólica. En el proceso de multiplicación la proteína de la partícula carece por completo de influencia en la exacta reproducción de sí misma. Parece desempeñar sólo el papel de un material de empaquetado que protege al muy sensible ácido nucleínico mientras la partícula vaga en el viento y la intemperie hasta que para ella se encuentra un virgen alojamiento en el que pueda ser desatada una nueva ola de multiplicación. El empaquetado se desprende entonces evidentemente y queda destruido y todo lo demás corre a cargo del ácido nucleínico manumiso y libre.

Estos y otros hallazgos en las partículas de virus indican claramente que lo que siempre sirve para la simbolización de las estructuras proteínicas es justamente el ácido nucleínico. Añádase que ello se adapta muy bien a lo que se sabe sobre el modo de funcionamiento de las células vivas. Los más importantes dispositivos que para el mantenimiento de su operar interno necesitan, y que deben producir y reproducir constantemente, son: moléculas proteínicas de carácter especialísimo. Ahora bien, las células sólo podrán producir las si su archivo de ácido nucleínico contiene los correspondientes esquemas constructivos para cada una de estas partículas de proteínas. Con que falte uno solo no podrá ser producida ya la proteína correspondiente y en adelante la célula dispondrá de un importante dispositivo menos. A consecuencia de ello evidenciará ciertos fenómenos de carencia en su trabajo químico. Las proteínas especiales a que nos referimos sirven cabalmente para hacer posibles transposiciones químicas que por sí mismas no entrarían en fluencia, pero que para la célula son de mayor o menor apremio en el sentido de poder conservarse y multiplicarse. Se llama *enzimas* a estas proteínas y cada partícula enzimática dispone de una estructura específica propia y timonea una reacción química de todo punto determinada que acarrea siempre la metamorfosis de una substancia A en una substancia B. Si falta la correspondiente enzima por no poder verificarse su esquema constructivo a consecuencia de

pérdida, la substancia A permanece sin elaborar en la célula y la substancia B, así como todos los productos químicos resultantes, no podrá ya producirse. Para la célula significa esto muy a menudo la sentencia de muerte.

Ahora bien, con la simbolización de las estructuras proteínicas por la acción de determinados órdenes de sucesión de los eslabones de las cadenas de las moléculas de ácido nucleínico evidentemente no está resuelto todo para hacer posible una propagación de virus y organismos vivos. En lo que últimamente hemos dicho sobre las simbolizaciones contenidas en el ácido nucleínico se basa, por lo pronto, sólo la aptitud funcional *bioquímica* de estos organismos, independientemente de que se propaguen o no. Es claro que para esta finalidad habrá que procurar de algún modo un mecanismo que permita producir rápidas y exactas copias de cada molécula de ácido nucleínico dada, pues sin tales copias no habría descendientes. Dicho con otras palabras: el ácido nucleínico deberá poseer adicionalmente las cualidades del *papel pautado*, en sentido metafórico, naturalmente. Esta cualidad debería ser independiente de la secuencia de los eslabones de las cadenas y ser propia del ácido nucleínico como tipo de enlace de un modo general. La cualidad especial del papel pautado es también independiente de lo que en él se dibuje.

La ciencia se encuentra, pues, ante dos importantes problemas. Deberá averiguar en primer término según qué sistema de clave trabaja la naturaleza con ayuda del ácido nucleínico y, en segundo lugar, deberá demostrarse cómo se verifica la reproducción exacta del texto en clave. Este último cometido justamente ha dado lugar a numerosas especulaciones, muy geniales algunas. Lo primero que se ocurre, naturalmente, es pensar en los procedimientos corrientes de la técnica de la reproducción y ver si pueden armonizarse, por lo pronto, de un modo puramente esquemático, todos los datos experimentales de que se dispone sobre los balances de substancias en la multiplicación del ácido nucleínico específicamente estructurado, en el proceso de multiplicación de los virus, por ejemplo, con algún otro proceso de copia conocido... ya sea de positivo nuevamente a través de un negativo, o directamente de positivo a positivo, o como fuere.

A una clara decisión no se ha llegado aún a pesar de muy considerables esfuerzos. Los indicios oscilan en uno o en otro sentido con mayor o menor insistencia. Ahora bien, esto es sencillamente otras de que no se han reunido aún suficientes datos experimentales y que las especulaciones se dejan guiar demasiado, acaso, por algo tan cotidiano como matrices, troqueles, máquinas de timbrar. La célula viva es, a la postre, algo que obedece a leyes *químicas* y no sólo *mecánicas*. Debe lograrlo sencillamente todo, incluso la copia de su

archivo de ácido nucleínico, por procedimientos y métodos químicos y a tal finalidad conducen muy suavemente, a menudo, los más curiosos rodeos, como todo bioquímico sabe muy bien, mientras la vía aparentemente recta y llana demuestra ser impracticable.

Menos satisfactorio aún son los intentos de descifrar la clave del simbolismo de los eslabones de las cadenas. Para lograrlo sería necesario conocer en una molécula dada de ácido nucleínico el orden de sucesión exacto de los cuatro grupos distintos de eslabones a lo largo de toda la cadena. Es éste un problema químico analítico que será resuelto con el tiempo seguramente, pero que no lo está aún, ni mucho menos. Una vez logrado habría que introducir una molécula de ácido nucleínico en una célula viva y comprobar qué cambios químicos son así desatados en forma *inmediata*. Si la molécula de ácido nucleínico provoca al punto, como se supone fundadamente, la síntesis de una muy determinada especie de proteína, ésta debería, entonces, considerarse como el producto de traducción primario de las claves del ácido nucleínico y aclararse exactamente también en su estructura fina. Ahora bien, con ello sólo se habría dado el primer paso en el sentido de una correlación entre determinada secuencia de eslabones en el ácido nucleínico y determinada estructura proteínica. Para conocer verdaderamente todo el simbolismo habría que intentar modificaciones sistemáticas en la secuencia de los eslabones del ácido nucleínico utilizado en el experimento y comprobar cada vez qué modificaciones provoca la estructura de la proteína construida adicionalmente. Por tal manera, se podría, poco a poco, obtener todas las correlaciones indispensables y se tendría con ello en la mano la clave de lo cifrado.

La realización práctica de este programa, brevisísimamente bosquejado, no es tan sin esperanza como, por lo pronto, pudiera, acaso, parecer. Cabalmente aquí podrían ayudarnos algunos virus en virtud de su simple composición. Su ácido nucleínico, que probablemente es fácil obtener puro, evidencia en su comportamiento en la célula albergue productora de virus todos los efectos que realmente importan. Provoca su propia reproducción exacta y obliga además a la célula albergue a producir proteína de todo punto determinada, de estructura insólita para la célula misma. De las alteraciones en la secuencia de los eslabones de su cadena se encarga la naturaleza, sin que el químico tenga que molestarse. De vez en cuando, justamente en el orden de sucesión dado, ocurre un error y se produce una molécula de ácido nucleínico con secuencia algo modificada. En la terminología de la genética el error se llama *mutación* y su resultado es una *mutante*. También hay, pues, mutantes en los virus, incluso ellos nos han suministrado las primeras indicaciones útiles sobre lo que

realmente ocurre al producirse una mutación. La genética clásica, preocupada con sus cromosomas, se comprende que nada concreto pudiera decir sobre esto. La genética de los virus, en cambio, que puede reducirlo todo al denominador más simple al operar con pura substancia hereditaria, es decir, con moléculas de ácido nucleínico, sitúa, en primer término, dentro del marco de la genética, puras reflexiones de índole química. Será, al cabo, el químico quien deba averiguar por qué secuencias están caracterizadas las moléculas de ácido nucleínico de las diversas mutantes de virus y cómo en

su virtud es modificado el sentido de la información cifrada.

Con ello se verifica, en forma perfectamente visible, la vinculación de la genética, rama del saber puramente biológica y curiosamente formalista, por lo pronto, a la familia de las ciencias naturales exactas. De nuevo retroceden las nieblas de las especulaciones vitalistas justamente en un punto absolutamente decisivo y hacen cancha al claro pensar y obrar en forma de hipótesis y experimento.

SOBRE TEORIA DE LA GENESIS DE LOS CONTINENTES Y LOS OCEANOS DE ALFRED WEGENER (1)

por el prof. M. SCHWARZBACH

De la Universidad de Kln

Ninguna obra geológica ha provocado tantas discusiones como la de Alfred Wegener que lleva por título "Génesis de los Continentes y los Océanos"... obra que ni siquiera fue escrita por un geólogo, que tropezó con la más apasionada repulsa y la más entusiasta aprobación, incluso congresos enteros se han ocupado de la hipótesis del desplazamiento continental que en ella se defiende y hasta dio lugar a votaciones. Es digno de ser considerado igualmente hasta qué punto las ideas de Wegener han repercutido allende la esfera de la geología y la geofísica, en la geografía de la fauna y la flora, por ejemplo. Y como sus audaces ideas son de fácil y plausible exposición, influyeron también en gran número de personas cultas ajenas a estas especializaciones.

En ello ciertamente y en las dotes de Wegener para la exposición convincente y comprensible, acecha un gran peligro: el que no sea tan simple adentrarse en su lectura con suficiente espíritu crítico. Todo parece de claridad meridiana... sin serlo. Ciertamente las ideas sobre el "drift", sobre la deriva de los continentes, mantienen su carácter sugestivo, en forma invariable, en todas las discusiones sobre la evolución de nuestro planeta. Pero en los últimos 34 años la investigación ha logrado avances inesperados en el conocimiento de las profundidades marinas, que en Wegener tiene categoría de clave (para él el Atlántico es joven, mientras es "permanente" para otros), así como de las partes subyacentes más profundas de la corteza terrestre, etc. Ocurre así no sólo que muchos no aceptan

el desplazamiento de los continentes, manteniendo la antigua actitud, sino que aquellos que en principio le consideran posible se han apartado de Wegener en muchos aspectos. En el momento de una posible separación entre Europa y América, por ejemplo, piensan de modo completamente distinto y algunos (como el autor de estas líneas) que están sobre todo acordes con la explicación de Wegener sobre la congelación de Gondwana (2) del paleozoico tardío y la han fundamentado de nuevo, en modo alguno aprueban las ideas de Wegener sobre los lapsos más recientes (el terciario, por ejemplo).

Habrá que preguntar si es defendible la reimpresión de esta obra (que indudablemente hizo época, como hemos dicho). En realidad no es posible situarla en la línea de las obras "clásicas", en inalterada reimpresión, como en la célebre serie iniciada por Wilhelm Ostwald. La estructura ideológica de la obra de Wegener es demasiado hipotética. Sin necesidad de reimpresión los que se ocupan seriamente de estos problemas conocen el libro y toda la bibliografía que sobre él existe. Y para aquellos que sólo buscan una orientación sobre la evolución de nuestro planeta es una lectura demasiado parcial y algo peligrosa por lo mismo. Hubiera tenido más valor una edición crítica, indudablemente, pero concedemos que la tarea no hubiera sido precisamente fácil.

(1) N. de la R.: 1880-1930, meteorólogo y explorador de las regiones polares, muerto en los hielos durante una expedición.
(2) N. de la R.: Región indostánica con carácter de orografía arcaica.