

vos superiores con un promedio de edad de 50 años, son comparables a las de estudiantes de medicina con un promedio de 25 años de edad. Las pruebas indicaron que los indicios de de-

terioro en las facultades mentales eran más frecuentes después de los 60 años, pero muchos ejecutivos de 60 a 70 años no demostraron menoscabo alguno.

Nuevos descubrimientos en herencia

por MARTIN REGNAULT

Trad. y compil. de Benjamín J. C. Subercaseaux

El descubrimiento del código genético el año 1962, les valió el premio Nóbel de Medicina a sus principales autores, F. H. S. Crick y J. Watson que habían revelado antes la célebre espiral del ADN (ácido desoxirribonucleico). Sin embargo, el código no es ya lo que se creía y debe ser objeto de nuevas ediciones revisadas y corregidas.

Cada célula primordial de un ser viviente, cada huevo, posee todo el potencial hereditario del futuro organismo y aún a través de él, todo el potencial de su descendencia. Así, todas las características de una célula, de un órgano o más bien de un organismo, están determinadas por el ADN. En realidad, estas órdenes son transmitidas a través de un determinado número de intermediarios; para comprender mejor esto, es necesario franquear un cierto número de niveles sucesivos: en primer lugar, aquel de las proteínas y en particular de aquellas indispensables, las enzimas. Sin enzima, en efecto, no hay reacción bioquímica posible. Su presencia basta para permitir tal reacción dada, su ausencia bloquea definitivamente el sistema bioquímico a nivel de la reacción dada, su ausencia bloquea definitivamente el sistema bioquímico a nivel de la reacción en cuestión. Ahora bien, las proteínas, las enzimas son muchísimas; aún no se las llega a determinar en un solo ser viviente unicelular. Un Paramecium contendría en su célula única más de 5.000. En el hombre habría millones. Estas sustancias han asombrado siempre por su extraordinaria especificidad: dotada del poder de catalizar una reacción no lo hacen jamás con otra y son las más de las veces específicos de una especie y aún de un individuo.

Para poder entender las enzimas es necesario descender a un nivel inferior: aquel de sus

constituyentes. Se descubre entonces, que para construir estos millones de enzimas sólo se necesitan 20 tipos de "ladrillos", los 20 aminoácidos naturales conocidos.

¿Cómo explicar la extraordinaria complejidad de los seres y sus tejidos a partir de posibilidades tan restringidas? Descubrimos luego que las proteínas tienen casi todas los mismos constituyentes y que en realidad la causa de su diversidad se encuentra sobre todo en la ordenación de estos ladrillos en la cadena. Así tenemos que dos proteínas pueden estar compuestas rigurosamente por los mismos aminoácidos, pero si éstos están colocados en posiciones diferentes, las proteínas tienen diferentes funciones. Por lo tanto, la posición de los aminoácidos a lo largo de la molécula determina detalladamente el papel de cada tipo de proteína.

En este momento se nos presenta otro problema; ¿de dónde y cómo vienen las órdenes que permiten la síntesis de proteínas y determinan la posición de los aminoácidos? Para poder comprenderlo tendremos que pasar luego de las enzimas y de los aminoácidos a un tercer nivel, el de los ácidos nucleicos y en especial del ADN que es el poseedor del "código genético".

El primero que logró probar la existencia del código fue Nirenberg, de USA, quien obtuvo con sus colaboradores la formación de una proteína partiendo de un ácido nucleico sintético. No describimos aquí la experimentación, capital del equipo estadounidense, sino que recordamos cuál fue la conclusión: Nirenberg había descendido aún a otro nivel, penetrando en la estructura de un ácido nucleico.

El ADN está formado por dos cadenas constituidas por azúcar, la desoxirribosa, y ácido fosfórico en forma alternada. Ambas cadenas

son paralelas y están unidas entre sí por parejas de bases nitrogenadas. El conjunto presenta una estructura biespiralada de tal manera que se la puede comparar perfectamente a una "escalera caracol" donde los peldaños están formados por un par de bases unidas entre sí por un puente de hidrógeno.

Estudiando esta estructura, Nirenberg y sus colaboradores constataron que tres peldaños comandaban la selección de un aminoácido determinado, que los tres peldaños siguientes ordenaban la selección de otro o la repetición del anterior, etc. Es así que se descubrió como, según la repartición de las bases a lo largo de la molécula de ADN, se formaban las proteínas. El código genético era simplemente un código de tres letras, de una simplicidad desconcertante.

Pero lo más asombroso era tal vez aquello de que las bases que servían de constituyentes de los peldaños de la escala eran sólo cuatro. Nos asombramos de saber que todas las proteínas del mundo animal y vegetal están construidas a partir de sólo 20 aminoácidos. Nuestro asombro es mayor ahora que sabemos que sólo bastan cuatro bases (púricas y pirimídicas) para determinar nuestra naturaleza y aquella de todo ser vivo sobre el planeta: la Guanina (G), la Adenina (A), la Citosina (C), y la Timina (T). Hay que agregar que cada una se encuentra siempre unida a la misma pareja; por lo tanto un peldaño no puede presentar más que los siguientes aspectos: AT, TA, CG, y GC. Los genetistas sabían desde tiempo que la proporción entre los constituyentes de un mismo peldaño A:T o C:G, era igual a la unidad, mientras que la relación entre ambos grupos AT:CG era muy variable según las especies o aún de un individuo a otro. Ellos habían presentado ya, cuantitativamente, la importancia de las bases en la determinación genética de un ser vivo.

En realidad, decir que el ADN preside la síntesis de proteínas es ir demasiado rápido. Hay que mencionar tres intermediarios importantes e indispensables, los tres ARN (Acido Ribonucleico). Este tipo de ácido nucleico, a diferencia del ADN, posee una cadena mono-espiralada, cuyo azúcar es la Ribosa. Otra particularidad: de tiempo en tiempo, la Timina es reemplazada por otra base, el Uracilo (U). La

transmisión de la información genética se haría por lo tanto de la manera siguiente: el ADN es capaz de reproducirse idéntico a sí mismo, de generación en generación, elabora el ARN "mensajero" quien de algún modo reproduce en negativo el mensaje codificado —la secuencia de sus bases está calcada sobre aquella de las del ADN—. Como su nombre lo indica, es este ARN verdadero mensajero, sale del núcleo de la célula, se mueve a través del citoplasma para traer a unas pequeñas partículas, los Ribosomas, las órdenes de fabricación. Una vez cumplida su misión, el ARN mensajero desaparece. Es el ARN ribosómico quien toma el relevo. Habiendo "comprendido" el mensaje del ADN, recibe sobre sus moléculas y en el orden deseado, las moléculas de un tercer ARN de "transporte" que traen consigo, uno cada uno, los aminoácidos requeridos desde el citoplasma.

En resumen, se podría decir que el ADN contenía en la secuencia de sus bases A, C, T, G, lo esencial de la información genética. Esta información la transmitía a un ARN mensajero, con estructura mono-espiralada, el cual llevaba la información hasta el Ribosoma especie de matriz, y el ARN de transporte, especie de vehículo, llevaba a esa matriz los diferentes aminoácidos para ordenarlos en una cadena: la futura proteína.

A decir verdad, los bioquímicos no estaban del todo satisfechos: el código de tres letras así descifrado permitía seleccionar cada uno de los veinte aminoácidos por medio de un cierto agrupamiento de tres de las cuatro parejas de bases reconocidas. Veinte combinaciones bastaban por lo tanto. Ahora bien, el cálculo del cubo de 4 permitía constatar que existían exactamente 64 combinaciones posibles. Había, debido a esto 44 combinaciones desechadas por los organismos vivos, que no servían para nada. Esto era imposible de creer. Esperando descubrir la clave del enigma, estas 44 combinaciones habían sido bautizadas como "tríos sin sentido".

Para transpasar el misterio de estas secuencias aparentemente inútiles los investigadores estadounidenses propusieron varias soluciones, algunas de las cuales fueron bien acogidas. Se admite en la actualidad —siempre conviene sólo implicar al presente— que el código está "degenerado", en el sentido de lo que dicen

ciertas hipótesis, según las cuales, ciertos fenómenos inútiles de la vida o no explicados, pueden significar rasgos de degeneración. Al ensayar la realización en laboratorio de lo que ocurre en una célula se pudo apreciar que ciertos aminoácidos eran seleccionados por varios trios. El profesor Niremberg pudo probar que la Leucina, aminoácido que se encuentra en casi todas las proteínas, puede ser seleccionada por cuatro trios diferentes: UUG, UUC, UUA y UUU. Descubrió también que la Serina podía ser reclamada por los trios UCU, UCC o también por UCG (las letras representan las bases de los tres sempeldañes consecutivos, ya que las iniciales de los peldaños completos serían: U—A, C—G, G—C, para el último ejemplo).

Pero el investigador de USA no piensa que esta "degeneración" no implica una falta de especificidad en la construcción de moléculas proteicas, sino por el contrario. En efecto, las experiencias que permitieron ver que cuatro trios requerían la presencia de la leucina, fueron realizadas con sistemas biológicos especiales, los "cell-free sistem", que se obtienen al triturar las células (en especial las bacterias) con óxido de aluminio. El jugo celular así obtenido, por ruptura de las células, aún sintetiza proteínas. Basta agregar a este sistema un ácido nucleico sintético para asistir a la síntesis de aminoácidos y luego a la de proteínas. En la naturaleza, con las células en su lugar, es posible, estima el profesor Niremberg, que el mismo aminoácido requerido por trios diferentes (a partir de informaciones también diferentes) se encuentra en lugares distintos de la molécula proteica. ¿Por qué, en efecto, no imaginar que la Leucina seleccionada por la ordenación UCG se sitúe al lado de la Serina, si bien, al ser ordenada por la agrupación UCC se la encontraría al lado de la Valina? Por el momento, prudentemente nos contentamos con decir que "esta flexibilidad es beneficiosa para la célula" pero que "no se conoce todavía el porqué".

Cuando la primera síntesis de ARN, Niremberg había probado que un ARN artificial cuya única base era el Uracilo (por lo tanto ARN poli-U) presidía a la síntesis de la Fenilalanina. Llego numerosos ácidos nucleicos polímeros han sido obtenidos y experimentados: el poli-UC, el poli-UG por ejemplo. Permitieron descubrir otras órdenes que aquella

dada a la célula para sintetizar la Fenilalanina, obteniendo otras síntesis. Según esto, se puede hablar ya de un "diccionario del código genético". Haciendo el recuento de todas las combinaciones que dan resultados, es decir, que desembocan en la síntesis de aminoácidos, se llega a explicar 40 de los 64 trios. No faltan por lo tanto más que 24 trios desprovistos de significado. . .

Aún para ellos podría darse una explicación posible: primero, podría ser que un individuo de una especie no utilice las 64 combinaciones; podría ser que tuviera un cierto número de reserva, lo que permitiría ciertas mutaciones. Dos investigadores de Purdue, Bernard Weisblum y Samuel Benzer, han demostrado que ciertos organismos poseen más de un, solo tipo de ARN de transporte, capaces de reconocer un aminoácido dado. Es el caso, por ejemplo, del bacilo del colon, *Escherichia coli*. Este bacilo contiene dos tipos de ARN relativamente fáciles de distinguir, que transfieren la Leucina. Weisblum y Benzer llegaron a separar estos dos tipos de ARN de transporte y los experimentaron en las "cell-free sistem". Vieron que uno de los dos tipos reconocía exclusivamente al ARN poli-UC, el otro exclusivamente al poli-UG. Si el número de ARN de transporte diferentes contenidos en una célula no es conocido actualmente, se puede imaginar que cada uno corresponde a una palabra del código. Otra explicación ha sido propuesta. Se pensaba que esos famosos trios superfluos podían significar el comienzo o el fin de una porción del mensaje genético, un poco a la manera del "stop" de los telegramas. Pero recientemente el bioquímico Arthur Komberg, Premio Nobel 1959, anunció que había descubierto una puntuación en la estructura misma del ADN: especies de muescas a lo largo de la cadena espiralada, que corresponderían, según él, a las marcas de puntuación indispensables para la "gramática" del ADN. Habiendo descubierto esas marcas en experiencias de laboratorio, Komberg trata de probar la existencia de ellas in vivo. Si se confirma que tal puntuación es utilizada, se podrá tener una idea de la delicadeza y precisión con que se transmite el mensaje.

Pero apenas ensayamos de precisar un poco lo que es este código ternario, cuando aparece otro nuevo que viene a complicar las cosas y

a hacernos recomenzar. Apenas comienza a existir el código genético cuando ya no se puede estar seguro de que sea el correcto. Crik y su equipo habían propuesto un código de tres letras; aún habían podido probar que con estas tres letras se podía obtener síntesis de aminoácidos. Nirenberg y Mathei se preguntan si el código no podría actuar ya como de tres o como de dos letras solamente. En efecto, pudieron demostrar experimentalmente que, de los 20 aminoácidos, 18 podían ser incluidos en el código por palabras de dos letras, por "dúos". Sólo el ácido Aspartico y la Metionina exigirían la combinación de tres bases. También estos investigadores piensan que sí, a pesar de todo el código es de tres letras, la célula no tiene necesidad de reconocer las más de las veces, más que dos de las tres bases del mensaje para descifrar éste correctamente.

Hay otras cosas que, por el momento, no encuentran respuesta. Pregunta capital: ¿es el código universal?, ¿el lenguaje genético es el mismo para todos los seres del planeta? ¿Sólo las informaciones cambian?, o bien, por el contrario, ¿existen varios códigos diferentes según las familias, los géneros y las especies? Y en ese caso, ¿dónde se encuentra la frontera entre ambos códigos? ¿a nivel de la familia, del orden del reino? ¿Será necesario crear una nueva clasificación zoológica; reunir en un mismo grupo los seres que posean un código genético parecido?

Hasta el presente, las pocas indicaciones que pudimos recoger, vienen de Londres y de Bethesda (USA). El código parece universal en la medida en que los ARN se comportan en forma igual al actuar en un "cell-free sistem" provenientes de células de mamíferos o de cultivos bacterianos. A pesar de eso los bioquímicos piensan que probablemente, en un futuro próximo, se encontraría algunas diferencias: ya que ciertos aminoácidos están "codificados" por varias palabras, una especie puede muy bien emplear tal palabra o tal otra.

Por lo demás, las investigaciones recientes mostraron que las mutaciones podían producirse en el interior de la "máquina traductora": es decir, que la interpretación de la información codificada podía ser alterada. Para llegar a estos resultados, los investigadores utilizaron un material bien conocido de los genetistas y bioquímicos; el bacteriófago T4 que infecta la

bacteria del colon *Escherichia coli*. Entre estos fagos T4 se descubrió ciertos mutantes; eran objeto de una simple modificación en el interior de un solo trió y debido a esto se hacían inactivos en el proceso de infección de una variedad de bacteria, pero activos para una variedad alterada. Para explicar esto, los bioquímicos estadounidenses propusieron la siguiente teoría: la variedad alterada ha sufrido una modificación en su "máquina traductora de instrucciones codificadas". Esta modificación varía la interpretación del trió del bacteriófago mutante y transforma una orden negativa en instrucción de producción de un aminoácido específico. Ese sería el caso más simple de modificación adquirida en el interior de la máquina traductora.

Otras experiencias tendientes a probar o negar la especificidad del código fueron tentadas. Algunas de ellas en particular se encaminaron hacia las analogías y diferencias existentes entre los mecanismos de traducción de tres formas de vida extremadamente alejadas unas de otras: una bacteria, una levadura y un conejo. Después de haber aislado los elementos esenciales de sus máquinas traductoras respectivas, los investigadores se entregaron a verificar las capacidades de estos diferentes sistemas; se trataba de ver cuáles eran las traducciones de las órdenes relativas a la producción de aminoácidos. Fueron constatadas entonces diferencias cuantitativas asombrosas en la producción de aminoácidos, según que se usaran los sistemas provenientes de un solo organismo o de varios. Los últimos, que reunían los elementos de las máquinas traductoras de los tres seres, se demostraban mucho menos eficaces. Es necesario creer por lo tanto que existen ciertas diferencias en el interior mismo de los mecanismos de traducción... Que sea universal o no, el código reposa sobre un mensaje transmitido desde el ADN hasta los aminoácidos por intermedio de tres ARN. Pero, ¿qué papel exacto hay que atribuirle al ARN? El ARN mensajero en particular, descubierto en 1957 por dos biólogos franceses del Instituto Pasteur, Jacques Monod y Francois Jacob, el ARN no cesó de intrigar a los bioquímicos. Está, después de todo en primer plano; es el que va del núcleo al citoplasma; él el que sabe lo que ocurre de un lado y de otro de la membrana nuclear. El asunto que intere-

saba a los investigadores era saber si el ARN mensajero funcionaba una sola vez o si era capaz de actuar nuevamente para la transmisión de una segunda orden. Georges Spyrdes y Fritz Lipmann del Instituto Rockefeller, por un lado, y Cyrus Levinthal del MIT (Massachusetts Institute of Technology) por el otro, inhibieron la síntesis del ARN mensajero con un antibiótico, la Actinomicina, y se pudo probar así que cada molécula de ARN mensajero dirigía la síntesis de 10 a 20 moléculas de proteínas.

Por su lado Nirenberg pudo probar que además de la repartición de las bases sobre la molécula, el largo de la cadena de ARN mensajero y su estructura final tenían importancia en su actividad. Así un ARN sintético poli-U (es decir en el que todas sus bases son Uracilo), cuya cadena contenía más de 100 moléculas de Uracilo, se reveló más activa que otra que no poseía más que 50. Otros dos investigadores descubrieron que el largo óptimo de las cadenas de ARN poli-U estaba comprendido entre 450 y 700. Era entre estos dos extremos que se realizaba al máximo la síntesis de proteínas. En buenas cuentas el ARN era desconocido. Reclen se comienza a entrever la importancia de su estructura en su función. Esta estructura es objeto en la actualidad de profundos estudios.

Pero más asombrosa parece ser la sugestión que acaban de hacer los médicos de Filadelfia. Sus experiencias tienden a demostrar que la función del ARN mensajero no sería sólo la de intermediario, sino que tendría también, al menos en estas circunstancias, un papel director en los mecanismos de la herencia. Un ARN proveniente del cerebro de un embrión de pollo, fue aplicado a un cultivo de blastodermos de pollo. Los embriones que se desarrollaron luego, poseían dos cerebros o sufrían de graves anomalías cerebrales. Además las células de los mamíferos tratadas con ARN del hígado, se pusieron a sintetizar las enzimas específicas de las células hepáticas; las células hijas mostraban la herencia de este carácter. De donde la hipótesis: el ARN transformaría de cierta manera al ADN de las células en cuestión, habría cambiado su papel de mensajero por aquel de director, ya que la progenitura celular se comportaba mostrando la marca de su paso.

Prosiguiendo sus trabajos en la misma orientación, los investigadores trataron ahora con células cancerosas provenientes del cáncer de rata, con ARN proveniente de hígado de rata normal: las células cancerosas se pusieron a producir enzimas específicas del hígado; ya había a qué atenderse luego de esta experiencia. Pero además cuando las células cancerosas así tratadas o sus descendientes fueron inyectadas en los músculos del muslo de una rata, ya no se condujeron como células cancerosas: habían perdido su habitual poder de división rápida y no invadieron los tejidos vecinos. Se puede imaginar las perspectivas que se abren con semejantes resultados. Pero las noticias espectaculares no pueden ser recibidas más que con el máximo de prudencia. Una experiencia no basta; es necesario confirmarlo por lo menos unas cincuenta veces para tener una certeza.

Como sea, se constata en la actualidad que el ARN puede ser mucho más que un simple agente de transmisión. Si se agrega a esto los innumerables informes que nos llegan a diario sobre los elementos nucleares y su papel genético, está permitido preguntarnos si, cuando todos los elementos del código genético colocados bajo la dependencia del ADN sean conocidos, el mismo ADN no habrá perdido un poco su interés... Además hay que mencionar la herencia no cromosómica.

En el mismo momento en que algunas certezas genéticas empiezan a propagarse por el público, he aquí que un cierto número de trabajos vienen a ensombrecer y a complicar el bonito esquema elaborado con gran trabajo desde los descubrimientos de Mendel: este esquema describe a la Herencia como estrecha y exclusivamente ligada al núcleo celular.

El núcleo aislado del resto de la célula se encontraría en la situación de un presidente director general, separado de sus empleados, aparatos y usinas. ¿De qué le serviría poseer una información si no puede transmitirla? ¿tomar una decisión, si no puede hacerla aplicar? Es bajo este ángulo que los biólogos consideraron durante mucho tiempo el papel del citoplasma que rodea al núcleo. Sería el técnico que ejecuta las órdenes provenientes de arriba, fabrica las proteínas, las enzimas, economiza, modela, especializa los diversos elementos indispensables para la vida, de lo cual

está encargado. Sería por lo tanto sólo el ejecutante.

Esta concepción se transformó muy luego en dogma. En 1938 el biólogo Correns lanzó la idea de que el citoplasma, además de ejecutante podría jugar un papel en la transmisión hereditaria. Sin embargo debió callar rápidamente. Su sugerencia no fue tomada en serio. Debía ser sólo más tarde, hacia el año 40, que un cierto número de hechos inquietantes comenzarían a hacer dudar a los biólogos. Se observó caracteres que se transmitían sin responder a las rigurosas leyes de Mendel como si, de vez en cuando y contra toda conveniencia, la herencia escapará al control cromosómico.

Uno de los principales problemas era aquél de los caracteres maternos que se presentaban en ciertas generaciones además de las características conformes con las leyes habituales y que sin embargo no tenían ninguna relación con la herencia ligada al sexo. Así Hortadus en 1936 con sus erizos, von Wattstein con sus musgos y el fisiólogo Michaelis con el "mo-teado" de las plantas; con sus respectivos descubrimiento hicieron que las conclusiones y la explicación a que los biólogos llegaron fuera la siguiente: ya que la transmisión es hereditaria y puesto que sólo es el aparato genital femenino el que determina los caracteres, los órdenes genéticos han sido dadas por el citoplasma.

Las experiencias se multiplicaron, el problema se hizo serio. Es verdad que la controversia es furiosa, pero se nota que los enemigos encarnizados de la herencia no cromosómica se hacen menos numerosos. De buen o mal grado, la idea de una herencia no cromosómica que se agrega a la otra avanza. El problema comienza a apasionar a los biólogos. En el XI Congreso de Genética que se llevó a cabo en La Haya, en septiembre pasado, no hubo menos de 100 comunicaciones durante dos días enteramente consagrados a este asunto. Nos atrevemos a hablar de genética citoplasmática: la herencia no cromosómica ha nacido oficialmente.

Los biólogos tratan en adelante de explicar los hechos no ortodoxos observados a diario. Una vez que la visión ha abarcado un nuevo problema, se perciben numerosos indicios que ya antes existían pero que no habían sido notados,

por la única razón de que no estábamos dispuestos a verlos.

Pero, ¿cómo puede el citoplasma asegurar la transmisión de las órdenes genéticas? La hipótesis que admite la mayoría de los biólogos —aquellos que aceptan la herencia no cromosómica— es que existen genes más o menos comparables a aquellos del núcleo, pero que, sin ser llevados por cromosomas, estarían libres en el citoplasma, los plasmagenes.

¿Dónde y cuando se producirían estos elementos en el citoplasma? Acerca de esto las opiniones están divididas. Sin embargo, las investigaciones se concentran en ciertos componentes del citoplasma, las mitocondrias y los cloroplastos. Unos y otros han sido reconocidos recientemente como elementos autorproductores; provendrían siempre de elementos preexistentes, podrían por lo tanto ser depositarios de una información genética. Pero aún la prueba no ha sido dada.

En el Congreso Genético de La Haya, el Dr. Ruth Sager, de la Universidad de Columbia (USA), daba resultados de interesantes trabajos acerca de los "genes citoplasmáticos". No sólo habría ella logrado, con la colaboración de un japonés, el Dr. Yoshiriro Tsubo, el éxito de provocar mutaciones, lo que es difícil de apreciar cuando ni siquiera se está seguro de la existencia de estas partículas, sino que aún habría logrado probar que las células macho, también podrían transmitir genes no cromosómicos. De esta manera se hacia posible el estudio del cruzamiento entre genes no cromosómicos paternos y maternos.

El Dr. Sager causó sensación. Reveló, por último, que en el citoplasma existían, a su modo de ver, varios ejemplares de cada gene no cromosómico, contrariamente a lo que se encuentra en los cromosomas en donde cada gene representa el único ejemplar.

Por muy seductora que sea la hipótesis de los plasmagenes no es la única que está en competencia.

La segunda hipótesis que proponen los genetistas es aquella de "los equilibrios de flujo". Muy seductora, hace intervenir una lógica implacable: el material cromosómico contiene toda la información. Dirige la síntesis, pero su acción no se ejerce todo el tiempo ni en todas partes. Es indispensable que existan en la naturaleza mecanismos de regulación, de coordinación que

controlen en todo momento las informaciones dadas en función del medio ambiente, en función igualmente de la diferenciación celular. Es este un dominio bien misterioso pero donde la hipótesis de los equilibrios de flujo no es menos valedera que otra.

En el Instituto Pasteur, Jacques Monod, François Jacob y su equipo, que ya mencionamos a propósito del ARN mensajero, han llevado a cabo bellas investigaciones en las bacterias *Escherichia coli*, que permiten dilucidar otro poco este asunto.

Existen dos mecanismos que controlan el metabolismo de una célula, ambos se manifiestan a nivel de las enzimas: ya sea por una inhibición simple y pura de la actividad de dicha enzimas, o por el juego de inductores y represores, efectúan un control severo de su síntesis. Aquí el papel genético del citoplasma consistiría en controlar, es decir, en demorar, acelerar o a veces suprimir la orden dada, a saber la síntesis de una enzima. En presencia del mismo equipo genético y en condiciones exteriores idénticas, habría varios regímenes estables para la actividad metabólica de la célula. Podrían entrever, por ejemplo, un estado de represión producido por una poca enzima liberada, el resto de la enzima sintetizada, sería literalmente "encadenada" en el lugar mismo de su síntesis; o bien, por el contrario, poca represión y una enzima liberada en abundancia.

Las experiencias efectuadas con la bacteria *Escherichia coli* y la enzima lactosidasa están en favor de esta teoría (teoría de Szilard). Existen dos tipos de estas bacterias: una adaptada, posee un carácter adquirido, la síntesis de la galactosidasa en gran cantidad. La otra, no adaptada, ve en ella esta síntesis habitualmente bloqueada por un inhibidor. Sólo la presencia de un inductor impide en ella esta inhibición. Si el inductor desaparece, la bacteria se "desadapta". Existe un umbral de inductor que provoca la adaptación o por el contrario la desadaptación de la bacteria.

Más bien existen dos umbrales: el valor no es el mismo en ambos sentidos. Entre estos dos umbrales, para una determinada concentración del inductor, en este caso el galactósido, el estado de la célula depende de la situación anterior; estos dos estados son mantenidos por la herencia celular.

Hay que mencionar además la hipótesis de los "desencadenamientos". Como aquella de los equilibrios de flujo, esta necesita nociones físico-químicas. A menudo, en sistemas físicos o en síntesis químicas, para que un fenómeno se produzca, para que ocurra un cambio de estado, es necesaria la presencia de un germen. Así la introducción de un solo cristal basta para producir la cristalización de una gran masa amorfa.

En biología podría ocurrir otro tanto; el germen podría bastar para desencadenar un fenómeno biológico. Ciertos elementos celulares, por su continuidad genética, podrían estar dispuestos para este papel. Así ciertos vegetales, como lo ha probado el profesor L. Wolf, pierden progresivamente su cloroplastos. Llega un momento en que su organismo ya no posee uno solo. La supervivencia y la multiplicación de tales organismos son entonces precarias; parece que la ausencia total de cloroplastos no puede ser compensada.

Para hacer comprender perfectamente la hipótesis de los desencadenamientos, el profesor L'Héritier, de Gif-sur-Yvette, toma como ejemplo la reconstrucción de las partículas del mosaico del tabaco.

La estructura revela en esta partícula elementos característicos de virus: centro nucleico y envoltura. El centro nucleico es una cadena de ADN formada por 6500 nucleótidos (las unidades de base de los ácidos nucleicos; una molécula de azúcar, una de ácido fosfórico y una base nitrogenada) dispuestos en una hélice de 130 vueltas. La envoltura, también enrollada en 130 espiras, está formada por 2.000 unidades iguales de proteínas constituidas por 158 residuos de aminoácidos cada una.

El hecho asombroso, declara el profesor L'Héritier, es que la ensambladura de estos elementos corresponde a una especie de reacción reversible. En ciertos medios, las proteínas que constituyen el envoltorio se sueltan de la cadena y pasan en solución al medio, desnudando de esta manera la hélice nucleica. Este stripping a escala molecular es reversible: la estructura puede, en efecto, reconstituirse, lo que hace nuevamente a las partículas biológicamente activas, es decir, aptas para iniciar fácilmente una infección. La reconstitución es una especie de co-cristalización: es un proceso endotérmico que no necesita intervención de

enzima alguna.

Como se ve; ninguna de estas tres hipótesis niegan la existencia de una herencia nuclear, por el contrario permiten precisarla. En efecto, probarán, sin son exactas, que existen dos mecanismos hereditarios: uno basado en la autorreproducción de elementos codificados que transmiten de este modo y en forma intermitente, una información infinitamente compleja; otra, actuando en un segundo nivel de organización, modificando las modalidades de expresión de esos elementos codificados. ¿Esta herencia secundaria es citoplasmática o actúa a nivel nuclear? Finalmente los biólogos no se atreven aún a pronunciarse. Al comienzo la herencia no cromosómica fue bautizada "citoplasmática". El término fue retirado, por prudencia, y se prefiere hablar de aquello que

es genético y de lo que podría ser "epigenético".

Y he aquí que una tercera parte parece intervenir a su vez en la herencia. Según las últimas noticias, la misma membrana celular tendría un papel genético. Los detalles faltan por el momento acerca de los experimentos del Dr. Curtis, de la Universidad de Londres. Falta tener todavía la prueba de que la membrana participe en la herencia "directriz".

La época en que el núcleo era el monarca de la herencia, parece bastante revolucionada. Aunque el papel principal le es siempre atribuido, debe de ahora en adelante aceptar la presencia del "co-equipos". Sería finalmente la célula entera la que participaría en la mantención de la herencia.

Experiencias en la investigación parapsicológica en Holanda

por W. H. C. TENHAEFF
Resumido de su artículo

Lo mismo que tantos otros países, conoce Holanda ya desde hace siglos esas personas y fenómenos que constituyen en nuestros días objeto de estudio de la rama de la psicología que ha recibido el nombre de parapsicología.

Sin retroceder demasiado en la historia, nos limitaremos a consignar que en los siglos XVII y XVIII encontramos numerosas noticias sobre casos de paragnosia espontánea (telepatía y clarividencia). Algunos de estos casos han sido cuidadosamente observados.

La labor de Mesmer y sus discípulos en París no dejó de ejercer su influencia en Holanda. En la primera mitad del siglo XIX aparecieron en Holanda diferentes estudios dedicados a la "clarividencia" de los sonámbulos. A algunos de estos autores cabe considerárseles como los precursores de la moderna parapsicología. En la segunda mitad del siglo pasado la psicología empezó a desarrollarse como ciencia independiente y en parte experimental. Tal desarrollo trajo consigo la especialización. Así brotó la extensa ramificación de la psicología.

Una de las ramas es la parapsicología. De circunstancia feliz podemos calificar el interés que en Holanda mostrara para la investigación parapsicológica el profesor G. Heymans (1857-1930), el cual fundó en Groninga el primer laboratorio universitario holandés de psicología experimental. Este interés fue causa de que en 1920 se emprendiera en la Universidad de Groninga una investigación en el dominio de la telepatía, investigación que aún en nuestros días es calificada de ejemplar en la literatura profesional. Sujeto de pruebas fue un estudiante que revelaba notable capacidad telepática. Se hizo uso del método llamado cuantitativo, gracias a lo cual pudieron ser elaborados estadísticamente los altamente significativos resultados de la investigación.

El mismo año dieron el profesor Heymans y algunos otros, fuerte impulso a la creación de la Studievereniging voor "Psychical Research", que ha contribuido en medida considerable al fomento de la investigación parapsicológica en Holanda. En sus comienzos publicaba con ca-