

# LA NATURALEZA DE LOS PROCESOS VITALES

DISCURSO LEIDO POR JESUS SAINZ Y SAINZ-PARDO EN  
EL ACTO DE RECEPCION COMO ACADEMICO DE NUMERO  
EL DIA 6 DE MAYO DE 1951

EXCMO. SR., ILMOS. SRES.:

SEÑORAS, SEÑORES:

*Sin duda fueron grande vuestra benevolencia y generoso vuestro criterio al juzgar que mis escasos méritos podrían justificar la distinción tan honrosa que me habéis otorgado. La satisfacción que con ella me deparáis no me libera, ciertamente, de la preocupación que surgió en mí al comparar mi pobre labor con la brillante ejecutoria de cuantos fueron o son miembros de esta Academia. Recibid, pues, mi gratitud y con ella la promesa de un trabajo entusiasta que algún día me permita creer que correspondí dignamente a vuestra llamada.*

*Debo ahora, según es costumbre, rendir un tributo póstumo al que fué mi antecesor, el profesor Juan Bastero Lerga. Dos circunstancias me llevan a hacerlo con brevedad. Una, que la dilatada labor por él desarrollada ha sido glosada, con gran acierto, por los profesores Pérez Argilés y Martín Sauras, en las Revistas de la Universidad y de esta Academia, y permanece viva en la memoria de todos. La otra es que no tuve la suerte de conocerle directamente, pues mi llegada a Zaragoza fué posterior en varios meses a su fallecimiento. Sin embargo, su personalidad me es bien conocida a través de cuantos con él convivieron, y especialmente por su hijo Juan Bautista, nuestro querido amigo y compañero en las tareas docentes.*

*La obra de D. Juan Bastero Lerga, hijo de modestos labradores navarros, es un vigoroso ejemplo de lo que puede alcanzar la vocación decidida por el estudio aunada con una firme voluntad. Con estas dos armas superó cuantas dificultades se le presentaron, consiguiendo el título de Bachiller gratuitamente gracias a su brillante expediente. Su afición a las ciencias biológicas le lleva a estudiar la carrera de Medicina con una aplicación que le permite obtener el título de Licenciado con la calificación de sobresaliente, después de ganar por oposición una plaza de alumno interno pensionado. La Diputación Provincial de Zaragoza le pensionó más tarde para realizar los estudios del Doctorado, que termina, asimismo, con la nota de sobresa-*

liente. Después, terminará también la Licenciatura de Ciencias Físico-químicas.

Su labor docente, en la que puso de relieve excelentes condiciones pedagógicas, comienza al obtener por oposición la plaza de ayudante de Fisiología. En dos ocasiones oposita a cátedras. En la primera, a la de Fisiología, quedando desierta por empate de los aspirantes. En la segunda, consigue la cátedra de Medicina legal de la Facultad de Medicina de Zaragoza, en la que permaneció hasta su jubilación en el año 1931.

Frutos de sus iniciativas fueron la creación del Jardín Toxicológico, único en nuestra patria; la instalación del depósito de cadáveres en la Facultad de Medicina y los cursos especiales de Medicina legal para juristas, cuyo interés motivó que la Universidad los estableciese con carácter permanente.

Enemigo de la vanagloria, se entregó por completo a la enseñanza y a la investigación, llevando a cabo importantes trabajos sobre "Procedimientos biológicos para la determinación del origen de las manchas de sangre", "Causas de error de la reacción de Uhlenhuth y modo de evitarlas" y sobre otros temas de interés médico-legal. Perteneció a las Academias de Ciencias y de Medicina de Zaragoza y fué premiado y condecorado repetidas veces.

Trabajador constante y metódico, nos dejó acabadas obras de su especialidad. La última, "Terminología psiquiátrica", recién concluída, se encontraba entre sus manos cuando, en mayo de 1942, llegó al fin de su vida.

Fuó, ante todo, un perfecto caballero cristiano, austero y honrado que, por encima de las consideraciones mundanas, amó siempre a la Verdad y la Justicia. Por eso, creo que el mejor homenaje a su memoria será repetir algunos de sus "Consejos a los peritos médicos", en los que se reflejan los trazos más acusados de su carácter: "Jamás os apellidéis ni os sintáis peritos de la defensa ni del fiscal, sino peritos de la verdad..." "Exponed, con el mayor valor cívico, la verdad científica, cualquiera que sean sus consecuencias y los peligros que os amenacen; no os preocupe ni apasione el juicio que de vuestra competencia puedan hacer las partes contrariadas por vuestro dictamen; sed como árbol de sándalo que perfume con la esencia de la verdad el hacha que le hiera, y pensad siempre que la Verdad y la Justicia son hermanas gemelas e hijas del Cielo, y que al desposarse con la primera, la Justicia os elevará sobre las miserias humanas, os hará gratos a los ojos de los hombres honrados y os proclamará dignos del justo premio de Dios".

Para cumplir un precepto reglamentario, he de cansar ahora vuestra atención con la lectura de algunas consideraciones sobre el tema que he elegido para esta ocasión: "La naturaleza de los procesos vitales".

Dos cosas llaman poderosamente la atención cuando se examina la actitud del hombre sincero de todas las épocas frente a los acontecimientos que ocurren en los seres vivos. Por una parte, el reconocimiento unánime de que su extraordinaria complejidad no tiene paralelo fuera del mundo viviente. La sorpresa del observador, que comienza cuando el ser vivo se encuentra en estado de quietud, llega a agotar su capacidad de admiración si el examen recae durante la actividad. Como dice CARREL, "aquellos que estudian los fenómenos de la vida se encuentran como perdidos en un bosque o selva mágica cuyos innumerables árboles cambiasen incesantemente de lugar y de forma".

Por otra parte, sorprende también el reiterado fracaso de cuantos han intentado apresar a la vida en una definición. La incapacidad de la Biología para definir el objeto de su estudio no radica, evidentemente, en la escasez de datos sobre el mismo, pues a creer a PIERANTONI, más de la mitad de los que integran el saber humano corresponden a esta ciencia. Si la empresa ha resultado quimérica durante tantos siglos es, como demostró CL. BERNARD, por otras causas. Las verdaderas definiciones son solamente nombres impuestos a los objetos creados por el espíritu con el fin de abreviar el discurso. Algunas ciencias, como la Geometría o la Filosofía, pueden definir los objetos de su estudio porque son puras concepciones intelectuales; pero las *cosas naturales*, que no han sido creadas por el espíritu ni pueden ser abarcadas completamente por él, no tienen definición posible. Cuando se llega, por ejemplo, a una definición de la vida, no se ha conseguido en realidad más que una hipótesis, porque sólo podemos conocerla desde puntos de vista sucesivos y diferentes, sin llegar al conocimiento integral y completo que debe considerarse como el fin ideal e inaccesible del estudio. En realidad, esto ocurre también con todas las nociones primitivas, incluso en las ciencias matemáticas. El tiempo, el espacio, el movimiento, etc., son conceptos indefinibles de los que tenemos una idea clara, pero cuya esencia desconocemos completamente.

Toda definición de la vida será, por lo tanto, insuficiente. Si, como afirma ORTEGA Y GASSET, una definición, si es verídica, es irónica e implica tácitas reservas, en mucho mayor grado presentarán estos defectos las que se refieran a la vida, tan extraordinariamente compleja. La insuficiencia se explica si tenemos en cuenta que un ser vivo es al mismo tiempo la organización complicada que desmenuza el morfólogo y la asombrosa asociación dinámica cuyas leyes descubre la Fisiología. Es el conjunto de sustancias químicas y el sistema energético en equilibrio siempre renovado que estudian la Química y la Física biológicas. Pero es también un sentir, una mente o una conciencia, algo inmaterial que sólo en parte puede ser abordado con los procedimientos de la Psicología y que pertenece al campo de la Metafísica.

Analizando un ser vivo con técnicas de tan diversas ciencias se han obté-

nido esquemas igualmente incompletos y distantes del ser vivo real. Y, sin embargo, gracias a esta disparidad estamos empezando a adquirir el material necesario para convertir en un total indivisible la suma de cuanto se ha llegado a saber. Esta afirmación de SCHRÖDINGER, el ilustre físico contemporáneo, es particularmente aplicable al título de nuestro tema. Los conocimientos de los últimos años permiten ya entrever hasta dónde pueden la Física y la Química aclarar la naturaleza de los fenómenos vitales y desde dónde deben dejar el puesto a la Metafísica.

#### LA EXTENSIÓN DE LA VIDA

Es indudable que cuanto se refiera a la ya antigua querrela sobre la naturaleza de los acontecimientos ocurridos en los seres vivos, exige ante todo, que delimitemos en lo posible cuáles son los que pueden ostentar dignamente este título.

En principio, parece fácil identificar cuáles son los seres portadores de vida. El hecho de que en el lenguaje corriente hablemos de "seres vivos" e "inertes" implica la idea de un atributo común, de un *quid proprium*, la vida, que permite diferenciarlos. Sin embargo, la delimitación no ha sido definitivamente establecida y, para algunos, nunca podrá serlo, puesto que, según ellos, "toda la materia involucra diferentes grados de vida" (SPINOZA). Los descubrimientos modernos parecen confirmar más bien las palabras que ARISTÓTELES escribiera dos mil años atrás: "La Naturaleza ofrece una transición tan gradual desde el reino inerte hasta el animal, que son indistintos y dudosos los límites que los separan".

En efecto, el investigador STANLEY, en 1935, utilizando los métodos químicos que se emplean para preparar fermentos puros y cristalizados, consiguió separar de las plantas de tabaco atacadas por la enfermedad llamada "mosaico", una proteína pura de elevado peso molecular que se comporta en todo como el propio virus. Hasta entonces, los virus filtrables o ultravirus, agentes de innumerables enfermedades infecciosas del hombre, animales y plantas, habían sido considerados como seres vivos. El descubrimiento de STANLEY dió un golpe de muerte a esta opinión. En un principio, la proteína se obtuvo en forma de "paracristales" o "microtactoides", es decir, con alguna de las disposiciones ordenadas de los cristales, pero con arquitectura bidimensional. Se pensó que éstos no serían el verdadero virus, sino una especie de estuche en el que quedaría incluido durante la precipitación; pero BAWDEN y PIRIE la obtuvieron más tarde en una forma cristalina tridimensional, y pronto quedó demostrado que se trataba de un nucleoproteído perfectamente puro. En forma análoga, han sido separadas otras proteínas de gran magnitud molecular, pero no cristalizadas, de los tejidos de animales atacados por distintas virosis, como la encefalomiелitis de los caballos y la papilomatosis de los conejos. E incluso el bacteriófago, parásito de las bacterias, parece ser una proteína de peso molecular igual a 500.000, que también ha sido aislada.

Se plantea, pues, el dilema de designar al virus como "unidad viva" o

establecer una línea divisoria entre la materia viva infecciosa (microbios) y la materia infecciosa no viva. La respuesta parece ser que no hay discontinuidad entre una y otra (A. FISCHER). Para STANLEY, la diferencia entre algunas moléculas y ciertos organismos no sería radical. "Al aumentar la complejidad estructural, aumentan también las posibilidades de reacciones complejas. Habría, en realidad, una continuidad desde las estructuras sencillas a las complicadas". Para pasar de lo que se considera no vivo a lo que se admite que está viviendo, resume, "pienso que debe existir una fase de transición donde se encuentren entidades que pueden poseer algunas propiedades que siempre han sido adjudicadas a las cosas animadas. Como más simple y lógico, puede decirse que este puesto podrían ocuparlo las proteínas de alto peso molecular, que se hallan, por su complejidad, entre los fermentos y las hormonas, cuyas propiedades maravillosas ya hemos reconocido, y el sistema de proteínas que llamamos protoplasma y que constituye la vida. Existen pruebas de que hasta dentro del grupo de los virus se observan progresivos aumentos en la complejidad de la estructura desde los pequeños nucleoproteídos hasta los tipos más complicados de virus".

#### LAS UNIDADES VIVIENTES

Acabamos de comprobar que un simple intento de presentación de la vida basta para evidenciar lo difícil que es su identificación. Las opiniones son muy dispares en cuanto a la "extensión" que la vida alcanza. Desde luego, hace mucho tiempo que no existe discrepancia respecto a lo que podemos llamar el "límite superior". Unánimes y sin vacilación calificamos de "viviente" a un pez, una gallina, un perro o un hombre, al mismo tiempo que aceptamos como indudable la naturaleza no viva de la Luna, del planeta Júpiter o de la estrella Aldebarán. Muy al contrario, el "límite inferior" es, hoy más que nunca, dudoso.

El margen inferior de la vida pareció descubierto cuando el botánico SCHLEIDEN y el zólogo SCHWAN, en 1838, comprobaron la identidad estructural existente entre vegetales y animales, es decir, cuando demostraron la existencia constante, en unos y otros, de celdillas semejantes a las descritas anteriormente por ROBERT HOOKE en su famosa obra. De un modo general o casi general se aceptó que la célula es la unidad fundamental en materia de organismos. Únicamente las estructuras nerviosas, extraordinariamente complicadas, resistieron la interpretación celular hasta que RAMÓN Y CAJAL, "perito inusitado en los elementos del sistema nervioso en todo el reino animal", demostró que también en ellas era aplicable.

Puede decirse que la Biología general ha sido edificada sobre la doctrina celular. El deseo de simplificación pareció colmado con el concepto de "célula", sencillo y fácilmente definible. Hasta entonces se opinaba que la unidad viva era el organismo; pero el descubrimiento de la célula permitió hablar de una "vida elemental" que para muchos seres inferiores era, incluso, toda la vida. El organismo complejo pasó, pues, a ser considerado como el portador de un "potencial superior de la vida".

Sin embargo, algunos biólogos han negado que la célula sea la unidad vital ínfima. En 1861, BRÜCKE emitió ya la idea de que la célula estaba compuesta por la asociación de orgánulos. MARTÍN HEINDENHAIN asegura que el plasma vivo consta de un sistema de diminutas partículas microscópicas que poseen los atributos vitales, especialmente la capacidad de reproducirse por escisión, a las que llamó *plasomas*. Ni éstas ni las hipotéticas *plastídulas* de HAECKEL y las gémulas de DARWIN han podido ser nunca observadas, de modo que puede decirse que hasta hoy no ha encontrado la célula competidores para el título de unidad viva elemental.

Ahora bien, los microscopios electrónico y ultravioleta han aumentado extraordinariamente las posibilidades de observación, permitiendo estudiar en cierto grado las unidades estructurales endocelulares, como los genes y también otras extracelulares como los virus filtrables. Por otra parte, los enormes progresos realizados en el campo de la Bioquímica en los últimos años y, sobre todo, el descubrimiento de la formación autocatalítica de las enzimas, hicieron concebir alguna esperanza de que el problema pudiera ser resuelto dentro de los límites de la Biología experimental. Pero, con todo, ha sido necesario confesar que no sabemos aún si tales unidades deben ser o no consideradas como entidades funcionales vivas. Toda discusión sobre este punto resultaría estéril, porque, según veremos, no ha sido posible definir la vida, quizás porque, como dice BERGSON, "nuestra inteligencia se caracteriza por su incapacidad para comprenderla".

Sabemos, desde luego, que la esencia íntima de la vida es asunto que pertenece a la Metafísica; pero debemos tener como ideal, aunque sea inaccesible, la interpretación físicoquímica del hecho vital, porque gracias a esta ambición se han conseguido importantísimos progresos. La Bioquímica moderna, por ejemplo, ha demostrado evidentes analogías entre los virus y los genes. Unos y otros son núcleoproteidos y tienen una mutabilidad equiparable. El virus del mosaico del tabaco contiene 40 por ciento de ácido nucleínico y 60 por ciento de proteína, es decir, las mismas proporciones que se encuentran en las núcleoproteínas de los espermatozoides de los peces.

Según SCHMIDT, los cromosomas están formados por haces de moléculas filamentosas constituídas por cadenas peptídicas y zonas de polinucleótidos. Los sectores que contienen ácido nucleínico o *cromómeros* alternan con otros que sólo poseen aminoácidos cuyos grupos básicos se enlazan con los radicales fosfóricos de los nucleótidos.

Esto llevó a pensar, lógicamente, que los datos adquiridos en el conocimiento de los virus podrían ser transferidos a los genes, cuyo substrato material son los cromómeros, así como a otros elementos celulares que pudieran ser calificados de unidades vivientes. Efectivamente, la comparación, además de ratificar las semejanzas, ha resultado fructífera con miras a determinar si tales entidades deben ser consideradas o no como unidades vivas.

Si tenemos en cuenta que el virus es una proteína pesada que se puede obtener cristalizada, nos inclinamos a creer que no posee vida. Ahora bien, si introducimos una partícula de ese virus en un huésped susceptible, se obtiene su reproducción en millones de unidades. Este hecho obliga a reco-

nocer que, por lo menos, posee una de las más destacadas propiedades del ser vivo: la multiplicación.

Cabe, pues, discutir, si se trata de microorganismos vulgares, comparables a pequeñísimas bacterias, o si, por el contrario, son simples sustancias químicas con propiedades excepcionales, que podrían proceder de las mismas células alteradas.

GORTNER y LAIDLAW, independientemente, han propugnado la primera de estas teorías. Según GORTNER, algunos organismos parásitos pudieran haber perdido parte de sus funciones sintéticas, quedando por ello en estrecha dependencia de un huésped particular que elabora las sustancias químicas necesarias para el ambiente de sus núcleos. Como dice KENNETH M. SMITH, podríamos imaginar a estos parásitos como "núcleos desnudos" que conservan la propiedad reproductora y que han adoptado el protoplasma del huésped como suyo propio. El parasitismo originaría una "pereza" que en su máximo grado llegaría a exigir una verdadera "vida prestada". Se admite, por ejemplo, que algunas bacterias han perdido la capacidad formadora de sustancias imprescindibles para su desarrollo y utilizan las que encuentran en el medio representado por su huésped habitual.

Según LAIDLAW, los virus mayores habrían perdido solamente la facultad de sintetizar algún fermento o cofermento esencial, mientras que los más pequeños serían ya incapaces para la autosíntesis de todos los sistemas catalíticos que necesitan. Los virus serían seres vivos que habrían perdido progresivamente sus facultades de autosíntesis.

En realidad, toda la materia viva depende muy estrechamente de su medio ambiente. Aun los organismos superiores tienen que valerse, frecuentemente, de catalizadores o productos metabólicos de otros seres para procurarse sustancias necesarias a partir de materiales complicados. En los organismos sencillos, la simbiosis es todavía más frecuente. ALEXANDER, que ha estudiado la cuestión, cita ejemplos notables. Algunos termites fitófagos albergan en su tubo digestivo un pequeño rizópodo, la *Entamoeba blattae*, capaz de hidrolizar la celulosa ingerida por el huésped, que éste sería incapaz de digerir "per se". Aumentando paulatinamente la tensión parcial del oxígeno, se llega a matar las amibas sin que, de momento, sufra ningún daño el huésped; pero después, con una alimentación idéntica, el termita muere fatalmente de hambre. Otro caso de simbiosis muy demostrativo es el de la *Pasteurella tularensis*. Este germen sólo puede desarrollarse sobre un organismo vivo que contenga cistina, o sobre un medio artificial en el que se haya incluido este aminoácido.

El cultivo y multiplicación extracelular de los virus no ha sido posible todavía. Numerosas experiencias atestiguan la obligada dependencia del virus con respecto a la célula viva. El virus vacunal, por ejemplo, puede reproducirse en una mezcla de solución de Tyrode y suero sanguíneo que contenga fragmentos de riñón de gallina; pero basta matar las células renales por congelación previa, para que el virus no se reproduzca.

Es preciso, no obstante, reconocer que no basta, para excluir a los virus de la categoría viviente, el hecho de que su cultivo fuera de la célula haya resultado imposible. Quizá se deba esto a que no conocemos bastante los

componentes que los medios de cultivo deben tener para ser adecuados. Sólo en este sentido podríamos emplear el exagerado paralelo de PIRIE: "Una vaca no puede ser considerada como no viva por el hecho de que su existencia en el medio en que la hierba constituye su alimento más importante dependa de los fermentos bacterianos que desdoblan la celulosa en sus vías digestivas".

La naturaleza viva del virus quedaría demostrada si pudiera comprobarse que desarrolla actividades metabólicas; pero su estrecha dependencia con la célula viva hace difícil la investigación. En las experiencias realizadas no ha sido posible encontrar este supuesto metabolismo. RIVERS y otros, estudiando diversos virus patógenos, no han podido evidenciar ninguna señal de respiración o glucólisis, ni aun en presencia de extractos frescos de órganos. Cabe, sin embargo, aducir que el virus puede tener a su alcance reacciones desconocidas que le permitan mantener un metabolismo que no somos capaces de medir.

La teoría no vitalista de los virus cuenta en su apoyo con sólidos argumentos desde que VINSON y PETRIE, STANLEY, etc., demostraron que el agente del mosaico del tabaco podía ser separado de las suspensiones por el sulfato amónico u otros precipitantes de las proteínas. Posteriormente se comprobó que la precipitación con safranina inactivaba al virus por formación de un complejo con el colorante. La eliminación de este último por disolución en el alcohol amílico, permite que el virus recupere su capacidad infecciosa. Estos hechos han permitido afirmar que el virus se comporta más como sustancia química que como organismo.

Se alegó que la proteína no sería el mismo virus; pero las modificaciones que ocasionan en ella las temperaturas elevadas, cambios de pH, etc., van acompañadas de otras paralelas en la infecciosidad, lo que indica que se trata de una sola sustancia. Por otra parte, la ultracentrifugación del virus produce un límite de sedimentación neto, característico de una proteína pura. Y, finalmente, la ultrafiltración a través de membranas de colodión tampoco ha permitido separar las hipotéticas impurezas.

Contra la teoría vitalista de los virus está también su composición química puramente proteídica; todos los seres vivos conocidos hasta ahora contienen también otros productos difusibles que pueden ser separados con métodos adecuados. Además, en todo ser vivo existe siempre el agua en íntima asociación con el resto de los componentes. Por el contrario, en la proteína-virus la relación es puramente externa, como se ha podido comprobar por el análisis con rayos X.

Quedaría únicamente por aclarar cómo los virus poseen la propiedad de reproducción, tan característica de los seres vivos. Según FINDLAY, se parecerían en esto a determinadas proteasas, que catalizan no sólo la hidrólisis de moléculas proteicas complejas, sino también su síntesis. Estas proteínas son verdaderas "copias" o "réplicas" de la enzima formadora, es decir, están formadas según el mismo modelo estructural. MORIYAMA considera a los virus como agentes de desnaturalización (desnaturasas) capaces de provocar en las células la neoformación de radicales con igual función; el proceso se propaga en serie y ha sido interpretado como una autocatálisis.

Los productos formados en la reacción catalítica primaria actúan como aceleradores de la desnaturalización, "induciendo" a otras moléculas a adquirir su configuración. En opinión de A. FISCHER, es muy posible que la facultad celular para elaborar proteínas normales de gran peso molecular, anticuerpos y, quizá, sustancias análogas al virus, responda al mismo mecanismo. En efecto, un antígeno puede estimular la formación de su anticuerpo en proporción superior a 2.500 veces. Los anticuerpos serían, según HAUROWITZ y BREUL, globulinas modificadas que se forman en las células cuando éstas encuentran proteínas extrañas, antigénicas. Las proteínas normales son elaboradas en las células por fermentos que actúan como principios organizadores. Algunas proteínas extrañas modifican a estos fermentos organizadores, resultando así la formación de proteínas diferentes a las específicas. Tratándose de los virus, la modificación podría ser permanente (FISCHER), con lo que la síntesis de proteínas quedaría también orientada en dirección anormal con carácter definitivo. Un proceso semejante ocurriría, para algunos autores, en la cancerogénesis. Según RONDONI y O. SCHMIDT, las modificaciones de las proteínas en los tumores malignos serían semejantes a una desnaturalización. Los agentes cancerógenos mejor conocidos, como algunos hidrocarburos policíclicos, podrían actuar gracias a ciertas características de su distribución electrónica, activando los electrones  $\beta$  del grupo  $-\text{CO}-$  y determinando cambios estructurales comparables a la remoción de la molécula proteica que se ha supuesto para interpretar la desnaturalización (aparición de grupos  $-\text{NH}_2$  y  $-\text{SH}$  en la superficie) y la génesis de los virus-proteínas.

De lo anteriormente expuesto se desprende que la mayor parte de los virus tienen una naturaleza inanimada. Sin embargo, para algunos, la discusión permanece abierta. Así, el virus de la vacuna que, según HOAGLAND, SMADEI y RIVERS, contiene no sólo prótidos, sino también los restantes principios inmediatos característicos de la composición de los verdaderos organismos, podría ser incluido dentro de éstos. (Provisionalmente debe admitirse una desigualdad entre los virus de mayor tamaño (vacuna, perineumonía de los bóvidos), comparables a bacterias pequeñísimas, y los más pequeños (virus de la poliomiелitis, fiebre aftosa, etc.) que presentan más acusadas las características de molécula química.

La falta de autonomía que caracteriza a los virus se encuentra también en los genes y en otras estructuras endocelulares. Algunos autores han creído ver en los virus genes errabundos que perdieron su alineación normal en un cromosoma. Sin la célula histológica huésped, la unidad viviente no se manifiesta. Se presenta ahora una nueva cuestión: ¿La célula del tejido debe ser considerada como independiente o, por el contrario, como parte de un sistema a la manera de organismo? Las experiencias de cultivo celular han demostrado que una célula histológica no puede vivir o reproducirse a menos que se encuentre en contacto protoplásmico mutuo con otras muchas. Los cultivos de tejidos son poblaciones de células genésicamente idénticas en "equilibrio biodinámico" (A. FISCHER) cuya autonomía crece con el número de elementos histológicos, pero siempre es limitada. Las células parecen, más que otra cosa, unidades de estabilidad mecánica con función

fisiológica parcial subordinada a la del tejido. De la misma manera que los tejidos están supeditados al órgano y éste al organismo entero, que es la verdadera unidad natural viva. Es igual que las formaciones endocelulares, carentes de autonomía, están subordinadas a la propia célula. No debemos olvidarlo, si queremos llegar a saber la verdadera naturaleza de los procesos que ocurren en los seres vivos.

### LAS DOCTRINAS SOBRE LOS PROCESOS VITALES

La explicación de la vida ha sido disputada siempre por tres sistemas diferentes que suelen designarse con los nombres de animismo, vitalismo y materialismo o monismo. Según el primero, las manifestaciones de la vida son producidas por el alma pensante e inmortal y, por lo tanto, presentan diferencias esenciales con los procesos que encontramos en la materia inanimada. La diferencia radical entre unos y otros es admitida también por los vitalistas; algunos de ellos han creído ver, no sólo diferencia, sino clara oposición entre los agentes de la vida y las fuerzas rectoras de la materia. La vida, dicen, se debe a un principio extrafísico, y en ello se aproximan a los animistas; pero su jerarquía es inferior y su influencia no alcanza a la esfera del pensamiento, que es totalmente diferente de la actividad fisiológica. Y, finalmente, los materialistas, como dijera PLATÓN, "arrancan de la Tierra cuanto pertenece al Cielo y al mundo de lo invisible, como si quisieran abarcar con su puño directamente rocas y encinas. Las cogen en su mano y aseguran inflexibles e imperturbables que sólo lo palpable y tangible es existente. Consideran la existencia corporal como única y miran con indiferencia a cuantos admiten algo más junto a la esfera corporal del ser y no prestan oído a ninguna otra opinión..."

Un examen detenido de las distintas formas en que estas doctrinas han sido expuestas exigiría un espacio mayor del que esta ocasión nos concede, pero no estará de más un breve repaso de las principales concepciones, porque, como ha dicho RADL, deben ser consideradas como sistemas racionales y completos que, aunque pertenezcan al pasado y ya no sean valederos, siguen siendo dignos de atención porque contienen, en algunos aspectos, verdades y juicios valiosos que podrán ser útiles a nuestros fines.

#### ANIMISMO Y VITALISMO.

La idea de un principio espiritual que anima a la materia se encuentra ya en las fábulas de la antigua mitología pagana. Así, en la de Pigmalión, el escultor que creó una bellísima forma de mujer, consigue que Venus le conceda el principio vivificante que pasa al mármol con su propio aliento.

Según HIPÓCRATES, tanto el animal como la planta y todas aquellas cosas de la Naturaleza que se mueven y despliegan fuerzas, poseerían vida. Concedía a ésta un carácter espacial, pues lo penetraba todo, y una doble significación de fuerza (que haría flamear al fuego y latir al corazón, por ejemplo), y de principio espiritual, que sería la fuente del pensamiento

y de la inteligencia. Ideas semejantes fueron mantenidas por PLATÓN y GALENO, llegando el primero a llamar "animales divinos" a los astros.

Para ARISTÓTELES, todos los procesos naturales (caída de los cuerpos, movimiento de los astros, desplazamiento de los aires) son también fenómenos vitales. Verdadero "vitalista universal", supone que los objetos de la Naturaleza, aunque muertos en sí mismos, están, por sus movimientos, en íntima conexión orgánica con el proceso general del Universo. La vida, en la concepción aristotélica, es "crecimiento, nutrición y caducidad" y tiene por causa un principio especial e inaprehensible, la *entelequia*.

DRIESCH, en la época moderna, ha exhumado la idea aristotélica; pero así como ARISTÓTELES partió de la metafísica de PLATÓN intentando compaginarla con los hechos de la experiencia real, DRIESCH parte de la realidad biológica y busca para ella una expresión estrictamente lógica. Por eso su concepción de la entelequia es mucho más limitada que la del filósofo de Estagira, que llegó a extenderla a los hechos de la naturaleza inanimada, mientras que DRIESCH la refiere únicamente a los procesos de los seres vivos.

El criterio biológico se conservó largo tiempo para medir los fenómenos naturales. Llega, a través de la Edad Media, hasta bien avanzado el Renacimiento. El suizo HOHENBEIN, más conocido por el nombre de PARACELSO, se muestra también vitalista universal cuando escribe: "No hay nada corporal que no tenga y lleve oculto en sí un espíritu. No hay nada que no tenga oculta en sí una vida y no viva. No sólo tiene vida lo que se agita y mueve, como los hombres, los animales, los gusanos en la tierra, las aves en el cielo y los peces en el agua, sino también todas las cosas corporales y reales".

Es, sin embargo, con VAN HELMONT, con quien renace verdaderamente la teoría del macrocosmos viviente. En el terreno biológico propiamente dicho admite que cada cuerpo está regido por una fuerza vital superior (*archeus influus*) que dirige a otras de inferior jerarquía (*archei insiti*) encargadas de las distintas funciones.

La identificación de la vida con un principio extrafísico culmina con la doctrina del famoso médico-químico STAHL, que llegó a atribuir la fuerza vital al alma inteligente y razonable, a la cual vinculaba el gobierno de la materia a través de un "acto vivífico". La doctrina de STAHL, defendida por ROBERT WHYT en Inglaterra y UNZER en Alemania, influyó mucho sobre los teóricos de la Medicina. Sin embargo, fueron las propias escuelas médicas quienes la desvirtuaron muy pronto, quizá porque, como señala acertadamente SÁNCHEZ DE LA CUESTA, siempre ha repugnado a los médicos el considerar al alma, principio de toda responsabilidad moral, como gerente de funciones vitales interiores, muchas de ellas inconscientes. El vitalismo adquiere así una forma más mesurada. BARTHEZ, especialmente, contribuyó a desarraigar la creencia de la intervención del alma en las actividades fisiológicas. Siguiendo sus ideas, todas las escuelas médicas de la segunda mitad del siglo XVIII admitieron que los fenómenos vitales eran debidos a una fuerza inherente al ser vivo y sin analogía fuera de él. Todavía al comenzar el siglo XIX se mantiene esta idea, más o menos modificada,

en la obra de autores tan destacados como los fisiólogos MÜLLER y FLOURENS, de LIEBIG, uno de los fundadores de la Bioquímica, de DE CANDOLLE, el célebre botánico, etc.

El descubrimiento, realizado en 1748, de lo que entonces se llamó "nudo vital", vino a reforzar la tesis vitalista, pues pareció resolver la mayor dificultad encontrada por esta concepción, es decir, el asiento del principio vital, difuso para unos y localizado según otros. Ya VAN HELMONT *había* supuesto que radicaba en el estómago o, más exactamente, en el píloro; sería una especie de "portero" de la víscera gástrica. Menos arbitraria, la idea hebrea lo suponía unido a la sangre, con la que se perdía por las heridas. Es razonable suponer con DASTRE que esta creencia originó la prohibición de carácter religioso del consumo de carnes no exangües que ha pasado a nuestras costumbres con una significación puramente higiénica. Cuando LORRY comprobó que la lesión de una zona muy delimitada del suelo del cuarto ventrículo producía la muerte instantánea, se creyó encontrado el nudo vital o asiento del principio causal de la vida. LEGALLOIS, FLOURENS SCHIFF y otros, precisaron la posición de este punto; pero comprobaron también que la muerte no se producía si la respiración era mantenida con la ayuda de una bomba o fuelle adecuado. No se trataba, pues, de la residencia del principio vital, sino solamente de una parte esencial del mecanismo nervioso que regula los movimientos de la respiración.

BICHAT "descentralizó" el gobierno de las funciones fisiológicas al admitir, no una fuerza vital única, sino dos clases de propiedades de los tejidos: unas, vitales y esencialmente inestables; las otras, propias del mundo físico, fijas y susceptibles de medida. En sus célebres "Investigaciones sobre la vida y la muerte" expuso con extraordinaria claridad su posición frente al problema: "Buscamos, dice, la definición de la vida en consideraciones abstractas; por mi parte, creo que la podríamos expresar en este juicio general: *la vida es el conjunto de funciones que resisten a la muerte*". La peculiaridad en la existencia de los seres vivos consiste en que todo lo que les rodea tiende a destruirlos. Los cuerpos inorgánicos actúan sin cesar sobre ellos; ellos mismos sucumbirían rápidamente si no poseyeran en sí un principio permanente de reacción; ese principio es el de la vida; desconocido en su naturaleza, únicamente podemos apreciarle por sus fenómenos.

En su "Anatomía general" se esfuerza BICHAT por analizar el cuerpo vivo en sus elementos, del mismo modo que LAVOISIER había descompuesto las sustancias químicas. Como elementos orgánicos o *sistemas simples*, señala los siguientes tejidos, de cuya combinación resultarían los órganos: celular, nervioso de la vida animal, nervioso de la vida orgánica, arterioso, venoso, absorbente, óseo, medula ósea, cartilaginoso, fibroso, fibrotendinoso, muscular animal, muscular orgánico, mucoso, seroso, sinovial, glandular, dérmico, epidérmico y piloso, a los que atribuye otras tantas propiedades vitales. Rechaza en vano, por lo tanto, el principio vital único, puesto que nos da su equivalencia en los principios vitales subalternos o agentes de resistencia contra los principios físicos o agentes de la muerte. Las propiedades físicas y las manifestaciones de la vida serían, no sólo diferentes, sino antagónicas.

Las ideas de BICHAT y su concepción de la vida tuvieron profunda repercusión entre sus contemporáneos y sucesores. Citaremos únicamente la opinión de CUVIER: "la vida es una fuerza que resiste a las leyes rectoras de la materia bruta; la muerte es el fallo de este principio; el cadáver no es más que el cuerpo vivo que ha vuelto a caer bajo el dominio de las fuerzas físicas".

#### MATERIALISMO Y MECANICISMO

Todas las concepciones anteriores coinciden al considerar a la vida como expresión de una fuerza o principio especial de naturaleza extrafísica que origina y dirige sus propias manifestaciones. Hay, pues, en ellas un denominador común representado por su tendencia espiritualista. Frente a ellas se ha alzado también en todas las épocas la tendencia contraria, materialista o mecanicista, que asigna a los seres vivos el papel de simples máquinas físicoquímicas. La materia, lo mismo en los seres vivos que en el mundo inerte, obedecería a unas leyes generales, con exclusión de cualquier otra fuerza activa.

Son muchos los biólogos que han creído ver las actividades del ser vivo como una consecuencia de su estructura. Así, BECLARD afirmaba que la vida es la "organización en acción" y LAMARCK la comparaba con "un estado de cosas que permite el movimiento orgánico bajo la influencia de los excitantes". ROSTAN, destacado defensor del *organicismo*, resume sus ideas en la siguiente forma: "El Creador no comunica al ser organizado ninguna fuerza especial, sino que, con la organización, pone en él la disposición molecular capaz de desarrollar la vida, de la misma manera que el relojero que construye un reloj le da el poder de recorrer las fases sucesivas, de marcar las horas, los minutos y segundos durante un tiempo más o menos largo; pero este poder resulta sólo de sus estructuras; no es una cualidad sobreañadida; es la máquina montada". La vida, por tanto, no sería un principio, sino, al contrario, un resultado de la materia organizada.

La interpretación materialista, que se encuentra ya en la escuela de DEMÓCRITO y ÉPICURO, se ha mantenido hasta los tiempos modernos, renovada, pero siempre idéntica en la esencia.

La doctrina de los *iatromecánicos* explicaba el organismo como un conjunto de puros mecanismos. Así, según BOERHAAVE, los músculos eran resortes, el corazón una bomba, los riñones un filtro. La secreción glandular sería debida a un mecanismo comparable al de una prensa, y el calor corporal resultaría del frotamiento de los glóbulos de la sangre contra las paredes de los vasos.

Como un aspecto del iatromecanismo cabe considerar al *iatroquimismo*, que recurría a las fermentaciones, destilaciones, etc., para interpretar los fenómenos vitales. En esta doctrina, iniciada cuando los conocimientos de la Química eran todavía rudimentarios, se encuentra el germen de la moderna teoría físico-química de la vida, que mencionaremos más adelante.

El materialismo biológico alcanza su expresión más radical en el siglo XIX como contraposición, quizá, al idealismo imperante hasta enton-

ces, tanto en las ciencias como en la Filosofía. Es por esta época cuando el fisiólogo MOLESCHOTT populariza en Alemania la convicción de que el organismo es una máquina sometida a leyes químicas y mecánicas, y cuando el químico BUCHNER publica su conocida obra "Materia y energía" para divulgar la misma creencia. Estos dos autores representan sólo la posición más avanzada de la tendencia, muy difundida hacia 1860, que pretendía privar a los procesos biológicos de cualquier carácter distintivo que los colocase en un plano superior a la naturaleza inanimada, asignándoles sólo un fundamento físicoquímico y mecánico.

Ya en 1833, HERSHELL, había afirmado que todas las manifestaciones que observamos sobre la Tierra, incluso el pensamiento humano, no son más que transformaciones de la energía irradiada del Sol, y que el carácter aparentemente misterioso de la actividad de los seres vivos se debería solamente a la complejidad de su mecanismo; en último término serían puros acumuladores y transformadores de energía.

Las ideas de los biólogos materialistas de esta época han quedado bien reflejadas en alguna de sus frases. Así, en el prólogo de las "Investigaciones sobre la electricidad animal", el famoso fisiólogo DU BOIS REYMOND afirma que "la mecánica analítica llega hasta el problema de la libertad personal". Otros muchos ejemplos podrían ser citados, pero basta con dos para comprobar a qué extremo desaforado se llegó en esta actitud intelectual: "Las ideas son filtradas en el cerebro como la orina en los riñones". "El cerebro segrega pensamiento como el hígado segrega bilis". Verdaderas blasfemias pseudocientíficas.

Como el más apasionado defensor del materialismo biológico de su tiempo, merece especial mención el alemán HAECKEL. En sus obras rechaza toda idea de finalismo y de fuerza vital y niega que exista diferencia fundamental entre los seres vivientes y los que no tienen vida; por lo que se refiere a su composición, dice, todos los elementos encontrados en la materia orgánica aparecen también en la inorgánica y los compuestos que forman podrán ser obtenidos artificialmente. En cuanto a la forma específica, tampoco es exclusiva del ser vivo, puesto que la presentan los cristales; y el restablecimiento de esta forma cuando por accidente se ha alterado, asimismo se encuentra en ambos. Por otra parte, alega, los organismos más sencillos carecen de forma definida, al igual que las piedras. Para HAECKEL, tanto el mundo orgánico como el inorgánico están dominados exclusivamente por fuerzas de atracción y repulsión entre los átomos. La materia, en virtud del movimiento molecular, cristalizaría, al principio, formando masas de células anucleadas o móneras que más tarde fueron evolucionando hasta transformarse en los distintos tipos de organismos vegetales y animales existentes en la actualidad.

Las afirmaciones de HAECKEL tienen mucho de apriorísticas y es indudable que en su opinión sobre el origen y la esencia de la vida influyó mucho una adhesión ferviente a la doctrina darwinista de la evolución; la hipótesis de la mónera puede considerarse como un intento de extender esta doctrina; las móneras representarían el primer estadio en el proceso de la evolución, es decir, el paso de la materia sin vida a materia viviente. El hallaz-

go de un limo gelatinoso en el fondo del Atlántico pareció confirmar la tesis haeckeliana; el supuesto esbozo de organismo vivo fué denominado por HUXLEY *Bathybius Haeckeli*, e identificado con las móneras; pero pocos años más tarde hubo de rectificarse al demostrarse que se trataba de una mezcla de sílice y sales de calcio con materia orgánica en descomposición sin ninguna característica de ser vivo. Las investigaciones histológicas de fines del pasado siglo, al evidenciar la extraordinaria complejidad de la aparentemente sencilla estructura celular y la prueba definitiva aportada por PASTEUR contra la generación espontánea, destruyeron muchas esperanzas de encontrar el eslabón intermediario que se dió por descubierto. Y, según vimos al principio, aquellos seres, como los virus filtrables, que pudieran situarse junto a los seres vivos más sencillos, más bien deben ser considerados como microorganismos degenerados que han perdido algunas propiedades, que como resultantes de un esfuerzo de la materia inerte hacia la organización por obra exclusiva de sus propiedades fisicoquímicas.

Un intento de explicación materialista de los procesos vitales ha sido presentado por el famoso investigador LOEB sobre una base puramente fisicoquímica. En el discurso dirigido al primer Congreso Internacional de Monistas, celebrado en Hamburgo en 1911, planteó la siguiente cuestión: ¿Permiten los conocimientos actuales esperar que la vida, es decir, el conjunto de todos los fenómenos vitales, pueda ser expuesto en fin de cuentas y sin ambigüedad en términos fisicoquímicos? Su respuesta es completamente afirmativa:

Cuando LAVOISIER y LAPLACE demostraron, en 1780, que la oxidación de los alimentos en el cuerpo de un animal libera la misma cantidad de calor que su combustión por la llama de una bujía, no sólo iniciaron la Biología científica, sino que, además, penetraron hasta el corazón del problema de la vida, porque las oxidaciones juegan un importante papel en todos los fenómenos vitales, si es que no son su misma base. Los resultados obtenidos con medios primitivos por estos dos investigadores, aunque perfeccionados después por PETENKOFER y VOIT, RUBNER, ZUNZ, ATWATER, etc., ofrecen todavía una laguna. Las sustancias que sufren la oxidación en el ser vivo, almidón, grasas, proteínas, no son fácilmente oxidables a la temperatura ordinaria. Necesitan de la temperatura de la llama. Esta diferencia se observa igualmente en otros procesos químicos, tales como las reacciones digestivas hidrolíticas que no se han podido producir rápidamente fuera del organismo vivo, a no ser en condiciones incompatibles con la vida. Pero la Físico-química ha borrado esta diferencia al demostrar que la aceleración de las reacciones puede conseguirse igualmente a baja temperatura con la ayuda de los catalizadores. La activación de los alimentos que se han de oxidar en el organismo, como la regulación de una gran parte de los restantes procesos bioquímicos, se debe también a sustancias específicas, principalmente fermentos. La laguna que sentimos más vivamente en nuestros conocimientos es la ignorancia en que hasta ahora estamos sobre la naturaleza química de estos catalizadores...

Desde que LOEB se expresaba de esta manera, han sido muchos los progresos sobre la materia. Sabemos hoy que, efectivamente, no hay vida posible sin fermentos. En cuanto a la combustión intraorgánica de los principios in-

mediatos, descubrimientos tan importantes como los del fermento respiratorio o citocromo-oxidasa de WARBURG, los citocromos de KEILIN y la activación del hidrógeno de los substratos demostrada por WIELAND, SZENT-GYÖRGI y otros, han permitido aclarar cómo la energía vinculada a las moléculas del alimento es liberada en los procesos de óxidorreducción. Asimismo, ha sido, en gran parte, desvelada la naturaleza de los fermentos, principales catalizadores biológicos, y sus relaciones con las vitaminas y hormonas. Y son muchos ya los procesos vitales que pueden ser interpretados, si se los considera aisladamente, sobre una base físico-química, gracias al enorme número de hallazgos experimentales que en los últimos años han hecho de la Fisiología la rama más fértil y cambiante de la ciencia biológica. Pero todo ello no justifica el optimismo exagerado y falta de crítica que exhibe LOEB cuando afirma más tarde: "Nada hace presumir hoy que la producción artificial de materia viviente esté fuera de las cosas que la ciencia puede realizar". Precisamente el extraordinario desarrollo alcanzado por la Bioquímica ha servido, entre otras cosas, para demostrar la extraordinaria complejidad de algunos componentes orgánicos como las proteínas, en cuya síntesis todavía no hemos pasado más allá de unos modestos polipéptidos.

La concepción mecánica de la vida que LOEB formuló con carácter general, se basa en gran parte en brillantes experiencias sobre los tropismos en los animales inferiores y sobre la estimulación del desarrollo partenogenético de los huevos de erizo de mar con reactivos químicos. Interpreta los movimientos de los animales como simples tropismos causados por estímulos externos. Como ejemplo más sencillo cita la tendencia a volar o a dirigirse hacia la luz. Se trata, afirma, de un impulso ciego, de una impulsión irresistible que les obliga a desplazarse, aunque vayan hacia la muerte, y que podría ser explicado por la misma ley de BUNSEN y ROSCOE que rige las acciones fotoquímicas en la naturaleza inanimada. El movimiento, como el efecto fotoquímico, sería proporcional al producto de la intensidad de la luz por la duración de la iluminación.

Según LOEB, las sustancias fotolábiles que existen en los ojos y en la piel de los animales positivamente heliotrópicos, darían origen, por acción de la luz, a otras capaces de provocar la contracción de los músculos, casi siempre por intermedio del sistema nervioso central. Si el animal es iluminado por un lado solamente, la masa de productos formados por unidad de tiempo es mayor que la del lado opuesto, resultando un desigual desarrollo de energía en los músculos simétricos que ocasiona la desviación del plano de simetría del animal. El movimiento así engendrado cesa únicamente cuando este plano ha girado hasta encontrarse en la misma dirección que los rayos luminosos.

Aunque LOEB no consiguió siquiera dar una explicación satisfactoria al comportamiento de muchos animales, su entusiasmo mecanicista le llevó incluso a conceder a los tropismos un gran valor en la interpretación de los actos morales del hombre. En el Congreso internacional de Psicología celebrado en Ginebra en 1909, concluía de esta manera: "La más alta manifestación de la ética, es decir, el acto de seres humanos que sacrifican su existencia por una idea, no puede comprenderse ni desde el punto de vista utili-

tario ni desde el punto de vista del imperativo categórico. Sería posible que bajo influencia de ciertas ideas se produjesen modificaciones químicas, por ejemplo, de las secreciones internas, capaces de aumentar la sensibilidad para algunas excitaciones hasta un grado tan desacostumbrado que el hombre llega a ser esclavo de estas excitaciones, exactamente como los copépodos lo llegan a ser de la luz cuando se añade ácido carbónico en su agua. Desde que PAWLOW y sus discípulos han conseguido producir en el perro la secreción salivar por medio de señales ópticas y acústicas, ya no puede parecernos extraño que lo que el filósofo llama una "idea" sea un proceso que puede determinar en el cuerpo modificaciones químicas".

Esta audacia mecanicista ha provocado un justo recelo entre algunos filósofos. Veamos, por ejemplo, cómo se expresa ORTEGA Y GASSET: "¿De modo que un concepto como el tropismo, capaz apenas de penetrar el secreto de fenómenos tan sencillos como los brincos de los infusorios, puede bastar, en un vago futuro, para explicar cosa tan misteriosa y compleja como los actos éticos del hombre? ¿Qué sentido tiene esto? La ciencia ha de resolver hoy sus problemas, no transferirnos a las calendas griegas. Si sus métodos actuales no bastan para dominar hoy los enigmas del universo, lo discreto es sustituirlos por otros más eficaces."

No sólo los filósofos. También los biólogos han demostrado su discrepancia. VON UEXKÜLL, por ejemplo, señala que es una causa de error "el conceder a un mecánico, en lugar de a un biólogo, el derecho de dar su conformidad a la realidad de los actos de los seres vivos." Y no es verdadero biólogo quien no tiene en cuenta *todo* lo que hay en un organismo. De la misma manera que sería causa de error "encomendar a un químico, y no a un historiador del arte, el juicio sobre un cuadro, o confiar a un físico, y no a un músico, la crítica de una sinfonía." En efecto, el materialismo mecanicista, al excluir cualquier factor supramecánico tratando al organismo como "una máquina químico-física compuesta esencialmente de substancias coloides", se cierra el camino para una comprensión verdadera. Frente a la Naturaleza, se encuentra, como dice UEXKÜLL, como un químico ante la Madona de la Capilla Sixtina. Ve perfectamente los colores y puede profundizar en su análisis; pero nada tiene que hacer con el cuadro. O, dicho con otra imagen del mismo autor, se comporta como un daltónico que negara la existencia de unas flores porque su acromatopsia le impide ver el color rojo que resalta sobre el fondo verde de las hojas.

Así se explica que LOEB considere innecesario el examen detenido de la estructura del ojo para explicar la visión animal. Para él, la estructura es una "cantidad despreciable". Todo consiste, dice, en luz y en la presencia de ciertas substancias químicas dentro del cuerpo. Explica el desarrollo del huevo por un incremento de las oxidaciones y la posibilidad de iniciarlo con influencias externas como la punción con agujas o la adición de un ácido; pero no concede ninguna importancia al rasgo más notable, es decir, la naturaleza del huevo. Una vez más, pudiéramos decir, el árbol ha impedido la visión del bosque.

En resumen, el materialismo, embriagado en el torrente de sus descubrimientos, llegó a soñar que toda la Biología es Físico-química. Al conceder

a los actos de los animales y aun del hombre, el carácter de meros movimientos o tropismos, olvidó que en ellos hay, además de una acción, una percepción, y al no reconocer a la vida otros atributos que los que caben dentro de las fuerzas naturales, olvidó también, como hemos de ver pronto, que los métodos de trabajo que utiliza son inadecuados para resolver la esencia de la vida, como ya claramente advirtió CLAUDIO BERNARD, el genial fundador de la Fisiología experimental. El fisiólogo, advierte ORIOL ANGUERA, "mientras trabaja en el laboratorio irá en pos del lenguaje físico ante la amiba que se mueve, el perro que respira o ante cualquier actividad orgánica; pero si tiene ideas claras, no pretenderá explicar nada más; ni negar la esencia de la vida ni silenciar la *intención* de cualquier fenómeno por muy elemental que aparente ser. Como un ejemplo bien conocido, precisa aun más el cometido de la Fisiología. "Cuando una amiba emite un pseudópodo, la descripción fisiológica acaba una vez justificada la deformación como consecuencia de un descenso de la tensión superficial. Explica el hecho físicamente e incluso puede reproducirle con un modelo artificial. Pero el biólogo no debe pasar de aquí y afirmar que después de esto no hay nada más. Hay unas esencias que el fisiólogo desconoce y que no se debe plantear dentro del laboratorio. La amiba crea una estructura, el pseudópodo, antes que la *función*. Con la misma sencillez construye instrumentos ambulatorios y digestivos. Forma una vacuola para después comenzar la función digestiva y más adelante vuelve al estado inicial. ¿Qué diríamos de una máquina que a cada momento se construyese las estructuras para comentar después a funcionar? No cabe aquí la "intención" natural, como quería describirla LAMARCK. No es que la función cree el órgano. Es al revés. Primero la amiba hace el órgano y después viene la función. El fisiólogo hará bien en limitarse a explicar cómo se ha hecho el pseudópodo. Pero, ¿y la *intención*, el *porqué*, la *finalidad adaptada al plan*? Esto que no lo toque; no es cosa suya, si bien *tampoco se puede perdonar que ignore su existencia*.

NEOVITALISMO METAFÍSICO. — EL DETERMINISMO BIOLÓGICO  
Y LA "IDEA DIRECTRIZ" DE CLAUDIO BERNARD

Ha dicho BERGSON que CLAUDIO BERNARD se preocupó menos de definir la vida que de precisar cómo ha de ser la ciencia que la estudia. Es perfectamente cierta la observación; pero también es verdad que al precisar los métodos más adecuados para el estudio de los fenómenos vitales, hubo de especular sobre la verdadera naturaleza de los mismos.

Si CLAUDIO BERNARD es calificado de renovador, es por haber introducido decididamente en el campo de la Biología las normas aplicadas por GALILEO a la Física en el siglo XVII, y LAVOISIER a la Química en el XVIII. Puede decirse que el Renacimiento se retrasa para la Fisiología en varios siglos y que la transformación plena no se alcanza hasta que el genial maestro francés inaugura en ella el método experimental. Es cierto que otros fisiólogos se habían adherido al método galileico. Baste recordar a HARVEY,

que si pudo concebir, y más tarde demostrar, la circulación sanguínea, fué gracias a la verificación del peso del líquido expulsado por el corazón en cada contracción. Pero ninguno tuvo una visión tan completa como la de CLAUDIO BERNARD ni supo precisar como él las condiciones de aplicación del método experimental al estudio de los seres vivos. Ni siquiera su maestro inmediato, MAGENDIE, que se calificaba a sí mismo de "traperero de hechos".

CLAUDIO BERNARD nos da la justificación del método experimental cuando describe las etapas que, a su juicio, hubo de recorrer el hombre en la búsqueda de la verdad: "El espíritu humano, en los distintos períodos de su evolución, ha pasado sucesivamente por el sentimiento, la razón y la experiencia. En un principio, el sentimiento se impuso a la razón y creó las verdades de fe, es decir, la teología. La razón o la filosofía se constituyó luego en dueña y señora y alumbró la escolástica. Y, por último, la experiencia, es decir, el estudio de los fenómenos naturales, enseñó al hombre que las verdades del mundo exterior no se encuentran formuladas de antemano ni en el sentimiento ni en la razón. Estas son únicamente guías indispensables; pero para obtener estas verdades es preciso descender a la realidad objetiva de las cosas, donde se encuentran ocultas bajo su forma fenomenal." Al método experimental se habría llegado por un "progreso natural" y en él serían absorbidos los dos procedimientos utilizados anteriormente por nuestro espíritu.

Esta idea, expuesta por CLAUDIO BERNARD en su famosa "Introducción a la Medicina Experimental", aparece ampliada en un manuscrito inédito descubierto no hace muchos años en su casa natal. En él añade que en todos los conocimientos se encuentran, en diferente proporción, tres nociones fundamentales: Religión, Filosofía y Ciencia, que no son sucesivas sino coetáneas y complementarias. Estas tres nociones no pueden destruirse entre sí, sino, al contrario, se perfeccionan mutuamente.

Para CLAUDIO BERNARD, el investigador llega al conocimiento mediante el proceso siguiente: la observación casual o intencionada de un hecho natural provoca el nacimiento de una idea. Sobre ella discurre la razón y plantea una experiencia que es realizada, obteniendo nuevos fenómenos que serán observados a su vez. La idea "a priori" es calificada por CLAUDIO BERNARD de "primem movens" de todo el razonamiento científico. Provocada por la observación del mundo exterior, surge gracias a una especie de actividad elemental de la mente, intuición o presentimiento. Nuestro espíritu intuye, presente las leyes de la naturaleza, mas, desconociendo su forma, sólo puede averiguarlas con la experiencia. Ahora bien, así como el metafísico y el escolástico conceden a su idea la categoría de verdad absoluta y extraen de ella una serie de consecuencias por puro razonamiento lógico, el experimentador admite de antemano que su interpretación previa puede ser falsa y la considera sólo como una interrogación a la naturaleza verificada en forma de experiencia. "Marcha así de las verdades parciales a las generales; pero no tiene jamás la pretensión de poseer la verdad absoluta". Con la ayuda de las experiencias de prueba y contraprueba, el investigador llega a saber que los fenómenos están, sometidos, determinados de una manera absoluta, a unas condiciones de existencia que, reproducidas, actuarán siempre como

*causa próxima del fenómeno.* De este modo, dice CLAUDIO BERNARD, "el hombre llega a ser un inventor de fenómenos, verdadero contra maestro de la creación". Metáfora feliz, dice LAIN ENTRALGO, pues "si Dios es el capitán de su propia creación, el hombre es su contra maestro. El manejo de la energía atómica ha dado espectacular y dramática potencia a esta idea de CLAUDIO BERNARD."

La expresión de las relaciones entre causa próxima y fenómeno, sólo podrá ser conseguida mediante el análisis experimental, que descompone el fenómeno complejo en otros más sencillos, debiendo llegar, si fuera posible, a reducirlo a dos condiciones fundamentales cuya naturaleza ha de ser físico-química "porque las propiedades de la materia viva no pueden ser conocidas más que por su relación con las propiedades de la materia bruta".

La posición de CLAUDIO BERNARD ante la polémica materialismo-vitalismo es, sin embargo, ecléctica. Niega la existencia de una *fuera vital* específica, pero afirma también que las manifestaciones de la vida "no pueden ser explicadas por los fenómenos físico-químicos conocidos en la materia bruta", a pesar, añade, de que se encuentran sometidas absolutamente al principio del determinismo. El determinismo fisiológico, advierte, no ha de ser entendido con la significación usada por LEIBNITZ en el campo filosófico. El determinismo fisiológico "lejos de ser la negación de la libertad moral es, por el contrario, la condición necesaria para ella y para todas las demás manifestaciones vitales." "Si no existiese el determinismo, dice, no podríamos mover libremente un brazo, por ejemplo, en la dirección deseada. Habría libertad para la intención, pero no existiría para la ejecución del movimiento."

Para CLAUDIO BERNARD, la vida, aunque indefinible como toda causa primera, puede ser caracterizada por sus manifestaciones más específicas. Considera como tales la nutrición y la generación. "La vida tiene su fuerza primitiva en la fuerza de su desarrollo orgánico", asegura en su "Introducción"; "la universalidad, constancia y necesidad de la nutrición, hacen de este fenómeno el carácter fundamental del ser viviente, el signo más general de la vida", afirma en otra de sus obras. Ahora bien, cada uno de estos fenómenos consta de dos partes simultáneas; la nutrición es a la vez asimilación y desasimilación, y la generación de una forma viviente va acompañada de su misma destrucción y muerte. Por un lado, *la vida es la creación*, y por otro, *la vida es la muerte*, se expresa CLAUDIO BERNARD, en forma aparentemente paradójica, para resumir lo que él considera como dos axiomas fisiológicos: "El carácter esencial de la vida es la creación orgánica". "Toda manifestación vital está necesariamente ligada a una destrucción orgánica".

La misión del fisiólogo, dice CLAUDIO BERNARD, es igual que la del físico: conocer las causas próximas de los fenómenos. Por ello, la ciencia biológica ha de tener como base las ciencias físico-químicas, cuyos métodos analíticos empleará para la investigación. Pero ello no excluye una diferencia esencial entre los respectivos objetos de estudio. Mientras que los fenómenos físicos son simples, los biológicos son complejos y existe entre ellos una especie de jerarquización, pues se determinan los unos a los otros, "asociándose o combinándose para un fin común". Además del determinismo inmediato, CLAUDIO BERNARD reconoce, por lo tanto, un "determinismo supe-

rior" que le obliga a exclamar: "Proscribir el análisis de los organismos por medio de la experiencia es detener la ciencia...; pero, por otra parte, practicar el análisis fisiológico sin tener en cuenta la unidad armónica del organismo, es desconocer la ciencia biológica y privarla de todo su carácter". Aparece aquí la idea que más nos interesa destacar de CLAUDIO BERNARD y que justifica la denominación de "vitalismo físico-químico" que llegó a dar a su doctrina. El físico y el químico podrán rechazar toda idea de causa final en los hechos que observan; pero "el fisiólogo se ve obligado a admitir una finalidad armónica y preestablecida en el cuerpo organizado".

Existe, pues, algo que "es esencialmente del dominio de la vida, que no pertenece ni a la Física ni a la Química ni a ninguna otra cosa" y que se manifiesta en la evolución de cualquier ser vivo o en el conjunto de sus funciones cuando se le considera como ser unitario. Es lo que hace sentir a CLAUDIO BERNARD la necesidad de una "síntesis fisiológica" que refiera al "todo" viviente cualquiera de sus propiedades. Es lo que él ha llamado la "idea directriz" de la actividad vital, sin la cual las fuerzas físico-químicas que componen las manifestaciones vitales no se ordenarían en el tiempo y en el espacio para dar "esa propiedad evolutiva, ajena a la Física y a la Química, que transformará un huevo en un mamífero, un ave o un pez".

La observación de un proceso fisiológico aislado puede, pues, inducir a error, porque no demuestra otros factores que los puramente mecánicos o físico-químicos de la materia inerte. Pero el examen de conjunto descubre la ineficacia de los mismos para aclarar la esencia de la vida. Por ello, muchos eximios biólogos se han visto obligados a cambiar su posición frente al problema al llegar al punto culminante de su labor. He aquí, como ejemplo expresivo, la rectificación de CAJAL, a su frase juvenil "la vida semeja puro mecanismo": "Hoy no suscribiría yo, sin algunas restricciones, este concepto puramente mecánico o, si se quiere, estrictamente físico-químico de la vida. En ella... se dan fenómenos que presuponen causas absolutamente incomprensibles, no obstante las jactanciosas promesas darwinianas y los postulados de la escuela bioquímica de LOEB".

La verdadera dificultad se presenta al intentar descubrir cómo la "idea" dirige los fenómenos materiales. CLAUDIO BERNARD se limita a decir que "sería error creer que esta *fuerza metafísica* es activa a la manera de una fuerza física". Por el contrario, no sería sino una suerte de fuerza legislativa, en modo alguno ejecutiva. Para resumir nuestro pensamiento podríamos decir metafóricamente: *la fuerza vital dirige fenómenos que ella no produce; los agentes físicos producen fenómenos que ellos no dirigen*".

#### LIMITACIÓN DEL MÉTODO ANALÍTICO-CAUSAL PARA LA ACLARACIÓN DE LA VIDA

Reconoce CLAUDIO BERNARD explícitamente la existencia de una "finalidad armónica y preestablecida" en los seres vivos. Tal finalidad puede ser observada, por ejemplo, en el corazón, destinado a mover la sangre, o en los músculos esqueléticos, hechos para el movimiento de los miembros, o

en cualquiera de las partes orgánicas cuando se las considera en relación con el organismo total. Hay una armonía y una función final, consideradas por CLAUDIO BERNARD como "causas intrínsecas". Pero existe, además, otra finalidad o "causas extrínsecas", que no podemos observar, aunque sí suponer, que nos explicaría la significación del organismo viviente dentro del mundo cósmico.

Al admitir esta doble finalidad, hemos de reconocer las limitaciones del método determinista para la aclaración completa del hecho vital. Este método es analítico y desintegrador y, por lo mismo, insuficiente, como dijimos más atrás, para captar la significación de los procesos vitales y su finalidad. Y si olvidamos los fines y la significación de las actividades orgánicas, perderemos de vista lo más característico de la vida. Podremos acumular numerosos datos sobre ellas; pero quedarán desligados y sin interpretación en cuanto significan dentro del complejo funcional que es la vida. Como ha escrito J. S. HALDANE, "cuando intentamos tratar los fenómenos de carácter fisiológico como acontecimientos separados llegamos a un caos... Cuando nos esforzamos en comprenderlos cual manifestaciones de la vida consideradas como una totalidad, nos damos cuenta de que son inteligibles y previsibles".

El elemento viviente, con frase de E. S. RUSSELL, puede tratarse como un sistema físico-químico o como un mecanismo muy complejo, y nadie se atrevería a negar la validez de la investigación bioquímica y biofísica. Pero con este modo de acercarnos a los fenómenos vitales omitimos cuanto caracteriza a la vida: la finalidad, la ordenación y la creación de actividades orgánicas.

CLAUDIO BERNARD admite ya la necesidad de una "síntesis fisiológica" que reúna los datos obtenidos con el método analítico. Ahora bien, la finalidad, según él, debe ser relegada al campo metafísico. RUSSELL, por el contrario, opina que el estudio de la finalidad de las actividades orgánicas puede ser realizado por el biólogo. Con sus propios medios puede éste comprobar que el organismo viviente posee características que faltan en los sistemas inorgánicos y sólo puede ser definido o caracterizado atendiendo a su capacidad para combinar dentro de un ciclo vital las funciones de conservación, desarrollo y reproducción.

No sólo en el organismo complejo, sino también en los numerosos procesos de la célula viviente se aprecia este carácter de finalidad y de actividad dirigida. Veamos, con un sencillo ejemplo, escogido por SHERRINGTON, cómo se expresa un observador muy competente después de contemplar la microcinematografía de una masa de células durante el proceso de mineralización del hueso: "Equipos de trabajadores representados por masas de células. Agujas calcáreas atraviesan la pantalla como si los trabajadores enderezaran las vigas de un andamio. La escena produce la impresión de una conducta intencionada por parte de las células individuales y, más aún, por parte de las colonias de células organizadas en forma de tejidos y órganos". Esta impresión de actividad armónica, dice SHERRINGTON, nos habla con la fuerza de la verdad manifiesta; pero tenemos otro ejemplo, añade, en el que se percibe la misma impresión de un modo más vívido, porque en él alcanza mayores proporciones la precisión del trabajo constructor. Es la historia de la for-

mación de un ojo. El globo ocular es una pequeña cámara esferoide en la que importará mucho la exactitud de la forma. Esta cámara, como todo el organismo, se desarrolla en el agua, que es el gran menstro de la vida, y en completa obscuridad. La luz que *penetrará* en ella algún día *atravesará* una lente que ha de ser biconvexa y perfectamente situada en la posición justa para que los rayos luminosos sean enfocados sobre una pantalla fotosensible, la retina. La lente biconvexa está formada por células semejantes a la de la piel, que han de adquirir transparencia para dejarse *atravesar en el futuro* por la luz que todavía no ha actuado sobre ellas. En efecto, la obscuridad persiste no sólo durante las semanas requeridas para la construcción de estas estructuras, sino también durante el largo plazo de relativa quietud que transcurre hasta que la función visual comienza, después del nacimiento. Es preciso reconocer que todo parece ocurrir con arreglo a un minucioso plan.

#### VIDA Y MENTE

Nos vemos, pues, obligados a preguntarnos si hay algo más allá de las posibilidades de la materia, tal como la concebimos, en la conducta observable de las células y de los organismos vivientes.

La conducta de la materia puede resumirse diciendo que, en conjunto, es de tipo eléctrico. La misma materia se resuelve en electricidad, puesto que está formada por la asociación de moléculas, de átomos, de cargas eléctricas, en definitiva. En algunas ocasiones las moléculas forman agrupaciones todavía más complejas y adoptan el estado coloidal. Las partículas coloidales constituyen una gran parte del complejo viviente. En algún tiempo se llegó a pensar, incluso, que el estado coloidal era el último reducto de la vida. Por este camino, nada encontramos que permita distinguir la materia viva de la que no lo es. Acaso podría encontrarse en las funciones más características de la célula viva, en el proceso de la nutrición, por ejemplo.

Examinemos una amiba. Se nutre gracias a sus movimientos; pero éstos se pueden explicar como consecuencia de las modificaciones de la tensión superficial y de las cargas eléctricas en la interfase célula-medio acuoso. Cambios semejantes pueden ser observados en el menisco del mercurio de un electrómetro capilar. Algo semejante puede decirse del proceso digestivo que sigue. La partícula alimentaria englobada queda rodeada por líquido celular cuyos fermentos la disuelven. Otro tanto ocurre con un fagocito que se aproxima a una bacteria y la engloba. Una y otro se comportan químicamente. En su conducta no parece haber nada inexplicable para la Química. Únicamente, que parecen elegir libremente la partícula alimentaria. Esto hizo pensar que existiera en ellos una *mente*. Algunos llegaron a creer que un infusorio aislado sería capaz de modificar su conducta mediante la experiencia individual. Esto nos obligaría a admitir una mente cognoscible ligada de algún modo al individuo unicelular. Pero, como dice SHERRINGTON, aunque no inverosímil, es muy improbable que un grado mental tan inferior pueda ser reconocido por nosotros como mente.

Ahora bien, cuando consideramos los estadios sucesivos que conducen

desde una célula ovular hasta un organismo complejo, cuando vemos modelarse los agregados celulares para constituir los órganos sin ninguna experiencia anterior, puesto que la hacen por primera y última vez, la idea de una mente o psique directora se nos presenta con fuerza de convicción. Así debió parecerle a RAMÓN Y CAJAL, cuando, después de un profundo estudio de la retina de los insectos y de sus vías nerviosas hasta el cerebro, comentaba su extraordinaria complejidad: "Mirando a través del microscopio en este mundo liliputiense nos admira si lo que desdeñosamente calificamos de "instinto" (la *intuición* de BERGSON) no es, como nos dice JULES FABRE, un don mental coronación de la vida. La mente, con su acción instantánea y decisiva; la mente, que en estos minúsculos y antiguos seres alcanzó su época florida en edades remotas y antes que en ningún otro ser".

Es indudable que la Física y la Química nos pueden explicar muchos "misterios" de la conducta celular. Las influencias de unas partes del embrión sobre otras durante el desarrollo, que aparecían tan oscuras, parecen ser debidas a una acción química. Pero, ¿podrá explicar hasta los últimos residuos de la actividad orgánica?

Según hemos visto, las últimas partes y los principios de construcción son iguales para la materia inerte y la materia viva. Por ello, dice WHITEHEAD que la Física y la Biología, porque la primera estudia sistemas sencillos y la segunda trata de organismos complejos. Ahora bien, los sistemas vivientes han experimentado una innegable evolución que les ha proporcionado, casi siempre, mayor complejidad y un aumento de dimensiones. De este modo desbordaron el campo de lo microscópico. Debemos preguntarnos, dice SHERRINGTON, si al mismo tiempo adquirieron algo totalmente nuevo que no existía en la vida más sencilla. Y la respuesta es afirmativa. "¿Existirá algo más en el hombre que en la ameba o en el paramecio, algo más allá de la mera ampliación de las fuerzas de éstos? ¿Algo de clase diferente? ¿Un nuevo modo o categoría de vida? ¿Lo más complejo es algo más que el aumento de complejidad de un tipo de sistema ya existente? A duras penas podríamos esperarlo. Sin embargo, parece que es así. La complejidad introduce una mente cognoscible y lo hace gradualmente, como quien cultiva una flor". Esta mente es finita y la conocemos en nosotros mismos y en nuestros semejantes. También en algunos animales como el perro o el caballo. Evidentemente no puede identificarse con la vida, puesto que ésta es perceptible por los sentidos y aquélla no. En la escala viviente se nos presenta con diferentes grados, algunos de comprobación difícil. Más abajo de éstos ya no la encontramos. Seguramente su distribución es mucho más limitada que la de la vida; pero, además, parece que su aparición sobre el planeta es relativamente reciente. Lo mismo en el tiempo que en el espacio, existe, quizás, un superávit de vida no dotada de esta mente cognoscible.

Pero en todo lo viviente pudiera existir otro modo de mente, la mente incognoscible, que estaría ligada, incluso, al individuo unicelular. Cualquier intento de descripción de esta mente, afirma SHERRINGTON, sería un martirio del pensamiento. Podríamos decir que es a la vez una urgencia, un motivo, un impulso de vivir, de aumentar, que no falta en ninguna especie viviente. Y ¿cuál sería su procedencia? Mucho más que ninguna otra interesa al

hombre esta cuestión. Pero nosotros no osaremos entrar en ella. Como dice VON UEXKÜLL, el biólogo ha llegado a su meta y debe abandonar la pluma. "Ha encontrado el nexo con los grandes problemas de la Humanidad. No se aventurará por la alta montaña de los grandes problemas psicológicos, metafísicos y místicos. A los entendidos en estas disciplinas deja el cuidado de señalar los caminos ulteriores". Pero el biólogo puede hacer todavía algo. Puede aportar algún dato sobre la naturaleza de la mente y hasta aventurar alguna hipótesis sobre el futuro que le espera sobre el planeta, aunque con ello se acerque a los linderos de la Filosofía. En estos aspectos, la concepción sherringtoniana presenta el mayor interés. Señala el ilustre fisiólogo cómo la Naturaleza nos ofrece la mente en incontables variedades de tipos: el reptil, el pez, la abeja, el octopus, la hormiga. Podríamos denominarle *ansia de vivir* y acertaríamos muchas veces; pero nadie podría decir en qué punto de la escala de las formas de vida el ansia se convierte en una urgencia mental. La transición de mente cognoscible a mente incognoscible en los animales parece ser gradual. La mente cognoscible no aparecería *de novo* sino por desarrollo desde un estado incognoscible. En un principio fué una simple urgencia ciega en busca de alimento, de luz o de sombra, incapaz de aprender, pero portadora de un germen potencial que la evolución transformó en mente cognoscible. Hay razones que autorizan a suponer que la aparición de la mente cognoscible coincide con la del acto motor voluntario. La conducta motriz parece ser el arranque de la mente cognoscible que se habría mostrado cuando la integración refleja hubo de ser superada en el proceso de la evolución.

Es evidente que la mente tiene, en cada individuo donde se manifiesta, un comienzo y un declinar. Así la vemos aparecer como una aurora en el niño, pero no podríamos reconocerla en el embrión.

Este hecho fué interpretado por el materialismo, con un criterio monista, suponiendo que la complejidad del sistema físico-químico, que tantas cosas nos explica de la conducta del individuo viviente, sería suficiente también para explicar su conducta mental. La mente finita sería un producto del sistema energético viviente que hubiese alcanzado cierta madurez y complejidad. En una palabra, sería solamente energía. Cuando se descubrió que la electricidad inducida era un magnífico estímulo para el nervio, el materialismo creyó apoderarse de lo mental. "La vida es electricidad", pensaron algunos, o incluso este lema sirvió de divisa para un instituto de Fisiología creado cuando la corriente materialista del pasado siglo estaba en su apogeo. Pero las deducciones de GALVANI hubieron de ser rectificadas y la divisa mencionada no ha conseguido todavía la obligada justificación. Únicamente cabe aceptarla si de la vida substraemos lo mental. La mente no es electricidad ni ninguna otra forma de energía, aunque por intermedio del cerebro contacta con ella, y aun cuando la energía sea el medio de comunicación, indirecto pero único, de unas mentes con otras.

El examen del fenómeno mental nos obliga a reconocer que energía y mente son fenómenos de diferente categoría. A lo sumo podríamos decir que están yuxtapuestas, de modo que la mente, incorporada, cabalga sobre la energía. Por un lado encontramos una entidad fisiológica constituida por

potenciales eléctricos con acciones químicas y térmicas, y por el otro, la experiencia mental. Hay un enigma, pues, en cuanto al modo de su contacto. Pero este enigma, dice SHERRINGTON, "no es del todo desemejante al de la interpretación física de la luz y, en verdad, de la materia en general..."

El supuesto básico de la ecuación de BROGLIE, "el de que la partícula va asociada con un sistema de ondas, imagino que ha sido aceptado como una suposición que no ha sido explicada". Desde luego, la analogía entre el dilema físico, corpúsculos-ondas, y el dilema biológico, energía-mente, no es perfecta. En el primero, los dos términos tienen algo de común, puesto que ambos pueden ser descritos, en cierta medida, dentro del espacio y a través del tiempo; pero en el dilema biológico son esencialmente diferentes. ¿Cómo podrá explicarse el problema de la *sinapsis* psico-física, que atormenta al biólogo? La humildad se hace aquí necesaria. En el dilema físico, concluye SHERRINGTON, podemos encontrar cierto consuelo pragmático: "Conducirnos biológicamente, como si los dos términos, mente y energía, cuyas conexiones no podemos describir, estuvieran conjuntos, y admitirlo así, fundados en que ante la observación actúan conjuntamente. Con toda humildad, imagino que la Física arguye "ondas" y "partículas" que parecen marchar juntas, aun cuando ignoremos cómo pueda ser así. Lo aceptamos sin comprenderlo. La modernidad esencial de NEWTON se mostró del modo más alto al aceptar aquello de lo que se declaraba incapaz para explicarse. Nuestra parábola predicaría, pues, la admisión de energía y mente como unidad biológica actuante, aun cuando no podamos describir el cómo de esta unidad".

#### LAS LEYES FÍSICAS Y LA VIDA

ERWIN SCHRÖDINGER, el famoso físico fundador, con HEISENBERG y DIRAC, de la nueva mecánica cuantista, ha examinado, a la luz de las nuevas teorías, la capacidad de la Física y la Química para explicar los acontecimientos que *en el tiempo y en el espacio* suceden dentro de las limitaciones materiales de un organismo viviente. Después de reconocer la evidente incapacidad actual de estas ciencias para aclarar los procesos vitales, expresa su confianza de que en el futuro se descubra un nuevo tipo de ley física que nos permita descartar la existencia de leyes especiales para el gobierno de la materia viva, de la misma manera que un ingeniero termodinámico, al examinar por vez primera un motor eléctrico, descarta la existencia de un fantasma que hiciera funcionar el mecanismo. Ciertamente, podemos admitir sin dificultad que los avances de la Física permitirán que se le incorporen procesos que hoy consideramos ajenos a ella. Pero, como alega JULIO PALACIOS, "si se descarta de antemano la existencia de fantasmas, se da por supuesto que toda la Biología quedará dentro de la futura Física. No hay inconveniente en que así sea si no se discriminan los fenómenos biológicos de los físicos y se constituye con todos ellos una sola ciencia. Pero hay otra actitud que nos parece más razonable. Cabe definir como fenómeno físico todo aquel que pueda ser reproducido sin más recursos que los tomados del mundo inorgánico: elementos químicos y energía en sus diversas formas. Los fenómenos que no cumplan este requisito no deben ser considerados como

formando parte de la Física". Efectivamente, mientras permanezcan sin aclaración los problemas fundamentales que nos plantea un ser vivo, se podrá decir con el ilustre físico español que "es salirse del terreno científico, para perderse en el campo de lo opinable, afirmar que todo fenómeno biológico es un fenómeno físico".

Sin embargo, la Física, con su fundamento estadístico, aporta importantes contribuciones al problema biológico. Señala SCHERÖDINGER, por ejemplo, una cuestión que el físico es capaz de aclarar por completo: ¿Por qué el cerebro con el sistema sensorial ligado a él ha de estar necesariamente constituido por un sinnúmero de átomos para que pueda existir una estrecha correlación entre su estado físico y una actividad mental altamente desarrollada? La razón es que el pensamiento es de por sí una cosa metódica y ordenada, aplicable solamente a percepciones y experiencias, es decir, a algo que presenta cierta ordenación. Esto acarrea dos consecuencias. Por un lado, la organización física ha de estar muy bien ordenada para que mantenga una estrecha correspondencia con la mente y, por lo tanto, los acontecimientos que en ella ocurran estarán sometidos a leyes físicas de gran precisión. Por otra parte, las impresiones físicas que recibe esta organización, corresponden a la percepción y experiencia de la mente. De donde deducimos que la acción recíproca entre el órgano físico de la mente y el mundo exterior, cuenta con cierto grado de ordenación física y está sometida a leyes físicas rigurosas.

La actividad mental desarrollada no sería, en efecto, posible en un hipotético organismo formado por escaso número de átomos y sensible al choque con agrupaciones atómicas minoritarias o incluso con átomos aislados. Se opondría a ello el incesante y desordenado movimiento térmico de los corpúsculos, que impide registrar, mediante leyes perceptibles, los fenómenos que entre ellos ocurren. Estas leyes sólo comienzan a ser aplicables cuando el número llega a ser elevado. Entonces los acontecimientos aparecen ordenados. Podemos, pues, resumir que la mente está en correspondencia con el cerebro y no con cada una de sus neuronas. De lo contrario, el número de elementos sería demasiado pequeño para dar origen a algo tan ordenado como es el proceso mental.

Las consideraciones anteriores podrían ser aplicadas a numerosos procesos de la vida del organismo. Todas las leyes físico-químicas que juegan en él un papel importante, son de tipo estadístico. Su exactitud aumenta con el número de átomos que intervienen en el proceso considerado. En este sentido conviene destacar, para lo sucesivo, que estas leyes son inexactas dentro de un margen de error relativo de  $1/\sqrt{n}$  siendo  $n$  el número de partículas que intervienen para la formación de la ley en condiciones determinadas.

Todo lo anterior nos lleva a admitir "a priori" que todos los procesos importantes de un organismo habrán de ocurrir sobre estructuras *multiatómicas*, puesto que su desarrollo es perfectamente ordenado. Pero al tratar de compaginar esta suposición con la realidad biológica, la Física se encuentra con una sorpresa. Los progresos de la Biología moderna nos han permitido comprobar que en todas las células existen agrupaciones atómicas mino-

ritarias, formadas por un número de átomos demasiado restringido para que su comportamiento obedezca a las leyes deterministas de la mecánica clásica y de la termodinámica y que, no obstante, desempeñan un papel preeminente en los acontecimientos metódicos y ordenados que ocurren en el organismo viviente.

En efecto, los genes, de cuya asociación lineal resultan los cromosomas, no son otra cosa que moléculas gigantes de proteína, de las cuales dependen características morfológicas y funcionales del organismo sometidas a leyes biológicas tan definidas que, como dice SCHRÖDINGER, "por el examen de la estructura de las fibras cromosómicas, el espíritu todo-penetrante vislumbrado por LAPLACE, espíritu al que se revela inmediatamente toda relación causal, podría descubrir si, en circunstancias adecuadas, un huevo se desarrollaría convirtiéndose en un gallo negro, o una gallina pintona, en una mosca, o una planta de maíz, un arbusto de rododendro, un escarabajo, un ratón o una mujer".

La estructura del gene es, pues, un código que pronostica el desarrollo ontogénico. Pero es, además, el agente ejecutivo de los planos que contiene, puesto que sus propiedades catalíticas no están limitadas a su reduplicación, sino que se extienden a la formación de otras sustancias. Probablemente, la propiedad *heterocatalítica* es parecida en su esencia a la *autocatálisis*, es decir, consiste en imponer una configuración *específica* a una proteína o a otras moléculas en las fases finales de su síntesis. Lo cierto es que el gene regula, gracias a ella, la especificidad de las enzimas frente a los substratos de una cadena biosintética. Existe, pues, un "control" genético de las reacciones del desarrollo y del metabolismo. Y, sin embargo, el gen es un corpúsculo cuyo tamaño le permite evadir las leyes estadísticas exactas.

Dos procedimientos han permitido calcular este tamaño. Uno de ellos se apoya en experimentos genéticos relacionados con el "crossing over", es decir, con el intercambio de alguna de sus partes que, algunas veces, realizan entre sí los cromosomas homólogos de las parejas que integran la dotación cromosómica de las células sexuales, antes de ocurrir la división reductora, y que permite la separación de los caracteres ligados al mismo cromosoma. En casos favorables, por ejemplo en cada uno de los cromosomas de *Drosophila melanogaster*, se ha llegado a localizar en estas experiencias un crecido número de caracteres macroscópicos. Dividiendo la longitud del cromosoma por el número de caracteres se obtiene el tamaño del gen; un tamaño máximo, desde luego, porque el número de caracteres separados por el análisis genético no ha alcanzado todavía el tope definitivo, como lo prueba el progresivo aumento en la densidad de los "mapas cromosómicos" obtenidos por este procedimiento.

El otro método de cálculo se basa en la observación microscópica directa. Las células de las glándulas salivares de los dípteros presentan cromosomas gigantes con numerosas franjas oscuras transversales, cuyo número resulta bastante mayor, pero del mismo orden que el de los genes comprobados en las experiencias genéticas. Estas franjas, para DARLINGTON, serían indicadores de la presencia material de los genes o de la separación entre los mismos. La longitud de un cromosoma normal, dividida por el número de estas

franjas (2.000 en las observaciones de este autor), nos da para cada gene un volumen igual al de un cubo cuya arista fuera de 300 Å. Como quiera que esta dimensión, en un sólido o en un líquido, comprende solamente unas 100 a 150 distancias atómicas, puede afirmarse que un gen no contiene más de un millón o pocos millones de átomos, es decir, un número demasiado pequeño para un comportamiento ordenado. Para el caso de un millón de átomos, la ley de la  $\sqrt{n}$  nos dará un error relativo de 1/1.000, excesivo para que el comportamiento quede bajo las leyes de la Física estadística.

El número de los átomos calculable para un gen sería excesivo, aunque todos ellos fueran iguales y con la misma función, como ocurre en el caso de un gas o de un líquido o de cualquiera otra porción de materia de la que habitualmente estudian los físicos y los químicos, incluso en los cristales periódicos, considerados como una de las estructuras más complicadas de la naturaleza inanimada. Pero, además, en el gen, cada radical, cada átomo, desempeña un papel individual y más o menos diferente al de los restantes, de modo que, según SCHRÖDINGER, "la diferencia entre ambas estructuras es igual a la que existe entre el papel pintado de las paredes en que un solo dibujo se reproduce con periódica regularidad, y una obra maestra de bordado; por ejemplo, un tapiz de Rafael que muestra, no una torpe repetición, sino un dibujo elaborado, coherente, lleno de sentido, trazado por el gran maestro".

Los datos suministrados por el estudio de las *mutaciones*, descubiertas por el botánico holandés DE VRIES, y su producción experimental, confirman cuanto queda expuesto sobre la estructura del gen. Las características principales de estos fenómenos son la aparición brusca, sin formas de transición entre el carácter primitivo y el mutante, y su transmisión hereditaria inmediata. Refiriéndonos a un ejemplo bien conocido, podríamos decir que para que una pareja de progenitores de una raza ovina con extremidades de longitud normal, pueda originar individuos que presenten la característica mutante Ancon (extremidades notablemente cortas), transmisible con regularidad a la descendencia, tiene que haber ocurrido una modificación permanente en el material hereditario. Así es, en efecto. Se sabe ya que el cambio afecta a un solo cromosoma, pero no al *locus* correspondiente del cromosoma homólogo. Por otra parte, la proporción de individuos mutantes, según revelan las experiencias con *Drosophila*, puede ser extraordinariamente aumentada por la irradiación de los padres con rayos X o rayos  $\gamma$ . En este caso, el aumento es proporcional a la dosis de rayos aplicada. Los experimentos demuestran también que la mutación no se produce por acumulación de pequeñas dosis sucesivas que se refuerzan, sino que es un acontecimiento aislado que se presenta cuando la radiación es adecuada para producir una ionización u otro proceso parecido, dentro de cierto volumen crítico de una célula germinal. La relación entre probabilidad de mutación y radiación que produzca una determinada ionización por unidad de volumen, ha permitido calcular el tamaño de la fracción de material hereditario que ha de ser afectada para originar la mutación. Este tamaño resulta ser inferior al calculado

por los procedimientos antes citados y viene a ser equivalente al de un cubo de diez distancias atómicas, es decir, que no abarca más de 1.000 átomos.

La física estadística no puede explicar cómo un número tan reducido de átomos desarrolla una actividad tan regular y ordenada dentro de una permanencia como la que exhibe el gene. La explicación, según SCHRÖDINGER, es proporcionada por la teoría cuántica. La discontinuidad de la mutación, su aparición "a saltos", "recuerda al físico la teoría cuántica, por no producirse energías intermediarias entre dos niveles vecinos de energía. El está inclinado a llamar, en sentido figurado, a la teoría de la mutación de DE VRIES la "teoría cuántica de la Biología". Y, según hemos visto, la experimentación confirma plenamente esta idea. Por lo tanto, es perfectamente aceptable el modelo propuesto por DELBRÜCK, TIMOFFEEFF y ZIMMER, según el cual el gen es una molécula gigante que puede adoptar distintas configuraciones estables, igual que las moléculas químicas que presentan el fenómeno de la isomería. El número de átomos que forman el gen es suficiente para determinar los caracteres que se localizan en él, pero no lo suficientemente crecido para excluir la posibilidad de conexiones mutuas entre todos ellos tomados dos a dos. El gen, o quizá toda la fibra cromosómica, dice SCHRÖDINGER, es un sólido aperiódico, con la rigidez y ordenación del cristal, pero sin el carácter de repetición periódica en su estructura. De esta manera quedan explicadas las dos condiciones de individualidad y permanencia necesarias para que esté sometido a las regularidades estadísticas de la mecánica cuántica, eludiendo las leyes deterministas de la física clásica.

#### EL ORDEN DEL SER VIVO

Examinada la cuestión de esta manera, el *rasgo vital* por excelencia, con frase de GONZALEZ ALVAREZ, sería el modo peculiar de funcionamiento físico-químico en el seno de estructuras con escaso número de partículas para que el resultado pueda obedecer a leyes estadísticas.

Queda, pues, una difícil cuestión por aclarar. ¿De dónde y cómo extrae el orden el ser viviente? La respuesta, nos dice SCHRÖDINGER, es evidente: el organismo evita la decadencia mediante el metabolismo. Es decir, mediante el intercambio con el exterior. La idea primitiva fué que este intercambio afecta solamente a lo material. Pero esto parece absurdo, puesto que un átomo de carbono, de nitrógeno, de azufre, tienen el mismo valor que cualquier otro de la misma clase y nada se ganaría con el canje. Igualmente absurdo sería atribuir al metabolismo la finalidad de renovar la energía del ser vivo, puesto que una caloría tiene seguramente el mismo valor que cualquier otra. Por lo tanto, ese "algo" que el ser vivo obtiene de los alimentos y que impide su decadencia, ha de ser otra cosa. Según SCHRÖDINGER es, sencillamente, la *entropía negativa*, que contrarresta la tendencia al desorden acarreada por todos los acontecimientos naturales. Lo esencial del metabolismo sería que el organismo se libera, gracias a él, de toda la entropía que forzosamente ha de producir mientras permanece en vida. O, dicho de otra manera, gracias al metabolismo puede ser absorbido continuamente el orden

del exterior. Para los animales de organización superior los compuestos orgánicos serían la fuente de este orden. Degradados en las reacciones catabólicas y expulsados al exterior, podrían ser utilizados por los vegetales que, además, contarían con otra previsión, mucho más importante, de entropía negativa, representada por las radiaciones solares.

Las anteriores conclusiones han sido criticadas por el ilustre físico español JULIO PALACIOS. La finalidad del metabolismo no puede ser, dice, la expulsión de la entropía, puesto que para ello bastaría con la eliminación de calor realizada continuamente en los organismos. Si la utilidad de los alimentos estribara en su riqueza en entropía negativa, podríamos llegar a la disparatada conclusión de que la ración más nutritiva podría ser substituída por una buena ducha. Es preciso, pues, enfocar el problema de otra manera:

Los organismos deben ser considerados como sumergidos en un medio acuoso o aéreo con el que mantienen un canje térmico. Dicho con mayor exactitud, los animales expulsan calor continuamente. No estando aislados térmicamente, las conclusiones de SCHRÖDINGER ya no les son aplicables. Pero los principios termodinámicos, gracias a HELMHOLTZ Y GIBBS, ofrecen también una regla aplicable a los sistemas sumergidos en un medio isotérmico, que es el caso en que se encuentran los seres vivos. Según esta regla, en un sistema que se mantiene a temperatura constante, o no sucede nada o disminuye la energía libre. Sin entrar en el tecnicismo propio de un especialista, puede decirse que esta última equivale a la suma de la energía interna más el orden. Ahora bien, como en la medida del orden ha de intervenir también la temperatura, tendremos:

$$\text{Energía libre} = \text{energía interna} + \text{orden.}$$

$$\text{Orden} = - \text{temperatura} \cdot \text{entropía.}$$

La regla podría formularse: "Para que un organismo conserve su estado estacionario, es preciso que compense de algún modo las pérdidas inevitables de energía libre".

La solución, según PALACIOS, deberá buscarse considerando al organismo como un sistema cerrado en el cual no entra ni sale nada material, en el que habría de aplicarse la desigualdad de CLAUDIUS

$$\text{Aumento de entropía} > \frac{\text{calor}}{\text{temperatura}}$$

de modo que el organismo sólo podría disminuir la entropía con pérdida de calor y, por lo tanto, su temperatura ha de ser superior a la del medio ambiente. Pero el principio de la equivalencia exige que el calor expulsado proceda de la energía interna del propio organismo, lo que ocasiona una continua pérdida de energía, que deberá reponerse para que el estado estacionario se conserve.

Ahora bien, ¿cómo es que el vivir exige, simultáneamente, la expulsión de calor y la absorción de energía? La explicación, nos dice PALACIOS, está en que "no es cierto que todas las calorías valgan lo mismo. Ello ya es bien

sabido desde que se estableció el segundo principio de la termodinámica. Pero nos aclara mejor la situación una nueva magnitud introducida por DARRIEUS, la *energía utilizable* de los sistemas o "trabajo máximo que puede ser realizado en cuerpos extraños cuando se pasa al estado muerto". Y llegamos a las conclusiones más importantes del autor español. "El comportamiento termodinámico de un organismo en reposo, cuando no hay manifestación externa alguna de su vida, puede explicarse considerando solamente la energía libre de HELMHOLTZ. Pero en cuanto hay alguna manifestación externa de su actividad, el ser ha de considerarse como un sistema termodinámico sumergido en un medio de presión y de temperaturas constantes, y entonces la termodinámica nos dice que cualquier acto ha de ir acompañado de una disminución de energía utilizable. Esta energía sería compensada por la que, mediante el metabolismo, es extraída de los alimentos. La necesidad del metabolismo para el ser vivo estaría justificada por la carencia de órganos capaces de captar y almacenar la energía mecánica o la energía eléctrica, y porque el calor procedente del exterior no sirve para reponer las pérdidas de energía utilizable. La Física, por último, no puede explicar por qué la Naturaleza prefirió el metabolismo, pero pudiera ser muy bien, como apunta PALACIOS, porque la materia es indispensable para las funciones de crecimiento y propagación, tan esenciales en los organismos.

No existe, según vemos, completo acuerdo entre los físicos sobre el problema. Como tampoco en otros muchos puntos, Pero lo más importante es que la misma ciencia que en algún tiempo comparó al ser vivo con una simple máquina, ha reconocido que, en todo caso, sería una máquina bien extraña. Una "máquina" cuyas piezas fundamentales, como las fibras cromosómicas, no serían comparables a las obtenidas por el burdo trabajo humano, por ser, con frase de SCHRÖDINGER, "una obra maestra de finura alcanzada en el terreno de la mecánica cuántica del Señor".

\* \* \*

Nuestra labor ha llegado a su fin. Sólo nos resta añadir que nuestro más ferviente deseo sería haber conseguido con el examen del acontecer vital esa chispa del conocimiento de Dios que, según lord BACON, puede obtenerse a la luz de la Naturaleza y por la consideración de las cosas creadas.

BIBLIOGRAFIA

- BAWDEN, F. C.—Plant viruses and virus diseases. Chronica Botanica. Waltham, 1943.
- BERGSON, H.—La evolución creadora. Abreviatura de la Revista de Occidente. Argentina, 1947.  
Selección de textos y estudio sobre su doctrina, por J. Benrubi. Buenos Aires, 1942.
- BERNARD, Cl.—Introducción al estudio de la medicina experimental. Trad. española. Buenos Aires, 1944.
- Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux. T. I. París, 1878.
- CARREL, A.—La incógnita del hombre. Trad. española. Barcelona, 1936.
- CAULLERY, M.—Las etapas de la Biología. Trad. española. Barcelona, 1950.
- COLLIN, R.—Les deux savoirs. París, 1946.
- DASTRE, A.—La vida y la muerte. Trad. española. Madrid, 1906.
- DRIESCH, H.—Das Vitalismus als Geschichte und als Lehre. Leipzig, 1905.  
Das Vitalismus als Grundlage einer Weltanschauung. Suddeutsch. Monatschrift, 1913.
- FISCHER, A.—Arbor, n.º 20, marzo-abril, 1947.
- GONZÁLEZ ALVAREZ.—Supl. Cient. del Bol. del Consejo Gral. de Colegios Veterinarios de España, n.º 13, 1949.
- HAECKEL, E.—Die Perigenesis der Plastidule. Berlín, 1876.
- HOAGLAND, SMADEI y RIVERS.—Journ. of Exper. Med. 71, 737, 1940.
- HOGBEN, L.—¿Qué es la materia viva? Trad. española. Madrid, 1935.
- KUNSTLER, J. y PREVOST, F.—La matière vivante. París, 1924.
- LABURU, J. A. de.—Origen de la vida. Montevideo, 1943.
- LAIN ENTRALGO, P.—Dos biólogos: Claudio Bernard y Ramón y Cajal. Buenos Aires, 1949.
- LE DANTEC, F.—La matière vivante. París, 1910.
- LOEB, J.—La conception mecanique de la vie. Trad. francesa. 4.ª edición, 1912.
- MORIYAMA y OHASHI.—Shanghai Science. Inst., IV, 4, 43, 1939.
- MUÑOZ, J.—¿Cómo nació la vida? Santander, 1949.
- NORDENSKIÖLD, E.—Evolución histórica de las ciencias biológicas. Trad. española. Buenos Aires, 1949.
- ORIOU ANGUERA, A.—Conceptos al día. Barcelona, 1944.
- ORTEGA y GASSET, J.—La rebelión de las masas. 11.ª edición. Madrid, 1948.
- PALACIOS, J.—De la Física a la Biología. Madrid, 1947.
- PIERANTONI, U.—Compendio de Biología. Prólogo de la primera edición. Trad. española, 1931.
- RADL, E.—Historia de las ideas biológicas. Trad. española. Revista de Occidente. Madrid, 1931.
- RAMÓN y CAJAL, S.—Discurso de ingreso en la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 8.ª edición. Madrid, 1940.

- ROGER, G. H.—La vie et la matière vivante. Traité de Physiologie normale et pathologique. T. I. Paris, 1933.
- RONDONI, P.—Bioquímica. 5.<sup>a</sup> edición. Trad. española. 1948.
- ROSTAND, J.—Esquisse d'une histoire de la Biologie. 4.<sup>a</sup> edición. 1945.
- RUSSELL, E. S.—La finalidad de las actividades orgánicas. Trad. española. Buenos Aires, 1948.
- SÁNCHEZ DE LA CUESTA, G.—Vaivenes del experimentalismo. Madrid, 1945.
- SCHAERER, M.—Neue blicke in das Geheimnis des Lebens. Berna, 1947.
- SCHMIDT, W. J.—Nova Acta Leopoldina. N. F. 7. n.º 45. 1939.
- SCHRÖDINGER, F.—¿Qué es la vida? Trad. española. Buenos Aires, 1947.
- SCHLEDEN, M. J.—Beitrage zur Phytogenesis. 1838.
- SCHWANN, T.—Mikroskopische Untersuchungen über die Übereinstimmung in der Struktur und den Wachstum der Tiere und Pflanzen. Berlín, 1838.
- SHERRINGTON, Sir Ch.—El hombre en su naturaleza. Trad. española. Madrid, 1947.
- STANLEY, W. M.—Ergebn. d. Physiol, 39, 294. 1937.  
Physiol. Rews. 19, 524. 1939.  
J. Biol. Chem., 9, 545. 1940.  
J. Exp. Med., 79, 267. 1944.
- SMITH, K. M.—Los virus, enemigos de la vida. Trad. española. Buenos Aires, 1949.
- UEKKÜLL, J. von.—Meditaciones biológicas. Revista de Occidente. Madrid, 1942.  
Teoría de la vida. Trad. española. Madrid, 1944.  
Cartas biológicas a una dama. Trad. española. Revista de Occidente. Madrid, 1945.