

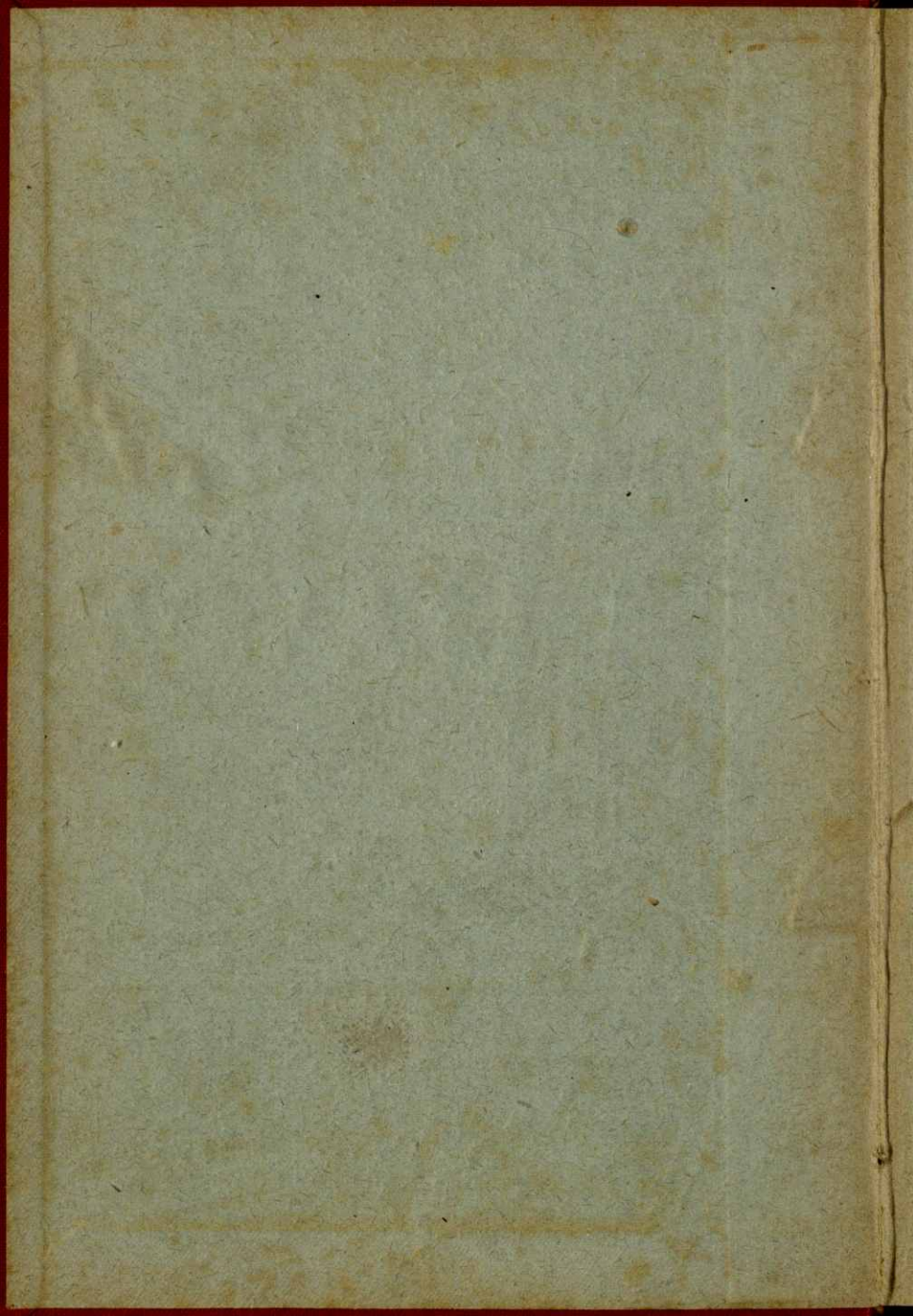
Enciclopedia de Enseñanza Popular Superior

J. M. PARGAME

EL ORIGEN  
DE LA VIDA

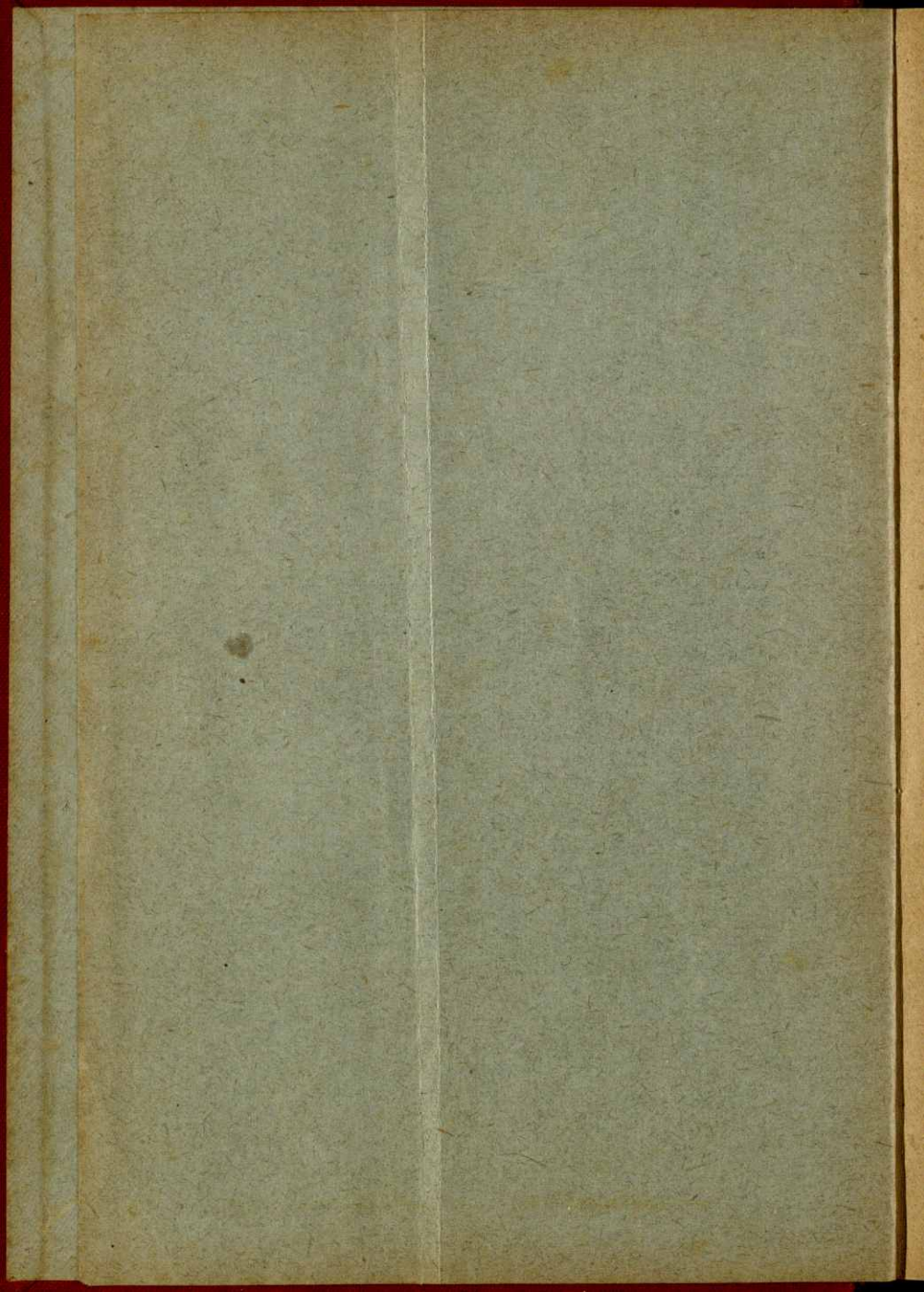


CASA EDITORIAL MAUCCI  
BARCELONA



2000

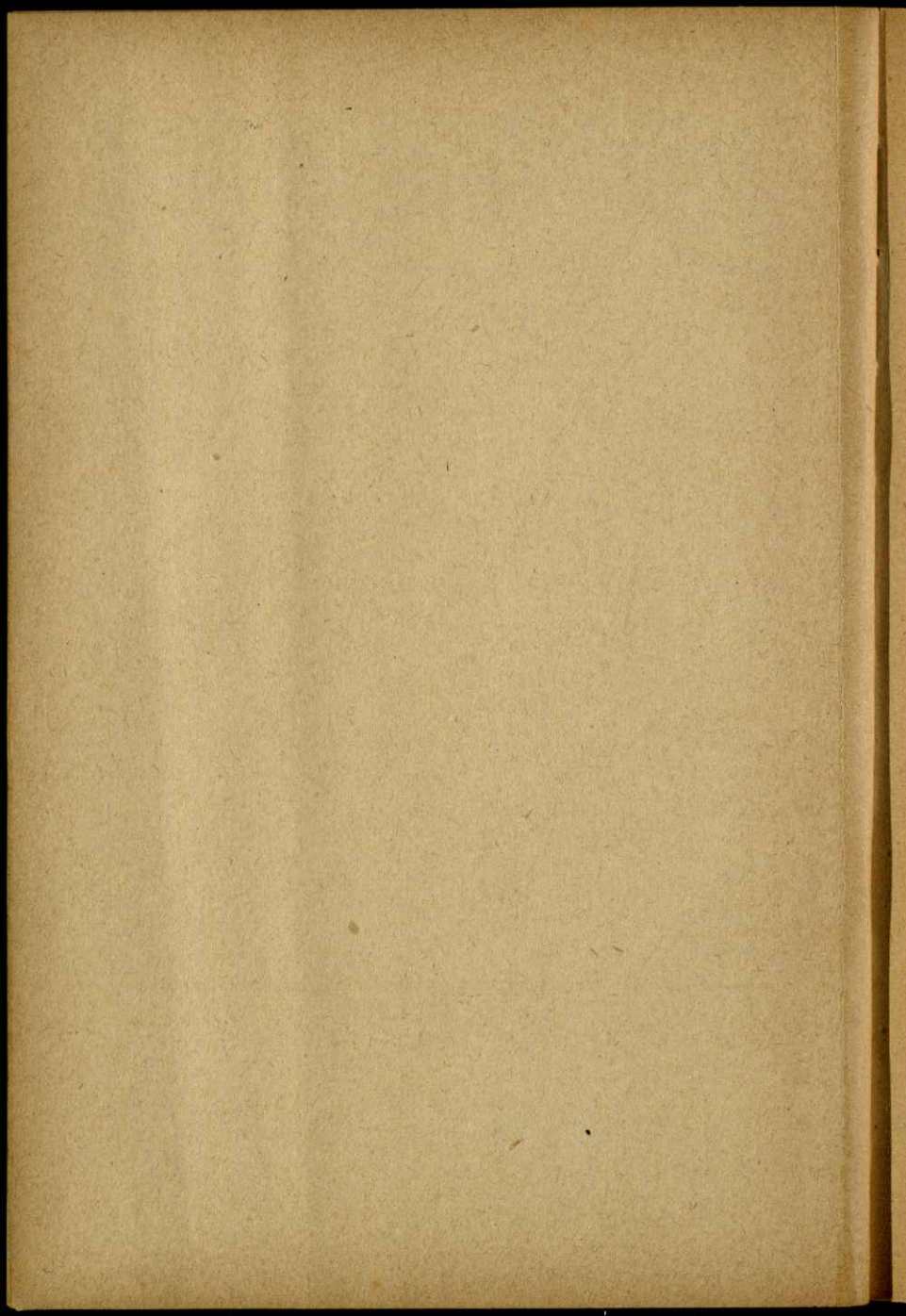
COMPKA  
R. ODDIS  
N-7/45  
MFW 406



EL ORIGEN DE LA VIDA

---

○ ○ ○



# El Origen de la Vida

---

## Introducción

EL LUGAR DE ESTE ESTUDIO EN LA ENCICLOPEDIA. El método que he adoptado para exponer los hechos actualmente adquiridos por la ciencia, no es, como ya dije en la *Exposición de los principios y el plan de la Enciclopedia*, una clasificación de las ciencias, sino una reunión de los fenómenos por su orden de encadenamiento más explícito.

El problema que antes que todo otro interesa a los hombres, es el de conocer las leyes que presiden a sus relaciones con el medio ambiente, de manera que aclaren su determinismo mediante datos exactos, y un conocimiento tan razonado como sea posible de esas relaciones. Determinar lo que es el medio, el individuo, y como el uno influye sobre el otro, es haber, si no dado, preparado cuando menos, la solución del más grave problema humano.

Si esta tentativa ofrece verdaderamente una unidad, si responde a una necesidad intelectual, preciso es que el lector vuelva a encontrar los principios directores que han inspirado los dos primeros volúme-

nes de la *Enciclopedia* en los que seguirán, y, especialmente en el estudio relativo a los fenómenos de la Vida.

En un volumen precedente se dijo: « Dos principios fundamentales dominan toda nuestra ciencia: uno, descubierto por Lavoisier, es el principio de la *conservación de la materia*; *Nada se crea, nada se pierde*. El otro principio (1) es el de la *conservación de la energía*, que puede expresarse así: no se crea energía como tampoco se puede crear materia. *La suma de energía existente en la materia* (2) *es constante*. Este principio es la conquista más grande del siglo XIX (3). »

Movimiento de conjunto, calor, luz, no son más que formas de la energía. Para obtener una corriente eléctrica, es preciso gastar trabajo mecánico o calor, es decir, hacer sufrir una transformación a la energía.

Estas dos averiguaciones fundamentales adquiridas por la ciencia: la ley de la conservación de la materia y la ley de la conservación de la energía, deberán reaparecer en el estudio de los fenómenos vitales. Estos principios nos proporcionarán la idea general que dominará en todo este trabajo, a saber: que la vida es la expansión de las actividades físico-químicas, es decir, una forma de la energía.

Recordaré brevemente el método seguido por esta *Enciclopedia* y cómo justifica el lugar de este nuevo volumen en la obra total. Queriendo dar un aspecto de conjunto sobre los fenómenos que la ciencia nos

---

(1) Formulado por varios físicos hacia 1850.

(2) Es decir, su actividad total.

(3) *Historia de la Tierra*, *Enciclopedia de enseñanza popular superior*.

hace conocer, hemos partido del estudio de los más generales, para acabar en el de los más particulares. He aquí por qué hemos estudiado ante todo los sistemas planetarios, su formación y sus transformaciones luego, entre ellos, el mundo que habitamos y a la existencia del cual estamos unidos: la Tierra (1). Después de ello debía venir lógicamente el estudio de la aparición de la vida sobre el planeta. Con los fenómenos vitales penetramos en un grupo de hechos: los hechos biológicos, que, a primera vista, parecen muy diferentes de los hechos cósmicos. No obstante, presentan las mismas leyes que ellos, y el determinismo que preside a la evolución de los mundos se aplica también a esas partículas del mundo que son los seres vivos.

LA VIDA Y LOS FENÓMENOS BIOLÓGICOS. — Los fenómenos biológicos tienen por fundamento la vida. Ahora bien, la vida parece conferir a los seres que la poseen, caracteres tales, que se diferencian de golpe de todos los otros objetos del universo. Explica esto el por qué, en el curso de la evolución histórica, creyeron los hombres que formaban parte de un reino diferente, y que no había lazo genético posible entre los fenómenos vitales y los de la materia.

La ciencia, gracias a sus descubrimientos sucesivos, ha destruido esta creencia en dos categorías de la naturaleza, irreductibles, pero no todas las inteligencias se han rendido a sus pruebas.

A fin de explicar en esta obra la manera más exacta de concebir actualmente el origen y la natu-

---

(1) *Historia de la Tierra*, 2.<sup>o</sup> volumen de la Enciclopedia.

raleza de la vida, es necesario exponer primeramente cuáles son las grandes corrientes de ideas que se reparten las inteligencias en este punto.

LAS DOCTRINAS RELATIVAS A LA EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO DE LA VIDA. — Tres doctrinas principales nos ofrecen, con arreglo a una observación más o menos exacta de los hechos, hipótesis relativas a los orígenes y naturaleza de la vida; éstas son: el animismo, el vitalismo (1), el materialismo (2). Esas teorías, relativamente modernas, o cuando menos relativas a pueblos civilizados, son, o concepciones religiosas antiguas, adaptadas a los conocimientos actuales (vitalismo, animismo), o la síntesis de los descubrimientos de la ciencia en el curso de los siglos (materialismo). Para comprender bien las primeras teorías sería preciso hacer el estudio detallado de las nociones espiritualistas, según las diversas civilizaciones, lo que no puede entrar en el marco de este trabajo. Nos contentaremos con señalar las formas primeras de estas nociones, es decir, la manera cómo los pueblos no civilizados conciben esos fenómenos.

LAS CONCEPCIONES DE LOS PUEBLOS NO CIVILIZADOS. Es difícil determinar la manera cómo los pueblos primitivos se imaginan los fenómenos de la vida. Algunos etnógrafos les han atribuído acerca de estos fenómenos nociones claras y coordinadas. A decir verdad, era ello un poco prematuro. No conocemos

---

(1) El vitalismo bajo sus dos formas: el vitalismo unitario o doctrina de la *fuera vital*: el neovitalismo, o la doctrina de las *propiedades vitales*.

(2) Y también el mecanicismo, el unicismo, el monismo, es decir, la teoría físico-química de la vida.

lo bastante la organización social, la mentalidad, la lógica de los pueblos primitivos, para deducir tan fácilmente sus concepciones de conjunto. La única cosa que sea posible afirmar, con alguna probabilidad de no ser impugnado, es que el hombre primitivo cree en la existencia de una vida interna aún en las cosas. Para él, una piedra es sensible al mismo título que un animal, estando animados todos los seres, en grados diversos, por una fuerza independiente de ellos, pero que en ellos se encarna, que les precede y que les sobrevive (1).

Entre los Sioux (América del Norte), esta fuerza llamada *wakanda*, superior a las dioses que participan de ella, es con frecuencia representada con las propiedades del viento, que, intangible e impalpable, es sembrado en los cuatro puntos del horizonte. Toda vida es concebida como resultado de los efluvios del *wakanda*; toda vida es *wakane*. En los pueblos de Australia, de la Milanesia, esta fuerza se llama el *mana* (2); con ella han sido construídos los seres sagrados, pues todos ellos no son más que encarnaciones de la fuerza impersonal que en ellos reside. Si se examina esta idea bajo otro punto de vista, se encuentra que su aspecto laico está en la noción de

---

(1) M. Durkheim, en unas lecciones explicadas (enero-junio 1907) en la Sorbonne, e intituladas *La Religión, los Orígenes*, señaló la creencia que los pueblos de culto totémico tienen una energía animadora de todos los seres y de todas las cosas. Resumimos aquí las ideas esenciales de esta parte de sus lecciones.

(2) Esta palabra pertenece a todos los pueblos no civilizados del Océano Pacífico. Para la noción de *Mana*, consúltese: Codrington, *The Malesians, Their Anthropology and Folklore* — Oxford, Clarendon, 1, volumen 1891. Se encontrará un estudio sobre esta noción en Hubert et Mauss, *Boceto de una teoría general de la Magia* 2.º *Année sociologique*, página 108 a 122.

fuerza. El *mana* es, en efecto, la causa eficiente de todos los movimientos que se operan en el universo: él es el que hace germinar las plantas, reproducirse los animales, circular la sangre en las venas (1). Gracias a él, el universo entero es un sistema de fuerzas que se ponderan, se neutralizan, se equilibran. Esta noción religiosa de un poder que anima la materia en que reside; tiene, pues, alguna analogía con la idea moderna de energía, ya que este fluido pasa sucesivamente de un cuerpo a otro. Esta fuerza, que es interna en los hombres, no les pertenece; les proviene del exterior (2).

En los pueblos civilizados, hemos dicho, se disputan las inteligencias varias doctrinas, y tratan de explicar la homogeneidad o la discontinuidad de esos tres órdenes de fenómenos: la naturaleza bruta, la naturaleza viviente, la naturaleza pensante.

Los *animistas* separan el mundo de la materia del mundo de la vida y del pensamiento, pues este último no forma más que un solo grupo, ya que para ellos el pensamiento sólo es una manifestación de la vida.

Los *vitalistas* creen también que el fenómeno de la vida está fuera de la materia, a la cual se sobreañade; pero es diferente para ellos del fenómeno del pensamiento.

---

(1) Es, pues, entre los civilizados, algo como la *fuerza vital* de los vitalistas modernos.

(2) Nos interesa recordar aquí qué lugar ocupan esas supervivencias religiosas en las concepciones populares. Nuestro folk-lore está lleno de casos análogos en que los seres inanimados están dotados de vida y son asimilados a los espíritus. Los fuegos fatuos son almas errantes, las estrellas errantes, almas bienaventuradas, etc.

Los *materialistas* creen que la vida, el pensamiento, son manifestaciones de fuerzas idénticas a las que se encuentran en la materia inanimada. Vida y pensamiento son para ellos dos modalidades de la materia que les condiciona.

EL ANIMISMO. — No insistiremos acerca del animismo de los pueblos primitivos; sobre él hemos dicho todo lo que nuestros conocimientos actuales nos permiten inducir.

Entre los pueblos civilizados esta doctrina se presenta diferentemente. Los animistas científicos no dotan de la vida a la materia inanimada, como los primitivos; pero hacen del alma una personalidad separada del cuerpo, que le dirige y le da la existencia. Esta doctrina fué profesada por el químico Stahl a principios del siglo XVIII, a fin de reaccionar contra las interpretaciones mecanistas (1) que la difundían más y más a medida que la ciencia progresaba.

La doctrina desapareció tras él bajo los ataques mordaces de Borden (2), para resucitar un siglo más tarde, pero adaptada a la ciencia moderna, con Chauffard. Este, en efecto, intentó unir la actividad del alma y la actividad del cuerpo, pero conservó al alma dos modos de acción, uno en que rige, de una manera instintiva y casi automática, los movimientos del cuerpo; otro en que preside con conciencia y volun-

---

(1) Contra Descartes, Borelli y la escuela mecanista.

(2) En 1742 Borden, en una tesis que sostuvo en Montpellier, destruyó la teoría de los animistas burlándose de sus argumentos, pues el alma, según ellos, estaba encargada de « humedecer la boca cuando era preciso », o aquel otro que no podía conducir y dirigir bien el cuerpo a consecuencia del pecado original.

tad los actos del pensamiento. Este método introducía así en la doctrina consideraciones en cierto modo materialistas, puesto que bajaba hasta la materia y el instinto, una de las modalidades del alma.

Los verdaderos espiritualistas se separaron de ella.

EL VITALISMO. — Según los vitalistas, la vida, y este es su carácter esencial, se presenta como una entidad diferente de la materia y el pensamiento. Esta concepción se halla también en la antigüedad, en la que, el principio vital, según Aristóteles y Pitágoras, era una divinidad, una fuerza sin igual y sin relación posible con el alma.

En el siglo XVIII los jefes de la escuela de Montpellier, Barthez, Bordeu, Grimaud, restituyeron a la teoría toda su importancia. Para ellos la vida es una fuerza que no tiene análoga fuera del ser viviente, y que, en él, tiene su asiento en una parte determinada del cuerpo. Recuerda esta idea las concepciones de los pueblos primitivos actuales, que hacen de la sangre el asiento del principio vital, lo que les lleva a considerar la sangre como eminentemente sagrada, como Tabu, según su expresión. En el siglo XVIII Van Holmanc colocaba el principio vital en el antro del píloro; en 1748 el médico Lorry lo situó en un punto de la médula espinal (1), que llamó a causa de esto el *nudo vital*. El conocimiento más exacto de las acciones igualmente importantes de tres órganos: los pulmones, el cerebro, el corazón, hizo imposible la localización de la fuerza vital. Se la consideró

---

(1) En el bulbo raquídeo, en el lugar de la inserción del cuello con la cabeza.

cómo distribuída en todo el organismo y confiriendo a cada una de sus partes *propiedades vitales*. Poco a poco se atenuó hasta el carácter espiritualista de la teoría; las propiedades vitales se redujeron bien pronto a no ser más que modos de actividad inherentes a la materia viviente. Esto equivale a indicar cuánto puede esta concepción aproximarse a la doctrina unicista.

Los grandes representantes de esta teoría fueron en el curso de los siglos: Galien, Paracelso, Van Helmont, Bichat, Cuvier, Jean Muller.

Los neovitalistas han conservado, adaptándolos a datos nuevos, los principios de sus antecesores. Si la especificidad del hecho vital existe siempre para ellos, cuando menos, de *esencial* que era, se ha convertido en formal; esta tendencia llevará hasta a Claude Bernard a no distinguir ya el hecho vital del hecho físicoquímico, en su fondo, sino en su forma (1).

Cada vez más son mas débiles las distinciones entre vitalistas y unicistas, y no estriban con frecuencia sino en matices de interpretación, casi en palabras: « Los neovitalistas actuales reconocen que las leyes de la física y de la química son observadas en el cuerpo viviente como fuera de él: las mismas fuerzas naturales intervienen aquí y allá, sólo que están dirigidas de otra manera (2) », en otros términos, los neovitalistas dicen que los fenómenos vitales descansan realmente en las acciones físicas y químicas en

---

(1) El neovitalismo fué sostenido por Chr. Bohr (de Copenhague), por Heidenhain (de Breslau), por el botánico alemán Reinke, por Bunge, y Rindfleisch.

(2) Dastre, *La vie et la mort*.

los organismos vivientes, pero que el mismo mecanismo de esas acciones debe ser considerado aparte, y que constituye la fuerza vital. Se ve claramente cuán sutil es esta distinción, y cuán equivocadamente los neovitalistas proceden al censurar una fórmula que ha perdido, con el tiempo, su primitivo sentido, pues tratan de poner un contenido científico en expresiones anticientíficas por definición. Esta reducción del hecho vital a una idea de dirección, es decir, a un simple concepto metafísico, indica el camino que la doctrina ha recorrido hacia el unicismo, desde el *ánima*, fuerza animatriz del cuerpo, de Aristóteles.

Lo que es curioso observar, en efecto, es que los neovitalistas son los que ofrecen relativamente a los orígenes de la vida las experiencias más mecanistas; tales son las de Schrön, Quinke, Herrera.

EL UNICISMO. — El unicismo o materialismo aparta de los fenómenos físicos todo poder espiritual director y animador. Para él la explicación del mundo, de la vida, se reduce al conocimiento de las leyes físico-químicas, y de las fuerzas físicas y mecánicas (1).

Bajo el nombre de iatromecanismo, ha sido renovada tomándola de ciertos filósofos griegos, por Descartes (2), que separando el alma y su atributo, el pensamiento, del mundo material, reducía el cuerpo vivo a no ser más que una pura máquina.

Esta doctrina exagerada y simplista en sus explicaciones, fué completada por la del iatroquimismo de Sylvius Le Boë; en lugar de ser explicadas las fun-

(1) No insistimos en el detalle de esta teoría, puesto que se apoya sobre los hechos científicos que expondremos más adelante.

(2) Citaremos con él a Borelli, Hales, Boerhaave, etc...

ciones orgánicas exclusivamente por el mecanismo, lo fueron también por las evoluciones químicas.

El pensamiento contemporáneo ha transformado, gracias a las constantes adquisiciones de la ciencia, esas creencias demasiado sencillas, en una teoría más compleja: la teoría físicoquímica de la vida, que descansa sobre las condiciones conexas de la materia y de la energía, « pues los cuerpos de la naturaleza nos ofrecen una materia revestida de energía, formada por la unión indisoluble de la extensión, con un principio dinámico inseparable... En este sistema, la energía material, la vida, el alma, sólo serían combinaciones más y más complejas de la actividad substancial a los átomos materiales ».

La doctrina unicista corresponde bastante bien a la explicación que daremos aquí de los fenómenos de la vida, con la diferencia de que no haremos de ella un sistema definido, sino la tendencia más evidente que se desprende del estudio y de la observación de los hechos. Nuestro objeto es exponer, independientemente de toda teoría preconcebida, el mayor número de hechos científicamente conocidos y utilizarlos para una explicación de los fenómenos de la vida.

SITUACIÓN DEL PROBLEMA. — UNO DE LOS FACTORES DE SU SOLUCIÓN. — Los fenómenos de la vida, como acabamos de verlo, han sido diversamente explicados por los sabios y los filósofos; fácil es de comprender la causa de esas divergencias de interpretación. Como entre los fenómenos cosmológicos y los fenómenos biológicos casi no se aprecia continuidad, se deduce de ello que los separa un foso, y que la explicación

valedera para los unos no lo es para los otros. Estos grupos de hechos son declarados irreductibles; y su aparente heterogeneidad permite que todavía se edifiquen concepciones religiosas sobre argumentos superficialmente defendibles.

No podemos negar que, en el estado actual de nuestros conocimientos, no pueda todavía plantearse la cuestión de su irreductibilidad; no obstante, numerosos hechos y observaciones pueden probar ya que esta antigua concepción descansa sobre generalizaciones demasiado prematuras, y que no hay, pese a las apariencias, foso abierto entre estos dos órdenes de fenómenos.

No cabe ni siquiera dudar que un complemento de antecedentes y descubrimientos llegue de un momento a otro a permitir establecer la relación entre el reino de la materia orgánica y el de los cuerpos inorgánicos. El gran número de analogías observadas entre la materia viva y la materia bruta, número que aumenta de día en día, dará muy pronto la solución del problema. Se prevé un tiempo en que, establecida la filiación entre ellas, la explicación del problema de la vida quedará reducido a un simple problema de evolución.

Un conocimiento más profundo de las leyes de la combinación de la materia, podría ofrecer una segunda solución, pues toda combinación revela un nuevo acomodamiento, y da origen a *hechos nuevos*. «La vida, se ha dicho, parece distinta de la fuerza física, y el pensamiento, de la vida, porque el análisis no está bastante adelantado. Así el vidrio parecía distinto a lo antiguos caldeos de la arena y de la sal con que lo formaban. Del mismo modo también el agua se distingue a los ojos de los modernos del oxí-

geno y del hidrógeno que la constituyen. Toda la dificultad estriba en comprender lo que el *acomodamiento* de los elementos puede introducir de nuevo en el aspecto del compuesto. Es preciso saber lo que la variedad de las combinaciones, que no son más que acomodamientos especiales de las partes elementales, puede engendrar de novedad y de heterogeneidad aparentes en los fenómenos. Pero eso se ignora. Tal ignorancia es la que conduce a considerarles como heterogéneos, irreductibles y distintos en principio ».

Se puede admitir, en efecto, que en un momento de la evolución, a consecuencia de la combinación fortuita de los elementos inanimados, se haya constituido una nueva substancia que poseía propiedades especiales. El conjunto de esas propiedades fué lo que nosotros llamamos la vida. Esta aparición pudo hacerse casi súbitamente, sin romper por ello los lazos de continuidad entre la materia inorgánica y el ser vivo; sobre todo si se recuerda que, comparada con la duración de la evolución, lo que nosotros llamamos un momento, puede representar siglos (1).

Este principio del hecho nuevo, es decir, de las propiedades nuevas, resultado de una organización de los elementos constitutivos y no incluso en ellos, nada tiene de hipótesis injustificada; puede admitirse en lo que concierne a la vida, puesto que se observa a cada momento en física y en química. Dos metales, el cobre y el estaño, por ejemplo, dan, al aliarse, un cuerpo nuevo: el bronce, que revela un aspecto y propiedades que no poseía ni uno ni otro de sus elemen-

---

(1) No insistimos aquí acerca de la evolución de las combinaciones, que se dará en el libro IV de esta obra, relativo a los orígenes de la vida.

tos constituyentes. De igual modo, un metal en estado coloidal tiene diferentes propiedades que el metal mismo en el estado ordinario. Se llama coloidal a un metal, cuando después de haber sufrido cierta preparación, sus átomos están parcialmente disociados de él ; presentan entonces propiedades diferentes de las del cuerpo de que procede.

En el hecho nuevo de que hablamos, no hay, pues, *creación*, dado que *algo* no se hace de *nada* ; sino que hay una organización tal de los elementos que de ella resultan estados hasta entonces inexistentes.

Si ello es así, no siendo la substancia viviente más que una organización de elementos asociados, la combinación y la disociación deben ser posibles. El análisis del protoplasma se ha efectuado aproximadamente, y ha revelado los elementos componentes. Pero la síntesis, por tantos sabios buscada, no ha podido todavía ser obtenida. M. Leduc, después de Traube y otros, ha conseguido producir en su laboratorio tabiques celulares que tenían el aspecto de tejidos orgánicos. Ha producido también fenómenos de crecimiento cristalino que daban formas análogas a plantas.

El mecanismo de tales fenómenos no tiene más que remotas relaciones con lo que se observa en la materia viva. Es debido sencillamente a que los cristales, puestos en disolución en cuerpos de cierta viscosidad, no se disuelven de la misma manera que si el cuerpo fuese completamente líquido. Las partículas del cristal en disolución no pueden alejarse unas de otras y forman una especie de membrana alrededor del cristal primitivo. Pero persistiendo la disolución, su producto no puede aumentarse más que en la parte

en que la membrana de disolución es la menos espesa. Naturalmente, es hacia la parte baja donde encuentra mayor resistencia y hacia la parte superior la resistencia mínima; así pues hacia la parte superior es donde se opera el fenómeno del aumento.

Bien que no atañendo más que a un punto del problema, a saber: las condiciones físicas que determinan la separación o división celular, esas tentativas legitiman hasta cierto punto nuestra hipótesis: la vida ha aparecido sobre la tierra gracias a un concurso de circunstancias fortuítas, circunstancias que no han sido todavía provocadas en los laboratorios.

Lo mismo ha ocurrido con el diamante que no ha podido ser recompuesto artificialmente sino después de la invención del horno eléctrico que permitía elevar la temperatura hasta 3.000 grados.

Lo que aumenta la separación entre los hechos biológicos y los hechos cósmicos, es que el estudio de los unos y de los otros se hace con sujeción a disciplinas diferentes. La extrema complejidad de los hechos físicos, químicos, biológicos, obliga a los sabios a especializarse en tal o cual ciencia, cada una de las cuales tiene su terminología propia, y hay pocas inteligencias bastante dúctiles y vastas para penetrarlas todas.

En el estudio del fenómeno de la vida, es menester, sin embargo, pedir a cada ciencia su tributo y utilizar los hechos que aportan. La solución del problema estriba en la fusión de esas tres ciencias hacia una investigación común.

Gracias al concurso de esas ciencias (1), el pro-

---

(1) Hay que añadir también la geología y la paleontología.

blema de la vida se solucionará acaso un día por la reconstitución de los eslabones intermedios entre la materia bruta y la materia viviente, o por la demostración del hecho nuevo, puesto que la vida es el término progresivo de una lenta evolución, o un fenómeno aparecido de una manera relativamente brusca, por la combinación de elementos inorgánicos.

Pero aun cuando la ciencia revele un día como exacta una de esas dos hipótesis con exclusión de la otra, la concepción de conjunto de esos fenómenos no por ello se verá sensiblemente modificada.

EL PLAN GENERAL DE ESTE LIBRO. — Para tratar de resolver este problema, hay que tener en cuenta su primer elemento, es decir, la primera forma de la vida conocida, a fin de saber si se presenta como un hecho de transición de la materia bruta a la materia viva, o bajo un estado diferente, esto es, como un hecho nuevo.

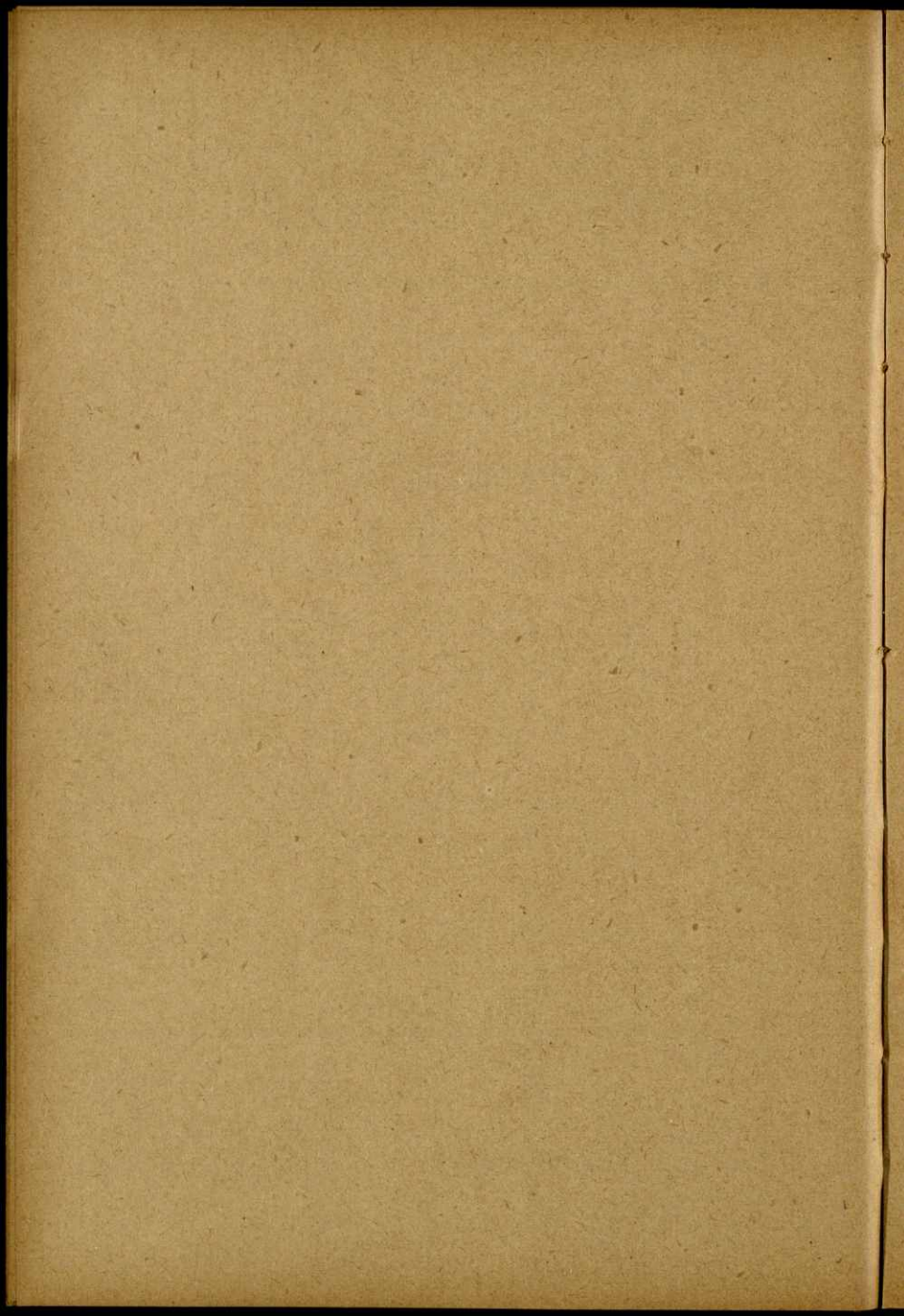
En la actualidad la forma más elemental de la vida que conocemos es la *célula*; tendremos, pues, que estudiar anatómicamente este elemento primordial de la vida, lo que nos llevará a comprobar que fuera de ella no hay vida posible, y que su constitución la diferencia grandemente de la materia bruta.

Una vez conocido el órgano que condiciona la vida elemental, como no es posible dar una definición de la vida en sí, la definiremos por los caracteres comunes a los seres vivos. Estos caracteres son los que existen en todos los organismos, desde el protozario al hombre, y en su totalidad no se encuentran más que en ellos. Al estudio de esos caracteres agregare-

mos los que se encuentran en la materia bruta, y haremos un estudio comparado de la materia viviente y de la materia bruta, a fin de señalar las relaciones de filiación y las diferencias que entre sí presentan. El descubrimiento de una filiación posible entre los dos reinos, nos conducirá a la investigación de los orígenes de la vida, luego a la rápida exposición de la evolución de la vida sobre la tierra.

No carece de grandes dificultades la realización de este plan, entre otras la de reducir a nociones claras, hechos muy complejos, y exponerlos empleando los menos términos técnicos que sea posible.

J. M. LHAÏ



## LIBRO PRIMERO

### La forma elemental de la vida: la Célula

---

#### CAPÍTULO PRIMERO

##### Generalidades

Los seres vivos, animales y vegetales, que apenas conseguimos agrupar, tan múltiples son sus formas, nos aparecen cada uno como unidad. Cada ser forma un todo, se presenta como un individuo separado; así los primeros sabios que trataron de diferenciar los cuerpos vivos de los cuerpos brutos, lo hicieron dándoles como carácter esencial *la indivisibilidad, la unidad morfológica*.

La noción de indivisibilidad se aplicó desde el principio al individuo tomado en su conjunto; pero el estudio de los animales inferiores, tales como las hidras, en las que cada sección del cuerpo puede dar un individuo completo, destruyó esa definición. Fué preciso buscar en otra parte esa unidad. Se creyó encontrarla en los *aparatos* (digestivo, respiratorio, etcétera), después en los *órganos*, luego en los *tejidos*.

Pero se comprobó que todos son descomponibles en elementos más simples y comunes a todos: la célula (1). El tejido, por ejemplo, es una colonia de células, no es, pues, indivisible; mientras que la célula, si está constituida por varios elementos, no puede ser privada de uno de ellos sin perecer. La célula es, pues, anatómicamente, el grado más inferior de la individualidad; es, según Brücke, « el organismo elemental ».

Schleiden (en 1838) y Schwann (en 1839), que hicieron investigaciones, el uno sobre la célula vegetal, el otro sobre la célula animal, fueron los primeros en concebirla como un organismo indivisible. Distinguiéron en él tres partes: una *cubierta*, muy importante en los vegetales, casi nula, a veces hasta ausente en los animales; un líquido, el *protoplasma*, en el que se bañaba un cuerpo más denso: el *núcleo* (2). Los dos concedieron al núcleo una importancia capital; hicieron de él el elemento del cual proceden las células en el curso del desarrollo individual de los seres vivos. Más tarde, Dujardin y Schultze hicieron ver que las partes más esenciales de la célula no eran las que se habían creído, y que el líquido, el protoplasma, desempeñaba un importante papel en la organización. M. Kunstler llamó luego la atención de los biólogos sobre el hecho de que el protoplasma mismo es una substancia que tiene una estructura particular.

---

(1) El nombre de *célula* ha sido dado por los microscopistas de los siglos xvii y xviii a pequeños alveolos o departamentos que observaron en los tejidos de los vegetales.

Seguidamente se encontraron formaciones análogas en los tejidos animales, y se conservó el nombre general de células.

(2) Descubierto por Brown en 1833.

Gracias a esos diversos resultados, se clasifican actualmente los seres vivos en : *seres monocelulares*, llamados *protozoarios*, cuando presentan los caracteres del reino animal, y *protofitos*, cuando presentan los caracteres del reino vegetal, y en *seres pluricelulares* o *metazoarios*.

No conocemos ninguna célula viva actualmente que no presente una diferenciación de dos sustancias (1). Esta última unidad viviente, si es una forma irreductible del ser vivo, puede no obstante reducirse a dos elementos: el núcleo y el protoplasma.

No obstante sus dimensiones infinitamente pequeñas (2)—la célula mide aproximadamente algunas décimas de milímetro— ha revelado el microscopio (3) elementos más simples de los cuales vamos a dar la descripción.

---

(1) Haeckel ha supuesto, bajo el nombre de *cytodas*, células que presentan una substancia homogénea y desprovista de núcleo.

Había creído descubrir seres moleculares, las *moneras* privadas de núcleo; perfeccionamientos introducidos en el microscopio y en los procedimientos de coloración revelaron en esos organismos substancia nucleada.

(2) Se mide los elementos celulares revelados por el microscopio en *mu* ( $\mu$ ) teniendo el valor de una milésima de milímetro.

(3) El microscopio permite ver objetos con un aumento que a menudo excede de 1,800 veces sus dimensiones reales.

El hábito y la necesidad de hablar de las imágenes microscópicas como si tuviesen en realidad las dimensiones que les presta el aumento, debe ser constantemente rectificado por el lector, que no debe olvidar nunca que se trata de seres infinitamente pequeños.

## CAPÍTULO II

### El Protoplasma

LAS FORMAS Y LAS DIMENSIONES DE LA CÉLULA. — Las células presentan toda suerte de aspectos y de formas (fig. 1). Las unas, que a las veces constitu-

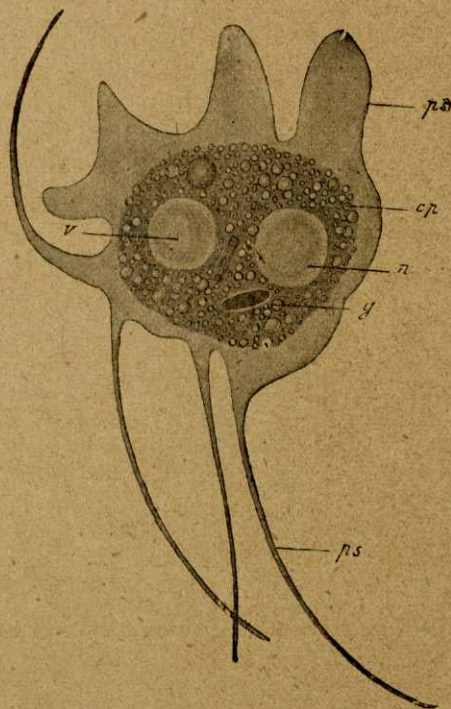


Fig. 1. — Amiba con prolongaciones, las unas anchas y pseudopódicas; las otras filiformes y flagelliformes: *cp*, cuerpo protoplásmico; *v*, vesícula contráctil; *ps*, pseudópodos; *n*, núcleo; *g*, partículas alimenticias. Aumentada 250 veces.

yen un animal completo, tal como la amiba, no tienen forma constante, sino que modifican sin cesar sus contornos, lo que les ha valido el nombre de células amiboides; las otras, bien que teniendo una vida relativamente independiente, forman parte de un organismo de conjunto, y su actividad es solidaria de los otros elementos del grupo: tal es el caso de los leucocitos o glóbulos blancos de la sangre (1) (fig. 2).

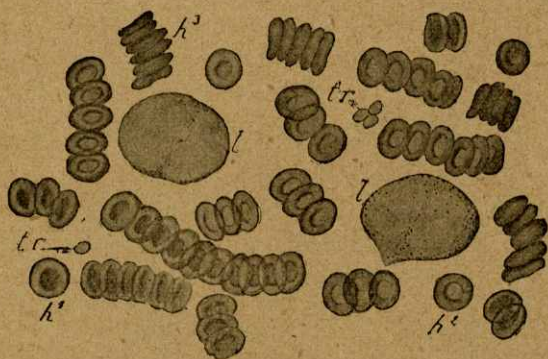


Fig. 2. — Glóbulos sanguíneos del hombre: *h*, hematias o glóbulos rojos; *l*, leucocitos; *tr*, trombocitas. Aumentada 250 veces.

Otras células, en fin, están estrechamente unidas unas a otras, y constituyen un conjunto homogéneo en que desaparece la individualidad de cada organismo, tales son las células epiteliales (fig. 3) fijadas juntas para formar un tejido, nutriéndose todas en las mismas condiciones y sufriendo cada una la misma suerte que sus vecinas.

Las formas y las dimensiones de las células varían, no solamente según el papel que les está asig-

(1) Los leucocitos llevan a través del organismo una vida errante.



Fig. 4. — Célula nerviosa de la corteza cerebral de un perro: *cn*, cuerpo celular con el núcleo; *dl*, *dp*, prolongaciones (dendrite lateral y dendrite principal); *a*, prolongación que se continúa hasta la médula espinal (axone); *c*, colateral de la axone. Aumentada 250 veces.

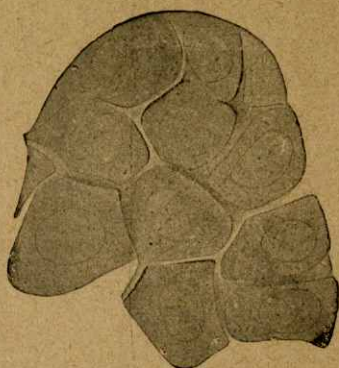


Fig. 3. — Células epiteliales de la vejiga del *Triton alpestris*. Vistas de frente y en el estado fresco. Aumentadas 330 veces.

nado individualmente, sí que también entre las células de los diversos grupos de un mismo animal. Compárese en este respecto la figura 2, que representa un glóbulo blanco de la sangre del hombre, con la figura 4, que representa, con el mismo aumento, una célula nerviosa, y se apreciarán las diferencias.

La gran mayoría de las células posee, no obstante,

una forma definida; la más simple es la forma esférica, que es la de las células-huevos de muchos animales (fig. 5); pero bajo la influencia de la presión esta forma se torna poliédrica en las agrupaciones de células — (ejemplo: el tejido de la piel, las glándulas). Lo que aparta algunas de entre ellas del

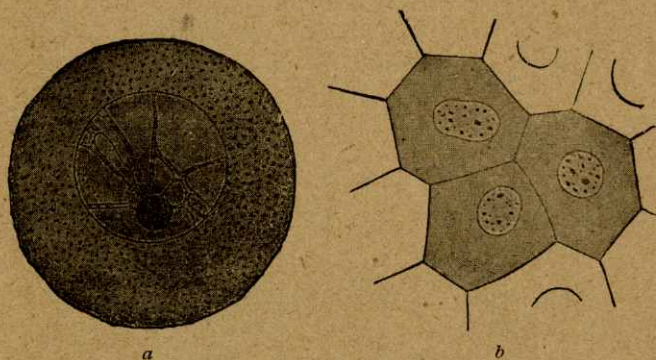


Fig. 5. — *a*, célula-huevo del ovario del erizo de mar; *b*, células epidérmicas de la rana

tipo original, es la adjunción o de fibras (células ganglionarias del sistema nervioso) o de pestañas (células epiteliales, infusorios), y su prolongación filiforme. (células musculares).

Pero sea la que fuere la forma de las células, su tamaño continúa siendo sensiblemente el mismo; en cuanto ha alcanzado el máximo de tamaño, la célula se divide.

Todas estas formas tan variadas tienen elementos esenciales invariables, que vamos a describir sucesivamente de manera que constituya la descripción un esquema de la célula. Se distinguen, en efecto, en toda célula, tres partes principales: el protoplasma, el nú-

cleo y, generalmente, una envoltura. Los dos primeros elementos son siempre constantes en la célula; y los organismos más simples, los más microscópicos, como las bacterias (fig. 6), poseen el equivalente de un núcleo. Butschli, con ayuda de grandes aumentos y de colorantes especiales, reveló en ella dos sustancias. Los glóbulos rojos de la sangre que no contienen núcleo

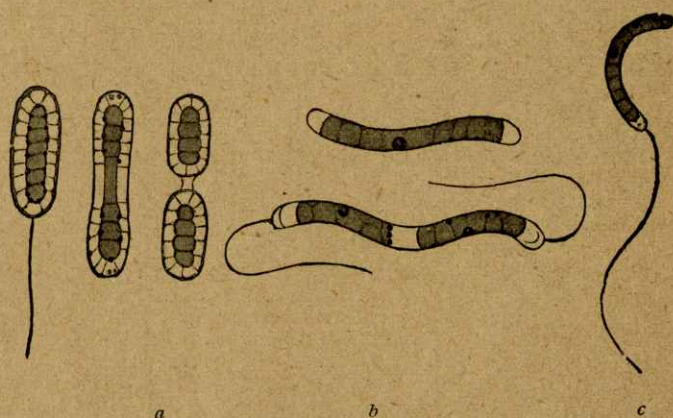


Fig. 6.— Estructura de diferentes bacterias: a, *Bacterium lincola*, normal y a punto de dividirse; b, *Spirillum undula*; c, Bacterias de aguas pantanosas.

son, por este hecho, considerados como organismos muy degradados, que han perdido los caracteres que permitirían clasificarlos entre los organismos vivos. Este decaimiento es el resultado de la especialización, pues si se sigue su evolución desde el estado embrionario al estado completo, se les ve perder, con las funciones características, el órgano que parece ser el substratum de ellos: el núcleo.

EL PROTOPLASMA, SU ESTRUCTURA. — El protoplasma sólo se encuentra en la célula, y en ninguna parte fuera de ella en la naturaleza.

Como lo había indicado Künstler, el protoplasma mismo posee una organización; es una suma de elementos morfológicos muy diversos. Está formado por una sustancia fluida, homogénea y transparente llamada *paraplasma*, alojada en las mallas de una red, o *hyaloplasma*, que da al protoplasma una consistencia variable, según que las mallas estén más o menos apretadas (fig. 7).

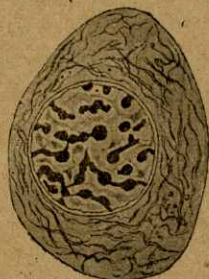


Fig. 7. — Célula cartilaginosa de la cabeza del fémur de una larva de salamandra con estructura filamentososa del citoplasma. Examen en el estado fresco en el humor acuoso. Aumentada 300 veces.

COMPOSICIÓN QUÍMICA. — Los elementos químicos que constituyen el protoplasma, no son diferentes de los que se encuentran, en diversos estados, en los cuerpos brutos. Solamente que la complejidad molecular de los cuerpos que lo componen es tal como no la encontramos jamás en la naturaleza inanimada, y cuya síntesis no ha sido todavía posible hacer (1). La materia viva nos revela, pues, agrupaciones atómicas que le son específicas, y de constitución tan compleja, que la química no ha conseguido todavía dilucidar las relaciones de posición en el espacio presentadas por los átomos en sus moléculas.

El análisis de la materia viviente ha revelado tres

(1) Insistiremos sobre este punto hablando de la generación espontánea (Libro IV, cap I).

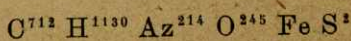
grupos principales de cuerpos químicos con sus productos de transformación: las materias albuminoides, los hidratos de carbono, las grasas.

Pero se puede demostrar de una manera cierta que únicamente las materias albuminoides y sus derivados se encontraban en todas las células en estado constante y se convertían, por ese carácter, en oponibles a los otros productos orgánicos que entran en la composición de la materia viva.

Los hidratos de carbono y las grasas, desprovistos de ázoe, no se encuentran en todas las formas orgánicas; los primeros intervienen sobre todo en la composición de las células vegetales, los otros en la composición de las células animales.

Como no podemos entrar en el detalle de todas las cuestiones que interesan a la química, no insistiremos aquí sino acerca de los elementos constitutivos, esenciales de la célula viviente, es decir, las materias albuminoides.

Esas materias albuminoides están ante todo caracterizadas por la presencia del ázoe, que ha permitido oponerlas bajo los nombres de cuerpos azoados, a los otros dos cuerpos compuestos desprovistos de ázoe. Contienen, además, carbono, hidrógeno, azufre y oxígeno; esos cinco elementos que constituyen la molécula de albúmina, se distribuyen, vista la complejidad de la molécula, en un número de átomos que a menudo excede de mil. Esto es lo que resulta de las diversas fórmulas; citaremos tan sólo la que Zinoffsky ha encontrado para la hemoglobina extraída de la sangre del caballo, que es igual en complejidad a las que se han propuesto para la albúmina de la clara de huevo:



Estas enormes dimensiones de la molécula le confieren ciertas propiedades, de las que la más importante es la de ser refractaria a la difusión, al revés de lo que ocurre con los otros cuerpos a través de las paredes de las membranas animales o a través del pergamino artificial.

La demostración puede hacerse con ayuda de un instrumento especial (fig. 8) que comprende un tubo de vidrio cerrado en su base por una hoja de pergamino; contiene dicho tubo una solución de sal marina y está sumergido en un vaso o recipiente de vidrio lleno de agua destilada. Al cabo de algún tiempo se observa que la solución salina ha disminuído en el tubo de vidrio, mientras que el agua del recipiente ha adquirido igual punto de sal. Se ha deducido, pues, de ello, que la sal se ha difundido a través de la membrana hasta que se ha establecido el equilibrio en los dos vasos.

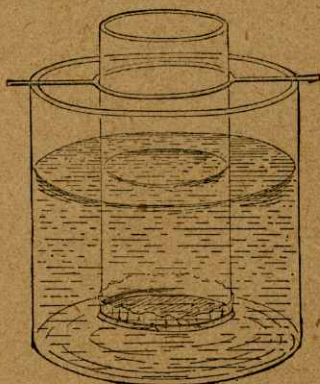


Fig. 8. — Dializador

Si en lugar de una solución salina se emplea una solución de albúmina de huevo, los resultados serán completamente diferentes. Sea el que fuere el tiempo durante el cual se abandone esta solución nueva, no se encontrará en el agua del recipiente exterior huella alguna de albúmina. Es, pues, evidente que la masa albuminoide es demasiado voluminosa para difundirse a través de la membrana.

Bajo el nombre de «materias coloides» se han

reunido las que participan del carácter de la indifusibilidad a través de las membranas, y que en vez de formar verdaderas soluciones en el agua, tienen la propiedad de absorber grandes cantidades de ella y de sufrir una hinchazón muy acentuada. Se les negó al principio la propiedad de cristalizar, como a los cuerpos llamados cristaloides, pero ha sido preciso reconocer que ciertos albuminoides, tales como la hemoglobina de los glóbulos rojos de la sangre, colocados en ciertas condiciones, se depositaban sobre una placa de vidrio en cristales de forma tetraédrica.

En fin, bajo la influencia de ciertos reactivos, se pueden llevar esas sustancias albuminoides a sufrir transformaciones tales que puedan tener difusibilidad a través de las membranas, aun conservando las propiedades químicas que les son propias. Basta para ello que los reactivos dividan la molécula de albúmina en un gran número de moléculas más pequeñas (1). En el mismo organismo animal se ve como bajo la acción de jugos, tales como los del estómago y del páncreas, la molécula albuminoide y transformada en peptonas, y hecha dialisable, es en adelante difusible a través de las membranas.

Otra propiedad de la sustancia albuminoide es la de poder coagular. Sin embargo, ciertas influencias, la ebullición, la presencia del alcohol entre otras, hacen pasar la albúmina del estado disuelto al estado sólido: entonces toma la apariencia de una gelatina espesa.

---

(1) Estos experimentos han revelado que la molécula albuminoide, lejos de ser simple, era *polymera*, es decir, que consistía en una asociación de múltiples grupos atómicos semejantes.

Además de los tres elementos principales del protoplasma: los hidratos de carbono, las grasas y las materias albuminoides, se encuentran también compuestos inorgánicos, los más esenciales de los cuales son: el agua, las sales y los gases. El agua se encuentra en el protoplasma en una cantidad tal que representa en peso más de 50 por 100 por término medio de la materia viva; contiene en disolución un gran número de sales indispensables a toda sustancia orgánica.

Los gases son el oxígeno y el ácido carbónico, que se encuentran con mucha frecuencia en disolución en el agua.

El protoplasma no es, pues, un compuesto químico determinado; es una mezcla de sustancias minerales ternarias y sobre todo albuminoides. Ese agrupamiento está modificado de continuo por el funcionamiento del ser que constituye. Se observa que es coagulable por el calor, pero a condición de perder, al llegar a aquel estado, sus cualidades propias, es decir, la posibilidad de concurrir en la célula a la manifestación de la vida.

CARACTERES FÍSICOS DEL PROTOPLASMA. — El estudio de la estructura física del protoplasma ofrece a la vez grandes dificultades y un gran interés. Es bastante arduo exponer, bajo una forma fácilmente asequible a inteligencias poco preparadas para estos estudios, las diferentes teorías científicas relativas a este particular. Poseemos, afortunadamente, una apreciación a propósito del asunto, dada en una forma notablemente clara y concisa: es la que ha formulado M. Prenant en su obra.

Copiaremos, pues, textualmente el pasaje, pues resumirlo sería obscurecerlo y disminuir el interés que ofrece para nuestro trabajo.

TEORÍA GRANULAR. -- El examen de la célula viva nos ha mostrado el protoplasma bajo la forma de una masa granulosa, de una substancia blanda, amorfa, sembrada de granos más sólidos mantenidos, por decirlo así, en suspensión. Es, pues, bajo este aspecto granuloso como el protoplasma apareció a los primeros observadores. También bajo la forma de un agregado de gránulos fué como los teóricos se representaron en un principio el protoplasma.

Maggi y Altmann, colocándose en ciertas condiciones de técnica, usando procedimientos especiales de fijación y de coloración, comprobaron la existencia en el protoplasma de granos muy marcados que Altmann llamó *granula bioblastes*. Encontró dicho aspecto en las células más diversas, generalizó la existencia de los gránulos y fundó una *teoría granular* del protoplasma. En él (y hasta en el núcleo) Altmann no encuentra más que *granula* separados por la *substancia* intergranular. El protoplasma de todas las células ofrece esa constitución granular; así, pues, les es esencial. El gránulo se encuentra en todas partes, como partícula última revelada por el análisis histológico; es, pues, el elemento constante del protoplasma. Sólo él vive en la célula; es, pues, el bioblasto. Sólo él, y no la célula, se divide; la fórmula *omne granulum e granulo* debe reemplazar a la antigua *omnis cellula a cellula*. La teoría de Altmann ha tenido un gran éxito, porque los hechos de observación sobre los cuales pretende apoyarse pueden ser

fácilmente reproducidos y han sido comprobados por un gran número de autores, que por haber visto el hecho, es decir, los granos, se han apresurado a adoptar la teoría. Desgraciadamente no es adecuada a la observación. Los hechos no son discutibles; pero no autorizan la interpretación teórica que Altmann ha dado de ellos, y de la que varios autores (Ehrlich, Geleotti, por ejemplo), se han abstenido. Es que, en efecto, los *gránulos* de Altmann no son bioblastos, es decir, unidades constantes y elementales de la sustancia viva, porque son inconstantes en las células y son demasiado voluminosos para poder representar los elementos de estructura fundamentales e irreductibles del protoplasma. ¿Hay que decir por ello con ciertos autores que no son agentes, sino simples productos de la vida celular, y que no son más que la forma banal y general que toman en toda célula los productos de la actividad protoplásmica? Eso es una exageración en sentido inverso, en la que no conviene caer, y que J. Arnold ha evitado, admitiendo que los gránulos son elementos vivientes, pero que derivan a su vez de elementos más simples y más primitivos que ha llamado « plasmosomos ». Pone en evidencia los plasmosomos colorando las células vivientes, o en estado de supervivencia, por tinturas tales como el rojo neutro, el azul de metileno, etc. (método de la coloración vital). Los gránulos representan en cierto modo esos elementos aumentados o agregados, y en todo caso diferenciados, en camino de formarlos, y por otra parte funcionando como productores de sustancias especiales fabricadas por la célula; ocupan así entre los elementos fundamentales del protoplasma y los productos elaborados por

él una posición intermedia ; son parcelas de substancia protoplásmica individualizadas por la producción, es decir, plástidas que encontraremos más adelante.

TEORÍAS FILAMENTOSA Y RETICULAR (1).— Desde el principio se distinguió en el protoplasma de ciertas células, estrias que se atribuyó a la existencia de fibrillas aisladas anastomosadas en red. Se generalizaron los resultados y se sacó de ellos las teorías



Fig. 9. — Espermatozoide de *Ascaris megaloccephala*, con estructura reticular del cytoplasma: p, núcleo; n, protoplasma del cytoplasma, que presenta una red; cr, cuerpo refringente, situado en la parte caudal del espermatozoide. Aumentada 1.000 veces.

zaron los resultados y se sacó de ellos las teorías filamentosa o reticular, según se admite que las fibrillas están separadas unas de otras o reunidas en una red (figs 7 y 9). La substancia fibrilar, más densa, más refringente, más sólida, ha recibido los nombres de *mitoma* (substancia filamentosa), de *reticulum*

y de *spongioplasma*, mientras que la materia interpuesta, más fluida y menos refringente, ha sido designada como « paramitoma » (*substancia interfilar*) y como « enchylema » o « hyaloplasma ».

Varios autores han introducido en esta teoría una modificación, que la aproxima algún tanto a la precedente ; han visto que los filamentos que forman las fibrillas aisladas o bien los intersticios de la red no son homogéneos, pero han apreciado en ellos gránulos más oscuros y más colorables.

(1) La construcción areolaria entra en esta clase. De los aspectos del protoplasma podrá formarse idea por las figuras.

Se ha criticado mucho una y otra teoría; se les ha dirigido entre otros el reproche, insuficientemente justificado, de tomar por formaciones formales, simples artefactos. La crítica más seria, al parecer, que puede hacerseles, lo mismo que a la teoría granular, es la de no señalar más que formas secundarias de los elementos fundamentales del protoplasma; las fibrillas y las redes no son, como se verá más adelante, sino partes diferentes que desempeñan en la célula una función especial.

TEORÍA ALVEOLAR O ESPUMOSA.—En la teoría reticular, el reticulum está completamente a la vista, pues está formado como una puntilla de simples hilos anastomosados juntos y dejando entre sí mallas que comunican. Se les ha ocurrido a algunos histólogos que los hilos podían no ser más que el corte óptico de láminas más o menos altas, y que, por consecuencia, las comunicaciones entre las mallas debían ser estrechas y hasta no existir. De ahí las teorías de la estructura *aerolar* o *esferularia* (Kunstler), *tubular* (Nanzen), *alveolar* o *espumosa* (Bütschli). Todas tienen de común que comprenden, en cavidades más o menos cerradas y de formas variables, cuyas paredes están constituidas por una substancia relativamente compacta y densa, una materia que es más blanda y más fluida que esas paredes. Bütschli ha procurado comprobar la exactitud de esta teoría por la observación de una multitud de objetos, y sobre todo tratando de apoyarla en hechos experimentales precisos. Ha podido, en efecto, como lo muestran las planchas unidas a su memoria principal (fig. 10), observar la estructura alveolar del protoplasma en protozoarios, en huevos, en células epiteliales, fibras

nerviosas, células vegetales, etc. Ha realizado, además, artificialmente la estructura misma del protoplasma tal como él la concebía y creía verla en la naturaleza; ha hecho un protoplasma artificial de es-

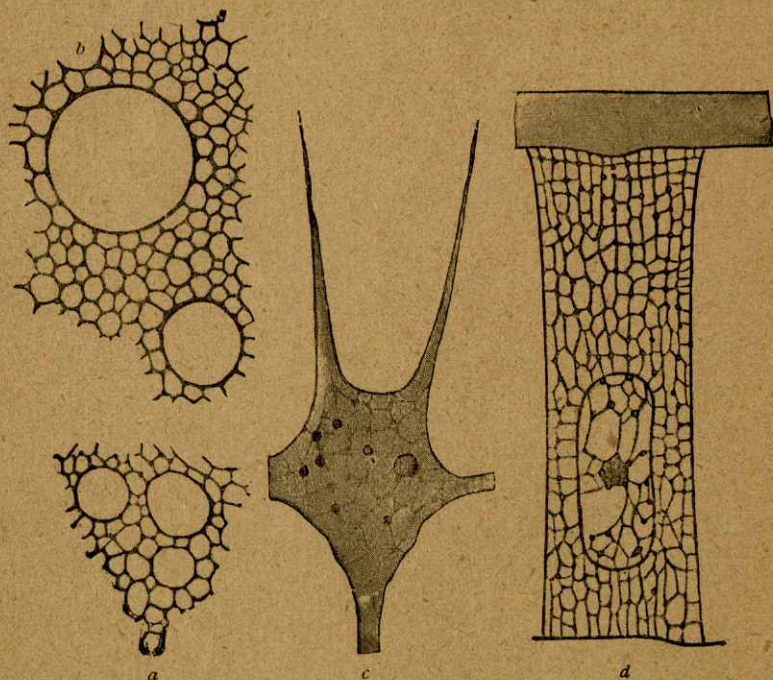


Fig. 10 — *a*, Estructura espumosa del protoplasma intracapsular de *Thalassicola nucleata*; *b*, emulsión de aceite de oliva y de azúcar de caña; *c*, estructura del protoplasma en una expansión pseudopódica de una foraminífera (*milida*); *d*, estructura protoplásmica de una célula epidérmica de lombriz.

tructura alveolar. Mezclando aceite de olivas espesado con carbonato de potasa o con cloruro de sodio de manera que formase una pasta espesa, llevando luego una parte de aquella pasta a una gota de agua glicerizada, ha producido una emulsión oleosa, cuyas

gotitas examinadas con el microscopio, con aumentos muy grandes, tienen una estructura alveolar o espumosa bajo todos los puntos de vista semejante a la que presentan los objetos naturales (fig. 10). En fin, en un tercer orden de hechos, Bütschli estudia en una obra reciente muy estimable, las partes no celulares del organismo, los ejes córneos de los corales, el caparazón quitinoso del cangrejo, la substancia intercelular de los cartílagos, por ejemplo, y los compara a materias inorgánicas, al almidón, a cristales; en todos los casos encuentra la estructura alveolar y saca fotografías microscópicas admirables por su limpieza.

Muchos autores, después de haber repetido con éxito las observaciones, y los ensayos de Bütschli se han decidido por la teoría alveolar.

Esta teoría, sin embargo, en el terreno primitivo de la observación, no es inatacable y ha merecido varias críticas fundadas. Entre otras el examen de las figuras dadas por Bütschli (figs. 10 y 11) no puede convencer á nadie de la realidad de una estructura alveolar; pues dichas figuras no ofrecen más que redes, que Bütschli admite ser el corte óptico o real de las paredes de los alveolos; pues bien, eso es precisamente lo que sería menester probar y lo que no se puede probar.

La teoría alveolar y la teoría reticular, no son, pues, más que dos interpretaciones diferentes, de una misma imagen histológica.

No es, por lo demás, en el terreno de la observación, en el que la teoría olveolar es realmente sólida. Su solidez le proviene precisamente de que, transportada más allá de la observación histológica al dominio

puramente físico, está en aptitud de explicar «todo lo que es protoplasmático» en la célula y da cuenta de la manera como el protoplasma se porta físicamente. (Rhumbler).

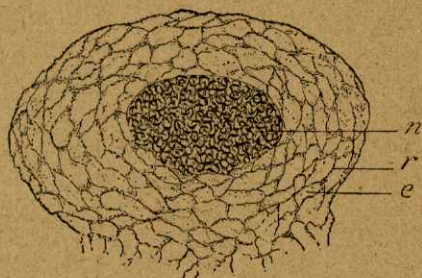


Fig. 11. — Célula del testículo de cochinilla para la distinción del reticulum y del enquilema. Maceración durante cuarenta y ocho horas en un líquido digestivo, artificial. El reticulum *r* ha persistido; el enquilema *e* ha desaparecido casi y no quedan más que algunos gránulos arrinconados en los trabeculos del reticulum; *n*, núcleo con filamento nucleano ovillado. Aumentada 400 veces.

La estructura alveolar o espumosa es la que, desde el punto de vista físicomatemático, hace posible el desarrollo máximo de la superficie entre la substancia de la pared de la espuma y de la masa del contenido alveolar. Forma del protoplasma un aparato osmótico de un poderoso rendimiento, en el que cada alvéolo funciona como una célula osmótica (en el sentido de la física). La pequeñez de los alvéolos, multiplica mucho la extensión de las superficies entre la pared y los contenidos alveolares; da por consiguiente, en este aparato microscópico que constituye la célula, un valor enorme a la tensión superficial que introduce en el microcosmos, al lado de las energías eléctrica,

calórica y otras, como una energía nueva muy poderosa, que no tiene valor y que casi es descuidada en el mundo macroscópico. (Ostwald, Rhumbler).

La teoría alveolar o espumosa, tiene la ventaja de pasar del terreno histológico al terreno físico sin sufrir ninguna modificación por el hecho del traslado; la espuma histológica, los alvéolos histológicos, al convertirse en espuma y en alvéolos físicos, sólo tienen necesidad de ser disminuidos de dimensión.

La teoría alveolar explica, pues, de la misma manera lo que vemos y lo que no vemos del protoplasma. De ahí su superioridad sobre todas las otras.

Las diversas interpretaciones relativas a la estructura del protoplasma: *granulada, fibrilar o alveolar* no son contradictorias, pues, como ha demostrado M. Henneguy, sólo se echan de ver diferencias de aspecto, producidas por las diversas soluciones en las que las células han sido observadas.

En resumen, el protoplasma posee una composición química y física determinada: químicamente es un complejo albuminoide; físicamente es un cuerpo de estructura espumosa, semejante a la que resulta de la mezcla de dos líquidos granulosos, no miscibles, y de viscosidad diferente.

EL ESTADO COLOIDAL DE LA MATERIA VIVA. — Estos caracteres han podido ser aproximados a los de los coloides, y las observaciones más recientes de la físico-química han demostrado que la materia viva, está en el estado coloidal, y que las propiedades que adquiere en él por su naturaleza, nos dan una explicación, si no completa todavía, a lo menos aproximada de la materia viva.

LAS PROPIEDADES DE LOS COLOIDES. — Las propiedades de los coloides, en su mayor parte de reciente descubrimiento (1), se encuentran todas en la materia viva.

La estructura indefinidamente esponjosa caracteriza y define el estado coloidal. Un cuerpo es un coloide cuando tiene dicha estructura, esté o no coagulado, y deja de ser coloide al dejar de tener esa estructura. Esas soluciones coloidales, por su aspecto turbio, opaco, y su facultad de coagular, recuerdan bastante el agua de jabón; se las define, pues: las soluciones que separecen al agua de jabón, son turbias como ella y como ella coaguladas por la adición de una sal cualquiera (2).

Las soluciones coloidales se encuentran con mucha frecuencia en química, «se sabe por ejemplo, cuán a menudo ocurre en las operaciones de química analítica, obtener precipitados amorfos, espesos, que se lavan mal y atraviesan los filtros bajo la forma de solución turbia tan pronto como el agua del lavado se vuelve pura. Estas soluciones que se precipitan por adición de una sal cualquiera, son precisamente soluciones coloidales».

La estructura de estas soluciones las distingue de los líquidos fluorescentes. En una solución coloidal, el recorrido de un rayo de luz se vuelve lateralmente visible por la luz difusa, por estar las partículas ilu-

---

(1) Resumimos aquí las ideas emitidas por M. Jean Perrin: Mecanismo de la electrización de contacto y soluciones coloidales. — *Journal de Chimie et de physique*.

(2) Jean Perrin. — Trabajo citado. El agua de jabón, en efecto, no es soluble en el agua salada. Pero el agua de jabón puede coagular con cualquiera otra sal, y tanto más fácilmente cuanto la valencia (número de átomos que puede fijar un átomo dado del metal) es más elevada.

minadas por él; mientras que en los líquidos fluorescentes la luz visible lateralmente y difusa, no es polarizada.

Las partículas que hacen visible la luz han recibido el nombre de gránulos; durante mucho tiempo no fueron perceptibles con el microscopio, porque se les observaba con una iluminación directa. Siedentopf y Zsygmondy los descubrieron observando lateralmente la solución. En estas condiciones, perfeccionadas todavía por M. M. Cotton y Moutou, se distingue en toda solución coloidal « como un hormiguelo de estrellas brillantes sobre un fondo relativamente obscuro; esos puntos brillantes están en incesante movimiento... »

Esos gránulos (1) de dimensiones ultramicroscópicas, están agitados por un movimiento ininterrumpido, el movimiento browniano, cuya irregularidad permite la difusión segura, aunque muy lenta, de los cuerpos en solución coloidal. Además, los coloides, como lo hemos visto en las materias albuminoides de la sustancia viva, no pueden atravesar el dialisador (2); Graaham, caracterizó el primero (hacia 1860), los coloidales por este doble carácter: la lentitud de la difusión y la imposibilidad de atravesar un dialisador.

Las soluciones coloidales tienen otra propiedad que les es común con las suspensiones: « los elementos que las componen están cargados eléctricamente. La existencia de esta carga eléctrica se demuestra hacien-

---

(1) Se admite generalmente que las soluciones coloidales no son verdaderas soluciones: en realidad se trataría de un sistema de dos fases de una suspensión de partículas en un líquido.-(Lœb, *la Dynamique des Phénomènes de la Vie*).

(2) Los cristaloides, por el contrario, se difunden fácilmente.

do pasar una corriente a la solución coloidal», se observa entonces un transporte de las partículas, sea en el sentido positivo, sea en el negativo, según el signo de su carga. Pero puede ocurrir que esa carga eléctrica de los coloides, como ha indicado Freundlich, sea debida a una disociación electrolítica de esas partículas, o de determinados de sus elementos. En efecto, los coloides que tienen un carácter ácido, están cargados negativamente, los que tienen un carácter alcalino, están cargados positivamente. Hardy ha demostrado que la albúmina de la clara de huevo, después de haber sido dialisada, se torna electropositiva, si se añade una chispa de ácido; electronegativa, si se le añade un poquito de álcali.

El líquido intergranular en las soluciones coloidales, es sencillamente agua pura, lo que le da una conductibilidad muy débil; pues se comprueba que los coloides están cargados eléctricamente por contacto con el agua. Sin embargo, siendo esta conductibilidad sensiblemente superior a la del agua, se ha creído que debía atribuirse ese hecho a los desvíos de los gránulos probablemente cargados. Los gránulos son eléctricamente cargados por contacto con el líquido desde el punto que se establece un campo eléctrico en la preparación y se mueven en él.

Pero otras experiencias han permitido comprobar que las soluciones coloidales pueden realizarse en otros líquidos aparte del agua (en la glicerina, el ácido sulfúrico puro, los alcoholes metílico y etílico), pero siempre en líquidos.

La coagulación de los coloides es provocada por ciertas sales en muy pequeña cantidad; se vé formarse un coágulo esponjoso; los gránulos diseminados en el

líquido se aglutinan unos con otros, algunos de ellos sin cambio notable de composición; pero, según el principio enunciado por Hardy y corregido por Perrin, «la coagulación es siempre consecutiva a una merma de la carga de los gránulos».

Según los caracteres que se han dado, si se examina la estructura de las sustancias vivas, se pueden formular estas observaciones: *la materia viva está en el estado coloidal, y se encuentra formada por una mezcla de soluciones coloides realizadas en el agua (o hidrosols) y de coágulos, mezcla variable según la célula estudiada, y según el periodo en que se observe la célula».*

La *indisolubilidad* de la materia viva en el seno del medio acuoso en que evoluciona, es una condición evidentemente necesaria de su existencia, y esto corresponde a la insolubilidad reconocida en la mayor parte de los coloides.

La *extrema división* de esta materia permite, no obstante, que se sucedan rápidas reacciones químicas en el seno de esta compleja mezcla, sobre poco más o menos como en una solución variable. *Ahora bien, la posibilidad de esta división tiene su origen en la electrificación de contacto*, la cual obra constantemente como una causa de aumento de superficie, y por tanto, de dislocación.

En fin, la presencia de coloides hidrófilos, impide que esa electrificación sea demasiado sensible a pequeñas variaciones de la solución salina intergranular.

Estas son indicaciones generales. Creo que sería cosa de tenerlas muy en cuenta en la biología de la célula, y que acaso se encontraría en ellas con que aclarar muchos puntos oscuros. Por ejemplo, los biólogos han observado en la célula, diferentes clases

de gránulos, que es permitido creer homogéneos, y que, cuando han excedido de esta magnitud, se segmentan, dando dos mitades que crecen y se segmentan a su vez, y así sucesivamente. Tal es el caso para los diferentes *leucoplastas*. Dicen también los biólogos, haber observado igualmente en el momento de la *Karyokinesis*, la segmentación del *centrosomo* y de las *cromomadres* dispuestas en hileras que forman los *crinosomas* (1). Posible me parece atribuir tales segmentaciones a un acrecentamiento de la electrización del grano, crecimiento producido por un ligero cambio del líquido en que se baña, y se ha hecho, por ejemplo, *un poco más ácido o alcalino*. Pues *si una disminución de carga facilita la coagulación, un aumento de esta carga facilita la dislocación*».

---

(1) Según Fischer las astrosferas de la división celular, se formarían también por segmentación.

## CAPITULO III

### La Envoltura

La cubierta de la célula está constituida por una membrana azoada (1) formada por la condensación del protoplasma en su parte periférica. La condensación se encuentra en grados diferentes, yendo desde un estado casi nulo a un estado muy marcado. En los seres inferiores, en los que el protoplasma se encuentra bajo su más simple apariencia (las amibas, los leucocitos), se distingue ya, no obstante, una ligera condensación del protoplasma en la periferia (2). Es una capa hialina, diferente de la masa del protoplasma, el cual tiene una apariencia granulosa.

La existencia de esta membrana es revelada por el estudio de los pseudópodos que forman los protozoarios, y que no pueden existir sino cuando la célula está rodeada de una capa superficial sólida.

Ramsden ha estudiado recientemente más de cerca la formación de esas laminillas superficiales, y echó de

---

(1) La membrana azoada que constituye la envoltura de la célula, tratada por el yodo, aparece en amarillo en las preparaciones histológicas.

(2) Esta laminilla superficial, puede, por lo demás, ser extraordinariamente delgada, como lo demuestran las observaciones de Quincke.

ver el porqué una masa desnuda del protoplasma debe originar ese fenómeno. Había observado Ramsden, que sacudiendo una solución de albúmina del huevo, se puede determinar su coagulación. Más tarde halló la explicación del hecho comprobando que, independientemente de toda evaporación, todas las soluciones de albúmina forman en su superficie libre, películas sólidas o muy viscosas que aparecen con mayor o menor rapidez. Si se separan, por ejemplo, sacudiendo el líquido, — reaparecen constantemente nuevas partículas en la superficie, donde forman membranas otra vez.

Este fenómeno es una consecuencia del principio expuesto a propósito de las emulsiones, y según el cual las substancias que disminuyen la tensión superficial de una solución deben reunirse en su superficie: los coloides de que se trata, disminuyen la tensión superficial del sistema de que forman parte.

No sería imposible que en ciertos casos, el desarrollo de la oxidación, contribuya a la formación de esas laminillas.

Pero hay también en otros casos, producción de membranas sólidas *al contacto de dos soluciones coloidales*, y es probable que ese desarrollo represente un gran papel en biología. El descubrimiento y comprobación experimental de este hecho son debidos a Moritz Traube.

Traube, no sólo descubrió las membranas de precipitación, sino que también señaló una propiedad física fundamental de esas mismas membranas: su semipermeabilidad...

Si dichas membranas son impermeables a sus constituyentes, son permeables por muchas otras substan-

cias, y él vió la importancia fundamental de esta propiedad, desde el punto de vista biológico: «La membrana celular, limitando la célula sin cerrarla a toda acción exterior, hace de ella un pequeño laboratorio, y la vuelve capaz de llevar una vida específicamente diferente de la de las células que la rodean (1)».

---

(1) J. Lœb, *La dinámica de los fenómenos de la vida*.

## CAPÍTULO IV

### El Núcleo y el Centrosomo

**EL NÚCLEO.** — El núcleo aparece en el protoplasma como un corpúsculo redondeado, que se diferencia de la substancia próxima por su poder diversamente refringente. Se consigue hacerle visible en el protoplasma, colorándole por medio de ciertas materias tintóreas: el carmín, la hematoxilina, etc.

He aquí como se hace el experimento y lo que se observa :

«Si se hace llegar a la célula una solución de verde de metilo, sólo el núcleo se colora. Esta reacción coloreada es característica de una substancia particular, contenida en el núcleo y llamada *cromatina nuclear*. Con mayor aumento se reconoce que la coloración verde tomada por el núcleo, no se extiende a toda la masa nuclear, sino que se limita a cuerpos variables en forma y número, que se pueden llamar cuerpos figurados del núcleo o cariosomos. Se ve al propio tiempo que el núcleo se limita con relación al protoplasma por una línea de contorno marcado, semejante a una membrana y llamada, en efecto, *membrana nuclear*. Finalmente, se puede apreciar en el interior

del campo nuclear uno o varios cuerpos redondeados brillantes, los *nucleolos*. Llamaremos *jugo nuclear* la substancia fundamental blanda o muy fluida en la que están surmegidos los cuerpos figurados del núcleo.

Si se trata la célula por un agente fijador que coagule las materias albuminoides, y se emplea seguidamente los reactivos colorantes, se descubre en el núcleo una estructura complicada.

SU COMPOSICIÓN QUÍMICA.—La composición química del núcleo es sencillamente la misma que la del protoplasma; como para el protoplasma, la estructura del núcleo no es homogénea y presenta igualmente los mismos aspectos *esponjosos o reticulares*. El líquido que se encuentra en las mallas de la red—el jugo nuclear—es llamado *substancia acromática*, porque no se deja impregnar por ciertas materias colorantes, cuyos elementos fibrilares, al contrario, se muestran muy ávidos de ellas, lo que les ha valido el nombre de *substancias cromáticas*. Estas fibrillas, entrecruzándose un gran número de veces, contribuyen a dar al núcleo un aspecto más denso. En el núcleo es el filamento el que se colora; pero el mismo, al observarle, aparece formado por pequeños granos dispuestos en forma de rosario que tienen afinidad por las materias colorantes. Son ellos, pues, los que en último análisis, toman color.

FORMAS Y FUNCIONES DEL NÚCLEO.—Como la célula en general, el núcleo tiene formas muy variables, según la especie celular a que pertenece, y también según el grado de actividad de la célula.

Lo más frecuentemente, el núcleo se presenta en el centro de una masa protoplásmica difusa con una

forma más o menos redondeada (v. figs. 1, 4, 5, por ejemplo). Este tipo se encuentra en la mayoría de las células de vida libre, y en las células de los tejidos de los reinos animal y vegetal. Unas veces este núcleo (relativamente pequeño) está rodeado de una abundante masa de protoplasma (foraminíferas), otras

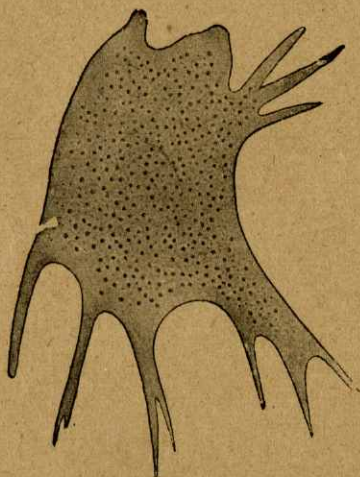


Fig. 12. — *Pelomyxa pallida*. Rizópodo de substancia nuclear finamente dividida

presenta una masa abundante con una mínima cantidad de protoplasma (espermatozoides).

En otros casos, el de las células polinucleadas, (fig. 12), el organismo puede poseer un considerable número de núcleos, desparramados en el protoplasma como fino polvo.

El núcleo parece que desempeña importantes funciones

en la célula: él es el que desempeña el principal papel en la reproducción, la fecundación, la conjugación, etc. Los fenómenos de *kariyokinesis* de los que es el centro, son del más vivo interés. El es quien, al mismo título que el protoplasma, condiciona la vida en la célula; se ha observado, en efecto, en los experimentos llamados de *merotomía*, que la célula nucleada no podría vivir, mientras que la célula truncada, conteniendo todavía núcleo, podía recobrar sus formas específicas y sobrevivir.

Si por ejemplo, se secciona una ameba de tal manera que una de las partes tan sólo posea un núcleo, ésta continúa viviendo, mientras que muere la parte desprovista de núcleo. El trozo viviente, aunque trun-

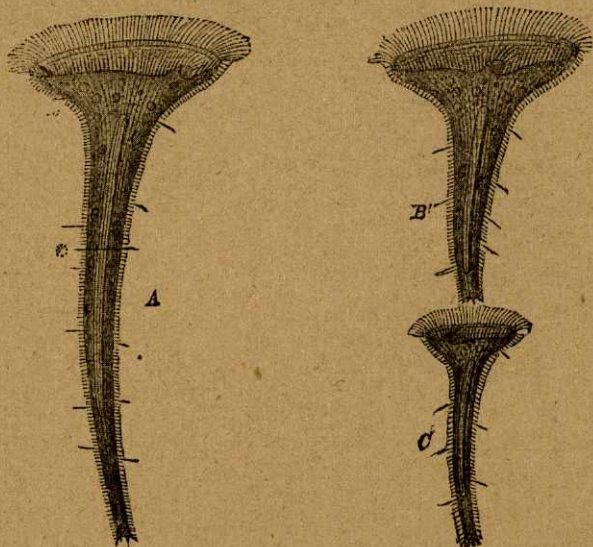


Fig. 13. — *Stentor Raeseli*, infusorio en forma de trompeta *A*, seccionada de través; *B* y *C*, los dos fragmentos han engendrado individuos completos. La masa clara, elevada a lo largo en el interior del infusorio, representa el núcleo.

cado, no se distingue de la ameba completa, de la que conserva todos los caracteres específicos.

Si se divide un *stentor* de tal suerte que de cuatro partes, dos cuando menos posean un pedazo de su largo núcleo en forma de rosario, se asiste a fenómenos semejantes a los del caso precedente (fig. 13). Los dos fragmentos desprovistos de núcleo se destruyen,

los otros dos, que continúan viviendo, prosiguen, después de una etapa sucesiva, la vida del *stentor*, y las articulaciones del núcleo, después de una unión esferoidal, se segmentan a voluntad, en determinado número de anillos. Se puede, pues, deducir, que allí donde el estado coloidal persiste, impone al conjunto del cuerpo su forma geométrica.

Este hecho se observa en todos los protozoarios con una sola excepción, la de la *paramesia*; dividida en fragmentos, el trozo privado de núcleo muere, el que está provisto de él vive, pero el animal continúa truncado, pues en él se observa un elemento más que en los monocelulares precedentes: es el esqueleto. Ahora bien, todo ser reviste o adopta la forma del esqueleto ya existente.

De una manera general el núcleo reacciona a su modo con los excitantes, y estas reacciones aseguran la conservación de la especie celular, por la descendencia dada a la célula madre. Así es como parecen oponerse las funciones de los dos elementos esenciales de la célula: el protoplasma por movimientos internos o externos (pseudópodos), reacciona contra el medio exterior, mientras que el núcleo tiene por misión asegurar la continuación del individuo por su descendencia. Debemos guardarnos muy bien de esquematizar con exceso estas dos funciones, y corregir la expresión: se oponen en absoluto, — pues el núcleo y el protoplasma están en relaciones de estrecha dependencia. Si, en efecto, el núcleo representa la creación nutritiva en lo que tiene de más perfeccionado: la generación, mientras que el protoplasma representa el gasto energético en lo que tiene de más manifiesto: el movimiento exterior; conviene no olvidar que esos

son aspectos diferentes del ciclo vital, pero no fenómenos aislables. Ambos están condicionados por la continuidad de este ciclo que renace sin cesar.

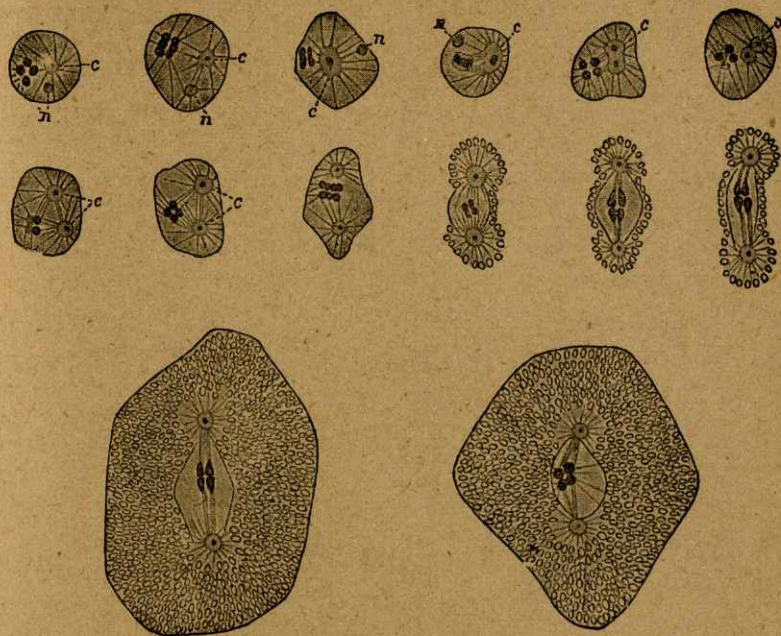


Fig. 14. — División y expulsión del centrosomo en el núcleo de las células seminales de la *Ascaris megalocephala*. En la parte superior dos hileras de diversos periodos de desarrollo del núcleo (*n*, nucleolo; *c*, centrosomo). En las figuras de debajo, dos células seminales después de la salida del centrosomo al exterior del núcleo.

EL CENTROSOMO. — Examinada una célula con grandes aumentos, revela además del protoplasma y del núcleo, otros distintos elementos. En un uno de ellos, el centrosomo o corpúsculo polar, se ha querido ver un tercer elemento fundamental de la célula.

Pero aparte de que parece que no existe en un gran número de células, es de una dimensión tan mínima que no es fácil estudiarlo. No se manifiesta verdaderamente más que con ocasión de la división celular en la que el protoplasma se dispone en forma de radios a su alrededor (fig. 14).

Este organismo, en apariencia tan sencillo, la célula, nos aparece, analizando sus elementos, como un ser muy complejo, de una fisiología delicada y de funciones tan perfeccionadas, que ciertos sabios, Jennings, por ejemplo, se han visto llevados a ver en los actos de esos seres microscópicos una actividad voluntaria, un embrión de conciencia.

Un estudio detallado de las funciones de los seres monocelulares nos informará, en el capítulo siguiente, acerca de la naturaleza de estos hechos.

## LIBRO II

### Los caracteres comunes a los seres vivos

---

Con la mayoría de los biólogos daremos como caracteres comunes a los seres vivos: 1.º, la constitución química que les es propia; 2.º, la unidad morfológica, es decir, la unidad esencial de su forma, que, por lo demás, es un resultado del primer carácter; 3.º, la irritabilidad y el movimiento; 4.º, el crecimiento bajo sus diversas formas: a) nutrición, c) reproducción; 5.º, el carácter evolutivo.

Vamos a estudiar sucesivamente estos diversos caracteres con ayuda de los cuales nos será posible definir la vida. Pero, en cuanto a los dos primeros, nos bastará hacer un simple recordatorio, pues la composición química y la unidad morfológica han sido estudiadas tan completamente como ha sido posible, en los capítulos consagrados a la célula.

## CAPÍTULO PRIMERO

### La constitución química de la materia viviente

Uno de los caracteres esenciales de los seres vivos es su unidad de constitución química. La materia viva está, en efecto, compuesta de una substancia llamada *protoplasma*, que presenta en todos los organismos vivos una fundamental analogía de composición.

El protoplasma es una mezcla de substancias albuminoides, de hidratos, de carbono y de grasas. El hecho acerca del cual conviene insistir, es el de que las albuminoides se encuentran en todos los cuerpos vivos y faltan en todos los cuerpos inorgánicos.

Esta composición química de la materia viva condiciona en sí una propiedad esencial: la de obrar de una manera *una y homogénea*. « La disposición de sus moléculas constituyentes está regida por las leyes que rigen las substancias químicas, pues el protoplasma en sus relaciones con respecto a las influencias exteriores, se produce como un complejo químico entero, como una materia homogénea y una (1). »

---

(1) Prenant, *Traité d'Histologie*.

## CAPITULO II

### La unidad morfológica

El segundo carácter de los seres vivos, lo constituye su organización; se le encuentra de una manera sensiblemente constante en todos los grados de la escala de los seres.

Esta *unidad morfológica* es el resultado de la unidad química.

Estudios cada vez más profundos, ayudados en gran parte por el empleo del microscopio, han permitido reducir todos los seres vivientes a un complejo de elementos simples: las células. En la célula es donde podemos conocer la forma elemental de la vida.

En efecto, todo ser no es otra cosa más que una célula (los seres monocelulares) o el agregado de células (los seres pluricelulares); toda célula se compone de protoplasma y de un núcleo, y *los fenómenos de la vida no se observan y no se sostienen sino en una tal organización*. Esto es lo que hemos demostrado detalladamente en nuestro estudio de la célula en el primer libro de este trabajo.

## CAPITULO III

### La Irritabilidad y el Movimiento

LA IRRITABILIDAD. DEFINICIÓN PROVISIONAL. — *Se llama irritabilidad, la propiedad que posee la materia viva de responder a las excitaciones.*

Así definida, podriase extender la irritabilidad a la materia bruta considerando que toda acción sobre ella ejercida le hace sufrir transformaciones. Pero estudiando más de cerca este fenómeno, vamos a hallar un carácter más especial que completará nuestra definición, al propio tiempo que distinguiendo las reacciones de la materia viva de las de la materia bruta.

SU IMPORTANCIA.—Las diferentes funciones de los animales pueden reducirse a hechos de irritabilidad; todos sus actos, en efecto, son determinados por excitantes; nuestras sensaciones, nuestra sensibilidad, tan complejas, tan diferenciadas en sí mismas, tienen su origen en esta propiedad general de la materia viva (1).

LOS IRRITANTES. — Se ha definido así el *excitante*: «Toda modificación de los factores exteriores que obren sobre un organismo (2).»

---

(1) El descubrimiento de la irritabilidad de la materia viva y su primer análisis se deben a Glisson.

(2) Verworn, *Physiologie générale*.

En el actual estado de la evolución podemos distinguir dos categorías de excitantes: los excitantes generales, que ejercen acción sobre todos los tejidos; tales son las conmociones mecánicas, las descargas eléctricas, y los excitantes especiales que sólo afectan a determinadas células: tales son, por ejemplo, la luz que no impresiona más que los hacecillos y los conos de la retina, y los sonidos que no obran más que sobre las membranas papilares del oído interno.

Tal diferenciación que implica no tan sólo órganos de los sentidos especializados, si que también todo un sistema de centralización, el *sistema nervioso*, es el término de una larga evolución. En el comienzo de la escala animal, entre los seres monocelulares, se reciben todas las excitaciones de la misma manera; hecho que prueba claramente que la irritabilidad es una propiedad fundamental de la materia viva. Su especialización no se opera sino progresivamente.



Fig. 15. — *Peloxyma palustris*: A, no excitada, arrastrándose tranquilamente; B, excitada y contraída

FORMAS DE LA RESPUESTA. — Un ser vivo reacciona al ataque de una excitación adecuada. La reacción más general es un movimiento mecánico: *la contracción*. Bajo una acción apropiada, una ameba, por ejemplo, se contrae (fig. 15), y reviste entonces una

forma esférica; células musculares que excitadas por la acción nerviosa se contraen, realizan un acto de la misma naturaleza, pero como son ellas resultado de una diferenciación anatómica y funcional muy desarrollada, su respuesta toma un aspecto muy diferente.

No podemos dar la escala de las reacciones desde las de los seres monocelulares hasta las reacciones intelectuales nos bastará indicar algunas formas de reacciones entre las que pertenecen a todos los organismos desde el más sencillo al más desarrollado.

LÍMITE DE LA IRRITABILIDAD. — Existe una relación de cantidad entre el excitante y el efecto producido. Una excitación de débil intensidad puede no tener efecto alguno sobre la materia viva, pero si se aumenta su fuerza, se verá aparecer la respuesta, aumentar y alcanzar un máximo de intensidad, después disminuir o aún dejar de manifestarse, aunque la excitación fuese siempre en aumento.

Puede hacerse esta observación en tejidos muy diferentes de los mamíferos, así como en los seres más inferiores. En estos últimos, las *bacterias* y los *infusorios*, por ejemplo, se observa un hecho especial: la respuesta puede hacerse inversa. Los ejemplos que seguirán darán a comprender mejor esos fenómenos, pues vamos a hablar de las formas elementales de la respuesta de la materia viva a los excitantes, y se verá que en esas formas se observan grandes analogías con las reacciones complejas de los seres elevados en organización.

TROPISMOS O TACTISMOS. — Estas diversas respuestas particulares han recibido el nombre de *tropismos* o *tactismos* (1). Hay tantas taxias como excitantes, de donde los nombres particulares de: *termotaxia*, *quimotaxia*, *galvanotaxia*, *heliotaxia*, etc....

Estas reacciones pueden tomar dos aspectos diferentes. Son *positivas*, cuando hay atracción del individuo por el excitante; *negativas*, cuando el excitante rechaza al individuo.

Un mismo organismo puede obrar de las dos maneras, como hemos indicado anteriormente: cuando el excitante excede de cierto límite de intensidad, la respuesta se torna inversa de lo que era normalmente.

LA QUIMOTAXIA. — Se entiende por *quimotaxia* el fenómeno en virtud del cual los organismos activos sometidos a la influencia de un excitante químico, se dirigen hacia la fuente de la excitación o se apartan de ella.

Explicaremos este fenómeno con ayuda de un ejemplo tomado de las bacterias y de los infusorios. En un líquido que contiene bacterias, se introduce una pequeña burbuja de oxígeno que se difunde en parte en el líquido. Las bacterias, atraídas por el oxígeno, penetran en las zonas sucesivas, que se llenan cada vez más de oxígeno. En un momento dado, se detienen, y forman alrededor de la burbuja un

---

(1) Para el estudio de esta cuestión, particularmente interesante, pero que no puede entrar con todo su detalle en los restringidos límites del presente volumen, consúltese a Verworn, *Physiologie générale*, y particularmente a Loeb, *La dynamique des Phénomènes de la Vie*, y H. S. Jennings *The Behavior of the Lower organisms*.

círculo del cual no salen; este círculo representa el estado de atracción óptimo (fig. 16, I, II, III).

Este óptimo varía con las especies. Podemos darnos cuenta de ello examinando la figura I, II; la burbuja de aire colocada sobre el cubreobjeto del mi-

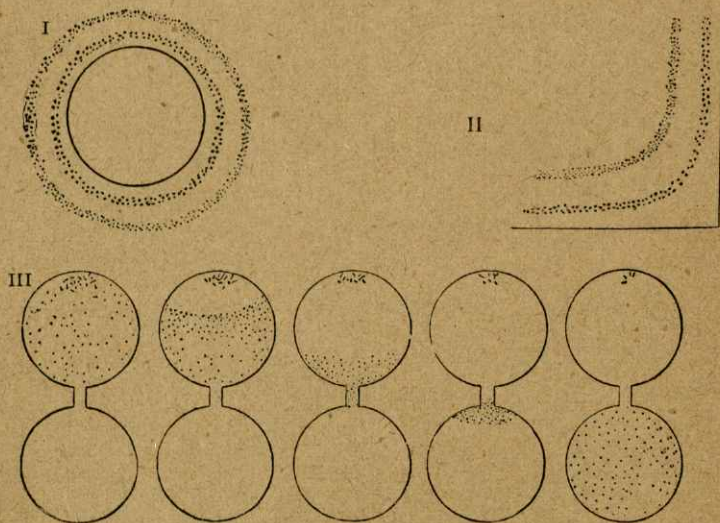


Fig. 16. — Quilomotaxia de las bacterias e infusorios: I. Burbuja de aire bajo el cubre objeto, rodeado de dos zonas de la que la una, la más próxima, está compuesta de *anophrys*, y la otra más distante de *spirillas*. II. Bordes de la lámina, con las mismas zonas de *anophrys* y de *spirillas*. III. Dos gotas de agua reunidas una a otra en un punto de circunferencia. En la gota superior se encuentra cloruro de sodio. Los *anophrys* que contiene emigran a la gota de agua pura a medida que la sal se disuelve.

croscopio está rodeada de dos zonas: la primera y la más próxima está compuesta de *anophrys*, la otra más distante de *spirilla* (1). En la figura III se ob-

(1) A hechos tan sencillos como éste han referido algunos autores el origen del instinto sexual, y consiguientemente del amor. — *Psychologie de l'instinct sexuel*, Joanny Roux.

servan dos gotas de agua, unidas una a otra en un punto de su circunferencia; en la gota superior en la que se encuentran los *anophrys*, se pone cloruro de sodio; a medida que la sal se disuelve, los *anophrys* emigran a la gota de agua pura inferior.

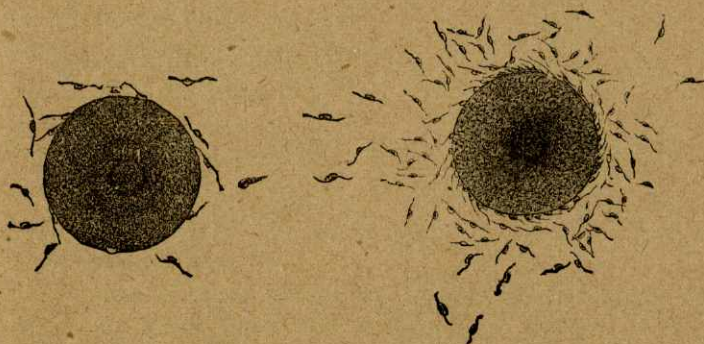


Fig. 17. — Dos óvulos de una planta rodeados de un enjambre de espermatozoides

A fenómenos de este género hay que referir la acción de los leucocitos absorbiendo una bacteria de carbón, y también la atracción de los espermatozoides por el óvulo, lo que determina la fecundación (fig. 17). Las hermosas y metódicas investigaciones de Pfeffer sobre la quimotaxia comenzaron por el examen de los anterozoides de los helechos, y en los cuales aparecen relaciones quimotáctiles con el óvulo (1), que extendió seguidamente a las bacterias, a los infusorios y a otras especies.

(1) Estas relaciones tienen sus analogías en casi toda la naturaleza viviente y representan una condición indispensable para la fecundación del óvulo por el espermatozoide en los animales y las plantas. — Verworn, *Physiologie générale*.



Fig. 18. — Tigmatotaxia positiva de una planta; a, tutor; b b, c, d, tallo que se arrolla alrededor del soporte.

LA BAROTAXIA. — La *barotaxia* es la reacción motriz en los cambios de presión del medio; y se reúnen bajo el nombre de *tigmatotaxia* las reacciones que se operan por contacto más o menos fuerte de la substancia viva con los cuerpos sólidos.

El contacto puede atraer al protoplasma, tal es el caso de la planta, arrollándose alrededor del soporte (fig. 18), pero alcanzada la intensidad máxima de la excitación, el ser vivo reacciona negativamente, es decir, se aparta del excitante (fig. 19).

Ciertos animales tienen la propiedad de moverse en sentido inverso de la corriente, cuando están puestos en contacto con ella (*reotaxia*). Gracias a esta propiedad, los espermatozoides del hombre pueden tomar el camino que debe conducirles al óvulo.

Finalmente, la diferencia de presión que existe entre dos puntos de diferente altura, hace que ciertos organismos cambien de lugar y se muevan dirigiendo su gran

eje en un sentido determinado, con relación al centro de la tierra (*geotaxia*). A una acción de este género es debida la dirección de las raíces de las

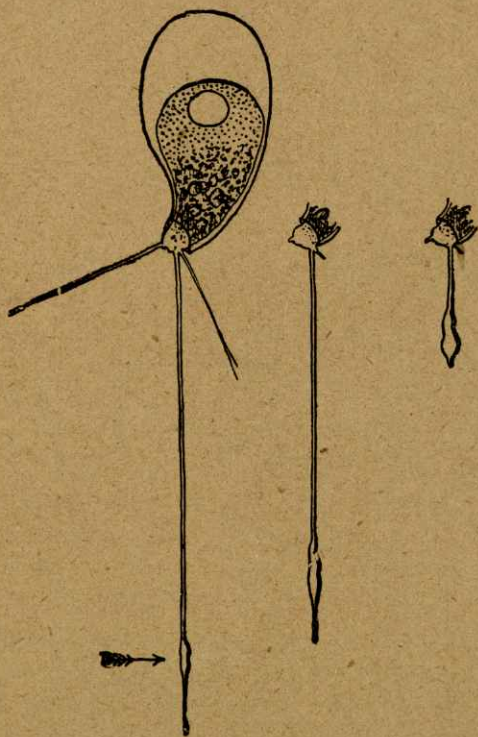


Fig. 19. — *Cyphoderia*, con pseudópodos en extensión. Excitada en  $\rightarrow$ . El protoplasma se retira y se aleja del punto irritado.

plantas hacia el centro de la tierra (*geotaxia positiva*) o la de los tallos en sentido inverso (*geotaxia negativa*) o la de las ramas y las hojas paralelas a la superficie del suelo (*geotaxia transversal*).

LA FOTOTAXIA. — La excitación luminosa produce también sobre los organismos efectos de dirección de movimientos muy pronunciados. Las plantas y los animales son atraídos por los rayos luminosos; si se coloca una planta en un lugar obscuro, en el cual no obstante entre un rayo de luz, se ve como la planta se orienta hacia el rayo luminoso.

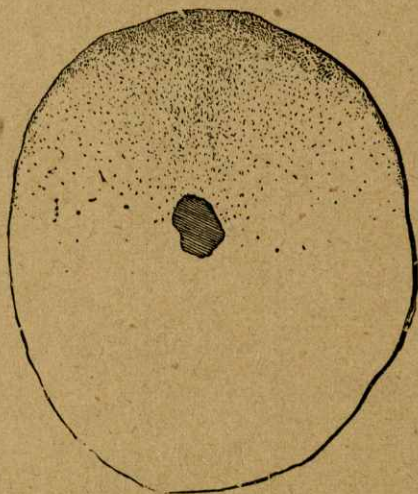


Fig. 20. — Fototaxia de los diátomos. En el centro de una gota de agua se encuentra una porción de limo, que al principio estaba rodeada de una espesa capa de diátomos. Estos se trasladan hacia la orilla de la gota vuelta de cara a la luz.

Cuando en el centro de una gota de agua se encuentra una porción de limo en el que hay *diátomos*, pronto se observa que éstos cambian de lugar, y van a alinearse hacia el borde de la gota que da cara a la luz (fig. 20). Ciertas algas que se mueven en los fondos marinos con ayuda de un filamento que segregan

ellas mismas, disponen su eje longitudinal paralelamente a la incidencia de los rayos luminosos (fig. 21), y resbalan, sea hacia la fuente luminosa, sea en sentido inverso, según la intensidad de la iluminación. Presentan, pues, una fototaxia positiva y negativa.

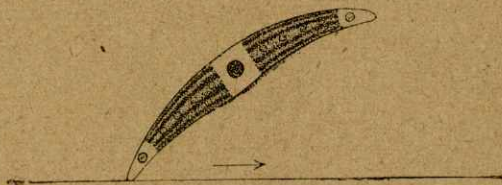


Fig. 21. — Fototaxia del *closterium*. La luz viene de la derecha. La flecha indica la dirección del resbalamiento del *closterium*.

LA TERMOTAXIA. — El calor también, según su grado de intensidad, atrae o repele ciertos organismos. Si se calienta hasta 24 ó 28 grados un cubo de ebonita en el que se encuentra un gran número de *paramecias*, se las ve transportarse todas en enjambre hacia el lado más frío.

LA GALVANOTAXIA. — La corriente galvánica es una fuente de excitaciones apropiada para ejercer acciones directrices de movimiento. Las *paramecias* colocadas en un líquido homogéneo que atraviesa una corriente eléctrica, cambian de lugar en el sentido de la corriente, es decir, del polo positivo o anodo, hacia el polo negativo o catodo (fig. 22).

Este fenómeno nos ilustra acerca del mecanismo del movimiento en los seres inferiores, pues podemos observar que la *amiba*, por ejemplo, sigue en sus movimientos de arrastre la dirección de la corriente (figura 23).

Esta cuestión de los tropismos que ya hemos expuesto sumariamente, ofrece muy gran interés; su estudio conduce lógicamente a plantear el problema del origen de la conciencia.

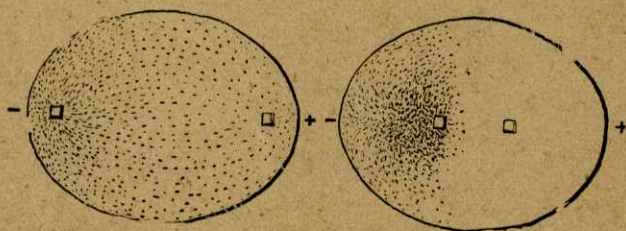


Fig. 22. — Curvas del movimiento galvanotáctico de las paramecias, por aplicación de electrodos puntiformes en una gota de agua. En la figura de la izquierda se inicia el movimiento; en la de la derecha las paramecias se acumulan en el polo negativo.

Con arreglo a sus interpretaciones personales de estos fenómenos, le han dado los diversos autores soluciones diferentes. M. H. S. Jennings, por ejemplo, cree encontrar el germen de la conciencia en los actos de taxismo de los seres más inferiores, mientras que M. J. Lœb no ve en los seres vivos más que *máquinas químicas*.

Los fenómenos de irritabilidad sistematizada que acabamos de exponer, y que revelan una de las propiedades esenciales de los seres vivos, tienden a probar, como las otras funciones vitales, que *el organismo es un transformador de energía*. Para concebir así el papel de los taxismos, conviene no considerar este fenómeno aisladamente, sino el ciclo de los fenómenos a que está sometido el organismo que de tal modo reacciona.

Los movimientos del ser vivo son debidos a la reserva de energía potencial que, gracias a la absorción de sustancias nutritivas ha acumulado; pero esa misma absorción no adquiere posibilidad sino por los taxismos. Los hechos vitales están en una dependencia tan estrecha, que no se puede determinar cual es un hecho inicial, ya que los fenómenos de la vida se presentan bajo la forma de un ciclo en el que se distingue solamente diversos estados que unos a otros se condicionan.

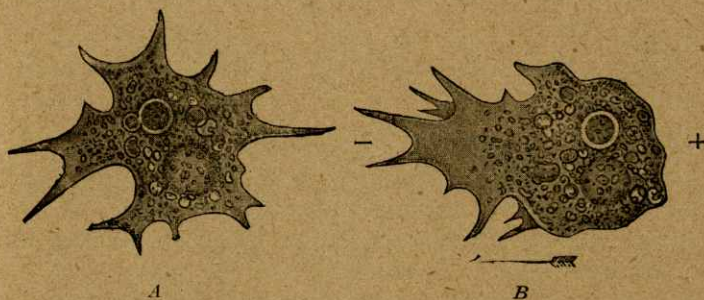


Fig. 23. — Galvanotaxia de la *Amœba diffluens*: A, *Amœba diffluens* no excitada y arrastrándose; B, después del cierre de la corriente constante. La flecha indica la dirección del movimiento de arrastre.

Si se compara el gasto de energía potencial acumulada en el organismo a la descarga eléctrica de una botella de Leyde, se aprecia el carácter distintivo de los dos mecanismos. La botella de Leyde, bajo la influencia de un excitante exterior, gasta, en condiciones fijas, su energía potencial; bajo la acción igualmente de un excitante, el ser vivo gasta su energía, pero las condiciones de su movimiento son más diversamente variadas y complicadas que las de la descarga eléctrica; la forma de la respuesta no es fija

y cierta, y la prueba de que el ser vivo puede variar su respuesta, es que se observa su facultad de adaptación. Puede modificarse bajo la influencia de las condiciones exteriores desfavorables, de manera que sostenga la lucha con mayores probabilidades de éxito, mientras que la materia bruta no da en condiciones idénticas más que idénticas reacciones. Esta observación es todavía mas caracterizada si se examinan los seres superiores; sus adaptaciones atestiguan con frecuencia tal perfección, que se les ha podido atribuir una causa extranatural; se ha querido ver en la conciencia un fenómeno aparte, sin relación posible con la materia; la biología, en contraposición a esta teoría, nos enseña que los fenómenos elementales han dado origen a esos fenómenos complejos, y que si la conciencia aparece como un hecho nuevo en el curso de la evolución, no por ello su raíz deja de radicar en las formas primeras de la irritabilidad.

DEFINICIÓN DE LA IRRITABILIDAD. — De esta suerte nos vemos conducidos a precisar la definición que habíamos dado al principio de la irritabilidad de la materia viva, y a decir: *la irritabilidad es la propiedad que tiene la materia viva de reaccionar a las acciones exteriores e internas, en el sentido que parece serles más favorable.*

No convendría ver en la definición así dada una tendencia finalista. El carácter de utilidad de la reacción ni es ni causa ni fin de los movimientos del organismo.

La apariencia de utilidad de la reacción proviene de la adaptación de las respuestas. Como ya lo hemos señalado, la materia viva tiene entre sus caracteres

esenciales el de evolucionar; está en perpetuo cambio, y evoluciona con una rapidez que no observamos más que en la materia bruta. Su constitución química particular, su inestabilidad molecular, le permiten transformarse incesantemente. Inestable por naturaleza, se amolda a los excitantes sin destruirse; o más bien, en el estado actual de nuestras observaciones, no la apreciamos sino en los estados en que ha resistido a las condiciones exteriores; siempre que no ha podido adaptarse a ciertas excitaciones, ha sido eliminada. Así las irritaciones a que se ha adaptado nos parecen serles favorables y útiles. Se nos aparecen como escogidas por el ser vivo, cuando sólo han sido soportadas, y únicamente han sobrevivido los seres que han podido sufrirlas adaptándose a ellas.

No podemos en la hora presente concebir esas nociones más que por un esfuerzo de inducción, pues la materia viva tal como la conocemos, ha adquirido, a consecuencia de la herencia, una enorme cantidad de adaptaciones.

Como la explicación de la irritabilidad nos la facilita por otra parte el ciclo vital, el almacenamiento y el gasto de energía, vamos a estudiar ahora cómo se operan los cambios de energía en el ser vivo.

## CAPÍTULO IV

### Los cambios de energía

LA ENERGÍA EN EL ORGANISMO — La fuerza o la energía representa en el lenguaje científico la causa del movimiento. No conocemos más que el último término del ciclo energético en el organismo viviente; sabemos, en efecto, que la energía se realiza en él bajo forma *potencial* (o *fuerza de tensión*) por la absorción de los alimentos, y que se manifiesta bajo forma de actividad vital, es decir, de *energía actual* (o *energía cinética* o *fuerza viva*), que se gasta.

Cuando se mueve un animal, gasta cierta cantidad de energía (*energía cinética*) que había almacenado durante su nutrición, y que estaba reunida en él, bajo forma de *energía potencial*. Así, pues, el organismo de aquel animal ha transformado la energía potencial en energía actual.

EL MOVIMIENTO EN EL SER VIVO. — La manifestación de la energía que nos es más familiar, es el movimiento o energía mecánica. Todo ser vivo se mueve, es decir, que los diferentes puntos de su sistema material, modifican su posición en el espacio.

Esta modificación puede producirse, ya de una manera activa, es decir, por la acción propia del ser, ya de una manera pasiva, cuando la causa reside fuera de la parte que ha cambiado de lugar. Los movimientos pasivos no expresan los fenómenos vitales de la sustancia viviente; son, pues, completamente distintos de los que tendremos que estudiar. El movimiento de la sangre, que tiene su causa en las pulsaciones cardíacas, puede ser un acto pasivo, pues la sangre en sí no es su propio motor. Movimientos semejantes se observan en los seres monocelulares. En los *pseudópodos* filiformes de ciertas especies marinas, se observa, en efecto, una *corriente granular*, formada por las granulaciones, corriente por la que fluye y refluye el líquido del protoplasma. Tales son también los *movimientos brownianos* del alga *Closterium* (fig. 24), análogos a los de las pequeñas partículas en suspensión en un líquido.



Fig. 24. — Movimiento molecular o browniano. *Closterium*. En las cavidades *k*, situadas en las dos extremidades del cuerpo celular, en forma de luna en su cuarto creciente, se encuentran numerosos granulos animados de un vivo movimiento molecular.

LOS MOVIMIENTOS POR HINCHAZÓN DE LAS PAREDES CELULARES. — Son éstos los movimientos que resultan de la atracción del agua por las moléculas secas de un cuerpo. Se les observa principalmente en las plantas, y en particular, en las llamadas *revivescentes*, tales

como las *rosas de Jericó*, la *selaginella*, que en el estado de desecación completa, pueden conservarse años, y luego, al contacto del agua, recobrar por hinchazón su descogimiento o eclosión.

MOVIMIENTOS POR MODIFICACIÓN DE LA TURGENCIA CELULAR. — Estos movimientos, llamados de *turgencia*, suponen, sin reserva, la integridad de la vida en el objeto en que se manifiestan. Son muy comunes en el reino vegetal. La célula vegetal en forma de cápsula está interiormente tapizada de una tenue capa de protoplasma o *utrículo primordial*, que contiene el líquido o *jugo celular*. En los fenómenos de osmosis la utrícula debe estar distendida de dentro hacia afuera, y esta tensión que se ejerce sobre la pared elástica de celulosa es la *turgente* de la célula. El resultado es una contracción o una extensión de la utrícula primordial (fig. 25).

Uno de los ejemplos más conocidos del movimiento de turgencia celular, es el de la sensitiva (*mimosa pudica*), que durante el día, y en *estado de vigilia*, levanta y ostenta sus hojas, mientras que durante la noche, en el estado de *sueño*, las tienes replegadas. Bajo la acción de un choque, en estado de vigilia, sus hojas toman de repente su posición de sueño.

MOVIMIENTOS POR MODIFICACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO. — Ciertos animales marinos están dotados de la facultad de elevarse o de sumergirse lentamente en el agua, sin ayuda de ningún órgano de locomoción. En este caso, siendo el protoplasma un poco más denso que el agua, los animales deberían quedar en el fondo. Pero se incorporan substancias menos densas que el agua.

Es así como ciertos rizópodos, las *arcellas* y las *diffugias*, que viven en los fondos pútridos de los estanques y de los mares, desarrollan en su cuerpo protoplasmático, una burbuja de ácido carbónico. He aquí un caso curioso referido por Verworn, que hemos de citar textualmente, pues muestra a lo vivo la evolución mecánica de esos fenómenos.

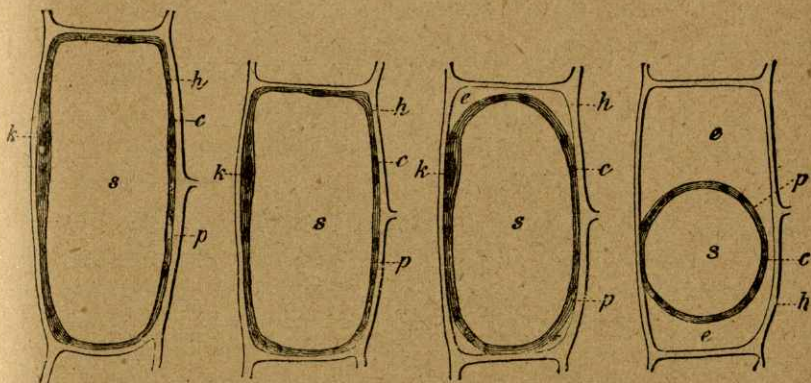


Fig. 25. — Esquema del turgente (*turgor*) de una célula vegetal: *h*, membrana celular; *p*, utrículo primordial; *k*, núcleo; *c*, cuerpos clorofilianos; *s*, jugo celular; *e*, solución salina que penetra en la célula. En *A*, la célula está en plena turgencia, el utrículo primordial está aplicado contra la membrana celular. En *B*, la turgencia ha disminuido bajo la acción de la solución salina, la célula se ha empequeñecido, pero el utrículo primordial está todavía aplicado contra la membrana celular. En *C*, ha disminuido más la turgencia, el utrículo primordial comienza a destacarse de la envoltura de la célula, que se ha reducido a su más mínima expresión. En *D*, el utrículo primordial se ha contraído por completo, porque la acción osmótica de la solución salina (*a*) ha alcanzado su valor más alto.

« He aquí como se opera el ascenso y el descenso en los radiolarios, así como en los cteriofóros y otros muchos animales pelágicos *Thalassicola nucleata*, por ejemplo, es un radiolario grande, esférico, de 3 a 4 milímetros de diámetro, formado por una

célula única, cuyo núcleo rodeado de protoplasma, está situado en una «cápsula central» redonda (fig. 26).

»Todo el protoplasma extracapsular está sembrado de innumerables vejiguillas, de suerte que aparece como una masa espumosa imitada exteriormente por

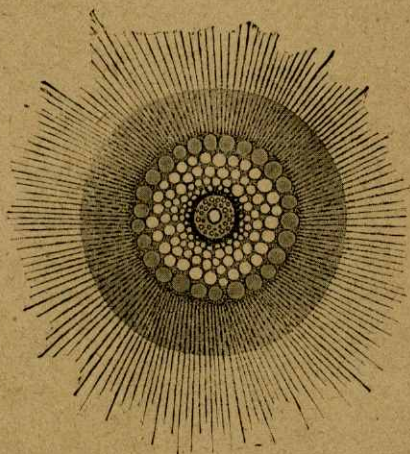


Fig. 26. — *Thalassicola nucleata*, radiolario de forma esférica, visto en corte transversal. En medio de la cápsula central, rodeada de pigmento negro, se encuentra el núcleo vesiculoso. La cápsula central está rodeada de una capa de cavidad del protoplasma que está envuelta por una zona gelatinosa, y envía a través de esta última pseudopodos filiformes dispuestos como los rayos de un sol.

una capa sólida gelatinosa. Esta capa de vejiguillas es la parte constituyente de la célula, que es menos densa que el agua, y que sostiene a la thalassicola en la superficie del mar, cuando está tranquilo (1).

»Podemos fácilmente convencernos de ello, separando por una vivisección cada una de las partes

(1) K Brandt, *Die coloniebildenden Radiolarien des golfes von Neapel*.

constituyentes del animal, es decir, por la ablación de la capa gelatinosa, por el aislamiento de la capa vesicular y la extirpación de la cápsula central con su contenido. Todas esas partes tomadas aisladamente van siempre al fondo del agua; sólo la masa vesicular flota en la superficie y vuelve a ella después de la inmersión (1).

»Resulta de ello, que la thalassicola debe comenzar a hundirse cuando la capa vesicular se encoge por estallar y fundirse las vesículas, como ocurre seguidamente después de una excitación, y especialmente en la naturaleza, bajo la influencia violenta del choque de las olas. La célula cae entonces en las profundidades más tranquilas, y de aquella suerte se encuentra protegida contra una destrucción total; la capa vesicular puede, en efecto, regenerarse, y mientras aumenta de volumen, la thalassicola deja en tiempo de calma, el abrigo que encontraba en la profundidad para elevarse de nuevo a la soleada superficie del mar.

»Resulta evidente la gran importancia de esta clase de movimiento, para la vida de los organismos pelágicos (2). »

LOS MOVIMIENTOS POR SECRECIÓN. — Los movimientos de esta suerte producidos son bastante raros, pero son curiosos. Para moverse el animal, proyecta en una dirección opuesta a su movimiento de progresión, una secreción de *mucus* en forma de filamentos, con la cual se dirige a la manera de un barquero que se ayuda con un remo para hacer adelantar su barca.

---

(1) Verworn, *Über die Fähigkeit der Zelle, und ihr spezifisches Gewicht zu ver ändern.*

(2) Verworn, *Physiologie générale.*

Así es como se mueven los diátomos, pequeñas algas marinas, oscuras, en forma de barquilla (fig. 27).

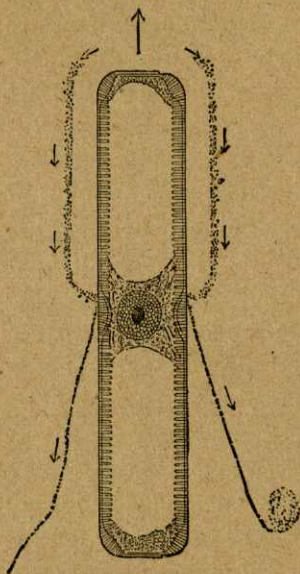


Fig. 27. — Diátomo con filamentos de *mucus* expulsados al exterior.

LOS MOVIMIENTOS POR CRECIMIENTO. — Es propio de todos los organismos vivos crecer, desarrollarse, y por ende cambiar de posición en el espacio.

Los movimientos de crecimiento son tan lentos, que difícilmente se les nota, a menos de observar el mismo organismo en intervalos de tiempo bastante distantes. En ciertos casos, no obstante, como en el de la semilla de balsamina, se acumula en ella una gran cantidad de energía potencial, que se gasta bruscamente bajo el efecto de un simple choque.

MOVIMIENTOS POR CONTRACCIÓN Y EXPANSIÓN. — Estos movimientos van ligados a los cambios de lugar de las moléculas de la materia viviente, con relación de unos a otros, y comprenden dos fases: una de *contracción*, otra de *expansión*. Sólo los cuerpos de constitución fluida o casi fluida pueden presentar esos movimientos; tal es el caso de la materia viva, en razón de la gran cantidad de agua que contiene.

Estos movimientos se dividen en tres grupos; son los movimientos *amiboides*, *musculares* y *vibrátiles*.

LOS MOVIMIENTOS AMIBOIDES. — Los *movimientos amiboides* se observan en los animales monocelulares desprovistos de membrana envolvente: los rizópodos, los leucocitos y otras células emigratorias, las células-huevos amiboides de la esponja, las células pigmentarias de diversos órganos, las células epiteliales del intestino cuya actividad es muy curiosa, pues gracias a los movimientos amiboides, esas células epiteliales pueden apoderarse de los alimentos, ingerirlos y triturarlos (fig. 28).

Las amibas, que han dado nombre a este movimiento, nos ofrecen el tipo de él.

« En una gota de agua, sacada con una pipeta del fondo de un estanque y depositada en una laminilla, la amiba nos aparece vista al microscopio como una gotilla grisácea, semitransparente, de una forma esférica más o menos regular, en el centro de la cual se encuentra el núcleo, y más frecuentemente una vesícula contráctil rodeada por un « endoplasma » más o menos granuloso, mientras que la capa periférica está formada por un « exoplasma » más hialino. Si observamos aquella gota de substancia viva durante algún tiempo, vemos aparecer en un punto cualquiera de la superficie de la masa esférica, un abultamiento en forma de lóbulo, que aumenta y se extiende más y

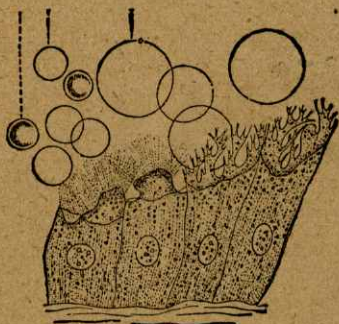


Fig. 28. — Células epiteliales de Douve, en el hígado, con prolongaciones protoplásmicas pseudopódicas a punto de absorber glóbulos de sangre *a, b*, y gotitas de quilo, *c*.

más agregándose una cantidad de protoplasma cada vez mayor. Este movimiento progresivo se propaga desde las partes periféricas hacia el centro, de tal suerte que se establece una corriente persistente desde el centro hacia la periferia, en la prolongación designada bajo el nombre de *pseudópodos* (fig. 29).

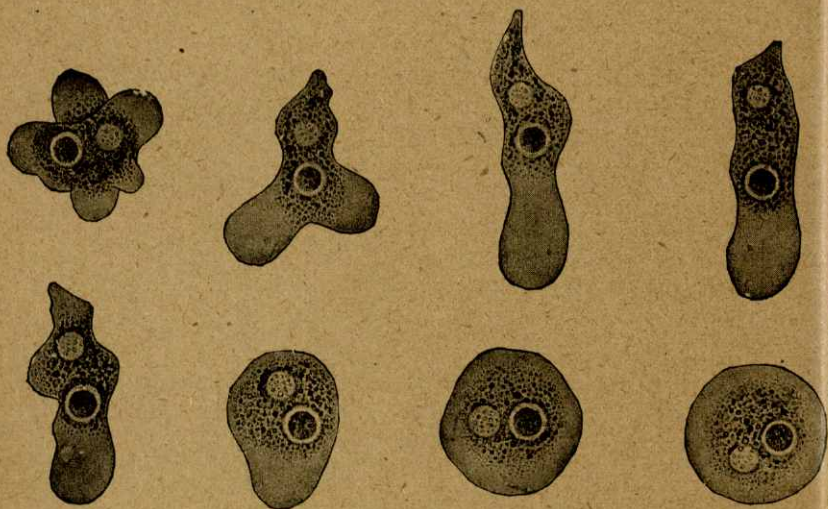


Fig. 29. — Amiba en ocho estados sucesivos de movimiento

Con frecuencia toda la masa protoplásmica se vierte en un único recipiente lobular, de manera que el cuerpo de la amiba forma una masa prolongada a lo largo, como se observa particularmente en la *amiba limax*; pero también con frecuencia la corriente protoplásmica centrífuga del pseudópodo, ya formada, es interrumpida, mientras que al propio tiempo se produce, en cualquier otro punto de la superficie, un segundo pseudópodo de la misma manera, por pro-

yeción centrífuga del protoplasma; y a éste puede suceder un tercero, de manera que la amiba proyecta su substancia en las más variadas direcciones, ya en un sentido, ya en otro, aumentando así considerablemente su superficie. Esta *prolongación de los pseudópodos*, esta proyección de la substancia viva en el medio ambiente, representa la *fase de expansión*. Mientras que se extiende un nuevo pseudópodo, el protoplasma de otro pseudópodo refluye de ordinario desde la periferia hacia el centro, para suministrar al primero su material de formación, y la prolongación antigua se retira. Esta retirada de los pseudópodos, el reflujo centrípeto del protoplasma y la reducción de superficie que implica, representa la *fase de contracción*. Si todos los pseudópodos se retiran, la amiba recobra la forma esférica. *Es, pues, la forma esférica la que expresa la contracción más completa para las masas protoplásmicas desnudas*. Pero en el estado normal, la amiba presenta de ordinario simultáneamente, ya contracciones; ya expansiones en diferentes puntos de su superficie; los pseudópodos no están, pues, preformados; la substancia de la amiba se proyecta, ora por aquí, ora por allá, refluye y se mezcla sin cesar, y en ello es en lo que consiste el movimiento amiboide.

Todos los movimientos que acabamos de enumerar son la respuesta del organismo a una excitación; entran, pues, en la categoría de los taxismos. Los que vamos a estudiar ahora son mucho más complejos, pero derivan del mismo mecanismo elemental.

LOS MOVIMIENTOS MUSCULARES. — El *movimiento muscular* es característico de los animales y les dife-

rencia de los vegetales. Se distingue del movimiento amiboide en que es coordinado en el espacio, y en que es producto de órganos especializados. En el *stentor* son ya fibrillas verticales y paralelas las que se contraen en diversos grados y permiten al animal



Fig. 30. — *Stentor caruleus*. A, en reposo y en extensión completa; B, en estado de media contracción, como cuando nada en libertad; C, completamente contraído.

un cambio de forma (fig. 30); en la *vorticella* el movimiento es debido a una sola fibra muscular, como puede verse en la figura 31.

En los animales superiores el mecanismo de estos movimientos musculares es mucho más complicado, pero no difiere en naturaleza, pues una fibra *lisa* o *estriada* no es, en definitiva, más que la totalización

de simples células musculares. Esto nos lo revelan los diversos grados del desenvolvimiento embriológico de los músculos.

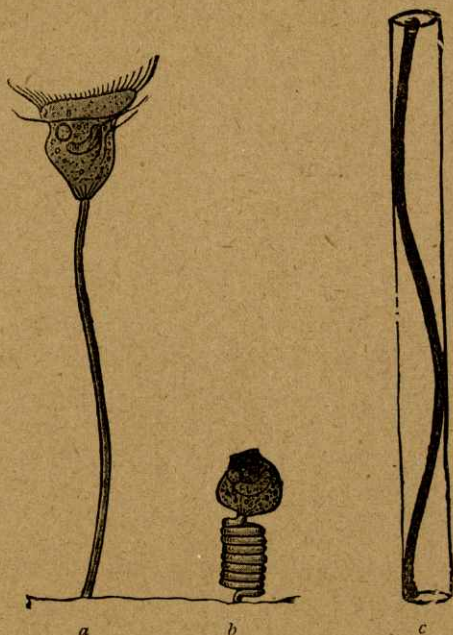


Fig. 31. — *Vorticella*: a, en extensión; b, contraída (el filamento muscular del estilo no se ve en a y b); c, vaina del estilo y su filamento muscular, considerablemente aumentado.

Se observa, en efecto, que la célula *contráctil*, es decir, la que especializa en ella la propiedad general de contraerse, es la materia viva que posee y la que se desarrolla en el primer período de evolución. Luego, por la juxtaposición de las células semejantes, soldadas unas con otras de manera que forman una fibra varicosa con núcleos prolongados, da origen a los *músculos lisos*. En estas fibras se señalan todos los elementos

de la célula. Finalmente, las células se aglomeran y su fusión se hace completa; han desaparecido las envolturas parciales para no dejar subsistir más que la envoltura del músculo: entonces tenemos una *fibra estriada*. En este grado se ha hecho tal la complicación de las funciones, que la fibra ha podido recibir el nombre de *fibra voluntaria*, pues está bajo la dependencia del sistema nervioso.

La actividad muscular en los seres superiores es una especie de transformación de la energía, que hasta es susceptible de medida. Se sabe, efectivamente, que el músculo se nutre más cuando está en estado de contracción, es decir, cuando trabaja más; la circulación en él es más activa, y se produce un desprendimiento de calor, una combustión interna de las materias ternarias (carbono, oxígeno, hidrógeno). Si se establece un coeficiente respiratorio bajo la forma  $\frac{\text{CO}^2}{\text{O}}$  (relación del gas carbónico con el oxígeno), encontramos que este coeficiente es más elevado en la actividad que en el reposo del músculo. Hasta se puede estudiar el valor energético de los alimentos midiendo el rendimiento mecánico del músculo en condiciones generales determinadas. «En los movimientos de la materia viva, sobre todo en los fenómenos de la contracción, se ve muy claramente la energía potencial introducida en el cuerpo con los alimentos, transformarse en fuerza viva».

LOS MOVIMIENTOS VIBRÁTILES. — Los *movimientos vibrátiles* son los movimientos de las pestañas de ciertas células (los infusorios, los espermatozoos, las células epiteliales de la tráquea). Uno de sus carac-

teres más marcados es su ritmo. La metacronia del movimiento vibrátil nos facilita un ejemplo de ello. En una serie de pestañas vibrátiles, todas ellas golpean partiendo de una extremidad para comunicarse a las otras sucesivamente e imprimirlas un movimiento de onda. El mecanismo es el mismo, sino más complicado, en las especies de pestañas que no oscilan en un solo plano.

Los diversos movimientos que acabamos de examinar, si a primera vista parecen muy semejantes, descansan todos en el mismo principio, en el principio de una *disminución y de un aumento alternativos de la superficie (contracción y expansión) por modificaciones en la posición de las partículas de la misma materia viva*. Que ahora ese desplazamiento de las partículas sea completamente irregular como en el movimiento amiboide, y al contrario, rigurosamente ordenado como en el movimiento muscular y vibrátil, ello prueba sencillamente que estos dos últimos representan un grado de diferenciación más elevado que el primero. Pero que presentan una estrecha relación genética con el movimiento amiboide, y que derivan de este último por desarrollo filogenético, es también lo que prueban numerosos casos de transición entre el movimiento amiboide y el movimiento muscular, de una parte, y entre el movimiento vibrátil de otra.

Los fenómenos de contracción de la substancia viva siguen por doquiera el mismo principio. Sea que la materia viva se arrastre aquí y allí como una *amiba* sobre las hojas putrefactas de un charco de agua, sea que penetre como *glóbulos blancos* de la sangre a través de las lagunas de los tejidos, sea que circule en tanto es red protoplásmica en la cápsula de celu-

losa de una *célula vegetal*, sea que realice como *fibra muscular* las contracciones infatigables del corazón, sea, en fin, que, bajo forma de epitelio de *pestañas vibrátiles*, transporte el óvulo a través del oviducto hasta el útero para entregarle a la fecundación, donde quiera nos encontramos ante el mismo fenómeno: la contracción y la dilatación alternativas de la materia viva por transposición recíproca de sus partículas (1) ».

LA PRODUCCIÓN DE LA LUZ. — La producción de la luz en un organismo es una de las formas más perceptibles de la energía; es generalmente designada con el nombre de *fosforescencia*. No interviene, no obstante, fósforo en este fenómeno; es una luminosidad debida a los cambios que se operan en la materia viva de ciertos animales, y que se produce bajo la influencia de una excitación, como, por ejemplo, en los *gusanos de luz* o *noctícula*.

Esta luminosidad es realmente un carácter específico de la *materia viva* en estado de funcionamiento. Cuando se la observa en las carnes putrefactas de los peces, es que las bacterias, es decir, organismos vivos, se han desarrollado en ellos por millares y despiden su luz. La fosforescencia del mar proviene de los innumerables infusorios y radiolarios que se acumulan en él.

Aquella luminosidad, hemos dicho, resulta de los cambios de materias de la célula viva. Va unida a una oxidación lenta, pues esta propiedad no se conserva sino allí donde se encuentra el oxígeno, y des-

---

(1) Verworn, *Physiologie générale*.

aparece cuando no lo hay. Los experimentos de Schultze acerca de los gusanos de luz, han probado, en efecto, que las células luminosas de estos animales están siempre en relación con los tubos de aire: las tráqueas que ponen el oxígeno en contacto con esas células, cuya función es absorber y utilizar la producción de la luz. Se ha demostrado, en efecto, que tratado por el ácido ósmico le quitan el oxígeno, lo que está probado por la formación de un precipitado negro.

LA PRODUCCIÓN DE CALOR. — La producción de calor es más difícil de comprobar; es menos asequible a nuestros sentidos, y casi no puede observarse en una célula aislada, a causa de la insuficiencia de nuestros medios y la pequeñez de este organismo. No cabe dudar, sin embargo, que cada célula es un centro de producción de calor, en razón de las evoluciones químicas y energéticas que en ellas se realizan. Pflüger ha observado que en ciertas moléculas de las células, en el momento de la formación del ácido carbónico, la temperatura se eleva hasta 8,000 calorías, pero esta molécula muy pequeña está en contacto con elementos a muy baja temperatura que neutralizan su acción; se estableció así una temperatura media, que es la del cuerpo (1).

Se comprueba esta producción de calor con ayuda de diversos instrumentos; un termómetro colocado bajo la campana de vidrio en que germinan las plantas, se eleva a 1 grado 5 para los guisantes y a 15 grados para las aroideas. En el hombre se opera sobre

---

(1) Por ejemplo: 37 grados en el hombre, 41 en las aves.

poco más o menos lo mismo por medio del calorímetro, el más conocido de los cuales es el de Arsonval. Marca el número de calorías (1) que un cuerpo vivo produce en un tiempo determinado.

Los diferentes métodos de investigación tienden a probar que el calor de la materia viva deriva de la energía química introducida en el cuerpo por los alimentos; gracias a los estudios hechos sobre los organismos que, en estado de equilibrio de nutrición no rendían ningún trabajo, se ha podido comprobar una vez más la ley de la conservación de la energía.

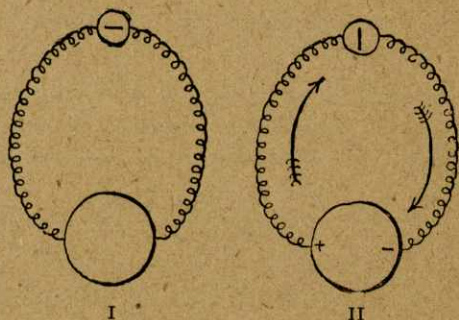


Fig. 32. — Esquema: I. Gota líquida en la cual las evoluciones químicas son iguales en todos sus puntos; no hay corriente. II. Gota líquida, en la cual se efectúan en dos puntos distintos procedimientos químicos diferentes; da una corriente. El círculo grande es la gota de líquido, el pequeño es el multiplicador con la aguja magnética. Ambos están relacionados por un conductor.

LA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD. — Lo propio que para el calor, no es posible comprobar la producción de la electricidad en la célula, sino solamente en los grupos de células.

El descubrimiento de la electricidad animal es de-

(1) Una caloría es la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un kilogramo de agua de 0 a 1 grado centígrado.

bido a Galvani y a Volta. Sus experimentos sobre las ranas son demasiado conocidos para que insistamos acerca de ellos. No hay, por otra parte, tratado elemental de física que deje de explicarlos extensamente. Las investigaciones de la *electroquímica* han hecho observar en los cuerpos brutos en el momento de

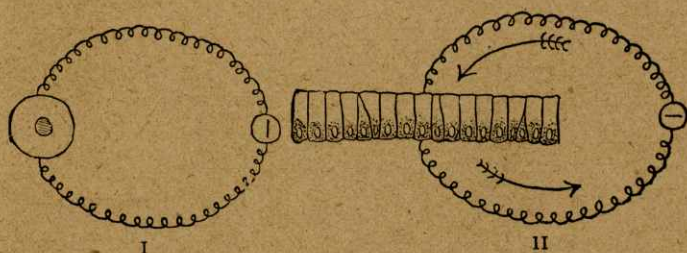


Fig. 33. — Esquema : I. Célula cuya sustancia viva es el asiento en todos sus puntos de acciones químicas iguales : no hay corriente. II. Células diferenciadas en su polo (por ejemplo, células de una mucosa) uno de cuyos polos es asiento de evoluciones químicas diferentes de las del otro polo : producen una corriente.

las transformaciones químicas, una tensión eléctrica entre los grupos atómicos cargados positivamente, y los grupos atómicos negativamente cargados. De la tensión eléctrica entre los dos grupos separados, deriva una corriente galvánica (fig. 32) mientras dura el desarrollo, de donde se ha deducido esta ley: una corriente puede ser derivada de un sistema material cuando éste es el asiento de evoluciones químicas que engendran una diferencia en la tensión eléctrica en los dos puntos de derivación.

La sustancia viva obedece a la misma ley (figura 33).

En ciertos peces esta propiedad ha sido utilizada como medio de defensa y ha creado órganos especia-

les; nos referimos a los *torpedos* (fig. 34), a los gimnotos, etc. Esos órganos eléctricos se desarrollan a expensas de verdaderos pliegues musculares, fibrillas contráctiles.

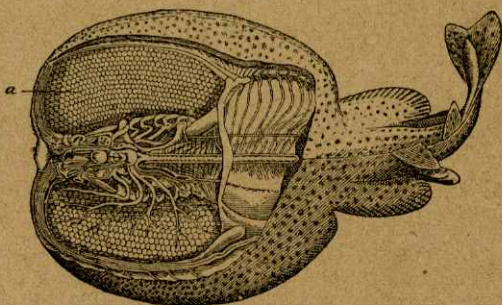


Fig. 34. — *Torpedo marmoratus* (Torpedo). — Se ha suprimido en parte la piel para dejar ver el órgano eléctrico *a*, que consiste en la reunión de columnillas poligonales de las que no se ve en la figura más que el corte transversal.

El compendiado estudio que acabamos de hacer de los cambios de energía en la substancia viva, nos ha puesto de manifiesto que la energía penetra en el organismo bajo forma de energía química, de calor y de luz; resolviéndose estas dos últimas formas también en energía química. De esta fuerza única procede, por transformación, la energía que restituye la materia viva, bajo la forma de luz, de calor, de electricidad y de energía mecánica.

Así se encuentra confirmada, por los organismos vivos, la ley general de la conservación de la energía.

## CAPÍTULO V

### Los fenómenos de crecimiento y de reproducción

EL CRECIMIENTO. — Todo ser vivo posee la facultad de *acrecentarse*, es decir, de aumentar mediante subsistencias que encuentra en su medio, su protoplasma; de transformar y de incorporarse esos elementos, y de rechazarlos luego de haberles hecho sufrir ciertas modificaciones.

Esta propiedad, la más general de los organismos vivientes, es un acto vital esencial, pues condiciona la mayor parte de los otros fenómenos de la vida: la reproducción puede ser considerada como una consecuencia del crecimiento. En efecto, cuando una célula ha alcanzado la medida de su desarrollo individual, como hay para ella crecimiento, se divide, pues se reproduce.

EL CICLO DE LOS CAMBIOS — Este crecimiento, hemos dicho, se hace a expensas del medio exterior. Si se examina, en efecto, un cuerpo abandonado a su medio, se observará bien pronto que ocurre en sus relaciones un doble fenómeno, dependiente y solidario el uno del otro: de una parte un fenómeno de *asimilación*, en virtud del cual el cuerpo vivo toma del medio exterior partes que servirán para su alimentación y para la constitución de su materia viva; de otra

parte un fenómeno de *desasimilación*, que le hace restituir, después de haberlas modificado, algunas de las partes tomadas a aquel medio.

Gracias a este doble movimiento continuo de combinaciones y descomposiciones, la materia viva es hogar de una perpetua circulación de materias; como los préstamos y las restituciones afectan también al medio, resulta de ello que el ser y su medio forman juntos un sistema del que cada uno representa una parte.

El ciclo de los cambios es doble: se forma entre el ser y el medio, y entre el ser mismo en el que la materia y la energía circulan sin interrupción.

LA NUTRICIÓN. — Este doble mecanismo de la asimilación y de la desasimilación, constituye en su conjunto el fenómeno de la *nutrición*, que no es en sí mismo más que una forma de la irritabilidad.

Todo organismo vivo contiene, en efecto, energía concentrada en estado potencial; está sometido a la acción de un excitante, gasta esa energía que debe también recobrar. A toda fase de gasto de energía, sucede, pues, una fase de nutrición (1). La nutrición puede colocarse entre las operaciones físicoquímicas, pues la célula fabrica sucesivamente protoplasma, por acciones químicas, y expulsa las partes de él no asimilables, así como los residuos. La nutrición tiene, pues, dos fases que mediante el análisis se distinguen, pero que se presentan con funcionamientos paralelos: una fase de composición o síntesis y una fase de destrucción.

---

(1) Estos hechos han sido estudiados primeramente por Virchow: *Die Cellularpathologie in ihrer Begründung auf physiologische und pathologische Gewebelehre*.

Los cambios nutritivos, desde la entrada de los alimentos en la materia viva hasta su expulsión, consisten en una serie de transformaciones químicas muy complejas; primeramente la elaboración de la materia viva que acaba en la formación de las combinaciones orgánicas más complejas: las *albuminoides*; luego la destrucción de esos cuerpos albuminoides y de sus combinaciones, hasta en sus compuestos más simples.

La nutrición se caracteriza por la *permanencia*; es un acto ininterrumpido, que no puede suspenderse sin determinar la suspensión de la vida misma. Es, en realidad, según la frase de Claudio Bernard, *el carácter absoluto de la vitalidad*, pues allí donde existe, hay vida, donde se interrumpe, se presenta la muerte.

Este carácter de permanencia de la nutrición juntamente al ciclo de empréstitos y devoluciones no interrumpidos que necesita en el medio, nos pone delante de un conjunto de reacciones indefinidas. El ser vivo que toma del aire partes de oxígeno que absorbe, le restituye gas carbónico, que a su vez va a modificar la composición de la atmósfera, pero estas sustancias que el ser vivo expulsa por el acto de la respiración, pronto las recupera por la nutrición; la serie de los fenómenos no sufre detención.

LA ELECCIÓN DE LOS ALIMENTOS. — La nutrición no tiene por fin último la ingestión de los alimentos, sino nutrir las células del organismo. Ahora bien, cada grupo de células se reconstituye por medio de sustancias determinadas que le son apropiadas. Cada célula tiene, pues, que escoger, entre los materiales que se le ofrecen, los que le convienen y pueden

servirle para nutrirse. Esta elección es bien visible, y ejemplos clásicos lo probarán mejor todavía. He aquí, según Cienkowski, como ciertos rizópodos, seres monocelulares, se procuran las partes de algas vivas que constituyen su alimentación. « Bien que las móradas no presenten más que un cuerpo protoplásmico desnudo, sin embargo, su manera de proceder en la busca y la absorción del alimento es tan maravillosa, que se creería estar en presencia de actos ejecutados por seres conscientes. Así, por ejemplo, la *colpodella* atraviesa la célula del *chlamydomonas*, chupa la clorófila que de ella se escapa, y después la abandona. Otro caso notable del mismo género nos lo proporciona la *vampirella* (fig. 35). Esta forma amiboide se fija sobre una célula sana de *spirogyra*, perfora la pared celulosa y absorbe lentamente la utrícula primordial que se escapa de ella con su cordón de clorófila. Y sólo las células de *spirogyra* pueden servirle de pasto (1) ».

En nuestro propio organismo, como en otros vertebrados, ocurre algo análogo; los glóbulos blancos de la sangre (leucocitos) escogen entre las bacterias (fig. 36) que penetran en nuestro cuerpo, devoran aquellas que les convienen y abandonan las restantes (2).

De igual modo cada tejido del cuerpo retira de la sangre, de entre todas las sustancias nutritivas que contiene, las que le son necesarias; las células epite-

(1) Cienkowski, *Etude relative à la connaissance des Monades*, 1865.

(2) El doctor Metschnikoff ha hecho estudios sobre los leucocitos y demostrado la importancia de esas células en la protección del organismo contra las enfermedades infecciosas. Devorando las bacterias que han penetrado en una llaga, dichas células se oponen a su multiplicación y atajan la extensión de la enfermedad.

liales del intestino, entre otras, se apoderan de las grasas y prescinden de los otros materiales introducidos en el intestino.

Si cada célula absorbe ciertas substancias perfectamente determinadas, con exclusión de otras,

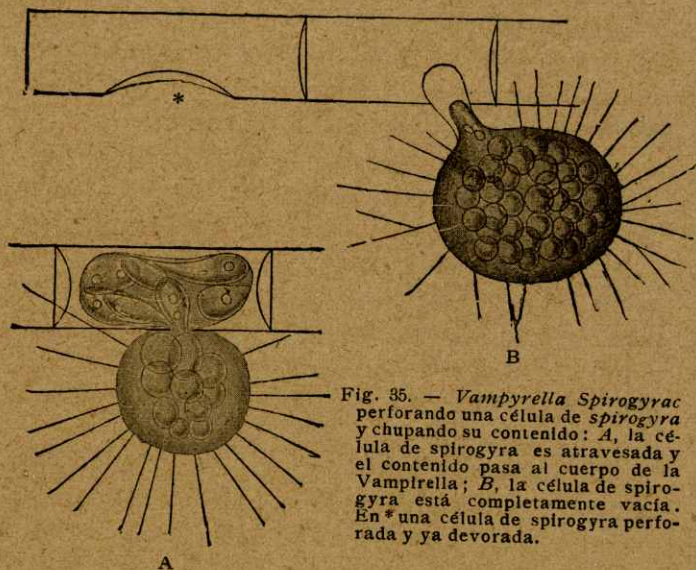


Fig. 35. — *Vampyrella Spirogyra* perforando una célula de *spirogyra* y chupando su contenido: *A*, la célula de *spirogyra* es atravesada y el contenido pasa al cuerpo de la Vampirella; *B*, la célula de *spirogyra* está completamente vacía. En \* una célula de *spirogyra* perforada y ya devorada.

cada una presenta una composición y cambios nutritivos que le son especiales. Toma, pues, en el medio y atrae al círculo de sus cambios las substancias que tienen relaciones químicas con ella, y que permitirán el sostenimiento de los cambios. Por el contrario, no busca ni absorbe las materias que no tienen afinidad con su substancia. Esta elección de los alimentos es la consecuencia directa de la composición específica de cada célula y de los cambios espe-

ciales de que ella es asiento, por el mecanismo ya explicado de los taxismos.

Pero aparte de que cada forma celular tiene sus

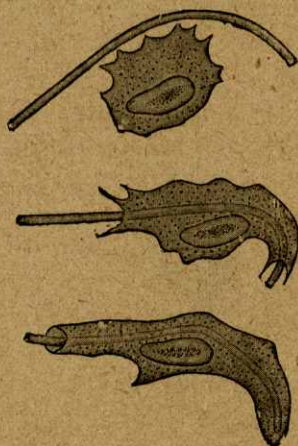


Fig. 36. — Leucocito de rana ingiriendo una bacteria. Tres periodos sucesivos del desarrollo.

materiales propios de consumo, se puede, no obstante, dividir los diferentes organismos en algunos grupos generales, según la forma de nutrición que les conviene.

LA NUTRICIÓN DE LAS PLANTAS Y DE LOS ANIMALES. — Las plantas y los animales no se sirven de los mismos materiales para reponer el desgaste de su materia viva: las plantas toman del suelo y del aire

las materias inorgánicas con las cuales formarán su substancia protoplásmica; pero los animales tienen necesidad, aparte de esas materias, de alimentos orgánicos de una gran complejidad.

Una planta sacada de su medio, puede vivir si se sumerge su raíz en una solución que contenga las sales inorgánicas que componen su alimentación; a condición, no obstante, de que permanezca al aire libre para poder tomar de él el carbono necesario.

Los animales sometidos a un régimen semejante no tardan en morir, hasta cuando se ha querido hacer entrar en la solución todos los elementos químicos incluidos en la materia viva. Pero los mismos animales pueden continuar viviendo con una alimentación

compuesta exclusivamente de albúmina, y realizar durante dicho tiempo un trabajo rudo. Estas materias, en efecto, son las únicas que contienen todos los productos necesarios a la constitución del protoplasma, y las únicas también que poseen el ázoe, indispensable para la nutrición de los animales.

Ejemplos de estados intermedios de alimentación, nos los ofrecen los hongos y ciertas bacterias. En lugar de tomar del aire, como las plantas, la clorófila, el carbono del ácido carbónico, los hongos lo sacan de ciertas materias orgánicas; en lugar de absorber substancias orgánicas como los animales, ciertas bacterias que viven en la tierra se nutren de materiales puramente inorgánicos.

Pero sea el que fuere su modo de nutrición, todos los organismos sin excepción, absorben el agua y con ella ciertas sales necesarias a la conservación de la vida.

EL ALIMENTO OXÍGENO; LA RESPIRACIÓN.— Otro alimento indispensable a todos los seres vivos es el oxígeno; su absorción, que constituye el fenómeno de la *respiración*, representa un proceso común a todos los organismos, bien que no todos los seres obtienen el oxígeno en la misma forma y en la misma fuente. Los seres terrestres lo toman del aire bajo la forma gaseosa; los seres acuáticos del agua en la que está disuelto; las células de los animales de circulación sanguínea, así como buen número de parásitos, lo extraen de combinaciones químicas: las células de los tejidos, por ejemplo, lo toman de la hemoglobina de la sangre. Pero de igual suerte que todo organismo necesita oxígeno para vivir, del mismo modo no

puede absorber más que una determinada cantidad de él; si se le da más, no lo aprovecha.

ABSORCIÓN DE LOS ALIMENTOS SEGÚN SUS DIVERSAS FORMAS. — Los alimentos que el organismo debe ingerir, se presentan bajo tres formas: en estado gaseoso, en estado líquido, es decir, disueltos, y en estado sólido.

Se designa con el nombre de *resorción* el paso de las sustancias gaseosas y disueltas a la célula. Si las células no poseen membrana, esos alimentos entran inmediatamente en la superficie del protoplasma, en relación de cambios químicos con la materia viva; si las células poseen membrana, es preciso que las sustancias disueltas puedan difundirse a través de la membrana dicha, para, una vez hechas difusibles, penetrar en el interior de la célula.

Los alimentos sólidos o figurados no son absorbidos más que por los rizópodos, los infusorios ciliados y flagelados, en los seres monocelulares; los leucocitos o glóbulos blancos de la sangre, entre los animales superiores.

Entre estas células, unas ingieren las materias nutritivas por un punto cualquiera de su superficie (amibas, leucocitos), otras por un orificio particular que desempeña el papel de boca (*la vorticella*).

Cuando la *amiba* se encuentra en presencia de un alga de la que puede alimentarse, se arrastra hacia ella por medio de sus pseudópodos, la alcanza, trata de envolverla, después, tras algunas tentativas, la coge con sus pseudópodos en forma de lóbulos y la envuelve con su protoplasma, como se ve representado en la figura 37. El alga se encuentra así en el in-

terior de la amiba, rodeada por una tenue capa de agua que constituye la *vesícula nutritiva*.

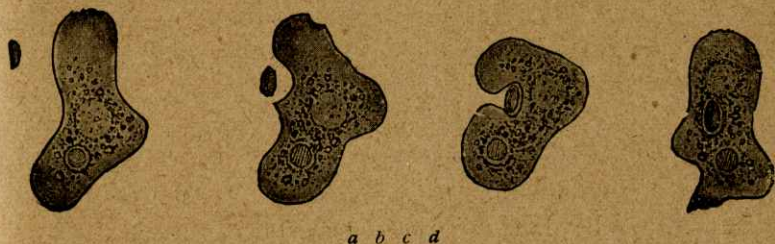


Fig. 37. — Amiba ingiriendo un alga. Cuatro estadios sucesivos de la captación del alimento

La *vorticella* ingiere sus alimentos de otra manera (fig. 38). En la extremidad de su cuerpo, abierta en forma de campana, posee una corona de pestañas vibrátiles en la que se encuentra la boca, que se prolonga al interior del endoplasma en una especie de

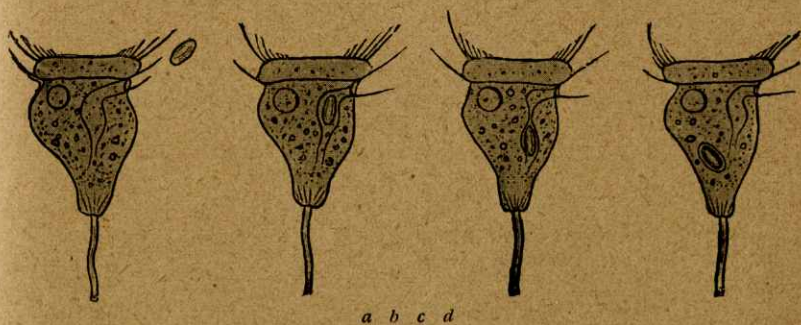


Fig. 38. — *Vorticella* en cuatro estadios sucesivos de la absorción alimenticia. Una célula de alga es atraída hacia la boca por el torbellino de pestañas vibrátiles e impulsada a través de la faringe al endoplasma.

faringe. La agitación continua de las pestañas vibrátiles atrae hacia la boca restos contenidos en el agua, algas, bacterias... De la boca, esas materias son in-

troducidas en la faringe, luego en el endoplasma. El proceso es el mismo aproximadamente en los animales superiores.

LA TRANSFORMACIÓN DE LAS MATERIAS ABSORBIDAS. Una vez absorbidas las sustancias alimenticias, sufren en el organismo una serie de transformaciones. Unas terminan en la constitución de la materia viva, como consecuencia del fenómeno de asimilación; otras, que no han podido ser transformadas en albuminoides, son destruidas por el fenómeno de desasimilación.

Pero antes de estar en aptitud de convertirse en materia viva, una parte de los alimentos, los alimentos sólidos, deben pasar al estado soluble (1); éste constituirá todo el papel de la *digestión*. Cuando el paso de los alimentos del estado sólido al estado disuelto se hace fuera de la célula, la digestión se llama extracelular; cuando al contrario, la transformación se verifica en el interior de la célula (el caso de la amiba y de la vorticella) la digestión se llama intracelular.

LOS FERMENTOS. — La transformación de las materias sólidas en materias solubles es debida a la fermentación que Pasteur definía: «un acto químico correlativo al acto vital, comenzando y deteniéndose con este último». En efecto, el acto vital determina la fermentación; todas las células son atravesadas por una corriente energética, gracias a la cual está

---

(1) Hay que exceptuar los casos precedentemente estudiados, de la amiba y de la vorticella, en los que la célula puede ingerir directamente los alimentos sólidos.

en aptitud de realizar sus trabajos interiores y exteriores.

Los *fermentos* (1), son de dos clases; se distinguen fermentos solubles o *enzimas* o *diástasis* (por ejemplo la pepsina de las glándulas del estómago) y *fermentos figurados* u *organismos-fermentos*.

Se designa bajo el nombre de fermentos figurados u organizados, la substancia viva misma, a cuya vida está ligada la acción fermentaria.

Los fermentos solubles son cuerpos, no visiblemente organizados, que derivan de los fermentos figurados o de pluralidad de células. Las *diástasis*, por ejemplo, son elaboradas por células que en los animales especialmente, las vierten hacia la superficie del tubo intestinal en que operan las fermentaciones digestivas.

Son muy conocidos estos fenómenos, pues se les puede imitar artificialmente; se ha hecho jugo gástrico. Este producto artificial, relacionado con la fibrina (2), hace que se hinche; se vuelve transparente y después se disuelve en el líquido. En lugar de ella se encuentra la *peptona*, producto de transformación de las materias albuminoides y la *albumosa*, producto intermedio entre la albúmina y la peptona.

De la fermentación resultan, pues, dos acciones químicas: una operación analítica, que es una fase destructiva; una operación sintética, que es una fase restauradora.

---

(1) Entendemos por fermentos una serie de cuerpos orgánicos de una gran complejidad, pertenecientes al reino animal y vegetal, que poseen la notable propiedad característica de producir ciertas transformaciones sin que al parecer las experimenten ellos.

(2) Llamamos fibrina a la materia albuminosa que resulta de la coagulación espontánea de la sangre fuera de los vasos.

Las operaciones sintéticas de los fermentos son :

*Desdobles de la molécula* del cuerpo ;

*Hidrataciones*, es decir, fijación de agua sobre las moléculas más sencillas, resultado del desdoble ;

*Oxidaciones*, es decir, fijación de oxígeno en los productos de la fermentación.

Las operaciones sintéticas son : *polimerizaciones*, o condensación de la molécula ; *deshidrataciones* ; *reducciones*.

En resumen, he aquí la acción de conjunto de la fermentación. Al contacto de los fermentos, las moléculas de albúmina, de gelatina, de almidón, etc., y las masas figuradas son desdobladas, sutilizadas y puestas en condiciones de pasar, por difusión, a través de la pared celular.

LA ASIMILACIÓN. — Cuando la disolución de las materias alimenticias se ha operado bajo la influencia de los fermentos, dichas materias se encuentran en estado de ejercer una acción química y pueden desde entonces servir para la construcción de la materia viva ; este fenómeno es el que se designa bajo el nombre de *asimilación*.

La *asimilación* admite ante todo la idea de un cambio de orden químico de las sustancias absorbidas, y de una relación, igualmente de orden químico, de esas sustancias con la materia viva preexistente.

Esta operación es una *síntesis*: en efecto, el medio facilita al ser vivo elementos que éste transforma. Adquieren en él una agrupación particular y finalmente se fusionan con él.

El hecho capital que hay que observar, es que el

ser vivo no absorbe ninguna de las materias en el estado en que le son presentadas: las destruye primeramente, las reduce a substancias simples, con las cuales recompone y forma su propia substancia.

No asimila, pues, más que principios químicos: unos llamados *plásticos*, son los cuerpos azoados cuaternarios que constituyen el protoplasma; los otros llamados *energéticos*; son los hidratos de carbono y otros cuerpos terciarios, destinados a suministrar la energía que el protoplasma utiliza.

Por el fenómeno de *ósmosis* los productos disueltos son puestos en estado de atravesar la membrana orgánica y de incorporarse a las células. Por difusión u *ósmosis*, se entiende, como es sabido, el hecho de que dos gases o líquidos, de diferente naturaleza y miscibles, forman por sí mismos una mezcla homogénea cuando se ponen en contacto uno con otro. Se habla ordinariamente de difusión, cuando los gases o los líquidos están en contacto inmediato; de *ósmosis* cuando están separados uno de otro por una membrana (1).

Gracias a este mecanismo, la substancia viva que tiene afinidad por las materias gaseosas o disueltas, las absorbe después de su difusión, a través de la membrana celular. La substancia viva no es difusible, pues forma parte de los coloides, únicos que tienen la propiedad de no ser difusibles a través de una membrana. Así, las materias nutritivas entran en la célula y se incorporan a ella, pero de ella no sale la substancia viva.

El proceso de la asimilación difiere según los dife-

---

(1) Verwon, *Physiologie générale*.

rentes alimentos absorbidos. Así la formación de la substancia viva de la célula de las plantas, es más larga que la del animal, pues la planta debe fabricar la albúmina tan compleja, con ayuda de las combinaciones orgánicas más simples: el ácido carbónico, el agua, las sales, el oxígeno.

El animal, al contrario, recibe completamente preparado el alimento albuminoide. Después que ha sufrido las transformaciones que precedentemente hemos indicado, la albúmina disuelta en los tejidos, arrastrada después a la sangre y retirada de ella por las células, es utilizada, sea directamente, pero en mínima parte, para fabricar la materia viva, sea en su casi totalidad como reservas.

LA DESASIMILACIÓN. — Mientras que en la *asimilación* de los diversos elementos de la materia viva, le son hechos semejantes, y se incorporan a ella, en la *desasimilación*, principios que formaban parte de la materia viva, son transformados hasta el punto de tomar un estado que, sin ser absolutamente el de los cuerpos de origen mineral, se aproxima mucho a él por la facultad de *crystalizar* (la úrea, el ácido úrico, por ejemplo).

Pero si sabemos con gran exactitud que la materia viva se descompone también, conocemos mal la manera como se verifica la destrucción, desde los albuminoides complejos hasta sus productos últimos.

Lo único cierto, es la relación que existe entre los dos fenómenos de construcción y de destrucción de la materia viva. Al propio tiempo que se compone esta substancia viva, se descompone; jamás puede establecerse el equilibrio, pues la materia permanece en

relación incesante con el medio, y, a causa de ello, intervienen incesantemente nuevas combinaciones.

La destrucción de la molécula de albúmina da origen a ciertos productos. Entre los materiales azoados: la úrea, el ácido úrico, el ácido hipúrico, la creatina y las bases nuclearias; entre los productos no azoados: las grasas, los hidratos de carbono, el ácido láctico y el ácido carbónico.

Estas transformaciones se hacen por desdoblamiento y síntesis, lo mismo en la célula vegetal que en la célula animal.

LA ELIMINACIÓN. — La célula *elimina* sus materiales por procedimiento inverso del que los ha absorbido.

Los monocelulares excretan sus productos con arreglo a un orden de contracciones que deriva de la vesícula contráctil; ésta se llena y vacía rítmicamente, según las contracciones de las paredes.

En los seres complejos, aparte de que cada célula elimina sus productos, hay células diferenciadas encargadas en todo el cuerpo de la excreción de las otras sustancias: las células del riñón, por ejemplo, que se apoderan de la úrea mezclada a la sangre y la rechazan hacia el exterior.

Se distinguen en la eliminación de las materias dos clases de productos: los productos de *secreción*, que tienen todavía un papel que desempeñar en la vida del organismo, y los productos de *excreción* que son inutilizables o perjudiciales, y como tales rechazados.

LOS PRODUCTOS DE SECRECIÓN. — Entre los productos de secreción, unos son mantenidos, sea en la célula

misma, sea en su superficie. En uno u otro caso tienen múltiples papeles que desempeñar. Entre los que abandonan la célula, se coloca a los fermentos, cuya acción esencial ha podido verse. La mucina (de la que se compone el mucus), cuyo papel es proteger la célula de los contactos exteriores y de sus influencias nocivas, sirve en la saliva, para facilitar el paso del bolo alimenticio al esófago.

El olor que despiden ciertas secreciones sirve para proteger al animal contra sus enemigos, o permite a la flor atraer a los insectos que ayudarán a la difusión del polen.

En los monocelulares, las secreciones efectuadas en la superficie del cuerpo les ayudan a sostenerse y a retener sus presas.

Las partes esqueléticas son producto de la secreción: en su mayoría no toman su forma sólida sino después de su salida de la materia viva; tales son: la celulosa de las células vegetales, el caparazón de quitina de los insectos, la concha calcárea de los foraminíferos, que se depositan en su exterior en forma de capa superficial.

Otros productos esqueléticos permanecen en el organismo después de su producción; son rechazados de la célula después de un tiempo más o menos largo en forma de agujas calcáreas, de conchas, etc.; tales son, entre otros, los elegantes esqueletos de los radiolarios (fig. 39). Las sustancias figuradas son rechazadas, en la amiba, entre otros animales, según un procedimiento que recuerda su absorción.

Las masas alimenticias no asimiladas, permanecen en la vesícula, de donde son rechazadas por los movimientos de arrastre de la amiba (fig. 40). La

secreción del mucus representa una forma intermedia entre la eliminación de las sustancias líquidas y la eliminación de las sustancias sólidas.

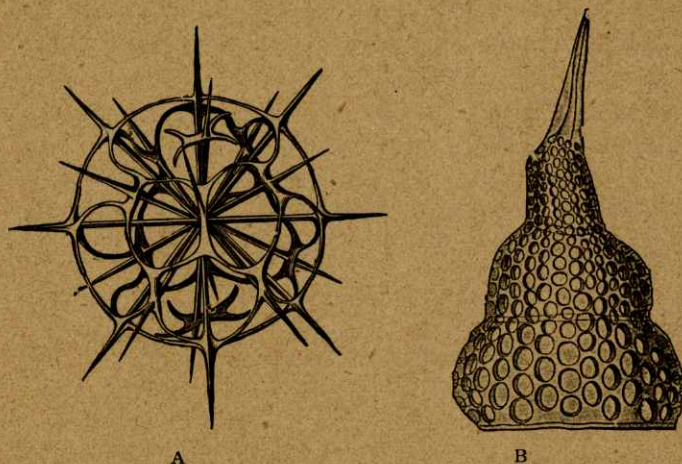


Fig. 39. — Esqueleto silíceo de radiolarios : A, *Dorataspis*; B. *Theoconus*

LOS PRODUCTOS DE EXCRECIÓN. — La expulsión de las materias excrementicias o residuos, se efectúa de distintas maneras :

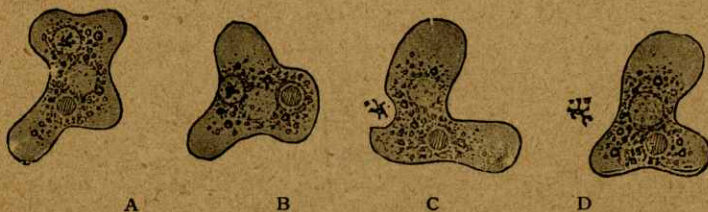


Fig. 40. — Ambas en cuatro estadios sucesivos de la excreción de un residuo alimenticio no digerido

1.º Bajo forma de elementos *gaseosos* con el *ácido carbónico* (por la respiración), producto de la oxi-

dación de la albúmina o de la fermentación de los hidratos de carbono.

No obstante de lo que se ha creído durante mucho tiempo, el mismo fenómeno se realiza también en las plantas. Basta para darse cuenta de ello analizar los productos en la respiración vegetal con ayuda de un gasómetro, mientras no tiene lugar la función clorofiliana, es decir, en la obscuridad. A la luz, en efecto, la *savia bruta* subida desde el suelo a las hojas, se transforma allí en *savia elaborada*; y, al mismo tiempo que de la respiración resulta una eliminación de ácido carbónico, se opera, por el hecho de la función clorofiliana, una excreción de oxígeno que oculta el fenómeno precedente.

2.º Por la excreción de alimentos *líquidos*. Lo primero que se elimina es el agua con las sales que contiene en disolución. No se puede observar esta excreción en una célula aislada, sino solamente en grupos de células. En las plantas, la transpiración se opera por los *estómatos* de las hojas; en el animal, por las glándulas sudoríficas y especialmente por el riñón.

Los productos *no azoados* de los albuminoides son, en su mayor parte, completamente oxidados y eliminados bajo la forma de gas carbónico de agua.

Los productos *azoados*, excepción hecha de una pequeña parte transportada en el sudor y en las materias excrementicias sólidas, son transformados en *úrea*, *ácido úrico*, *ácido hipúrico*, *creatina*, etc., o en bases xánticas que se encuentran en la orina.

Se puede, pues, analizando estos productos de la excreción, medir con relación a los ingeridos, el trabajo de transformación que se ha operado en el organismo, en condiciones dadas.

Se encuentran también en los cambios nutritivos, productos debidos a las bacterias que son llamadas *ptomainas*, de las que son las más conocidas las *toxinas*.

3.º Finalmente, las materias sólidas expulsan al exterior, aparte de los cuerpos no digeribles, algunos residuos de ázoe.

LOS CAMBIOS DE LA CÉLULA. — Aparte de los movimientos de conjunto que constituyen el fenómeno de la nutrición (ingestión, digestión, asimilación, desasimilación) cada célula es el centro de un ciclo de cambios que se efectúan entre ella y su medio, y entre el núcleo y el protoplasma que lo constituyen. Es en extremo complicado el mecanismo de esos cambios, y no son ni siquiera conocidas todas sus fases. Se puede reducir a un esquema las relaciones recíprocas de los tres factores que entran en juego: el medio, el protoplasma, el núcleo. «La célula recibe del exterior ciertas sustancias de las que una parte (*a*) sufre desdobles y síntesis en el protoplasma a causa de su encuentro con otras sustancias allí ya existentes.

De las sustancias resultantes en estas transformaciones, una parte (*b*) es seguidamente eliminada como inutilizable; otra parte (*c*) queda en el protoplasma para ser empleada en él ulteriormente; una tercera parte (*d*), por el contrario, es trasladada al núcleo. Aparte de esto, el núcleo recibe además, una parte de sustancias procedentes del exterior y que han atravesado el protoplasma (*e*) sin experimentar modificación.

Las materias que entran en el núcleo (*d+e*) su-

fren, por su parte, en el interior de este último, ciertas modificaciones, de las que resultan otras sustancias que, en parte, son repelidas hacia el exterior sin haber sido modificadas por el protoplasma (*f*), en parte vuelven al protoplasma para encontrar allí un empleo ulterior (*h*), y en parte se quedan en el mismo núcleo (*g*) (fig. 41) (1). »

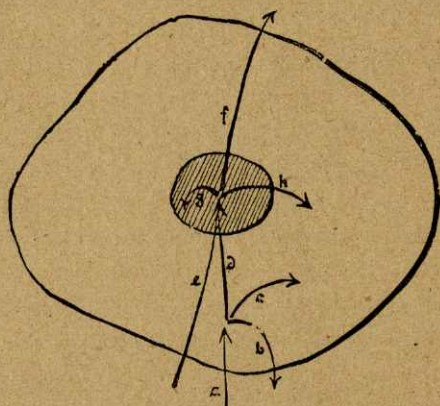


Fig. 41. — Esquema de los cambios de las células. (Las flechas indican la dirección del curso de las materias).

El esquema da una idea aproximada de las estrechas relaciones que existen entre el protoplasma y el núcleo, y de las complejas combinaciones de que son centro. Tan estrecho es este encadenamiento, que si uno de los eslabones de esta cadena de los cambios se modifica, resultan de ello perturbaciones tales que pueden ocasionar la muerte.

Se ha observado, no obstante, que a despecho de la estrecha relación del protoplasma y del núcleo

(1) Verworn, *Physiologie générale*.

persistían todavía ciertos procesos en el protoplasma después de la supresión del núcleo; esto es, que existen en el protoplasma ciertas cantidades de sustancias integradas por el núcleo que continúan obrando; una vez consumidas, se paralizan los cambios y la célula muere.

RESUMEN. — El fenómeno de la nutrición nos hace ver que la vida es un hecho de orden molecular ante todo, y que, por otra parte, no conoce el estado estático. Las sustancias plásticas o albuminoides, como las sustancias energéticas (grasas e hidratos de carbono), están sometidas a una renovación perpetua; experimentan una desasimilación continua, contrabalanceada por una asimilación paralela. La trama de los tejidos se disgrega y se reconstruye molecularmente; en el ser vivo evoluciona la energía a través de los órganos sometidos también a una evolución interior. El estudio del fenómeno de la nutrición pone en claro el hecho de que la máquina viviente funciona gracias al aporte de combustibles que transforma por procedimientos físico-químicos, en energía potencial o actual que condiciona su actividad. Por lo demás, hemos dado ya, estudiando el movimiento, que es la fase de gasto de energía acumulada por la sustancia viva en su fase de nutrición, otra demostración concordante de estos hechos.

LA REPRODUCCIÓN. — Otro carácter común a todos los seres vivos, reside en la generación. Todo ser viviente, sea el que fuere, sale de otro ser vivo a él semejante, que goza también de la facultad de reproducirse y de dar vida a un ser que se le asemeja.

La generación se manifiesta bajo dos formas: es sexuada o asexuada. Pero en uno o en otro caso, se produce siempre por división celular, y no es más que una consecuencia del fenómeno de acrecentamiento.

LA DIVISIÓN DIRECTA. — Estudiando la célula hemos visto anteriormente de qué manera se reproducían esos organismos elementales. Cuando a consecuencia de los aportes nutritivos, la célula, en la que las pérdidas son menores que las adquisiciones, ha alcanzado el grandor máximo del cual no puede exceder, se divide, pues, se reproduce. Durante la división el núcleo y el protoplasma son sucesivamente asiento de las mismas transformaciones: adquieren en un principio una forma prolongada, después se estrangulan hasta no quedar soldados más que por un hilo delgado que, pronto se rompe. Entonces se ve como se hacen visibles células-hijas, más pequeñas que la célula-madre, que pronto aumentarán para, una vez alcanzada su división máxima, escindir-se de nuevo: este es el fenómeno de la *división directa* (fig. 42).

LA DIVISIÓN INDIRECTA. — Llámanse división *indirecta*, cuando va acompañada en el núcleo de una serie de transformaciones definidas, llamadas fenómenos de karyokinesis, cuyo proceso tiene por término la separación de la célula-madre en dos células-hijas, ambas desprovistas igualmente de una parte de núcleo y de una parte de protoplasma. Este fenómeno de karyokinesis es, con el de la nutrición, la actividad más importante de la célula; el detalle muestra al mismo tiempo que la complejidad, la perfección de la actividad de los organismos elementales.

Se llama Karyokinesis (1) de *karyos*, (núcleo), y *kinesis* (movimiento), el acto por el cual una célula se divide ella misma en dos células idénticas,

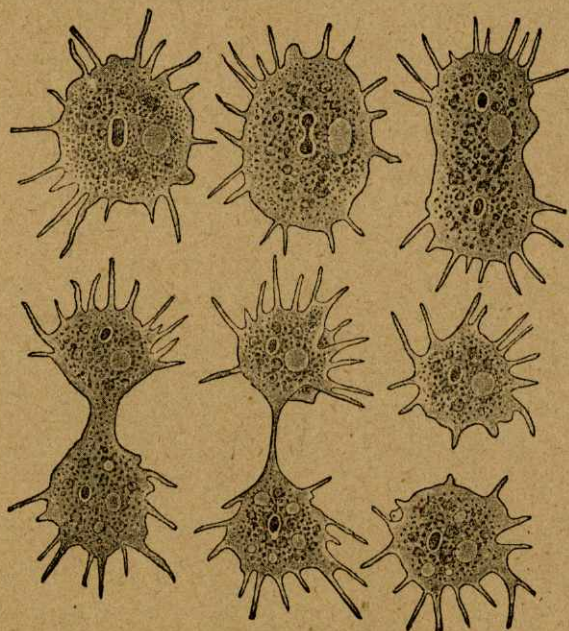


Fig. 42. — *Amaba polypodia* en seis períodos sucesivos de división. El cuerpo oscuro rodeado de un halo claro en el interior de la célula, es el núcleo, el cuerpo pálido, es la vesícula contráctil.

después de haber sido el centro de una serie de transformaciones especialmente semejantes. No tendremos en cuenta las variedades de detalle, y referiremos todos los tipos a un solo proceso.

(1) La palabra *karyokinesis* se aplica exclusivamente a la división del núcleo. En él es donde se realiza el acto esencial. Algunos autores la designan con otros nombres: *mitosis* (Flemming), *cinesis* (Carnoy); Hennequy, la llama *citodícrexis*, para recordar todos los actos de separación que se verifican en toda célula.

Para la facilidad de la exposición y para acomodarnos al método de la mayoría de los autores, distinguiremos en la karyokinesis cuatro períodos, recordando, no obstante, que son completamente artificiales:

1.º La *profasia* o fase preparatoria de la división;

2.º La *metafasia*, durante la cual los elementos del núcleo se disponen para la división ulterior;

3.º La *anafasia*, en el curso de la cual el material del núcleo es distribuido a las dos futuras células hijas;

4.º La *telofasia*, en que las dos células-hijas se separan una de otra y vuelven al estado de reposo celular (1).

Pero en vez de trazar el esquema general de este acto, como se hace ordinariamente en los libros clásicos (2), preferimos exponer uno de los casos de karyokinesis mejor estudiados.

Esto nos ofrece tres ventajas: 1.ª, el acto íntegramente reseñado da una idea más exacta del fenómeno que un esquema general, que es tan sólo una aproximación lejana; 2.ª, este procedimiento de aproximación real se acomoda mejor al plan y finalidad de esta enciclopedia; gracias a esta selección podremos servirnos de las hermosas figuras de M. Prenant.

Tomaremos como ejemplo de este estudio, la

---

(1) Tomamos esta división de la obra de Prenant. En dicha obra, desde la página 681 a 770 se encontrará un estudio tan completo como pueda desearse y de una gran claridad de la karyokinesis.

(2) Está particularmente bien tratada bajo esta forma, en la obra clásica de M. M. Mathias Duval y Paul Constantin, *Anatomie et Physiologie animales*.

*karyokinesis*, de las células de un batracio, de la voluminosa espermatogonia de la «salamandra maculosa», porque esta célula es bastante elevada en organización, para permitirnos seguir los diversos momentos del acto y considerarlo en su complejidad.

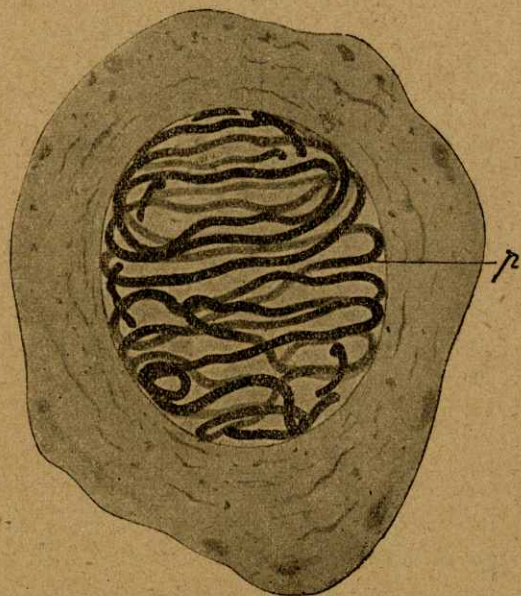


Fig. 43. — Gran espermatogonia de *salamandra maculosa* en estado de espiroma. La cromatina se ha dispuesto en forma de filamento continuo y apclotado. Aumentada 1.500 veces.

1.º *Profusia*. — El filamento del núcleo que hemos llamado *cromático*, aumenta de una manera considerable (fig. 43). Si se le somete a la acción de los colorantes, a fin de hacerle visible con el microscopio, se ve al propio tiempo que se acrecienta su avidez por las materias colorantes. Los granos cromáticos, cuyo rosario o sarta constituyen el *filamento*,

aumentan de tamaño, luego se sueldan; este filamento, una vez formado, se secciona en fragmentos llamados cromosomos (1) (fig. 44). La membrana nuclear desaparece y el jugo nuclear se mezcla con el

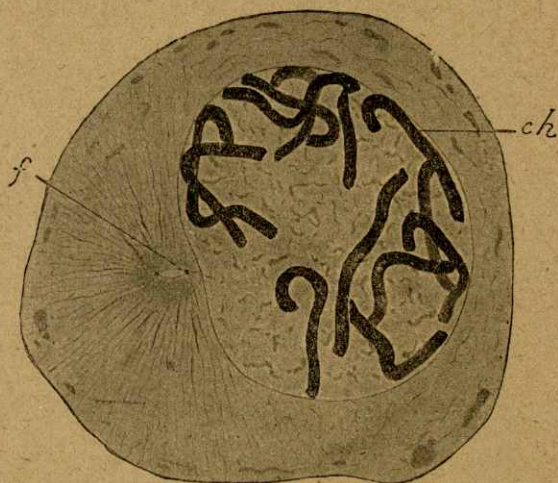


Fig. 44 — Espermatogonia de la salamandra. El espírema se ha dividido transversalmente en una serie de cromosomos diversamente enlazados unos con otros, *ch*. Al lado del núcleo, los dos centrosomas se han apartado uno de otro; entre ellos se distingue un punto claro limitado lateralmente por dos bordes oscuros y lineales. Es el boceto del huso, *f*. Alrededor de estas formaciones irradian finos filamentos citoplásmicos que constituyen el primer rudimento de la figura estrellada. Aumentaca 1.500 veces.

protoplasma de la célula. Este hecho prueba bien que si el núcleo desempeña un papel capital en la reproducción de la célula, su actividad está ligada, no obstante, y de una manera estrecha, a la del protoplasma.

Los cromosomos así constituídos se dividen en el sentido de su longitud, conservando la forma de una V

(1) Palabras sinónimas (Waldeyer) *segmentos nucleares*, (O. Hertwig) *fibrillas cromáticas*.

cuya punta está dirigida hacia el centro de la célula (fig. 45). Al propio tiempo que se realizan estos fenómenos, se ve aparecer en el protoplasma dos corpúsculos muy ávidos de materias colorantes: los

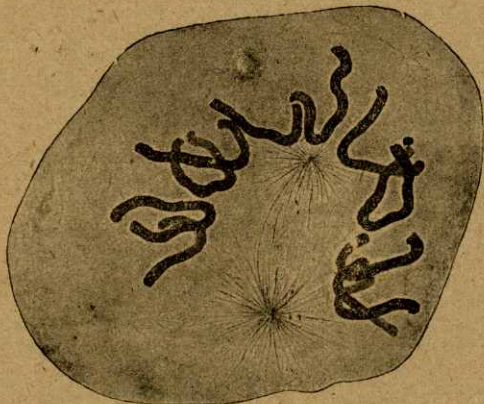


Fig. 45. — Esbozo del huso central más desarrollado; en su masa se diferencian un gran número de fibras, las futuras fibras del huso central. Aumentada 1,00 veces.

*centrosomos* (fig. 46); a su alrededor se distinguen irradiaciones que aumentan hasta la periferia, rechazando el núcleo del centro de la célula. En su lugar aparece una formación radiada: la *estrella*.

Al propio tiempo las fibrillas nacidas de los elementos del núcleo, unen los dos centrosomos a los diversos cromosomas y forman así las *fibras del manto*.

Los dos centrosomos se apartan uno de otro, pero quedan unidos por una especie de *huso* (fig. 47), sobre el cual los cromosomas van a colocarse de dos en dos, con la punta de su V dirigida hacia la parte ecuatorial de los filamentos del huso (figs. 48 y 49).

«Según la explicación generalmente adoptada

acerca de la *colocación en el huso* de los cromosomos, éstos son atraídos alrededor del ecuador del huso por la tracción de las fibras del manto, que se encogen poco a poco, rodean a la manera de un cono filamentososo las dos mitades del huso central, y arrastran así

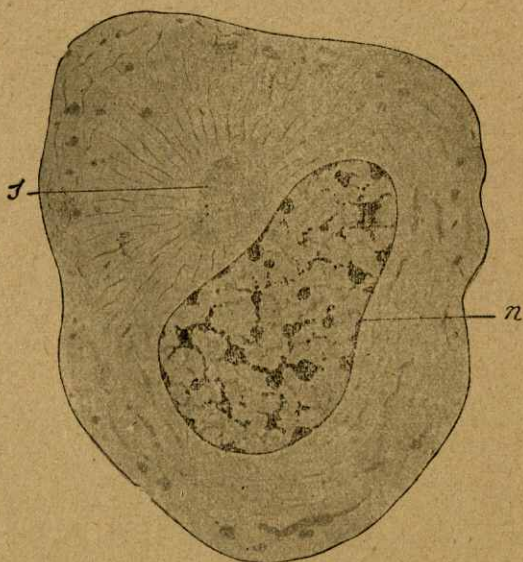


Fig. 46.—Gran espermatogonia de *salamandra maculosa*. La cromatina del núcleo en reposo está distribuida regularmente en la superficie del retículo de *linena*. Al lado del núcleo *n* se encuentra una masa oscura, la esfera o *idiozomas*, en la cual se observa dos granos negros. Son los centrosomos. Aumentada 1,500 veces.

los segmentos cromáticos, a los cuales están primitivamente adheridos (1). »

2.º *Metafasia*.— En este momento, la célula en vía de seccionamiento, presenta un aspecto especial

(1) *Traité d'histologie*, Prenant.

que está reproducido esquemáticamente en la figura 50. Se ven en ella las relaciones de actividad del protoplasma y del núcleo, puesto que las fibras del huso central (marcadas en la figura con rasgos llenos), son de origen protoplasmático, y que las fibras del manto son de origen nuclear.

3.º *Anafasia*.— Hemos dicho que las asas en forma de V (cromosomos), se han partido, es decir, separado en el sentido de su longitud, desde el comienzo del acto. En dicho momento, esas asas gemelas se sepa-

ran, y siguiendo, una en un sentido, la otra en el inverso, las fibras del huso central remontan hacia los centrosomos (figs. 51 y 52). En lugar de una corona ecuatorial se distinguen dos que se alejan en sentido inverso y regularmente. La célula se prolonga al propio tiempo que las fibras del huso central, pero como ella deja de aumentar más pronto que las fibras, éstas adquieren forma ondulada (fig. 52).

4.º *Telofasia*.— Habiendo llegado las dos coronas de asas cromáticas a los centrosomos, pierden su

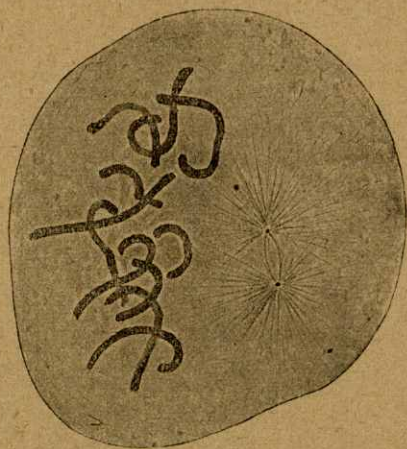


Fig. 47.— Gran espermatogonia de la salamandra. La membrana nuclear ha desaparecido y los cromosomos están diseminados en el citoplasma, al nivel del área nuclear. Entre los corpúsculos centrales se encuentra una figura fusiforme, de aspecto claro: es el esbozo del huso central. Alrededor de los centrosomos se han centrado un gran número de filamentos acromáticos: son los *asters* (estrellas) Aumento de 1,200 veces.

configuración regular; se enlazan las asas, se juntan por sus extremidades (fig. 54) y, rodeándose de la membrana nuclear, toman la apariencia de dos núcleos idénticos a la célula madre. Al propio tiempo que

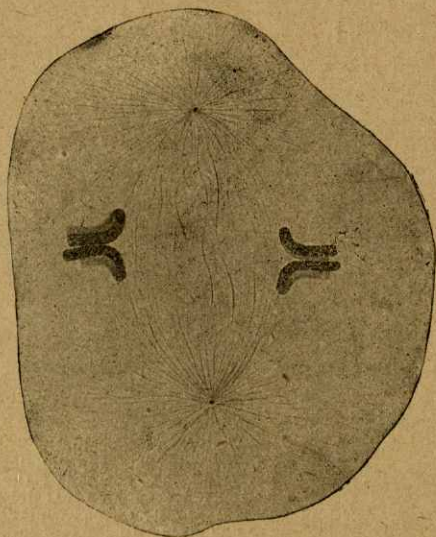


Fig. 48. — Gran espermatogonia de salamandra. Estudio de la placa ecuatorial. Para hacer más comprensibles las relaciones de los cromosomos con el huso central, se ha representado solamente dos cromosomos dobles vistos de perfil. Aumentada 1,200 veces.

las fibras del huso central se atenúan y desaparecen; la esfera o *idiozoma*, de la que saldrán más tarde los dos centrosomos que orientarán una nueva bipartición, aparece en la vecindad de cada nuevo núcleo. Habiendo adquirido el último la forma de herradura, en sus ramas o brazos se colocan los dos centrosomos, ya divididos para una bipartición futura.

La célula ha comenzado a dividirse desde que las coronas de asas cromáticas han llegado a los centro-

somos. Seguidamente se produce un estrangulamiento en su parte ecuatorial, y se separa bien pronto completamente en dos células-hijas (1).

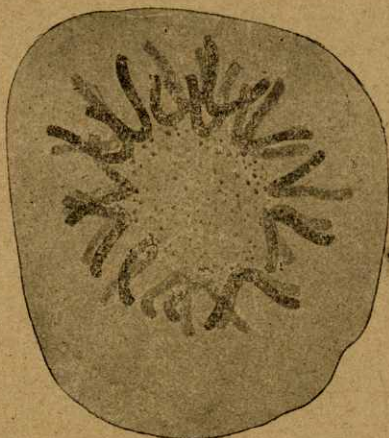


Fig 49. — Placa ecuatorial vista de frente. En el centro de la figura se observa un gran número de puntos que representan el corte de las fibras del huso central. Alrededor de esta zona se encuentran los cromosomas en forma de V, cuyas cimas están orientadas hacia la periferia del huso central. Aumentada 1,200 veces.

Estos fenómenos, muy curiosos por su complicación y su regularidad, nada tienen, sin embargo, de misterioso; son fenómenos puramente físicos, determinados por la constitución de la célula, y tan poco particulares de la materia viva, que en células no vivientes M. St. Leduc ha podido reproducir una karyokinesis experimental (figs. 55, 56).

Tal es en toda su complejidad el fenómeno de la karyokinesis. Es uno de los modos de la función de reproducción, y encontraremos gérmenes de ella en

(1) Para la explicación, todavía muy difícil de dar, de estos fenómenos, véase *La dynamique des Phénomènes de la Vie*, por Jacques Loeb.

todos los seres monocelulares. No hemos estudiado esa manera de reproducción más que en la célula animal, pues se encuentra muy semejante en las células

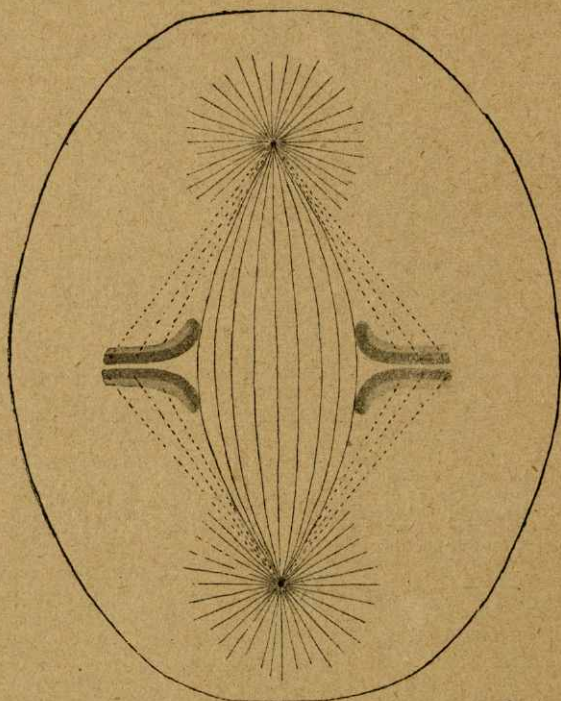


Fig. 50. — Metafasia. Figura esquemática. En los extremos del huso central se distinguen los corpúsculos polares con sus irradiações astéricas. Las fibras de la capa marcada con puntitos se insertan sobre los cromosomas de la corona ecuatorial.

vegetales, como lo prueba la figura 57, que nos muestra el huso central y en donde se ve como las asas se agrupan sobre los centrosomas. Pero la reproducción no es una propiedad exclusiva de la célula; todos los seres vivos poseen la condición de reproducirse

siguiendo análogo proceso. Los diferentes modos de reproducción, no son otra cosa sino una división celular.

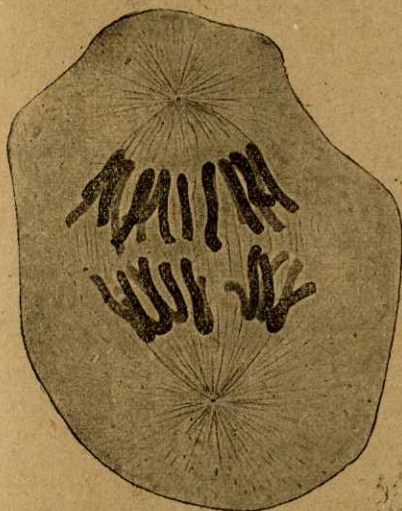


Fig. 51. — Gran espermatogonia de la salamandra. Anafasia. La corona ecuatorial está desdoblada en dos coronas hijas, cuyos cromosomas constitutivos comienzan su movimiento de ascensión polar. Aumentada 1,200 veces.

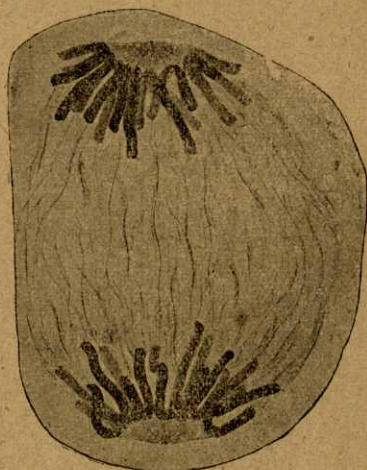


Fig. 52. — Gran espermatogonia de la salamandra. Anafasia. Los cromosomas han terminado su movimiento de ascensión polar; las fibras del huso central se han aumentado considerablemente y han tomado una forma ondulada. Aumentada 1,200 veces.

LAS FORMAS DE SEGMENTACIÓN EN LA DIVISIÓN INDIRECTA. — La división indirecta, tan extendida en las formas celulares, se presenta bajo aspectos que se pueden reducir a cuatro tipos principales.

La segmentación es total; y entonces las células hijas, separadas por un tabique, presentan tipos perfectamente acabados, que pueden ser, según los casos, de igual dimensión (fig. 58) o de dimensión desigual (fig. 59). En la separación total por gema-

ción, como se observa en ciertos coelenterados, se forma en un lugar del cuerpo un botón o yema, que bien pronto se desprende y es el punto de partida de un nuevo individuo (fig. 60).

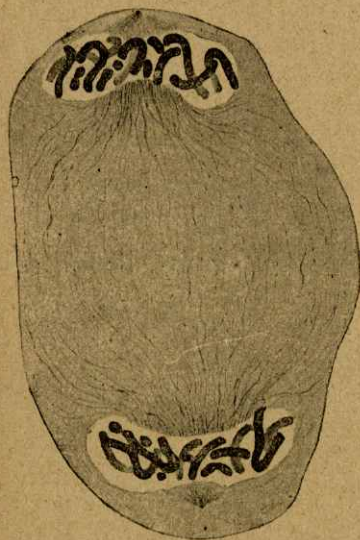


Fig. 53. — Gran espermatogonia de la salamandra. Telifasia. Estado inicial de la reconstitución de los núcleos. Aumentada 1,200 veces.

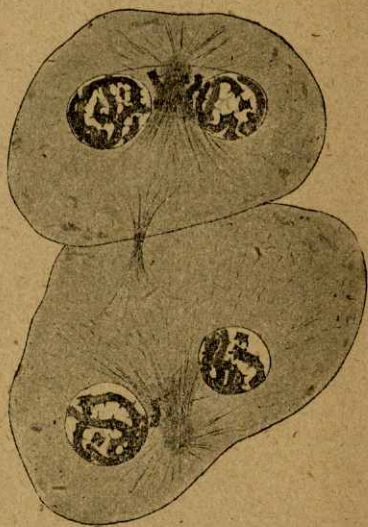


Fig. 54. — Gran espermatogonia de la salamandra. Telifonia. Los núcleos están reconstituídos y rodeados de su membrana envolvente; han tomado la forma de herradura en cuya concavidad se localizan los corpúsculos centrales ya desdoblados, y un conjunto protoplásmico producido sin duda por la condensación de las irradiaciones en forma de astro. Es la esfera o idiozoma. Aumentada 1,200 veces.

*La segmentación es parcial* cuando las células hijas están adheridas por su base a una masa de protoplasma común.

*La segmentación es simultánea* cuando, como entre los protistas, la célula da origen a *esporos*, que, for-

mados por la descomposición del núcleo en una infinidad de pequeños núcleos que se rodean de protoplasma, reproducen, después de haber quedado libres, la especie de la cual derivan (fig. 62).



Fig. 55.—Fenómeno de karyokinesis artificial. Formación del espírema. Experimento de M. Steph. Leduc. Clisé facilitado por el autor.



Fig. 56.—Fenómeno de karyokinesis artificial. Formación del huso nuclear y orientación de los cromosomas en el plano ecuatorial. Experimento de M. Steph. Leduc. Clisé facilitado por el autor.

Esos seres que se reproducen por la formación de esporos y no por simple crecimiento, como los otros monocelulares, nos presentan un periodo o estado de evolución más complejo, próximo al desarrollo de los organismos de generación sexuada. Se puede seguir ya en ellos la evolución del huevo, pues para asemejarse a la célula madre los esporos pasan por una serie de transformaciones. El hecho es muy visible en ciertos infusorios ciliados en forma de habichuela, y que, llegados a su máximo de desarrollo, se *enquistan*, es decir, se rodean de una envoltura espesa o *quiste*, en el interior del cual el cuerpo se reduce gradualmente para resolverse en esporos, que,

expulsados, dan cada uno de ellos origen a un nuevo individuo, que, después de haber pasado por una serie de formas, alcanza en último grado la de un infusorio ciliado (fig. 62).

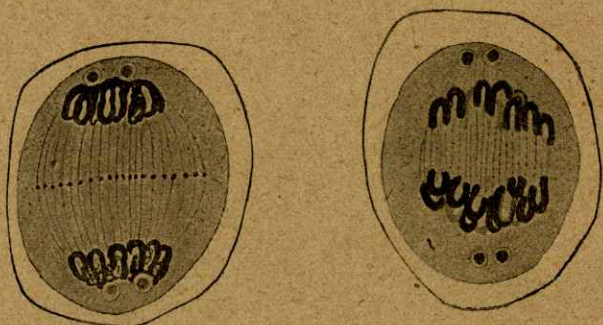


Fig. 57. — Karyokinesis de las células madres del polen en *Lilium*. Anafasia. En las extremidades fusoriales se observa la existencia de los centros cinéticos marcados y desdoblados ya.

En fin, la segmentación es llamada de reducción, cuando acaba por la formación de óvulos y de espermatozoides, después de haber dado por división primera y regular células *espermatomadres*.

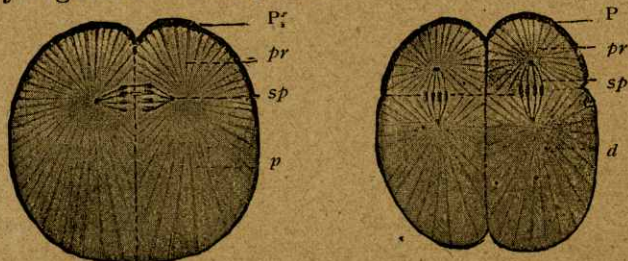


Fig. 58. — Segmentación de un huevo de rana: P, superficie pigmentosa del huevo; *pr*, polo protoplásmico; *d*, polo rico en vitelo (yema de huevo); *sp*, huso nuclear.

LA GENERACIÓN ASEXUADA. — La generación asexual es la de todos los seres monocelulares en los

que se opera la división, como hemos visto, por la segmentación de una célula madre en células hijas y la de algunos seres pluricelulares inferiores, los gusanos, por ejemplo. En efecto, ciertos gusanos se reproducen por *escisión*; su cuerpo se segmenta en

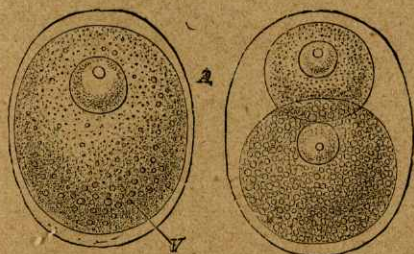


Fig. 59. — Segmentación desigual del huevo de un gusano; A, polo protoplásmico; V, polo rico en vitelo.



Fig. 60. — Formación de yemas en un pólip.

diferentes partes, y cada uno de los productos de la segmentación da un individuo completo. En otros pluricelulares, como más arriba hemos indicado, la reproducción se efectúa por *gemación*.

LA GENERACIÓN SEXUADA. — En los seres más elevados en organización, se opera una división de las funciones generatrices, en función masculina y función femenina. La célula especial, que se ha diferenciado en el curso de la evolución, está caracterizada por la función reproductora. Desde aquel punto el procedimiento es más complicado: un órgano fecundante, el *espermatozoide* (fig. 63), y un órgano fecundado, el *óvulo*, deben fusionarse, y de su fusión y de la división celular que determina, es de donde nacerá el nuevo individuo. Se observa, sin embargo,

un caso, el de la *partenogénesis*, en que huevos no fecundados dan origen a seres aptos para la vida. Ciertos crustáceos, ciertos pulgones asexuados (pseudohembras), producen huevos que no habiendo sido fecundados dan crustáceos y pulgones semejantes.

Todo autoriza a suponer el huevo constituido por la reunión de los dos elementos: un macho y una hembra.

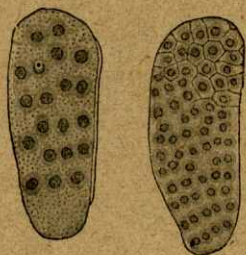


Fig. 61. — Formación de un gran número de células por segmentación del huevo de un insecto en dos estadios o períodos sucesivos.

LA CONJUGACIÓN. — Este fenómeno de fusión de dos células que resulta, en la generación sexual, de la división del trabajo operada en el desarrollo de las especies, se encuentra en otras partes, y para otros efectos:

es decir, el *rejuvenecimiento* de las células envejecidas.

En ciertos organismos inferiores se ven, en efecto, células que se fusionan a fin de efectuar el rejuvenecimiento de sus propios elementos (1).

Hay pláستidas e infusorios ciliados, que, después de cierto número de biparticiones, presentan señales de degeneración; parece que ya no les es posible la asimilación. Desde entonces en adelante no pueden ya crecer ni reproducirse. Entonces interviene para ellos un fenómeno nuevo que les devuelve sus perdidas facultades. Examinados esos organismos, se aprecia que les afecta lo que se ha llamado *una epidemia de conjugación*; se atraen, después se acoplan. Su núcleo

(1) E. Maupas. — «El rejuvenecimiento karyogámico en los ciliados» — *Archives de zoologie experimentale*, VII, 1889, 2.<sup>me</sup> Série y Vol. II, 1888 2.<sup>me</sup> Série.

principal o funcional se descompone, luego se disuelve en el protoplasma, mientras que sus núcleos accesorios que, hasta entonces no han ayudado a ninguna de

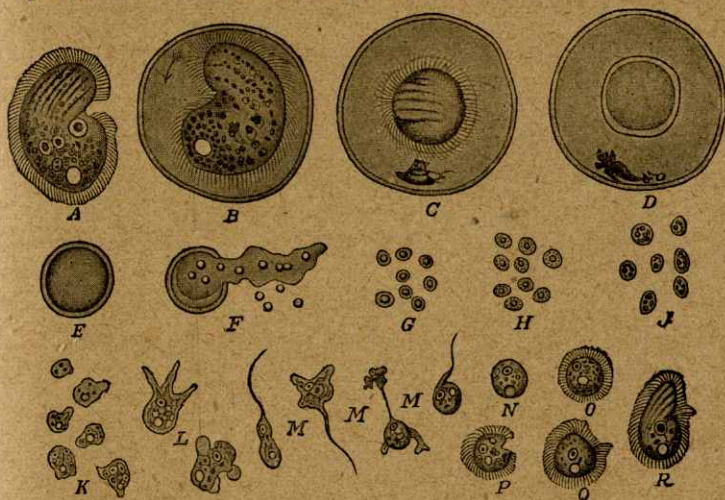


Fig. 62. — Desarrollo del *Colpoda cucullus*. A) Colpoda. B) El colpoda, al formar los esporos se rodea de una envoltura espesa o quiste. C) Después de haber expulsado todas las partículas nutritivas, se contrae formando un cuerpo esférico. D) Después de haber perdido sus pestañas se cubre con una segunda envoltura más pequeña. E, F.) El contenido de esta segunda envoltura se resuelve en esporos que hacen estallar la cápsula y quedan en libertad. H, I, J, K, L) Cada esporo da origen a un nuevo individuo, que se arrastra, come, crece. M) Se adorna con un largo apéndice vibrátil con el cual nada. N) Se recoge en una pequeña célula globulosa. P, Q, R) Esta se recubre en su superficie de pestañas vibrátiles, y, aumentando, adquiere poco a poco la forma de un colpode.

las manifestaciones de la vida, entran en actividad y se dividen.

Cambian entonces sus núcleos las dos plástidas de manera tal, que cada individuo después de la conjugación encierra un núcleo femenino que le pertenece en propiedad, y otro masculino que le ha proporcionado su agregado. En cada uno de ellos se reforman seguidamente el núcleo principal o funcional y el núcleo accesorio de reserva.

Desde aquel punto la plástida rejuvenecida puede asimilar de nuevo y dividirse.

Este fenómeno de conjugación observado en los protozoarios, se produce también en los metazoarios, con la diferencia que, en la fecundación, permanecen las células unidas y forman un ser dotado de vida. « Además, en estos seres sólo algunas de las plástidas de una generación muy remota e indeterminada, tienen la propiedad de volver a ser, por *rejuvenecimiento karyogámico*, un huevo, punto de partida de una nueva serie de biparticiones, es decir, de un nuevo metozoario (1). »

Los fenómenos de la reproducción en los órganos sexuales derivan de ese proceso.

LA FECUNDACIÓN. — La reproducción sexual presenta dos estados que se preceden o se siguen, según las especies estudiadas: la *madurez* y la *fecundación*.

En la *ascáride* del caballo, por ejemplo, la madurez del huevo no tiene lugar sino después de la fecundación e introducción del espermatozoide en el óvulo; mientras que en cuanto al huevo del erizo de mar, la madurez precede a la fecundación: está ya realizada a la entrada del espermatozoide.

No insistiremos más acerca de las variaciones de detalle que determinan uno y otro caso; indicaremos tan sólo en sus líneas generales el proceso del acto de la fecundación. La fecundación ha podido ser estudiada en huevos de erizo de mar, en los que las células sexuales, en vez de estar encerradas en el organismo, están en estado libre. Llegadas al estado de

---

(1) Le Dantec, *La matière vivante*.

madurez se desprenden del erizo y flotan en el agua del mar, donde se opera su fusión.

La célula hembra u *óvulo* es una célula grande, de forma redondeada (fig. 64, I), o amiboide (figura 64, II), de abundante protoplasma y núcleo vesiculoso; la célula macho o *espermatozoide* es, en comparación, una célula de muy reducido tamaño, compuesta de un núcleo y de una mínima cantidad de materia protoplasmática. Está formada por una cabeza y una cola y dotada de movimientos propios que le sirven para dirigirse al encuentro del óvulo. La fecundación consiste en la fusión de un espermatozoide y un óvulo; los dos núcleos y los dos protoplasmas se mezclan, luego se segmenta el huevo en sus dos primeras mitades, que a su vez se subdividen, recibiendo cada parte materiales de las células machos y hembras fusionadas, lo mismo de substancia protoplásmica que nuclear.

Tiene, pues, todo organismo pluricelular su punto de partida en el desarrollo gradual de una célula única: el óvulo fecundado. La evolución del fenómeno de la reproducción se aprecia fácilmente; en los monocelulares se efectúa por la simple división de la célula, pero en algunos, como los protistas, se observa ya una fase de complicación con el *enquistamiento* y la *formación* de los esporos (fig. 62). En los pluricelulares, a consecuencia de la división del trabajo, se diferencia una célula, que es el órgano sexual masculino o femenino. En ciertas especies, como en los erizos de mar, la fecundación está entregada al azar, pues es en el mar donde se encuentran los elementos sexuales que flotan en él con entera libertad.

En los seres más elevados en organización, los

productos masculinos son depositados en una cavidad especial, donde encuentran los productos femeninos. En resumen, he aquí, según M. Le Dantec, la idea más general que hay que formarse del fenómeno de la reproducción: «La generalidad del proceso de la reproducción sexual me ha llevado a pensar que el mismo fenómeno de la vida elemental manifestada, la asimilación, contiene los elementos del fenómeno sexual; en otros términos, que la misma substancia viva es *bipolar*, que su molécula contiene un polo masculino y un polo femenino, y que, un elemento sexual maduro no contiene ya, en lugar de moléculas completas, más que los polos del mismo nombre de las moléculas del individuo reproductor; por consiguiente que dos elementos de sexo opuesto y de la misma especie son complementarios, y se completan, en efecto, en el acto de la fecundación (1)».



Fig. 63. — Espermatozoide de pavo; *t*, cabeza; *c*, filamento caudal; *i*, pieza intermedia de la cabeza a la cola. Aumento de 500 diámetros.

#### Cuadro que resume los diferentes modos de reproducción

##### 1.º LA GENERACIÓN ASEXUADA.

Se la puede definir diciendo que es un modo de acrecentamiento celular.

Se efectúa :

a) por *gemación* o *gemiparidad* (en los pólipos, los gusanos, etc.)

En la superficie del organismo se produce una hinchazón organizada, o yema, que aumenta, y forma un nuevo individuo.

(1) Le Dantec, *Les influences ancestrales*.

Este puede desprenderse (las hidras) o permanecer unido al generador (*colonias*),—por ejemplo, los coralarios (fig. 63).

b) por *escisiparidad*. — El órgano generador se divide en dos mitades, después desaparece dando origen a dos nuevos organismos (pólipos, gusanos)...

c) por *esporos* o gérmenes (1). — Es, como se ha dicho, una «gemiparidad interna». Se produce en el interior del organismo una célula germinativa, que, puesta en libertad, da un organismo perfecto (vegetales, criptógamas, infusorios).

2.º LA GENERACIÓN SEXUADA. — Al revés de lo que acontece en la generación por esporos, se requiere en la generación sexual el concurso de dos gérmenes: uno masculino (el espermatozoide), el otro femenino (el óvulo). Su fusión constituye el acto de la fecundación. Se exceptúa un caso en el que la reproducción se verifica sin fecundación, y es el de la partenogénesis.

3.º LA GENERACIÓN ALTERNANTE O METAGÉNESIS — Se observa una alternancia de la generación sexual y de la generación asexual, en muchos animales inferiores (pólipos, lombrices intestinales, etc).

En la serie de las generaciones se encuentran individuos alternativamente sexuales y asexuales; los primeros nacen por generación asexual (germinación, escisiparidad, esporos), los otros de un óvulo fecundado por un espermatozoide.

---

(1) Haeckel da a esta generación el nombre de *esporogonia*.

## CAPÍTULO VI

### El carácter evolutivo, la senilidad y la muerte

El ser vivo evoluciona ; está en vías de perpetuo cambio. No es al principio más que una partícula de reducidas dimensiones ; después aumenta, se transforma, declina y perece.

Originario de un individuo antecedente, que a su vez procede de un antepasado, sin que jamás podamos remontar al generador primero, no comienza por estar completamente formado. Pero desde el instante en que le observamos en vías de formación, nos es permitido seguir la marcha de sus transformaciones hasta un término fijado.

Los estudios consagrados al acrecentamiento celular y a la reproducción, nos han mostrado las formas primeras del ser viviente, ya se forme por la escisión de una célula en dos células hijas, ya proceda de un huevo ; y seguidamente sus metamorfosis del estado de huevo al estado adulto.

No volveremos sobre lo que se ha dicho ; y así no insistiremos aquí más que acerca de los caracteres últimos de su evolución : la senilidad y la muerte.

Cuando llega a faltar una de las condiciones vitales, los fenómenos de la vida se paralizan. Llamamos a esto cesación de la vida, a ese cambio de estado, *la muerte*.

Estudiaremos el fenómeno de la *necrobiosis* (1) en la célula, así como lo hemos hecho tratándose de las formas elementales de la vida.

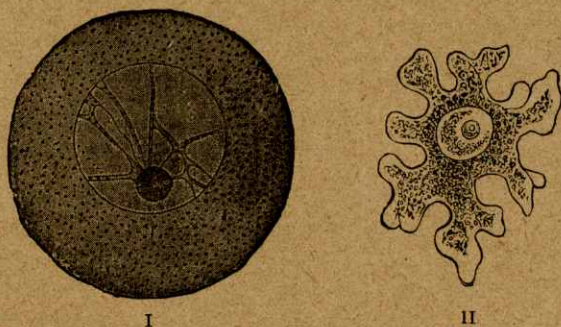


Fig. 64. — Células-huevos: I. Célula-huevo redonda de erizo de mar; II. Célula-huevo amiboide de una esponja calcárea.

• LA NECROBIOSIS EN LA CÉLULA. — Uno de los procesos más sencillos de la degeneración celular es la *atrofia* (fig. 64).

A consecuencia de una ruptura de equilibrio, los cambios nutritivos se restringen, y al propio tiempo se detiene la producción de la sustancia viva.

Como que no se repone la célula, se reduce progresivamente, decimos entonces que se atrofia. Este fenómeno es característico en las fibras musculares, en las que paulatinamente desaparecen por la mezcla de las sustancias las estrías transversales, y en que la fibra adquiere el aspecto o la apariencia de una pequeña masa redondeada que se disloca hasta la descomposición total (fig. 66).

(1) Es difícil fijar mediante un límite marcado el punto en que comienza la muerte y cesa la vida. Por esta razón Schultz y Virchow han designado ese paso de la vida a la muerte con el nombre de *necrobiosis*.

## CAPÍTULO VI

### El carácter evolutivo, la senilidad y la muerte

El ser vivo evoluciona ; está en vías de perpetuo cambio. No es al principio más que una partícula de reducidas dimensiones ; después aumenta, se transforma, declina y perece.

Originario de un individuo antecedente, que a su vez procede de un antepasado, sin que jamás podamos remontar al generador primero, no comienza por estar completamente formado. Pero desde el instante en que le observamos en vías de formación, nos es permitido seguir la marcha de sus transformaciones hasta un término fijado.

Los estudios consagrados al acrecentamiento celular y a la reproducción, nos han mostrado las formas primeras del ser viviente, ya se forme por la escisión de una célula en dos células hijas, ya proceda de un huevo ; y seguidamente sus metamorfosis del estado de huevo al estado adulto.

No volveremos sobre lo que se ha dicho ; y así no insistiremos aquí más que acerca de los caracteres últimos de su evolución : la senilidad y la muerte.

Cuando llega a faltar una de las condiciones vitales, los fenómenos de la vida se paralizan. Llamamos a esto cesación de la vida, a ese cambio de estado, *la muerte*.

Estudiaremos el fenómeno de la *necrobiosis* (1) en la célula, así como lo hemos hecho tratándose de las formas elementales de la vida.

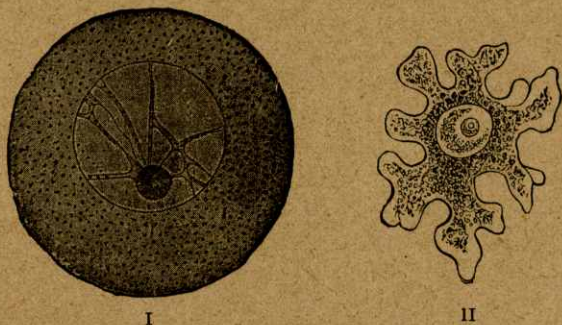


Fig. 64. — Células-huevos: I. Célula-huevo redonda de erizo de mar; II. Célula-huevo amiboide de una esponja calcárea.

• LA NECROBIOSIS EN LA CÉLULA. — Uno de los procesos más sencillos de la degeneración celular es la *atrofia* (fig. 64).

A consecuencia de una ruptura de equilibrio, los cambios nutritivos se restringen, y al propio tiempo se detiene la producción de la sustancia viva.

Como que no se repone la célula, se reduce progresivamente, decimos entonces que se *atrofia*. Este fenómeno es característico en las fibras musculares, en las que paulatinamente desaparecen por la mezcla de las sustancias las estrías transversales, y en que la fibra adquiere el aspecto o la apariencia de una pequeña masa redondeada que se disloca hasta la descomposición total (fig. 66).

(1) Es difícil fijar mediante un límite marcado el punto en que comienza la muerte y cesa la vida. Por esta razón Schultz y Virchow han designado ese paso de la vida a la muerte con el nombre de *necrobiosis*.

A las atrofas normales se agregan las atrofas patológicas (ciertos órganos quedan con frecuencia inactivos a consecuencia de enfermedad); y a éstas se agregan lo que se ha llamado las *necrosis*, distintas de las atrofas por su carácter de intensidad; tales son la gangrena seca, la necrosis de coagulación (1),

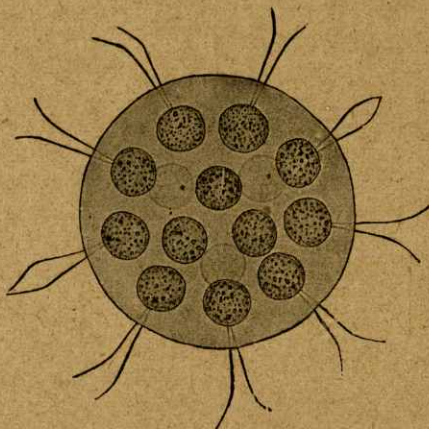


Fig. 65 — *Eudorina elegans*. Colonia de células flageladas. Todos los individuos están incluidos en una cápsula gelatinosa común.

la gangrena húmeda y la descomposición pútrida. Finalmente, los fenómenos de destrucción granulosa (2).

En otros casos es diferente el proceso; en lugar de haber paro gradual de los cambios de la célula, hay creación o sobreproducción de productos inter-

(1) Consiste en la coagulación de las materias albuminoides de los tejidos atacados.

(2) En los que la célula atacada forma un conjunto de granulaciones distintas, en su mayor parte desprovistas de cohesión.

medios (1). Son estos los casos de metamorfosis grasienta, de degeneración grasienta, de la degeneración mucosa (2), de la degeneración miloide (3), de la calcificación (4).

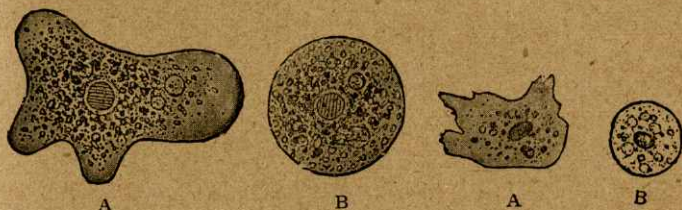


Fig. 66. — I, Amiba; A, normal; B, en necrobiosis. II, leucocito; A, normal; B, en necrobiosis.

CAUSAS DE LA MUERTE. — La muerte tiene causas llamadas extrínsecas o intrínsecas, según provengan de la paralización de las condiciones vitales externas o internas.

*Causas externas.* — Todo organismo, para vivir, debe encontrar en el medio ambiente condiciones generales que son: los alimentos, el agua, el oxígeno, determinadas condiciones de temperatura y de presión. Privado de una de ellas, muere. Pero a estas condiciones se agregan otras: las condiciones intrínsecas que se refieren al organismo mismo. El organismo, para conservar la vida, debe poseer todas las partes que componen la sustancia viviente y de los

(1) La grasa se forma en el interior de la célula a expensas de la sustancia viva, y hasta llega a sustituirla por completo.

(2) El *mucus* reemplaza en la célula la sustancia viva.

(3) Se forma en la célula una sustancia brillante de aspecto citroso, que no se encuentra en ella en el estado normal.

(4) Se forma un depósito de sales calcáreas en el interior de la célula y la sustancia viva cede el lugar a una masa calcárea compuesta.

elementos esenciales de la célula: el protoplasma y el núcleo.

Pero aún en estado de integridad sufre modificaciones cada célula. Es el asiento de los síntomas de senectud, visibles especialmente en los individuos pluricelulares.



Fig. 67. — Histólisis de las fibras musculares en la cola del renacuajo

« Mientras que en el hombre la duración de la vida del adulto es muy larga, en comparación con el período embrionario, en muchos insectos la relación es inversa. Multitud de ellos mueren seguidamente del acoplamiento o de la postura; y sólo los individuos que no se han ayuntado o acoplado, viven, a las veces, largo tiempo. El mejor ejemplo nos lo proporcionan las *efimeras*. El insecto adulto y completamente desarrollado, no vive de ordinario más que algunas horas, y muere inmediatamente después de la postura (1).

Prueban estos hechos de la manera más concluyente que no puede ser la suma de un gran número de perturbaciones de origen exterior lo que determina la muerte, sino que las causas de dichas perturbaciones se encuentran en el *organismo mismo*, y que la muerte representa únicamente el término natural del desarrollo.

El problema del desarrollo y el problema de la

(1) Seguramente el lector no ignora que eso acontece a la mariposa hembra del gusano de seda. — *N. del T.*

muerte, son, pues, inseparables uno de otro; este último, la muerte, no es sino una parte del primero (1). »

En resumen, la muerte natural proviene de las modificaciones ininterrumpidas del organismo desde su nacimiento hasta su muerte.

« Ahora bien, las diversas partes del organismo intervienen en esas modificaciones en medida variable y con rapidez muy diferente. Por ello se da en la vida de todo organismo un momento en el que el juego de su mecanismo, en razón de las modificaciones de cada una de sus partes en el curso de su desarrollo, ha sufrido una perturbación tal que la muerte ha de ser la consecuencia de ella (2). »

LA MUERTE Y LA INMORTALIDAD. — La materia viva es asiento de incesantes transformaciones, cuyo fin es la destrucción de la célula o, mejor dicho, su paso del estado de vida a otro estado que designamos bajo el nombre de muerte.

Se ha planteado, no obstante, la cuestión de saber si ciertos órganos no estaban sujetos a la necesidad de la muerte (3)

Según Weissmann hay que establecer una distinción entre los seres pluricelulares y los seres monocelulares. En los primeros, todos los cuales pasan al estado de cadáver, la muerte es siempre comprobable, mientras que lo es más difícilmente en los otros. Por su incesante división en dos células hijas, que se

---

(1) Verworn, *Physiologie générale*.

(2) Verworn, *Physiologie générale*.

(3) Weissmann, *La vie et la Mort, La Durée de la Vie; La Vie et la Mort*, de Dastre.

renuevan y se rejuvenecen siempre, parece que no pueden morir sin la intervención de una causa exterior. En opinión del mismo Weissmann, los protozoarios son inmortales, y la muerte no es más que un fenómeno de adaptación aparecido en el curso de la evolución, después de la especialización de ciertas células en células sexuales (1).

Desde entonces es posible la muerte, pues no alcanza a la especie en su conservación; el cuerpo puede perecer sin que la especie se extinga, si la célula sexual ha realizado su obra y se desarrolla un huevo. La teoría de Weissmann, muy combatida por los experimentos de Maupas, sobre la senilidad de los infusorios, no subsiste más que en estado de hipótesis (2).

Así la materia viva, que posee la propiedad de destruirse sin cesar, debe, pues, morir; no es inmortal; pero como tiene también la propiedad de reproducirse, se perpetúa en su descendencia.

Lo que subsiste no es tal ser viviente, es el fenómeno más general de la vida que tampoco es eterna, ya que se pueden prever ciertas condiciones cosmológicas en las que se vería condenada a desaparecer.

---

(1) Véase Dastre, *La Vie et la Mort*. Emite la opinión, sugerida por las experiencias de Maupas, de que la muerte ha debido aparecer cuando los infusorios comenzaron a poblar las aguas, pues esos animales se distinguen por la propiedad de la renovación karlogámica.

(2) Véase: *Recherches expérimentales sur la multiplication des infusoires ciliés*, de Maupas.

## LIBRO III

### La materia viva y la materia bruta

El detallado análisis que acabamos de hacer de los caracteres comunes a los seres vivientes, nos permite desde hoy en adelante afirmar que, en condiciones de medio favorables, todos los seres dotados de esas propiedades podrán al mismo tiempo ser considerados como dotados de vida. El ser vivo se distingue, pues, de los cuerpos inanimados, por un conjunto de caracteres reunidos y organizados que le confieren la vida, por el hecho de que la privación de uno solo de ellos le condena a la muerte.

Dichos caracteres son: una composición química semejante, que es la de la materia viva; una estructura u organización; una forma específica; una evolución que comienza con la vida y da término con la muerte; una propiedad de irritabilidad y de movimiento; otra de crecimiento o nutrición, y, finalmente, una propiedad de reproducción (1).

Durante mucho tiempo se creyó que esos caracteres eran privilegio exclusivo de los seres vivos, y que la materia bruta no podía poseer ninguno de ellos.

---

(1) Esta definición del ser viviente según sus caracteres la da M. Dastre: *La Vie de la Matière, Revue des Deux Mondes*, 15 octubre 1902.

Un examen superficial reforzaba esas afirmaciones que experiencias y datos consecutivos han ido poco a poco modificando.

Una serie de estudios emprendidos acerca de la materia inorgánica, han permitido encontrar en ella, ya sea en estado fragmentario, aislado, ya en condiciones fortuitas y provocadas, algunas de las propiedades de la materia orgánica.

Es decir, que esas relaciones remotas o accidentales por naturaleza, son propias para legitimar la teoría de ciertos sabios acerca de la identidad de la materia viviente y de la materia bruta. He aquí lo que nos indicará por sí mismo un examen profundo de esas relaciones y de sus explicaciones científicas.

Hay una cosa cierta y significativa, y es que todos los cuerpos simples revelados por el análisis en la materia viva, se encuentran en la materia inorgánica. Ningún cuerpo nuevo entra en la composición del protoplasma; su única individualidad consiste en la combinación de esos cuerpos.

Hemos visto, en efecto, que la materia viva encierra combinaciones tales como los albuminoides, los hidratos de carbono, las grasas, que no se encuentran en ninguna parte de la materia bruta; además, los albuminoides forman la parte esencial de todos los organismos.

Ahora bien, puesto que la materia viviente no contiene ningún elemento desconocido en la materia inorgánica, se ha deducido de ello que tenía su origen en la materia bruta, por ser ésta la que le proporcionó los elementos de sus combinaciones.

Así planteado el problema, es soluble, a condición de no olvidar que una combinación, que una *síntesis*

de elementos, encierra siempre algo más que los elementos mismos, por lo cual se distingue. El protoplasma de la célula debe a su composición ciertas propiedades, pero no se sigue de ello que todos los cuerpos del protoplasma encontrados al analizarlos, manifiesten en sí los gérmenes de esas propiedades.

Hechas estas reservas, quedamos por hacer ver que si las propiedades inherentes a la materia bruta y a la materia viva no son rigurosamente las mismas, que si la vida, como precedentemente se la ha definido, no pertenece más que a la célula o a las colonias de células organizadas, no es tampoco menos posible encontrar entre los cuerpos vivientes y la materia bruta relaciones de parentesco o de afinidad, y dotar a ciertos cuerpos minerales, por ejemplo, de algunos atributos de la vida. Los hechos por sí mismos probarán, si hay ahí una identidad o débiles relaciones. Pero lo esencial es señalar, desde luego, que el reino mineral y los reinos animados no son categorías irreductibles.

Un carácter esencial del ser viviente, ya lo hemos dicho, es su unidad de composición química, que claramente ha sido establecida por la química fisiológica (1); — un segundo carácter que con el primero se relaciona estrechamente, es su unidad morfológica; todos los seres vivientes, en efecto, están compuestos o de una célula única (los monocelulares), o de un agregado de células (los pluricelulares); están, pues, constituídos todos por un mismo elemento (2).

La vida no se realiza más que en la célula, y todavía es preciso que tenga su integridad, es decir,

---

(1) Dastre: *La chimie de la matière vivante*, *Revue des Deux Mondes*.

(2) Para más detalles remitimos al lector al libro 1.º, cap. I.

que contenga juntamente el protoplasma y el núcleo. Fuera de estas dos condiciones no se puede observar en ella el fenómeno de la vida.

M. Dastre objeta, es verdad, que en las experiencias de merotomía, la célula privada de su núcleo, da todavía durante algún tiempo pruebas de hechos vitales, y que, por lo demás, pulverizado el protoplasma, desorganizado, ejecuta todavía ciertas acciones que le son propias, tales como la producción de las diástasis (1). Estas observaciones no parecen concluyentes; nada prueba que en el protoplasma nucleado no queden, en el momento de la excisión, a consecuencia del cambio de las materias de un elemento de la célula al otro, fragmentos de materia nuclear en el protoplasma. La muerte no sobrevendría sino después de su entera desaparición. En cuanto al protoplasma pulverizado, si está perturbado, no está destruido ninguno de sus elementos, y nada nos prueba que no se establezcan durante algún tiempo relaciones entre ellos, — de donde la producción de las diástasis.

Se observa y comprueba que el ser viviente, y este es otro de sus caracteres, no ofrece jamás un estado fijo: nace de un individuo que le precede, se desarrolla a expensas del medio exterior, y sigue una evolución regulada hasta un término.

Una evolución, si no análoga, cuando menos tan visible, sea cual fuere su fin, se observa en la materia bruta. No hablaremos, como no sea figuradamente, de la vida de los astros, pues dicha vida, a despecho de M. Dastre, no nos parece en modo alguno compara-

---

(1) Dastre, *La Vie et la Mort*, págs. 248 a 250.

ble a la de la materia viviente; no vemos allí una combinación de elementos que traduzcan por una actividad determinada las propiedades que le pertenecen de derecho. No obstante, afirmaremos, porque la experiencia lo confirma sin cesar, que los cuerpos de la naturaleza inanimada no son ni eternos, ni inmutables, sino que, sometidos a todas las influencias químicas, físicas, eléctricas... del medio, sufren también profundas transformaciones.

« Un trozo de latón que haya sido batido, después calentado, es teatro de cambios internos claramente observables. La violencia que se ha ejercido sobre el hilo metálico para hacerlo pasar a través de la tuerca, ha aplastado las partículas cristalinas; cristales rotos, sumergidos en una masa granulosa, tal es el estado del hilo en aquel momento. La calefacción lo cambia todo. Los cristales se separan, se completan, se reconstituyen: forman cuerpos geométricos duros, que se bañan en una masa amorfa, relativamente blanda y plástica. Su número aumenta sucesivamente; no se conseguirá el equilibrio hasta que la masa entera se haya vuelto cristalina. Imagínese qué prodigiosos desplazamientos en relación a sus dimensiones han debido imponerse las moléculas para transportarse a través de la masa resistente, e ir a situarse en lugares determinados en los edificios cristalinos (1) ».

Otros ejemplos muy numerosos de esas acciones internas, nos facilitan los casos de emigración de las partículas materiales a través de los cuerpos, bajo la influencia de las presiones, tracciones, torsiones;

---

(1) Dastre, «La Vida de la Materia», *Revue des Deux Mondes*, 15 octubre de 1902, pág. 904.

bajo la influencia de la electricidad (electrolisis), de la luz, de la difusión.

La materia bruta está, pues, también en un estado de incesante mutabilidad; ¿pero se pueden reducir sus movimientos « a las manifestaciones de una vida interna » (1), como se ha hecho para la materia viviente? Es evidente que la ley de inercia es valedera para esos dos tipos de materia, pues ninguna de ellas tiene la facultad de entrar en actividad sino cuando un estimulante viene a provocarla. ¿Esta condición de la materia viviente que hemos designado bajo el nombre de irritabilidad, y que no le es privativa, pues se la encuentra en la materia bruta, se presenta en esta última con propiedades análogas?

Ahora bien; del mismo modo que en el proceso de su evolución general hemos encontrado diferencias esenciales entre la materia inorgánica que evoluciona en el sentido de una indeterminación, y el ser viviente cuya evolución determinada en el tiempo y en el espacio sigue un desarrollo semejante, de la propia suerte encontraremos en su manera de ser irritados por el medio exterior modalidades muy diversas. «El ser viviente ha conservado la inercia de la materia inanimada, en el sentido de que no manifiesta sus propiedades, sino cuando está irritado, es decir, solicitado desde el exterior. Pero su respuesta no es proporcionada al ataque; la modalidad de ésta es independiente de la naturaleza del excitante, e independiente de la naturaleza del ser excitado (2).

Pero aparte de esos movimientos de conjunto, fá-

---

(1) La más evidente de esas manifestaciones de vida íntima se manifiesta en los fenómenos de karyokinesis.

(2) Morat y Doyon, *Traité de Physio'ogic*.

cilmente observables, sabemos también que los cuerpos vivos están dotados de movimientos particulares y moleculares. Cada partícula del organismo es asiento de una serie de acciones y de reacciones que le son propias. Lo análogo de esta agitación interna fué descubierto en los cuerpos brutos en 1827 por Brown (1), que la designó bajo el nombre de « movimientos brownianos », comprobó, y después M. Gouy (2) completó sus observaciones, que una partícula no asimilable a los seres vivos, y sea cual fuere su naturaleza, da pruebas, cuando está en suspensión en un líquido, de trepidaciones perfectamente irregulares e incesantes. Se ha podido observar esta agitación sin reposo en gotitas encerradas desde millares de años en rocas (3), y que no han dejado nunca de estar poseídas del mismo movimiento. Sé observa este fenómeno en todos los líquidos, y hasta es bastante probable que dependa del grado de viscosidad del líquido; además, se ha podido formular con respecto a ello esta ley: que la agitación es tanto mayor cuanto más pequeña es la partícula.

«Este movimiento parece revelar un estado de agitación perpetua en el seno de lo que se llama un fluido en equilibrio. Es, pues, razonable ver en ello, como lo sugiere M. Gouy, la comprobación acaso más directa de las teorías cinéticas moleculares, y admitir que cada una de las partículas observadas, a pesar de su tamaño, está no obstante agitada y suspendida por un mecanismo semejante al que agita y suspende una

---

(1) Naturalista inglés.

(2) M. Gouy, físico de la Facultad de Lyon. Véanse sus estudios en la *Revue générale des Sciences*, 1895.

(3) Estas observaciones han sido hechas en los terrenos plutoniosos.

molécula de azúcar en una solución de agua azucarada. De manera un poco más precisa, cada parcela sufre a cada instante choques moleculares, cuya resultante, no del todo nula, le imprime cierto impulso de donde resulta el cambio de lugar observado » (1).

Uno de los caracteres más aparentes del movimiento browniano, es su permanencia; la agitación de las partículas no cesa. Pues bien, si la materia se mueve, distinguimos en sus movimientos una diferencia sensible, pues todos son ejecutados en vista de alcanzar un estado de equilibrio y de una adaptación del ser al medio. Parece que en el caso de una excitación semejante y constante del medio exterior, el ser viviente no respondería a ella de una manera interrumpida y siempre idéntica, sino por movimientos brownianos, ya que oponiéndose el juego de las fuerzas de su organismo a la constitución de un estado único y continuo de movimiento, se adaptaría a él.

Esta observación no invalida en modo alguno, la opinión de los físicos, que quieren ver en el movimiento browniano el primer grado del movimiento molecular. Los movimientos moleculares atestiguan solamente la existencia de una organización distinta.

Tres rasgos esenciales que caracterizan la materia viviente se encuentran todavía, en grados de comparación diversos, en la materia bruta, y en particular en los cristales. Son: la posesión de una forma específica, la facultad de crecimiento o nutrición, la facultad de reproducción. Los cristales, en efecto, están organizados de igual manera que los seres vivos. « No hay que imaginarse que el cristal es un

---

(1) Jean Perrin, *Mecanisme de l'électrisation de contact et solutions colloïdales.*— *Journal de chimie-physique*, 1905.

medio lleno, formado por partes contiguas exactamente aplicadas unas sobre otras por las caras planas... En realidad las partes constituyentes están espaciadas; están dispuestas en forma de V, como decía Haüy, o a lo largo de las líneas de una red, para hablar como Delafosse y Bravais. Dejan entre sí intervalos incomparablemente mayores que sus diámetros; de tal suerte, que la organización del cristal obliga a que se tengan en cuenta dos cosas muy diferentes: un elemento, la partícula cristalina y una red paralelepédica más o menos regular, a lo largo de cuyas aristas están situadas en orientación constante, las partículas precedentes. La forma del cristal revela la existencia de la red (1).

Y del mismo modo que en el ser viviente la forma específica está condicionada por la composición química (*la substancia viviente del hombre, por ejemplo, determina su forma específica y sus metamorfosis desde el huevo al adulto*), de la propia manera la composición del cristal determina su forma específica. La sal marina colocada en condiciones de evaporación lenta, no puede revestir más que la forma cristalina del cubo o de la tolva de los molinos.

Todo ser viviente que ha sido dividido o mutilado, tiende a recuperar sus pérdidas, a curar sus heridas (2); los cristales presentan las mismas facultades de reparación; «cuando un cristal ha sido roto en alguna cualquiera de sus partes, y se le restituye a su agua-madre, se ve, al mismo tiempo que el cristal

---

(1) Dastre, *La vie de la matière. Revue des Deux Mondes*, 15 octubre, 1902.

(2) Este hecho es constante en los seres desprovistos de esqueleto, como lo prueban los estudios de merotomía.

aumenta en todos sentidos por un depósito de partículas cristalinas, realizarse un trabajo activo en la parte rota o deformada, y en algunas horas ha satisfecho, no solamente a la regularidad del trabajo general en todas las partes del cristal, si que también al restablecimiento de la normalidad en la parte mutilada» (1).

Como el ser vivo, también el cristal crece y se reproduce. Colocado en un medio conveniente de cultivo, el germen del cristal se asimila materias de la disolución y desarrolla su forma. Su crecimiento continúa hasta que se desprende una partícula y se convierte en punto de partida de un nuevo individuo, el que a su vez crece y luego se divide. Privado de su substancia nutritiva, el agua-madre, el cristal se detiene en su desarrollo, y si no se disgrega como el organismo viviente, entra, cuando menos, en un estado de reposo.

Se ha objetado a estos estudios relativos a la nutrición de los cristales, que la forma de crecimiento no era la misma que en el ser viviente: el cristal recibe sobre su superficie un depósito de materia, que se añade a él para aumentarle; la célula, al contrario, ingiere la materia alimenticia que penetra en su masa en la que es transformada y asimilada.

El primero es llamado de *aposisión*, el segundo de *intususcepción*. En la mayoría de los casos es exacta esta definición; pero en algunos otros vemos que la materia viva emplea indiferentemente los dos procedimientos (las partes duras del esqueleto, las escamas

---

(1) Pasteur, *Recherches sur le Dimorphisme, Rapport fait a l'Académie des Sciences* el 20 de marzo de 1848. Véanse también los estudios de los Sres. Gernez y Ostwald.

de los reptiles y de los peces, las conchas de los moluscos, se forman por *aposición*); y si se examinan otros cuerpos inorgánicos diferentes de los cristales, se observa que se mezclan por *intususcepción*. (Cuando se adiciona a un líquido una sal soluble, las moléculas de la sal penetran en el interior de las moléculas de aquel líquido).

Nos parece, pues, que no estriba la diferencia en las formas de aumento o crecimiento, sino en el proceso del fenómeno de nutrición.

Si la materia orgánica se nutre y crece, no se observa en ella ninguno de los mecanismos que constituyen la nutrición en el ser viviente, y de los que son los más esenciales los siguientes: la asimilación y la desasimilación. M. Perrin, en su estudio sobre los coloides y la materia viviente o viva, llega a esta conclusión: « Acaso convenga añadir cuán grosera sería toda explicación fisicoquímica que asimilara el aumento o crecimiento de materia viviente en el seno de un líquido nutritivo, al crecimiento o aumento de un cristal sobresaturado. Porque la materia viviente no se acrece, permaneciendo semejante a sí misma; sino que evoluciona pasando periódicamente por estados semejantes: si observamos una célula en vías de subdivisión, no es un instante después, sino por ejemplo dos horas después, cuando encontramos materia en un estado químico y físico análogo. Y no son reacciones de velocidad constante las que acompañan la vida, sino un ritmo de reacciones que se suceden y encadenan en un orden determinado » (1).

---

(1) Jean Perrin, *Electrisation de contac*, *Journal de Chimie-Phys.*

Y el mismo razonamiento vale en lo que concierne a la reproducción de los cristales.

Los cristales forman, por filiación y por generación espontánea, individuos conformes a su tipo. En la reproducción por filiación, los individuos formados hasta están conformes con las diversas variedades de tipo; así « en un tubo encorvado en forma de V y lleno de azufre en alta fusión, Gernez (1) proyecta, en la rama de la derecha cristales octaédricos de azufre, y en la rama de la izquierda, cristales prismáticos. En una y otra parte se producen nuevos cristales conforme al tipo sembrado » (2).

Determinados cristales pueden ser propagados en líquidos en alta fusión, al mismo título que se propagan microorganismos en un caldo de cultivo, introduciendo en él algunos gérmenes. Lowitz en 1874 comprobó estos hechos y Ostwald introdujo variaciones en los experimentos. Fundió salol, calentándolo a 39°5; «después al abrigo de todo cristal abandona la solución en tubo cerrado. El salol continúa líquido indefinidamente hasta que se le toca con un hilo de platino pasado por una vasija de salol líquido, es decir, que se lleva al tubo un germen cristalino. Expóngase el hilo de platino a la llama, y se habrá esterilizado a la manera de los bacteriólogos; entonces se le podrá introducir impunemente en el líquido » (3).

Pero los cristales pueden reproducirse por generación espontánea, fenómeno que no se encuentra jamás en los seres vivos, como lo han demostrado los

---

(1) Estos experimentos han sido variados por Ostwald.

(2) Dastre, *La Vie de la matière. Revue des deux mondes*, 15 oct. 1902 página 920.

(3) Dastre, *La Vie de la matière, Revue des deux mondes*, 15 oct. 1902.

experimentos de Pasteur. Se ha observado que en ciertas soluciones en las que no se había introducido germen alguno, se producía espontáneamente una formación de individuos cristalinos (1). Estos casos de generación espontánea, si sirven para diferenciar los modos de reproducción de los cristales de los de la materia viviente, pueden también ilustrarnos acerca de la formación de la materia viviente, en los tiempos de la aparición de la vida sobre la Tierra.

Gracias a un concurso de circunstancias fortuitas, puede producirse la generación espontánea de los cristales.

¿No habría podido en otro tiempo formarse así la materia viviente, gracias al concurso de circunstancias igualmente fortuitas? La combinación de la molécula de albúmina que condiciona la vida, es sin duda el resultado de una generación espontánea.

Esto constituye una hipótesis que un estudio más profundo sobre los orígenes nos permitirá apreciar en el capítulo siguiente.

Bástenos resumir aquí algunas ideas generales que se desprenden de los hechos precedentes.

El estado actual de nuestros conocimientos, y las experiencias demasiado restringidas todavía que se han intentado en los cuerpos inorgánicos, no nos han revelado jamás en uno sólo de esos cuerpos la misma constitución o la totalidad de las propiedades de la materia viviente. Por el contrario, se observan en un gran número de cuerpos brutos ciertas maneras de proceder, o de recibir las influencias del medio am-

---

(1) Experimentos de Tammann con el betol: las soluciones sobrefundidas de betol se cuajan rápidamente a la temperatura de 10°.

Comprobaciones de Crookes sobre los cristales de glicerina (1867).

biente, comparables a determinadas reacciones del ser viviente.

Ciertos cuerpos inorgánicos poseen también una de las propiedades o las apariencias de una cualquiera de las propiedades del ser viviente, y esta observación comprobada ha determinado el enorme progreso intelectual de no considerar ya los reinos de la naturaleza como categorías irreductibles. Las viejas clasificaciones del pasado han quedado destruídas; ya no existen las barreras elevadas entre el reino mineral y los dos reinos vivientes. De hoy en adelante no pueden fijarse límites precisos entre los cuerpos vivos y la materia bruta, pero no hay que dejarse arrastrar por la tendencia de asimilar los unos a la otra. Hasta diremos que toda comparación resulta delicada, pues mientras conocemos la materia bruta, no conocemos la materia viviente, y mientras que se observa a los seres vivos, no es posible observar a los seres brutos.

La materia bruta nos sirve para estudiar la materia viviente, y cualquier estudio acerca de la una, no puede prescindir de un estudio acerca de la otra; además, podemos aventurarnos a decir que la materia viva tiene su origen en la materia inorgánica, pues todos los hechos de orden vital se refieren a hechos físico-químicos, y la materia viviente no contiene en el estado de combinación más que cuerpos simples conocidos.

Pero lo que actualmente no podemos afirmar, es que exista una evolución lenta y gradual de la materia inorgánica a la materia organizada. Suponer una

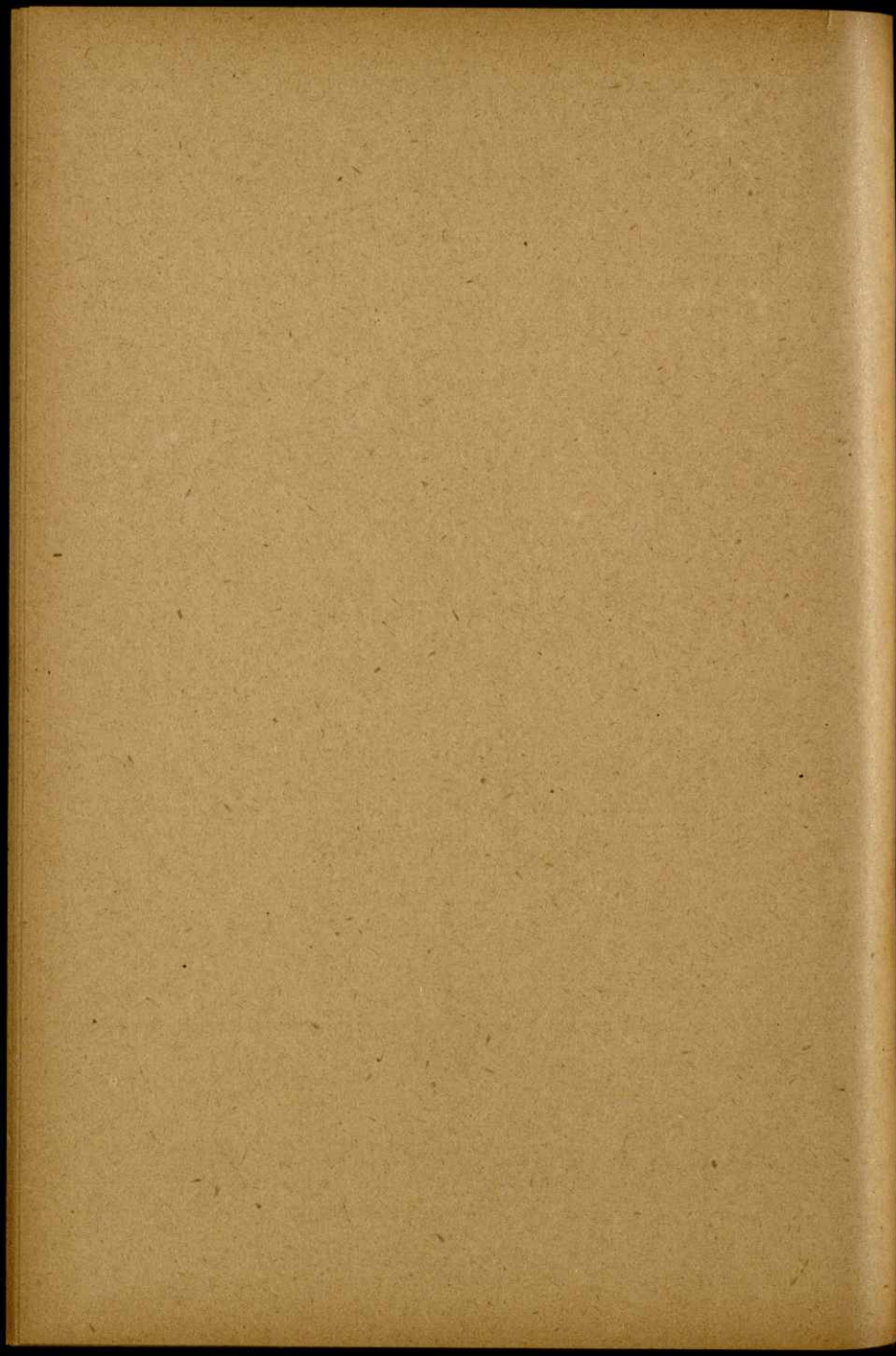
evolución tan rigurosa, sería echar en olvido el determinismo (1).

La materia viviente se diferencia de la materia bruta en que revela una disposición nueva en las partes que constituyen la molécula albúmina del protoplasma, y de las propiedades inherentes a dicho protoplasma, en sus relaciones con su medio ambiente, propiedades que, en su totalidad, no se encuentran más que en ella.

Ciertamente que los elementos de la materia viva no son nuevos; no hay fuerza vital sobreañadida a esos elementos, pero la vida no se traduce sino en la combinación nueva de los elementos indicados. Es, en un momento de la evolución, un hecho sin precedentes, que diferencia el protoplasma de los cuerpos inorgánicos de que está formado.

---

(1) Insistiremos acerca de este asunto en el capítulo de los orígenes de la vida, en el que se encontrarán desarrolladas estas ideas.



## LIBRO IV

### El origen de la vida

---

#### CAPÍTULO PRIMERO

##### La generación espontánea y la síntesis de la materia viviente

El examen del funcionamiento del organismo viviente nos ha llevado a concluir que todo, en la célula, se refiere a fenómenos de orden físicoquímico; el estudio de los caracteres de la materia bruta y de la materia viviente nos ha demostrado que existe entre ellas, no una relación constante, pero, cuando menos, una filiación posible.

Nos aparece, pues, la vida como el resultado de una combinación físicoquímica de los cuerpos inorgánicos. ¿Pero esta combinación producida por el encadenamiento de leyes completamente naturales, no es un hecho constante? ¿No se rehace la vida sin cesar bajo nuestros ojos; no podemos ver como se reconstituye en la hora actual el equivalente de lo que ha tenido lugar en el pasado; en una palabra, asistir al génesis de la vida?

LA CUESTIÓN DE LA GENERACIÓN ESPONTÁNEA ACTUAL. — Este asunto o problema ha apasionado en todos los tiempos a los investigadores, y entre nuestros sabios contemporáneos más de uno ha creído en la existencia de lo que llamaron *generación espontánea*.

Nos interesa exponer la cuestión en su conjunto, pues es de influencia decisiva para el partido filosófico que se pueda tomar, en lo que se refiere al problema de los orígenes de la vida. Después de los experimentos tan imparcialmente realizados por Pasteur, parece fácil la solución.

La exposición minuciosa de los experimentos de Pasteur, de las contrapruebas realizadas; de sus controversias con Pouchet, de las que salió victorioso, más que cualquiera otra explicación, nos pondría de manifiesto lo que hay que concluir en el asunto.

Pero antes de ocuparnos en sus trabajos y en las conclusiones que de ellos se han deducido, tomaremos la cuestión en sus orígenes, haciendo de la misma una rápida exposición histórica que nos ayudará a plantear o sentar todos los términos del problema.

HISTORIA. — Larga es la de la generación espontánea.

Parece que en la antigüedad se admitió de una manera bastante general la posibilidad de ciertas generaciones espontáneas. Según Aristóteles (1), las plantas nacen de la acción del rocío, las orugas de la putrefacción de la tierra y las anguilas de la fermentación.

---

(1) Aristóteles, Opera omnia. — *Meteorología*, libro del Cielo. — *Historia de los animales*. — *Tratado de la generación*.

tación del limo de los ríos. Se encuentran análogas explicaciones en Virgilio, Lucrecio, Ovidio, Plino « el Antiguo » y hasta en la misma *Biblia* en el Libro de los Jueces.

Hasta el siglo xvii no encontró contradictores esta opinión; en aquella misma época, Van Helmont daba un procedimiento para hacer nacer ratones por la reunión en una vasija de una camisa sucia, trozos de queso y granos de trigo; también un italiano, Buonanni, afirmaba que había descubierto cierta clase de madera que, puesta en agua de mar, *engendra* *gusanos*, que producían mariposas, de las cuales salían pájaros.

Estas absurdas imaginaciones, desprovistas de todo fundamento crítico, no eran otra cosa que resultado de generalizaciones precipitadas. En lugar de provocar experimentos y repetirlos, contentábanse aquellos estudiosos con observar la concomitancia de dos hechos, y luego con deducir entre los mismos una relación de causa a efecto.

Sabemos todos que los ratones buscan con agrado los graneros en los que puedan roer residuos; pero no hay motivo para deducir, como Van Helmont, que tales condiciones de medio son la de su generación espontánea.

Hay que asegurarse en toda observación científica antes de sentar conclusiones, de si no han intervenido otros hechos que anulen las observaciones superficiales. Esto es lo que los primeros experimentadores intentaron probar.

PERÍODO EXPERIMENTAL. — REDÍ. — En 1638 el médico florentino Redi probó que ciertos fenómenos

no se deducen uno de otro, aunque a un examen superficial parezcan inseparables. En la carne en putrefacción, por ejemplo, siempre se descubren gusanos. ¿Es la carne la que los produce como se creía generalmente? Redi (1) indicó la falsedad de esta creencia, demostrando, con ayuda de experimentos, la generación por filiación; expuesta al aire libre, la carne putrefacta atrae las moscas que depositan en ella sus huevos; éstos, que se abren muy rápidamente, dan nacimiento a los gusanos. La misma carne, no expuesta al aire libre o recubierta de una gasa, no es centro de ninguna generación; es porque no ha sido posible depositar huevos en ella.

Estos experimentos de Redi, tan sencillos y tan convincentes, hicieron realizar un primer progreso a la ciencia.

Otro italiano, Vallisnieri (2), profesor de Padua, demostró poco después, por experimentos muy serios, que los gusanos encontrados en el interior de los frutos, no procedían del fruto mismo.

*Schwammerdam* (3). — Los trabajos de Schwammerdam sobre la generación de las abejas y otros insectos, dejaron creer por un momento que la cuestión de la generación espontánea estaba definitivamente resuelta en sentido negativo.

(1) Redi, *Esperienze in torno alla generazione degli insetti* (Florencia, 1688). — *Osservazioni in torno agli animali viventi que se trovano negli animali viventi* (1681).

(2) Vallisnieri, *Dialoghi fra Malpighi ed Plinio, intorno la curiosa origine de molti insetti* (Venecia, 1700). — *Considerazioni ed esperienze intorno alla generazione dei vermi ordinari del Corpo humano* (Padua, 1710).

(3) Schwammerdam, *Biblia naturae seu natura insectorum* (Leyde, 1737).

Pero el descubrimiento del microscopio a fines del siglo xvii, hizo retroceder todavía la solución definitiva, revelando al observador el mundo de los infinitamente pequeños.

LA GENERACIÓN ESPONTÁNEA DE LOS INFINITAMENTE PEQUEÑOS. — LEUWENHÖECK. — Fué Leuwenhœck (1) quien en 1678 descubrió en el agua expuesta al aire libre, los infusorios y su aparente generación espontánea, así como los infinitamente pequeños en decocciones filtradas de carne y de levadura. Expuestas al aire aquellas decocciones se cubren de una película gelatinosa que al microscopio se descompone en miríadas de individuos. La explicación del nacimiento de tantos millones de seres en cuarenta y ocho horas, no pudo entonces ser explicada más que con ayuda de la antigua teoría de la generación espontánea. Resucitó, pues, pero restringiendo su dominio; desde entonces no se extendió más que al mundo de los infinitamente pequeños, para renunciar al de los animales superiores. Según ella, la materia muerta, descomponiéndose en sus moléculas, les permitía entonces engendrar seres microscópicos: mónadas, vibriones, etc. Estas ideas ganaron partidarios en el siglo xviii, tanto entre los sabios como entre los filósofos y la gente de corte, y fueron sostenidas en particular por dos sabios: Buffon y Needham.

BUFFON, NEEDHAM. — Los dos estudiaron seres microscópicos, y, fundados en sus observaciones, edificaron un sistema. Needham (2) explicaba la gene-

(1) Louwenhœck, *Arcana natura delecta*, Delphis Batavorum, (1680).

(2) Needham, *Nouvelles découvertes faites avec le microscope* (Leyde, 1737) — *Notes sur les nouvelles découvertes microscopiques de Spallanzani*. — *Nouvelles recherches physiques et mathématiques sur la nature* (Paris, 1768).

ración espontánea por una fuerza productiva o vegetativa, incluida en la materia; Buffon, por lo que él llamaba las partes primitivas e incorruptibles de la substancia viviente. Las moléculas orgánicas se combinan, según él, en ciertos moldes, de manera que forman los diferentes seres; obra de igual suerte en la materia putrefacta y en ciertos cuerpos brutos, formando así los infinitamente pequeños, visibles solamente con ayuda del microscopio. La materia muerta engendra sin cesar la vida por generación espontánea, lo que le llevaba a estas conclusiones:

« Las anguilas del engrudo de harina, las del vinagre, todos esos pretendidos animales microscópicos, no son más que formas diferentes que toma por sí misma, y según las circunstancias, esta materia siempre activa y que no propende más que a la organización » (1).

LOS EXPERIMENTOS DE SPALLANZANI.—Pero este sistema, por ingenioso y seductor que fuera, requería ser demostrado.

Otras experiencias llevaron a resultados contradictorios y se entabló una controversia entre Spallanzani y Needham.

Spallanzani intentó probar que los experimentos de Needham sobre las substancias putrescibles, introducidas en un frasco tapado, y sometido al calor, no habían sido bien realizadas; pues todavía se encontraban en el frasco seres vivos. Según él, o el calor no había sido elevado a un grado suficiente para hacer morir los gérmenes o los tubos o vasos, tapados con

---

(1) Buffon, *Œuvres complètes*, t. II.

corcho poroso, habían recibido gérmenes desde fuera.

« Repetí, escribe Spallanzani, este experimento con mayor exactitud; empleé vasos herméticamente cerrados, y los tuve sumergidos en agua hirviente durante una hora, y después de destaparles y examinar sus infusorios convenientemente, no encontré la más pequeña apariencia de animáculos, aún después de haber observado con el microscopio las infusiones de 19 recipientes distintos. »

Needham le objetó seguidamente que, si en tales condiciones los infusorios permanecen estériles, es porque a causa del calor demasiado grande el aire de los vasos cerrados se altera.

Esta objeción pareció reforzada por Gay-Lussac, que, estudiando más tarde las conservas de Appert, no encontró ya oxígeno en el aire de los recipientes; pero Schwamm (1) no tardó en señalar que, en oposición a las afirmaciones de Gay-Lussac, el oxígeno no basta a dar origen a una fermentación.

EXPERIMENTOS DE SCHWAMM. — Preparó un mosto azucarado y hervido, hizo llegar a su superficie superior una corriente de aire, sin que se produjera levadura, de ello dedujo que lo que entonces faltaba no era oxígeno, sino *otra cosa* distinta contenida en el aire y que el calor destruye: *los gérmenes*. Repitió los mismos experimentos con caldo de carne hervida, en el que introdujo, después del enfriamiento, una corriente continua de aire, pasando previamente por un tubo calentado al rojo. En vista de este experi-

---

(1) Schwamm, *Ann. de Poggendorff*, t. XLI (1837).

mento la objeción de Needham afirmando que el calor en los vasos cerrados producía la esterilidad, no tenía fundamento, al contrario, quedaba probado desde entonces que habiendo vuelto el aire a su temperatura habitual, había perdido por la calefacción algunas cualidades, es decir, gérmenes, según el parecer de Schwamm.

OBJECIÓN DE NEEDHAM. — No se rindió Needham. Atribuyó a exceso de calor suministrado a los líquidos el *anonadamiento de su fuerza vegetativa*.

Fácil es apreciar la debilidad del argumento. La expresión *fuerza vegetativa* no era más que una entidad, sin realidad alguna, destinada a explicar hechos con cuya explicación no se daba. Y hasta suponiendo que representase algo real, los experimentos de Spallanzani habían probado que el aire no la poseía o que el calor se la hacía perder.

EXPERIMENTOS DE SCHULTZE, DE SCHRÖDER Y DE DUSCH. — En 1837 encontró Schultze (1) un medio de reemplazar la calcinación del aire; bastaba para ello hacer pasar la corriente de aire sobre el ácido sulfúrico y la potasa para desposeerle de sus famosas virtudes. Los adversarios de Schultze rearguyeron que los reactivos empleados eran demasiado enérgicos, pero su argumento fué al momento anulado por los resultados que Schröder y Dusch (2) obtuvieron

(1) Schultze, *Annales de Poggendorff*, 1836. «Notice of the result of an experimental observation made regarding equivocal generation». (De esta memoria hay una traducción francesa en los *Annales des Sciences naturelles*, 2.º S. Zoología, t. VIII, p. 320).

(2) Schröder et van Dusch, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, tomo LXXXIX. p. 232, 1854.

filtrando simplemente el aire por guata de algodón; desde entonces no se podía ya atribuir al aire fuerza vegetativa.

Sin embargo, a pesar de estos experimentos, lo que todavía no se había probado, es que existiera un principio capaz de aportar la vida a los caldos, que el fuego podría destruir y el algodón detener.

Muchos experimentos, entre los de Schwamm, Schultze, Schröder, Dusch, no daban siempre buen resultado, ni en todos los líquidos, lo que dejaba en pie una duda. Se hablaba, sí, de gérmenes aportados por el aire, pero sin demostrar de una manera constante la presencia de ellos.

Fueron los trabajos de Pasteur, la perfección que aplicó a la técnica experimental, su riguroso examen de los hechos, prescindiendo de toda mira partidista, de esta o aquella teoría filosófica, lo que nos condujo a la solución científica definitiva.

PASTEUR Y POUCHET. — Pasteur (1) comenzó sus experimentos después de haber leído el informe que Pouchet (2) dirigió en 1858 a la Academia de Ciencias sobre « *los protozoarios vegetales y animales nacidos espontáneamente en el aire artificial y en el gas oxígeno* ».

Después de declarar que se había dado de lado cuidadosamente a toda causa de error al realizar los experimentos, gracias a las múltiples precauciones

---

(1) Pasteur, «Examen de la doctrine des générations spontanées», *Annales de chimie et de physique*, 3.º s. t. LXIV-1882. Discusiones relativas a la generación espontánea.

(2) Pouchet, (Entonces director del Museo de Historia Natural de Rouen). Véase *Hétérogénie ou Traité de la génération spontanée*, Paris, J. B. Baillière, 1859

adoptadas, afirmaba Pouchet estar en disposición de demostrar que hay animálculos y plantas que nacen « en un medio absolutamente privado de aire atmosférico, y al cual, éste, por consiguiente, no había podido aportar ningún germen de seres organizados ».

En una carta que le dirigió, Pasteur advirtió a Pouchet que no creía que sus resultados estuviesen fundados en hechos de una completa exactitud. « Me imagino, decía, que hace V. mal no en creer en la generación espontánea (pues es difícil no tener sobre tal cuestión idea preconcebida) pero sí en afirmar la generación espontánea. En *ciencias experimentales es bueno dudar, cuando los hechos no obligan a la afirmación*. . . . .

En mi opinión, la cuestión está entera y completamente virgen de pruebas decisivas.

¿Qué hay en el aire que provoca la organización? ¿Son gérmenes? ¿Es un cuerpo sólido? ¿Es un principio como el ozono? Todo esto es desconocido e invita a la experimentación ».

EXPERIMENTOS DE PASTEUR. — Pasteur comenzó sus estudios por el examen microscópico del aire. Descubrió que filtrado por el algodón, se desembaraza de numerosos corpúsculos, en su mayoría semejantes a los esporos del moho y a los huevos de los microzoarios. En presencia de una infusión orgánica, los gérmenes se desarrollan en ella rápidamente; pero en una infusión suficientemente calentada por la que pasa el aire calcinado, no se produce nada, pues los gérmenes han sido destruidos por la elevada temperatura.

Se han obtenido los mismos resultados en líquidos

que no habían sufrido ebullición (pero que carecían de gérmenes) y con aire filtrado con ayuda de otras substancias. Resulta, pues, que la esterilidad no era debida como lo demostró Pasteur, ni a una calidad especial del algodón, ni al líquido que pasó por la ebullición, sino que dependía exclusivamente de los gérmenes contenidos en el aire.

Pasteur mismo ha referido sus experimentos y dado a luz sus resultados; citaremos, pues, sus palabras:

«Ved una infusión de materia orgánica de una limpidez perfecta, cristalina como el agua destilada y en extremo alterable. Ha sido preparada hoy. Mañana ya contendrá animálculos, pequeños infusorios o verdijas de mohó. Coloco una porción de esta infusión de esta materia orgánica en un frasco de cuello largo. Al cabo de noventa y nueve días habrá mohos, o animálculos infusorios desarrollados en el líquido. Haciéndolo hervir, destruyo los gérmenes que en él podían existir, así como los que pudieran haber en la superficie de las paredes del vaso; pero como esta infusión se encuentra de nuevo en contacto con el aire, se altera, como acontece con todas las infusiones. Supongo ahora que repito el experimento, pero que antes de hacer hervir el líquido, estiro con ayuda de la lámpara de vidriero el cuello del matraz, hasta adelgazarlo, dejando, no obstante, abierta su extremidad. Hecho esto, someto el líquido del matraz a la ebullición, dejándole enfriar luego. Ahora bien, el líquido de este segundo matraz permanecerá sin sufrir alteración alguna, no durante dos días, ni tres días, ni cuatro, no durante un mes, ni un año, sino por espacio de tres y cuatro años, pues el experi-

mento a que me refiero ha alcanzado esa duración. El líquido continúa siendo perfectamente límpido, cristalino como el agua destilada. ¿Qué diferencia existe entre ambos vasos? Contienen el mismo líquido uno y otro, los dos encierran aire; ambos están abiertos. ¿Por qué, pues, éste se altera, mientras que aquel no sufre alteración? La única diferencia que entre los dos vasos existe, hela aquí: En éste, el polvo que está en suspensión en el aire y sus gérmenes, pueden caer por la abertura del vaso y llegar a ponerse en contacto con el líquido, en el que encuentran un alimento apropiado y se desarrollan. De ahí los seres microscópicos. Aquí en este otro vaso, al contrario, no es posible, cuando menos, es muy difícil, a no ser que el aire sea vivamente agitado, que las partículas de polvo en suspensión en el aire puedan entrar en el vaso. ¿A dónde van? Caen en el cuello encorvado. Cuando el aire vuelve a entrar en el vaso, por las leyes de la difusión y las variaciones de temperatura, no siendo jamás bruscas, el aire entra lentamente, con lentitud suficiente para que esas partículas de polvo y todas las partículas sólidas que acarrea, caigan en la abertura del cuello, en el que se detienen en las primeras partes de la curva.

Este experimento está lleno de enseñanzas. Pues, tenedlo presente, todo lo que hay en el aire, todo, excepto las partículas de polvo, puede entrar muy fácilmente en el interior del vaso y ponerse en contacto con el líquido.

Imaginaos en el aire lo que os plazca: electricidad, magnetismo, ozono, y hasta lo que todavía no conocemos; todo eso puede introducirse en el vaso y ponerse en contacto con la infusión. No hay más que

una cosa que no puede tener fácil entrada, las partículas de polvo en suspensión en el aire, y la prueba

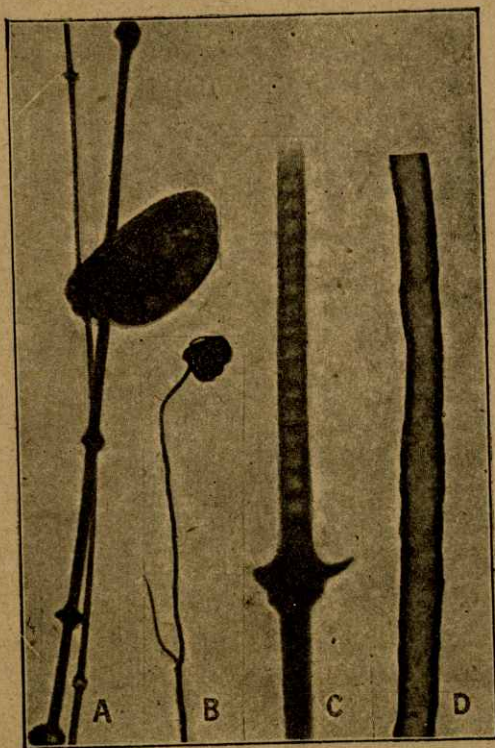


Fig. 68. — Crecimientos osmóticos. A) Tallo con nudo de crecimiento osmótico con una hoja. B) Cima del tallo con su órgano terminal. C) Microfotografía del tallo, aumentado en 60 diámetros, mostrando las divisiones por yuxtaposición y el aplastamiento de las células microscópicas que forman la estructura de los crecimientos osmóticos. D) Tallo vascular de crecimiento osmótico formado por la prolongación de las células y la disposición de las divisiones o compartimentos. Aumentado en 60 diámetros. Experimentos de Stéph. Leduc. Clisé remitido por el autor.

de que realmente es así, está en que si se agita vivamente el vaso dos o tres veces, dentro de dos o tres

días, contendrá animálculos y mohos. ¿Por qué? Porque la entrada del aire haase verificado bruscamente y ha arrastrado consigo partículas de polvo (1) ».

Pasteur no había llegado a esos resultados concluyentes y a su teoría de conjunto, sino después de múltiples experimentos, proseguidos durante años.

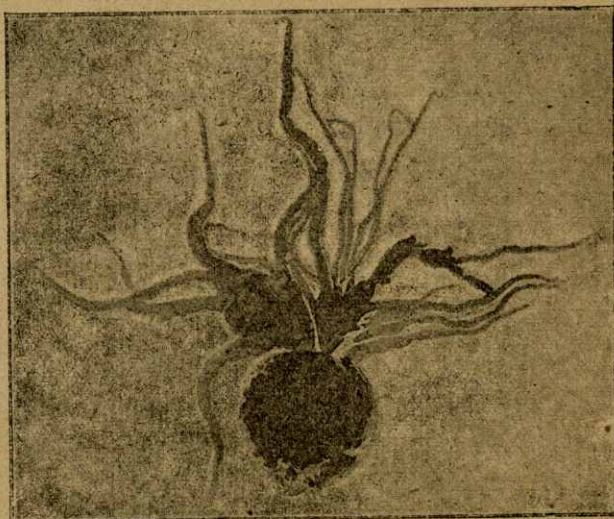


Fig. 69. — Crecimientos osmóticos. Experimento de M. Stéph. Leduc. Clisé remitido por el autor.

Unos le habían probado primeramente la existencia de gérmenes contenidos en el aire, los que recogidos en un pelote de algodón pólvora, sembrados luego en una mezcla nutritiva, se habían desarrollado y multiplicado en ella.

Los otros habían demostrado, sin dar lugar a dudas,

(1) Lección explicada en los cursos científicos de la tarde en la Sorbona, 7 de abril de 1864.

que la fecundidad de las infusiones era debida a aquellos gérmenes. Una infusión contenida en una retorta y sometida a la ebullición, si contiene gérmenes, quedan destruidos; si se introduce aire con ayuda de un tubo que comunique con la retorta o el matraz y que se caliente al rojo, la infusión permanece estéril.

Si en las mismas condiciones, y con el mismo matraz que ha quedado infecundo, se modifica una de las condiciones del experimento, es decir, si se introduce uno de los pelotes de algodón cargado de partículas de polvo y de gérmenes, el líquido, aunque sea después de un mes de reposo, se enturbia y se ve desarrollarse en él millones de seres vivos.

Otros experimentos probaron finalmente que el algodón no ejerce influencia alguna sobre el caldo de cultivo; Pasteur reemplazó el algodón por el amianto calcinado y obtuvo resultados idénticos. Demostró también que la ebullición tampoco interviene en el fenómeno; tomando sangre u orina en el organismo de un animal, los depositó en una retorta estéril, sin que se produjera el fenómeno de la putrefacción (1).

OBJECIONES DE POUCHET — Joly y Pouchet opusieron a estos experimentos argumentos contrarios y otros experimentos.

Pouchet impugnó desde luego la existencia de gérmenes en la atmósfera, diciendo que si existiesen en número suficiente para fecundar todas las infusiones orgánicas, formarían una densa neblina.

(1) Véase E. Duclaux, *Traité de microbiologie*, tom. I. p. 82 a 98, París-Masson, 1898.

Pasteur objetó que el aire no contiene en todas partes gérmenes, ni los contiene en la misma cantidad, y emprendió para probarlo una nueva serie de experimentos.

Llenó retortas de un líquido fácilmente alterable, sometiendo los recipientes a la ebullición; después de haberlos cerrado cuidadosamente, los abrió al aire libre en diversos lugares, y la mayor parte aparecieron alterados, mientras que en los sótanos del Observatorio (1860), de diez retortas sólo una presentaba señales de alteración. — En los alrededores de Dôle se renovaron los ensayos, y entre veinte retortas sólo ocho recibieron gérmenes; en el monte Poupet (cerca de Salins), donde cinco retortas entre veinte sufrieron alteraciones; en Montauvert (cerca de Chamonix) y en el mar de Hielo, en donde de veinte retortas una sola acusó la presencia de gérmenes. Dedujo de ello, pues, contra sus adversarios los *heterogenistas*, que el aire no contiene en todas partes principios fecundantes, y que donde los contiene las infusiones son alteradas.

« Si se confrontan todos estos resultados con los que he obtenido hasta el presente, se puede afirmar, me parece, que las partículas de polvo en suspensión en el aire son el origen exclusivo, la condición primera de la vida en las infusiones ( 1 ).»

Pouchet intentó entonces probar, mediante experimentos proseguidos en Sicilia, luego en los Pirineos con Joly y Musset, que donde quiera se pone una infusión orgánica en contacto con el aire, se hace fecunda, y que por lo tanto la generación es-

---

1) *Relations à l'Académie des Sciences* (5 noviembre, 1860).

pontánea se produce en ella. Pero dichos experimentos no pudieron ser comprobados por nadie, y ante la comisión científica reunida en el laboratorio de Chevreul, en el Museo de Historia Natural, negóse al experimento propuesto por Pasteur.

«Afirmo, dijo Pasteur, que es posible tomar en cualquier punto de la atmósfera un volumen de aire determinado que no contenga ni huevo ni espora y no produzca generación alguna en las soluciones putrescibles.»

Pouchet y sus partidarios se retiraron ante la derrota. Desde entonces la hipótesis de la generación espontánea quedó reducida a la nada. Pouchet decía que para probarla, bastaba poner en contacto con el aire líquidos putrescibles. Pasteur había experimentado en esas condiciones sin que nada de lo dicho se produjera.

La importancia de su victoria es tan grande desde el punto de vista del valor práctico de sus experimentos, como desde el punto de vista teórico. « Los experimentos hechos han demostrado por primera vez que la materia orgánica, una vez hecha, no se destruye por sí misma; que se pueden conservar al aire puro y en vaso estéril las infusiones orgánicas más alterables sin que se alteren; que donde quiera hay descomposición rápida, putrefacción, son los microbios los que intervienen para producirla, y que en consecuencia estos seres están encargados de deshacer constantemente toda cantidad de materia viviente, fabricada de modo constante por los grandes animales y los grandes vegetales, de los cuales son el contrapeso, no como volumen, sino como actividad (1).»

(1) Duclaux, *Traité de microbiologie*, pág. 93.

Las conclusiones que deben deducirse de las controversias que acabamos de exponer, son de dos clases: La primera, de orden filosófico, estriba en esto: *que en las investigaciones científicas debe prescindirse de todo espíritu de sistema*; un experimento bien hecho da al sabio resultados que debe aceptar, aun cuando no concuerden con sus propias tendencias.

Esto es lo que no quisieron admitir Pouchet y sus partidarios, dirigidos en aquella controversia por ideas generales, a las que se aferraron con tal parcialidad, que no supieron inclinarse ante los hechos demostrados por la experiencia. La otra conclusión es que el problema del origen de la vida no puede ser planteado de la manera simplista con que Pouchet lo formulaba.

El esfuerzo de Pasteur fué, pues, respetable, ya que combatiendo a Pouchet, hizo avanzar de todas maneras la ciencia hacia la solución deseada, y la aclaración del enigma. Cualesquiera que hayan sido las ideas de Pasteur en materia filosófica, no hemós de preocuparnos de ellas, puesto que de sus ideas supo prescindir en el momento de la investigación científica.

Para él los dos campos: ciencia y religión, debían permanecer independientes uno de otro, pero no comprender los mismos objetos; respondía a Nisard que se preocupaba de las relaciones de la ciencia y de la religión: «Las investigaciones acerca de la causa primera no son del dominio de la ciencia. La ciencia no conoce sino lo que puede demostrar: hechos, causas segundas, fenómenos.»

LA SÍNTESIS DE LA MATERIA VIVIENTE. — La demostración de Pasteur constituye de hoy en adelante una

adquisición de la ciencia; no comprobamos en la hora actual fenómenos llamados de *generación espontánea*. En condiciones dadas de esterilización, la vida, que no es posible sino por la aportación de un germen, no puede nunca desarrollarse. ¿Pero de esa materia viviente que no se forma espontáneamente ante nuestros ojos, como debió hacerlo en los tiempos geológicos de su aparición, no nos será posible provocar en condiciones definidas y favorables a su desarrollo, la organización de la vida en nuestros laboratorios? En una palabra, ¿la creación de la sustancia viva no es un simple problema de química-física que resolverán un día los sabios?... Clamamos seguidamente contra el error que podría derivar de semejante hipótesis; no se trata, al parecer, de los sabios que en semejantes investigaciones se ocupan, de crear completo, pieza por pieza, un ser complejo, una especie de *homúnculo*, como pretendían los alquimistas de la Edad Media. Las teorías de la evolución nos enseñan que determinados organismos no provienen de organismos inferiores, sino después de innumerables siglos de transformaciones y adaptaciones; sino que lo que se trata de constituir es el organismo más simple que conocemos, la forma más elemental de la vida: la célula.

El análisis nos ha revelado ya sus elementos componentes, ¿por qué en un estado más adelantado de la ciencia y del conocimiento de sus elementos albuminoides no se podría efectuar su síntesis?

Han resultado vanas las tentativas hechas en este sentido. M. Stéphane Leduc, profesor en Nantes, después de Traube (1886), Carlos Vogt, Monnier, Harting (1871), etc., ha tratado de producir vege-

tales artificiales, procurando hacerles salir ó derivar de soluciones metálicas; ha obtenido muchos cuerpos que tenían la apariencia de materia viviente, pero que no revelaban todas sus propiedades.

Lo que cabe deducir de esas tentativas es la noción de que el problema de los orígenes de la vida y de la síntesis de la materia viviente se descompone en dos partes: física una, química otra.

Ha probado M. Leduc que se podía llegar a producir el aspecto físico de la materia viviente, la división celular que se ha convertido en su carácter físico particular; pero esa división celular obtenida, no por ello se realiza la vida simultáneamente. Procede de condiciones químicas que deben intervenir concurrentemente. La síntesis de la materia viva debe, pues, desde hoy en adelante, ser buscada por la síntesis química de sus elementos constitutivos; síntesis que, así lo creemos, arrastrará tras sí la estructura física que le es anexa, es decir, la división celular.

Pero ahí radica todavía la dificultad; no conocemos de una manera precisa la composición química de los albuminoides; si bien sabemos qué átomos contienen, ignoramos de qué manera esos átomos están unos a otros acoplados. En cuanto a las condiciones físico-químicas que presiden a la formación de esas substancias en el organismo, es un estudio que está todavía por hacer.

La química es la que debe intentarlo, y podrá hacerlo, pues precisamente ella ha evidenciado en estos últimos tiempos, que la realización de un proceso químico exige, aparte de la presencia de las substancias necesarias, las condiciones esenciales de su entrada en combinación. Así es como ciertas reacciones

que no pueden efectuarse en un espacio ancho, se han producido en espacios capilares e inversamente. La realización de una síntesis implica tal complejidad de detalles, que los fracasos no deben sorprender ni hacer dudar del éxito. Para creer posible la síntesis de las materias albuminoides, basta recordar los ejemplos del pasado, y el descubrimiento de tantas otras combinaciones juzgadas durante mucho tiempo como irrealizables. La primera que se hizo y que rompió el encanto, fué la de la úrea por Wöhler; descubrió que el cianato de amoníaco puede ser transformado en un producto orgánico: la úrea, dando así el primer paso en la vía que debían seguir más tarde Berthelot y los otros químicos.

Las principales síntesis realizadas seguidamente son las del acetileno ( $C^2H^2$ ), del alcohol etílico ( $C^2H^6O$ ), de la benzina ( $C^6H^6$ ), por Berthelot (1); las de las materias colorantes cuyo descubrimiento ha producido una revolución en la industria de tintorería, y conseguido la producción de la lizarina y del índigo; la síntesis del albuminoide de Grimaux, que permitió las primeras investigaciones entre las sustancias protéicas; las síntesis de los ácidos tártricos o tartáricos ópticamente activos, de los azúcares (por Fischer); de todos los cuerpos grasos derivados de la glicerina de síntesis (Berthelot); de los perfumes, esencia de mirabea, esencia verdadera de almendras amargas, vainilla, heliótropo, del ácido cítrico, del alcanfor...

A fin de exponer en toda su precisión la cuestión de la síntesis del protoplasma, tomamos aquí de los

---

(1) M. Berthelot. *La Synthèse chimique*. — Véase también la obra de A. Picart, *Le Bilan d' un siècle*, Imprenta Nacional, vol. I, págs. 174 - 187.

trabajos de M. Prenant el capítulo que le consagra en su libro.

De esta forma se verá de la manera más clara y más exacta, como es necesario que se intente realizar ese ensayo, y en qué sentido es posible hacerlo.

LA SUBSTANCIA VIVIENTE Y LA SÍNTESIS DEL PROTOPLASMA. — Se ha analizado químicamente el protoplasma, tomado en elementos análogos a los que anteriormente nos han servido de ejemplo. Se ha hecho el análisis del protoplasma de un hongo inferior, la flor de la corteza del roble, la de las lechadas del salmón, las de los glóbulos del pus.

El análisis practicado ha revelado la existencia de substancias proteicas, entre otras proteides y albúminas diversas, de materias grasas, de substancias fosforadas y en las cenizas la presencia de cloro, azufre, fósforo, sodio y potasio, hierro, calcio y magnesio. Ha resultado que los productos encontrados eran muy numerosos y diversos. Son de importancia muy desigual; la albúmina (1), que forma más de las nueve décimas de la masa del protoplasma privado de agua, es el elemento dominante en la vida del protoplasma.

Según la comparación de Danilewsky, de igual manera que en un concierto los instrumentos que dan las principales modulaciones son también los instrumentos principales de la orquesta, aunque incapaces de producir toda la armonía sin el concurso de los otros, de la propia suerte, en el protoplasma, la al-

---

(1) Para comodidad del lenguaje se empleará con frecuencia en un sentido genérico muy extenso, la expresión *albúmina*; pero el lector no debe olvidar jamás que dicho vocablo simplificado representa todo un conjunto de materias protéicas, generalmente mucho más complicadas que las albúminas verdaderas, y cuyos fosfoproteides deberán ocupar el primer lugar.

búmina es el principal instrumento de la armonía protoplasmática, pero no puede darla plena y entera sin el concurso de los otros elementos.

Si la estructura molecular de algunos de esos cuerpos está consagrada por una forma perfecta, no acontece lo mismo con la mayoría de los otros, y especialmente con respecto a las albúminas. No obstante los esfuerzos de varios químicos, su fórmula no es todavía una fórmula desenvuelta de constitución, en la cual los átomos de los diferentes cuerpos simples componentes, tienen entre sí relaciones perfectamente definidas; la síntesis de la albúmina no está hecha.

Se cree únicamente que debe componerse de series construídas según un mismo tipo y comprendiendo a su vez grupos de átomos parcialmente idénticos o muy próximos unos de otros; pudiendo haber series que no existan sino en cantidad mínima, y que hasta falten en absoluto, de lo cual resultarían especies diferentes de albúminas.

Sean las que fueren las dificultades que presente la *síntesis de las materias albuminosas* más complejas encontradas en la materia viva, la solución de este problema químico no debe ser considerada como quimérica, pues no es, sin duda, más que cuestión de tiempo.

Investigaciones recientes, en especial las de Kossel, permiten augurar bien del provenir. Kossel ha obtenido, en efecto, productos perfectamente puros, substancias químicas que se pueden considerar como las más simples de las materias albuminosas, y que con él se pueden calificar de «albúminas embrionarias», porque son, por decirlo así, los embriones de individuos químicos más complicados.

La síntesis de las materias proteicas ya más elevadas, de las *protaminas*, por ejemplo, será ciertamente una adquisición de mañana; la de las sustancias albuminoides más complejas, no puede, pues, constituir una imposibilidad en el porvenir.

Admitamos ahora que se esté en posesión de las sustancias albuminoides más características y más importantes de las que constituyen el protoplasma, ¿se estará entonces en disposición de hacer la síntesis de ese protoplasma? Dada la composición química del protoplasma revelada por el análisis, sería preciso, para hacer su síntesis, mezclar una infinidad de albúminas y de materias orgánicas, añadir luego a la mezcla soluciones salinas variadas, produciendo así una materia en extremo compleja, que sería el protoplasma. Se sabe también que no bastaría hacer con todas esas cosas una mezcla fortuita cualquiera, sino que la producción del protoplasma y la disposición de sus moléculas constitutivas, deberían ser determinadas por las mismas leyes que rigen las mezclas químicas; pues el protoplasma en sus reacciones con relación a las influencias externas, se produce como un complejo químico entero, como una materia homogénea y una.

Ante la extrema dificultad de ensayar el experimento, de la creación del protoplasma con su composición química extremadamente diversificada, con su estructura en grado extremo compleja, pero determinada, se han formulado dos respuestas antitéticas acerca de este problema capital.

Unos han hecho aparecer una fuerza especial, vital, que por otra parte no estaría en el poder del hombre producir, y sin más amplia discusión han ne-

gado a la ciencia la conquista de la substancia vi-  
viente, del protoplasma.

Otros han discutido las condiciones del experi-  
mento y calculado las probabilidades de éxito.

Desde luego ha parecido evidente a algunos que  
el conocimiento sintético de las materias albuminoi-  
des, que cae dentro de las adquisiciones científicas  
posibles, nos aproximaría mucho a la solución defini-  
tiva y completa de la cuestión. Una vez llegados  
allí, la etapa científica que franquear para llegar al  
protoplasma, sería menos larga que la que separaba  
antes los colores de anilina de los cuerpos albuminoi-  
des. El día en que se sepa hacer la síntesis de la al-  
búmina, ha dicho Nægeli, veremos el protoplasma  
formarse *in vitro* (en el vidrio).

Otros autores, por el contrario, han sido menos  
alentadores. « La química, ha dicho, por ejemplo,  
O. Hertwig, llegará tal vez un día a producir arti-  
ficialmente cuerpos albuminoides. Pero querer pro-  
ducir un cuerpo protoplasmático sería empresa com-  
parable a la tentativa de hacer cristalizar un humun-  
culus en un frasco. »

He aquí a qué importante y juiciosa observación  
es debido ese escepticismo.

No se trata solamente de producir protoplasma,  
es decir, un protoplasma banal, bueno para todos los  
seres vivos, para un hombre, para un conejo, para un  
hongo. Tal protoplasma banal no existe.

*No hay protoplasma, sino un protoplasma propio  
para cada ser, y, por consiguiente, millares de millones  
de protoplasmas diferentes. No se puede concebir el  
protoplasma, y, por lo tanto, no se puede pensar en  
realizarlo aparte de la calidad especial que presenta*

en cada ser vivo. Esta calidad especial a la cual un protoplasma dado debe el sello de su organización actual, ha sido adquirida en el curso de la evolución de ese protoplasma. « La organización actual del protoplasma, ha dicho Hertwig, es producto de un desarrollo histórico en extremo largo ». — « El protoplasma actual tiene una estructura histórica ». (Berthold.) Para conocer ese protoplasma y pretender formarlo, parece que sería necesario remontar en su pasado hasta el rudimento, lo que se nos antoja quimérico.

Por lo demás nuestras observaciones diarias no son muy alentadoras. No vemos que el protoplasma se produzca ante nuestros ojos, especialmente con los caracteres particulares que tiene en cada ser vivo.

La « generación espontánea » del protoplasma ha sido relegada al rango de las fábulas después de los trabajos de Pasteur y de Tyndall; probablemente no existe. Así Wiesner no ha tenido dificultad en elevar a la categoría de axioma esta proposición: « En el interior del organismo todo lo viviente deriva de modo inmediato de lo que vive; todo lo organizado de lo que está provisto de organización ».

Es esta una conclusión prudente y verdaderamente dictada por los hechos presentes de observación. ¿ Pero no sabemos hoy que no habría sido demasiado prudente hace treinta años formular esta proposición: la alizarina, en el estado actual de nuestros conocimientos, no es nunca más que el producto del organismo vegetal de la rubia ?

El protoplasma no se produce sin duda completa y espontáneamente en la naturaleza; y acontece lo

propio con otras muchas substancias: los colores de anilina, por ejemplo.

En otro tiempo se había pensado (Erdmann) en la identidad de ciertos pigmentos bacterianos con materias colorantes de anilina, de la prodigiosina con la fuxina, de la sincianina de la leche azul con la triflenyrosanilina, identidad que revelarían a la vez el análisis espectral y las reacciones químicas. Pero después de varios trabajos, resulta que a lo sumo se puede hablar de parentesco, de semejanza, pero no de identidad entre unas y otras, hasta que se hayan obtenido los pigmentos bacterianos puros, cristalizados, y se haya podido hacer sobre ellos reacciones químicas precisas. Se puede decir, pues, en el caso de los colores de anilina, que en su mayor parte no tienen un origen natural, porque ese azar de circunstancias exteriores no ha sido sin duda hasta aquí favorable en su génesis.

Por el contrario, el químico los produce con facilidad. Si el protoplasma y los seres vivos que de él están formados no nacen espontáneamente, ¿no es ello debido a que se requeriría la concurrencia de circunstancias múltiples extraordinariamente propicias? Lo mismo cabe decir respecto de la génesis experimental del protoplasma. Si actualmente no es posible, ¿no depende ello de que no tenemos ni los materiales convenientes ni las condiciones ambientes favorables? ¿Alguien no ha pedido para fabricar protoplasma otra cosa que los productos mismos de ese protoplasma que son los únicos elementos de síntesis de que podemos disponer, y no se vanagloriaba de obtener protoplasma con albúminas artificiales, albúminas de síntesis?

El protoplasma, la substancia viviente no se crea a nuestra vista y no proviene más que de sí mismo. Eso depende de que los materiales necesarios, las condiciones favorables para su producción no existen más que en el organismo. Pero la biogénesis experimental, la producción de substancia viviente fuera del organismo, no debe por ello ser considerada como pura utopía, eternamente irrealizable. De la propia suerte que la actual organización del protoplasma tiene una historia en extremo larga, la realización de un protoplasma está todavía, a causa de su dificultad, muy distante de nosotros (1).

Resulta de los experimentos y de la argumentación de los sabios, que la síntesis de los albuminoides en los laboratorios no parece irrealizable; se prevé un tiempo en que se provocará una generación que sería impropio llamar *espontánea*, puesto que habrá sido lentamente preparada, querida, elaborada, pero que no por ello dejará de dar sin el aporte de un germen antecedente, una materia viva recompuesta y viable. En efecto, la dificultad es mayor que en las otras síntesis, pues no se trata solamente de crear una substancia semejante al protoplasma, es preciso que tenga además, como él, la propiedad de adaptarse al medio.

---

(1) A. Prenant, P. Bouin, L. Maillard, *Traité d'Histologie*, t. I *Cytologie générale et spéciale*. Paris, Schleicher frères.

## CAPÍTULO II

### Las diversas teorías relativas al origen de la vida

El descubrimiento de la síntesis de los albuminoides de que acabamos de hablar, nos explicará, a no dudarlo, el origen de la vida y las primeras formas bajo las cuales se ha presentado. ¿Pero a falta de ellas, no nos es permitido investigar si la tierra, en un momento dado de su evolución, no se ha visto convertida en un laboratorio en el que se hallaban reunidas las condiciones esenciales a la producción de la vida?

LOS ORÍGENES DE LA VIDA. — Esto es, en efecto, lo que nos enseñan las diversas ciencias. Sabemos, gracias a los datos de la Astronomía y de la Geología, que la vida no ha sido posible sino en ciertas condiciones de temperatura, y que, por lo tanto, no ha aparecido sino tardíamente al ocurrir el enfriamiento progresivo de la Tierra.

La Paleontología y la Fisiología nos enseñan también que probablemente ha debido constituirse en primer lugar en los océanos. Los mares, en las épocas geológicas, ocupaban, como es sabido, la casi totalidad de la tierra, y en los mares es donde los paleontólogos han encontrado los fósiles más primitivos. En la hora actual los seres más simples que

conocemos habitan en el océano: la *protamæba primitiva*, por ejemplo, simple gotita de protoplasma con núcleo apenas definido, que se arrastra en la superficie de los animales marinos. Se ha creído también descubrir en los mares seres más simples todavía, es decir, desprovistos de núcleo, y que ofrecen el aspecto de un simple pedazo de protoplasma amorfo.

Hæckel (1) llamó a esos seres primitivos *moneras*, y se imaginó observar en ellos, en el estado nativo, la materia viviente. Observaciones ulteriores demostraron que el examen había sido mal hecho y que las moneras, como todos los seres dotados de vida, eran organismos completos provistos de núcleo.

En 1868 (2), el descubrimiento a 8.000 metros de profundidad en el fondo de los mares de una masa gelatinosa, hizo augurar que se estaba en presencia de la forma más simple de la substancia viviente; Huxley, que observó la muestra, la llamó *bathybius Hæckeli*. Habiéndose probado en la hora actual la no existencia de tal substancia, no se habla ya del *bathybius Hæckeli*, que ha pasado a la categoría de mito. No insistiremos, pues, acerca de estas suposiciones, que los progresos de la técnica de coloración y del microscopio han demostrado que eran falsas.

No por eso deja de ser menos exacto, sin embargo, que son las aguas marinas las que han suministrado

---

(1) Ernesto Hæckel, *Studien über Moneren und andere Protisten* (Estudios sobre las moneras y otros Protistas), *Biologische Studien*, primer fascículo, Leipzig, 1870.

(2) En 1868, cuando el crucero del navío inglés *The Porcupine*, los naturalistas ingleses Carpenter y Wyville Thomson, creyeron descubrir materia viviente en una especie de visco que la draga extraía de una profundidad de 8.000 metros

los seres más simples, y las que nos proporcionan también las formas más diversificadas de la vida, en casi todos sus estadios.

En fin, la gran cantidad de líquido que contiene en sí cada organismo, viene a añadir una prueba nueva a la concepción del origen marino de la vida. Todo ser viviente es una especie de acuarium.

LA TEORÍA DE M. QUINTON. — Tras algunos experimentos, relativos en su mayor parte a la propiedad del agua de mar de asimilarse al organismo, M. Quinton ha reunido las esparcidas concepciones de los orígenes marinos de la vida, en una verdadera teoría (1).

Según él, la vida animal ha aparecido en los mares en estado de célula, cuando las condiciones exteriores resultaban ser particularmente favorables a su eclosión: la temperatura, dice, era de 44 grados y el salobre de 8 a 9 gramos por litro. Desde entonces cada organismo habría propendido en el curso de la evolución, a mantener sus células componentes en un medio marítimo, de manera, que salvo algunas excepciones, « todo organismo animal es un verdadero acuarium marino, en el que continúan viviendo en las condiciones acuáticas de los orígenes, las células que lo constituyen ».

La experiencia prueba, siempre según M. Quinton, que los seres vivientes, si han conservado en sí

---

(1) M. Quinton, *L'eau de mer, milieu organique. Constance du milieu marin original, comme milieu vital des cellules a travers la serie animale.* París, editor Masson. — « Les lois générales de constance originelle du milieu vital des cellules *Revue des Idées*, 15 enero 1904. — « Maintien du milieu marin originel comme milieu vital des cellules, chez les vertébrés » — *Revue des Idées*, 15 marzo 1904.

ese medio marítimo original que fué el de las primeras células, no lo han mantenido en el grado de concentración actual de los océanos. Según prueban algunos datos de la geología (1), se ha acrecentado el salobre de los mares en el curso del tiempo, pero los seres vivos mejor dotados no han conservado entre sí más que el tipo de concentración de los mares primitivos. Los mares actuales nos ofrecen una concentración media de 33 gramos de cloruro de sodio por litro; ahora bien, el medio marino de los mamíferos no está concentrado sino a 6 gr. 8, el de las aves a 7 gr. 2, cifras que se aproximan a la concentración de los mares primitivos.

No pocas contradicciones vienen a debilitar estas observaciones generales, pero M. Quinton las utiliza también como argumentos. Los reptiles, por ejemplo, que conservan su temperatura no por encima de la del medio exterior, sino 6 grados por debajo, según él, han salido de los mares cuando la temperatura exterior era en 6 grados superior a la que convenía a la célula, o sea de 50 grados (2).

Por último, esta teoría de la adaptación de los primeros seres aparecidos en un medio progresivamente enfriado, y de la facultad en los últimamente venidos de conservar su temperatura interior sin relación con el medio ambiente, conduce lógicamente a M. Quinton a creer que la prueba de la evolución de los seres debe ser aportada por la temperatura específica de las especies. Así llega a deducir que las aves, los

---

(1) Véanse las explicaciones de De Launay, relativas a este asunto en la *Historia de la Tierra*.

(2) De Launay, *Historia de la Tierra*. «Lo que parece bien poco conforme con la enseñanza que se deduce de la flora carbonífera».

rumiantes, los carnívoros, son posteriores al hombre (1).

No descenderemos al detalle de la crítica de esta teoría muy brillante, pero sin cesar contradictoria; relacionaremos únicamente y con gran brevedad, los experimentos más interesantes, por medio de los cuales M. Quinton ha intentado probar que el medio marino era un medio vital. Según él, una de las pruebas de los orígenes marinos de la vida, está en la gran cantidad de agua salada incluida en cada organismo: es, en general, de un tercio del peso del animal. El hombre, tipo medio, que pesa 60 kilogramos, comprende 20 kilos de agua de mar, y así sucesivamente para los otros organismos.

Tres series de experimentos le han servido para estudiar fisiológicamente la acción del agua de mar en los organismos, y para demostrar seguidamente la permanencia del medio marino como medio vital de las células.

1.º Como resultase que el agua de mar inyectada a perros en dosis respetables (8 a 10 kilos en los cuatro experimentos intentados en el laboratorio del Colegio de Francia), no provocaban en los animales experimentados perturbación alguna grave, dedujo de ello que el agua de mar obra en el organismo como un medio vital.

2.º En un segundo grupo de experimentos, monsieur Quinton llega a las mismas conclusiones, después de haber sustraído a algunos perros, mediante una sangría, una gran cantidad de sangre que, reem-

---

(1) Cosa que contradicen las investigaciones y los descubrimientos de la paleontología.

plazaba por igual cantidad de agua de mar, no se alteró en nada su estado de salud.

3.º Glóbulos blancos extraídos de la sangre de diferentes vertebrados, y trasladados al agua de mar, se producen en el nuevo medio como en el precedente, y conservan la vida.

Deduca M. Quinton de este experimento, como de otros, que entre el agua de mar y el medio vital de las células, existe identidad desde el punto de vista fisiológico.

La idea principal de la teoría de M. Quinton, y que debe ser respetada, a despecho de las contradicciones y de las hipótesis atrevidas, es que la vida tiene un origen marino. Ninguna de las concepciones de conjunto que han pretendido explicar la aparición de la vida sobre la tierra, contradice esta idea, ya se crea con Richter que los gérmenes dotados de vida hayan sido aportados de otros planetas, o con Preyer que la vida es eterna.

En uno y otro caso, los gérmenes se han desarrollado en un medio marino.

Recordaremos brevemente estas hipótesis, que si no explican la formación de la materia viviente, pueden no obstante sugerir contradicciones capaces de hacer comprender mejor su origen.

TEORÍA DE LOS COSMOZOARIOS. — La teoría de los *cosmozoarios*, llamada después la de la *panspermia cósmica*, reconoce como posible la existencia de gérmenes de microorganismos que, esparcidos en el espacio cósmico, se desarrollarían en los mundos en que las condiciones de vida sean favorables.

Esta teoría, que es la de Richter (1), admite, pues, la eternidad de la vida, que el transporte de un planeta a otro perpetúa, pero no le asigna origen.

Esta hipótesis, según parece, no hace más que cambiar de terreno el asunto; no lo resuelve. Si la vida ha llegado a la tierra en forma de gérmenes, queda por demostrar cómo se ha formado en los otros planetas, y a qué combinación debe su realización; cómo ha podido atravesar los espacios celestes sin perecer a causa de la elevada temperatura, puesto que por encima de 100 grados no se puede conservar ninguna vida; y cómo si ha vencido estos obstáculos, porque estaba en estado potencial, se ha manifestado en nuestro globo y con arreglo o sujeción a qué condiciones.

TEORÍA DE LA CONTINUIDAD DE LA VIDA. — Preyer (2) ha tratado de explicar el origen de la vida con arreglo a una teoría completamente opuesta. Según él, la vida no ha podido aparecer como pretenden los adeptos de la generación espontánea, o de la teoría de los cosmozoarios, pues las condiciones favorables de otro tiempo deberían encontrarse bajo cualquiera forma en la hora actual; pero, como se comprueba al contrario que los organismos todos han de descender de otro organismo viviente, hay que admitir en lo que respecta al pasado, lo que con relación al pre-

---

(1) Richter, *Zur Darwinischen Lehre*. (Lecciones sobre el Darwinismo). *Schmidt's Jahrb. d. Ges. med.* CXXXVI, 1865. y CXLVIII, 1870. — *Die neuen Kenntnisse von den Krankmachenden Schmaropzerpilzen* (Id. CLI, 1871).

(2) Preyer W. *Die Hypothesen über der Ursprung des Lebens*. (Las hipótesis relativas al origen de la vida). *Naturwissenschaftliche Thatsachen und Probleme*, Berlín, 1880.

sente admitimos. Así, pues, la materia viviente ha existido siempre, más aún, acaso ha precedido a la materia bruta, que vemos sin cesar derivarse de ella.

Pero si la vida no ha cesado jamás de existir, si no ha tenido principio, debemos encontrarla hasta en las épocas en que todo parece probar que era imposible, en el tiempo en que la Tierra era un globo incandescente, y he aquí cómo justifica esta aserción: «Sostenemos que el movimiento eterno en el Universo es la vida», y ve en la Tierra «un gigantesco organismo incandescente, cuyo aliento acaso era un vapor de hierro brillante; la sangre, metal en fusión, y que tal vez se nutría de meteoritos».

Estas comparaciones metafóricas, pero sin realidad, dejan ver sobradamente la parte de romanticismo que contiene esta hipótesis, para que nos sea preciso insistir acerca de su inverosimilitud.

No podemos admitir como dotada de vida la materia incandescente, porque tenga uno de los atributos de la materia viva: la energía y el movimiento.

El movimiento, lo hemos dicho ya, puede caracterizar a la materia bruta, sin que por ello sea posible asimilarla a la materia viviente, pues de ella difiere de modo esencial por no ser un organismo formado por sustancias albuminoides en las que se operan cambios de materias.

**HIPÓTESIS DE PFLÜGER.** — Pflüger, inspiránpose en datos puramente científicos, trató de explicar los orígenes de la vida con ayuda de hechos de orden químico y fisiológico.

Según él, la materia viviente deriva de la ma-

teria bruta, que, cambiándose, le ha dado origen, y la vida apareció en los tiempos geológicos por *generación espontánea* (1).

Examinada la albúmina viviente, que tiene la propiedad de descomponerse bajo la influencia del oxígeno sin cesar aportado al organismo, comparó sus productos de destrucción con los que se obtienen por la oxidación artificial de la albúmina muerta.

Observó « que los *productos no azoados* de la albúmina muerta concuerdan en general con los de la albúmina viva, pero que, al contrario, la mayor parte de los productos *azoados* no ofrecen semejanza alguna, ni siquiera remota, con la masa principal de los que se forman en el cuerpo vivo.

La diferencia fundamental entre ambas masas estriba, pues, en las radicales azoadas. Ahora bien, los productos azoados de la destrucción de la albúmina viva (úrea, creatina) contienen todos, como radical, el cianógeno (CAz, carbono, ázoe), producto componente de la albúmina viva, que la distingue de la albúmina muerta. El es el que da a la materia viva sus propiedades características, su energía intensa, su inestabilidad en presencia del oxígeno ».

Además, la analogía que existe entre la albúmina viviente y el ácido ciánico (compuesto del cianógeno) es tal, que Pflüger ha podido decir: « Esta analogía es tan grande que consideraría gustoso el ácido ciánico como una molécula semiviviente ».

El cianógeno es, pues, uno de los productos ini-

---

(1) Pflüger. *Über die physiologische Verbrennung in den lebendigen Organismen.* (De la combustión fisiológica en los organismos vivientes.) — Pflüger's Archiv., vol. X, 1875.

ciales de la vida ; en fin, hecho que también debe señalarse, el cianógeno se forma, como otros constituyentes esenciales de la albúmina, a temperaturas muy altas ; la vida, pues, ha podido esbozarse en períodos en que la Tierra era todavía un planeta incandescente.

Gracias a la extraordinaria lentitud del enfriamiento terrestre, pudo el cianógeno transformarse, mediante la agregación del oxígeno, del agua, de las sales, en la albúmina de la materia viviente.

La teoría de Pflüger viene, pues, a dar un nuevo apoyo a la hipótesis de la generación espontánea primitiva ; los compuestos ciánicos, existentes ya en la época en que la Tierra estaba en estado de incandescencia, representan los elementos esenciales a cuyas expensas se formó la materia viviente. « Debiéron, en razón de su tendencia a la descomposición, entrar en reacción con los otros diferentes compuestos de carbono que tenían igualmente origen en la acción de una elevada temperatura. Cuando el agua se precipitó seguidamente bajo forma de lluvia sobre la superficie de la Tierra, aquellas combinaciones salidas del fuego entraron en relación química con el agua y con las sales y los gases que en ella estaban disueltos, y de aquella manera nacieron los cuerpos albuminoides vivientes, esos compuestos en extremo inestables que, lo mismo que los otros compuestos que contenían la radical ciánica, se distinguen por su tendencia a la descomposición y a la polimerización o polimorfismo, y que constituyen los elementos esenciales de la materia viviente.....

» Tal es, sobre poco más o menos, la concepción que podría formarse hoy, con algún fundamento de

verosimilitud, del modo de formación de la materia viviente. No quiere esto decir, sin embargo, que dicha concepción no haya de sufrir más tarde importantes modificaciones de detalle. El teatro en el cual apareció por vez primera la materia viviente y las condiciones que la regularon no nos son de momento conocidas sino de una manera tan vaga, que toda especialización proseguida en los detalles tendría sólo un valor escaso (1) ».

No obstante, a pesar de la incertidumbre en que todavía estamos en lo que concierne a ciertos puntos de detalle, hay algunas ciencias que nos prestan ya tal concurso en la investigación del problema de los orígenes de la vida, que podemos afirmar ciertos hechos con toda seguridad.

PARTE DE LAS DIVERSAS CIENCIAS EN EL ESTUDIO DE LOS ORÍGENES DE LA VIDA. — Cada una proporciona sus datos, cuya concordancia pone al sabio en la vía de las hipótesis fundadas.

La *astronomía* y la *geología* nos informan acerca de la formación de los mundos y de la Tierra y sobre la temperatura del globo en los diferentes períodos, permitiéndonos fijar aproximadamente la época de la aparición de la vida. Sabemos, en efecto, mediante múltiples experimentos, que la vida no puede conservarse más allá de los 100 grados; no debía, pues, existir en el tiempo en que la Tierra en estado de incandescencia alcanzaba de 5.000 a 6.000 grados; no ha debido por lo tanto aparecer sino más tarde, cuando se produjo su enfriamiento.

La *paleontología* se auxilia con los datos de la

---

(1) Verworn, *Physiologie générale*, pág. 347.

geología para reconstituir la historia de la vida. Su método consiste en recoger en los diversos terrenos cuyas edades han sido previamente fijadas, los restos de plantas y de animales fósiles, y clasificarlos según su orden aproximado de aparición a fin de reconstituir en sus líneas generales la evolución de las especies. En fin, comparando los restos fósiles con las especies actuales, la paleontología deduce las leyes según las cuales se ha efectuado la evolución.

Pero esta ciencia no deja de presentar muchas lagunas: aporta algunos elementos de solución del problema de la vida, sin resolverlo, pues no presenta las especies desde su origen a su estado actual, como una cadena continua; por donde quiera faltan eslabones, y los primeros anillos no pueden ni siquiera ser aproximadamente reconstituídos.

Los terrenos antiguos han sufrido grandes modificaciones (1), y a consecuencia de una recristalización de sus sedimentos, no nos ha conservado ejemplar alguno ni de su flora ni de su fauna.

Hasta el período geológico llamado *precambriano*, no poseemos huella alguna de ser viviente. Las razones de esta ausencia de todo organismo se explican también por la extrema fragilidad de los primeros seres; la vida, aparecida en sus comienzos en estado de células, de seres blandos sin esqueleto ni partes resistentes, debía desaparecer sin dejar huellas. En

---

(1) « Todos los terrenos anteriores al precambriano, conocidos por nosotros hasta aquí, han tomado sin excepción ese aspecto cristalino que les ha hecho confundir bajo el nombre de *gneiss* o micasquistos, y que algunas veces ha hecho que se vea en ellos la primera corteza de la consolidación terrestre. Existen allí probablemente, en estado indescernible, los sedimentos de períodos en extremo largos, durante los cuales han podido comenzar todas las evoluciones ». — (De Launney, *Historia de la Tierra*).

el *precambriano* mismo no se han recogido más que algunas impresiones dejadas sobre el lógamo blando por los anélidos, pero a partir del *cambriano*, descubrimientos más numerosos han permitido reconstituir sobre poco más o menos la evolución de los seres. Esas lagunas contribuyen a llenarlas otras ciencias. La *embriología*, o ciencia del desarrollo individual del germen, nos proporciona datos acerca de la evolución de los seres. Desde su estado más simple, en efecto, el germen, la célula huevo de los vegetales y de los animales, recorre una serie de estadios de desarrollo que reproducen las formas antepasadas por las cuales ha pasado aquel organismo en el curso de la evolución. La *anatomía comparada* nos presta análogos servicios: utiliza los documentos que le proporciona la semejanza de los diversos órganos que observa en los seres actualmente vivientes. Señala, por la concordancia que se nota entre los grupos de organismos disecados hasta en sus partes más delicadas, el parentesco que con los otros les une.

La *física*, la *química* nos informan acerca de todos los fenómenos mecánicos y los cambios que se producen en el ser viviente. El conocimiento de las leyes de la electricidad les ayuda en la investigación de los fenómenos elementales de la vida; en efecto, nos enseña « que toda materia viviente está formada por la asociación de coloides, evolucionando sin intervención de *fuerzas vitales* particulares, ni sin misterio irreductible que prohíba la síntesis de esta materia con todas sus manifestaciones (1). »

(1) M. Jean Perrin, « Mécanisme de l'électrisation de contact et solutions colloïdales ». — *Journal de Chimie-Physique*, 1905, p. 50.

## Conclusiones

Hemos dado los hechos más característicos que explican las propiedades de los seres vivos; vamos ahora a tratar de deducir de estos hechos y de las teorías que a ellos se refieren, algunas ideas generales que permitirán concebir, de manera completamente científica, la solución posible del problema de la vida.

LA CÉLULA, BASE FÍSICA DE LA VIDA. — La idea más general que se deduce de los hechos precedentes, es la de que no hay vida aparte de una organización definida, cuya forma más simple es *la célula*. Hemos visto, en efecto, que la materia viviente privada de uno de sus elementos, no puede vivir; el protoplasma desprovisto de núcleo muere infaliblemente.

La célula es, pues, la base física de la vida. Hecha esta demostración, no nos es ya posible concebir la vida independientemente de un organismo, aunque sea muy simple, pero poseyendo la totalidad de sus elementos.

Lo que la célula nos presenta en estado rudimentario, es decir, las propiedades características de los seres vivos, lo encontramos en los seres superiores en un estado de complicación creciente.

En los seres muy elevados en organización, esos caracteres específicos han adquirido tal complejidad,

que parecen, sujetos a un examen superficial, irreductibles a los de la célula. Hasta no pocos sabios han vacilado en reducir los fenómenos de pensamiento y de conciencia a simples movimientos de la materia. Y es que ocurre con esta complejidad, como con las combinaciones químicas que han determinado la vida: subsistiendo los mismos elementos constitutivos, resultan del hecho de sus relaciones, propiedades nuevas que en el estado embrionario no existían en los componentes. El pensamiento y la conciencia parecen, pues, ser con relación a los fenómenos vitales elementales, lo que la materia viviente es con respecto de la materia bruta.

EL FUNCIONAMIENTO VITAL. — La vida no se encuentra, como acabamos de decir, fuera de la materia viviente organizada; pero esta misma substancia puede ser privada de las propiedades vitales y pasar a otro estado que llamamos la muerte. ¿En qué momento podremos llamarla viva? La célula vive cuando es capaz de sufrir cambios con el medio ambiente, de asimilar y desasimilar los productos nutritivos, de reproducirse, etc... Este fenómeno del funcionamiento vital, se presenta en ella bajo su forma más simplificada, en compendio, pero con todas sus fases. El fenómeno indicado nos da una idea total del ciclo vital, que se observará idénticamente, bien que en grados de complicaciones extremas, en los seres superiores. Esto se comprende fácilmente si se tiene en cuenta que en vez de estar compuesto de una sola célula, como la amiba, el hombre, por ejemplo, está formado por 60 trillones de células. Aparte del funcionamiento propio de cada célula, tienen lugar en

un organismo de tal naturaleza relaciones de funcionamiento entre las células, una división del trabajo para su especialización para funciones definidas, y su organización en aparatos, órganos, tejidos, etc...

Pero si ese funcionamiento se observa en la amiba o en el hombre, se notará que presenta, aparte de sus formas más o menos complejas, un conjunto de caracteres comunes y las mismas causas.

LOS HECHOS VITALES SON HECHOS FÍSICO - QUÍMICOS.— De suerte tal que los actos vitales, desde el más sencillo al más perfeccionado, pueden reducirse a no ser todos más que *hechos físico-químicos*. En efecto, en ningún momento, y sea cual fuere el fenómeno estudiado, hemos tenido necesidad para explicarlo, de hacer intervenir *la fuerza vital*. La física, la química, la leyes de electrización... nos han facilitado siempre la explicación que buscábamos. Si hubiésemos tenido que añadir la fuerza vital nos habríamos puesto en contradicción con nosotros mismos y la mayor parte de los biólogos, pues nos hubiera sido necesario negar el principio que incesantemente hemos afirmado, de *la conservación de la energía*. Ahora bien, esta ley lejos de ser destruída, ha sido sin cesar afirmada por los hechos. Recordaremos, entre todos los ejemplos que se mencionan en el curso de este estudio, un solo hecho que hace insostenible la hipótesis de una fuerza vital: « Las investigaciones calorimétricas más recientes, han demostrado que en el animal adulto que se encuentra en perfecto equilibrio de nutrición, es decir, que elimina de su cuerpo, mediante las excreciones, tantos átomos como recibe por los alimentos, se produce también un perfecto equilibrio dinámico ;

en otros términos, la misma cantidad de energía que entra en el animal como fuerza química de tensión con los alimentos, se encuentra de nuevo cuando abandona el organismo por la actividad vital de los órganos.

Debemos, pues, hacer derivar toda la suma de las acciones energéticas del organismo únicamente de las cantidades de energía que han entrado en el cuerpo con el alimento. Si no quisiéramos admitirlo, nos veríamos llevados a una consecuencia completamente absurda, pues, si las funciones del organismo estuviesen sostenidas por un fondo particular de energía por una fuerza vital, nos sería preciso formular la hipótesis que, por una parte la fuerza vital se formaría continuamente de nada en el cuerpo, para subvenir de una manera permanente a sus funciones, y, por otra, que la energía potencial de los alimentos desaparecería continuamente como superflua. Pero tal interpretación no podría ser aceptada hoy por ningún naturalista (1). »

ACTITUD FILOSÓFICA QUE ADOPTAR ANTE EL PROBLEMA DE LA VIDA. — Lo que hemos llamado « el hecho nuevo », es decir, la constitución de las propiedades nuevas en un organismo, a consecuencia de la combinación de sus elementos, no puede ser asimilado en nada a esta fuerza vital sobrepuesta, pues en el hecho nuevo no aparece nada que no sea natural. Los caracteres nuevos son la resultante únicamente de las leyes físico - químicas que se observan en los elementos en combinación. Si dichas leyes proporcionan

---

(1) Verworn, *Physiologie générale*, p. 50.

a los organismos nuevos aspectos, si la energía que les es conjunta, se traduce por manifestaciones hasta entonces no observadas, no por ello deja de ser menos cierto que esos aspectos, esas manifestaciones, continúan sometidas a las leyes físico-químicas.

Basta que señalemos que nos separamos claramente de los vitalistas, que niegan, al contrario, que los hechos vitales puedan ser referidos a las leyes de la físico-química, y que admiten *a priori*, sin demostrarla, la intervención de la fuerza vital.

La superioridad de la tesis unionista o materialista sobre las otras concepciones animistas, vitalistas, etc., estriba especialmente en que la noción de la materia no está separada en ella de la noción de energía, pues no hay movimiento sin móvil. Otra superioridad de esta tesis, consiste en transportar al terreno de los problemas por resolver por la ciencia, y no por la metafísica, las cuestiones no solucionadas, a medida que se plantean.

LA MATERIA BRUTA Y LA MATERIA VIVA.—SUS RELACIONES. — A fin de no dejar ninguna ambigüedad acerca de la teoría del hecho nuevo, tenemos empeño en insistir sobre la idea de que no se contrapone en nada a la teoría de la evolución, con la cual hasta concuerda a despecho de su aspecto revolucionario.

Cuando se penetra, en efecto, en la intimidad de la evolución, se la encuentra complexus de revolución. Así es, para no tomar más que un ejemplo muy sencillo, que el fenómeno elemental del choque, según el punto de vista en el que nos coloquemos, es un hecho de evolución (continuación) o de revolución.

La aparición de la materia viviente derivada de

la materia bruta, pero distinguiéndose de ella por propiedades nuevas, puede ser considerada desde uno u otro punto de vista, sin que la concepción de su origen resulte modificada en nada.

Precedentemente hemos dicho que la idea de buscar en la materia bruta la totalidad de los caracteres de la materia viva, nos parecía un error de método; no significaba esto que no apreciásemos entre ellas alguna filiación. Si nos hemos resistido una o dos veces contra las relaciones un poco demasiado precisas que establecía entre ellas M. Dastre, tenemos no obstante empeño en expresar nuestra adhesión a la mayoría de sus ideas. Él ha levantado el interdicto que se había puesto sobre los fenómenos vitales y la materia viviente, que parecía sacrilegio referir o relacionar a la materia inorgánica. Derribando los muros de división que separan el reino viviente del reino inanimado, y buscando los lazos de filiación que unen uno a otro, pertenece al número de los que han prestado a la ciencia y a la filosofía un gran servicio. Él ha sintetizado en sus trabajos los resultados de todas las precedentes investigaciones de los sabios sobre los cristales, el movimiento browniano, etc., en una palabra, los modos de transformación propios de la materia bruta. Pero lo que él no ha afirmado suficientemente, y acerca de lo cual insistiremos, es que si los elementos de la materia viva son los mismos que los de la materia bruta, su modo de combinación no se encuentra en parte alguna en el mundo inorgánico.

Las sustancias albuminoides, los hidratos de carbono y las grasas que componen el protoplasma, y pertenecen sin excepción a todos los organismos, no

existen sino en ellos, así como las propiedades que les son inherentes. Si una o algunas de esas propiedades se encuentran a veces en ciertos cuerpos brutos, no es sino aisladamente, y siempre sin arrastrar con ellas la facultad para el ser inorgánico de adaptarse al medio.

EL SER VIVIENTE ES UN TRANSFORMADOR DE ENERGÍA. — La posibilidad de esos cambios constantes entre el organismo y el medio, hace del ser viviente un verdadero *transformador de energía*.

El ciclo vital, es decir, el ciclo de los cambios entre el ser y el medio, es ininterrumpido; en momento alguno presenta fase de reposo; y lejos de ser cualesquieras, esos cambios están *coordinados* en el organismo. A medida que éste es más elevado en la escala de los seres, su facultad de transformar la materia en energía se hace más intensa. Y la prueba de que esta observación es exacta, y de que es una propiedad característica del ser viviente, está en que la evolución se efectúa en dicho sentido.

RÁPIDA CONSIDERACIÓN SOBRE LA EVOLUCIÓN DE LOS SERES. — Nos parece necesario indicar aquí a grandes rasgos y en breves líneas lo que es preciso entender por evolución en los seres y cómo se efectúa.

Para comprenderla bien, es útil, en nuestro sentir, romper con la idea, por ser demasiado simplificadora, de que la vida ha nacido de una célula única que, segmentándose, ha dado origen, por grados de complejidad creciente y cadena continua, a todos los seres actualmente conocidos. Hay que admitir, conformándose con los datos más exactos de la paleontolo-

gía, que la vida, en su origen, pudo manifestarse bajo la forma de seres muy simples, pero diversos, que evolucionaron en sentidos un poco diferentes.

Las condiciones de la aparición de la vida, semejantes a no dudarlo, de las siempre idénticas, de las combinaciones químicas de los laboratorios, debían presentar variantes notables sobre las inmensas extensiones de la tierra en que existían.

De esta hipótesis resulta, pues, que la vida ha debido aparecer espontáneamente en un gran número de ejemplares, en las diferentes partes de los océanos, en los que el protoplasma estaba constituido en células vivientes. Después de un desgaste o de una pérdida enorme, gracias a la adaptación al medio, las formas celulares más robustas y plásticas fueron las que subsistieron, y de ellas es de donde salieron los múltiples seres, desde los más inferiores a los más elevados, así aquellos que reconstituye la paleontología, como los que vemos vivos sobre la tierra.

---

# ÍNDICE DE MATERIAS

	Pág.
INTRODUCCIÓN . . . . .	5

## LIBRO PRIMERO

### La forma elemental de la vida: la célula

CAPÍTULO PRIMERO. — Generalidades . . . . .	23
CAPÍTULO II. — El protoplasma . . . . .	26
Las formas y las dimensiones de la célula . . . . .	26
El protoplasma. Su estructura. . . . .	31
Composición química . . . . .	31
Caracteres físicos del protoplasma . . . . .	35
Teoría granular . . . . .	36
Teorías filamentosas y reticular . . . . .	38
Teoría alveolar o espumosa . . . . .	39
El estado coloidal de la materia viva . . . . .	43
Las propiedades de los coloides . . . . .	44
CAPÍTULO III. — La envoltura . . . . .	49
CAPÍTULO IV. — El núcleo y el centrosomo . . . . .	52
El núcleo . . . . .	52
Su composición química . . . . .	53
Formas y funciones del núcleo. . . . .	53
El centrosomo . . . . .	57

## LIBRO II

### Los caracteres comunes de los seres vivos

CAPÍTULO PRIMERO. — La constitución química de la materia viviente . . . . .	60
CAPÍTULO II. — La unidad morfológica . . . . .	61
CAPÍTULO III. — La irritabilidad y el movimiento. . . . .	62
La irritabilidad. Definición provisional . . . . .	62
Su importancia. . . . .	62
Los irritantes . . . . .	62
Formas de la respuesta . . . . .	63
Límite de la irritabilidad. . . . .	64
Tropismos o tactismos. . . . .	65
La quimotaxia . . . . .	65
La barotaxia . . . . .	68

	Pág.
La fototaxia . . . . .	70
La termotaxia . . . . .	71
La galvanotaxia . . . . .	71
Definición de la irritabilidad . . . . .	74
CAPÍTULO IV. — Los cambios de energía . . . . .	76
La energía en el organismo . . . . .	76
El movimiento en el ser vivo . . . . .	76
Los movimientos por hinchazón de las paredes celulares . . . . .	77
Movimientos por modificación de la turgencia celular . . . . .	78
Movimientos por modificación del peso específico . . . . .	78
Los movimientos por secreción . . . . .	81
Los movimientos por crecimiento . . . . .	82
Movimientos por contracción y expansión . . . . .	82
Los movimientos amiboides . . . . .	83
Los movimientos musculares . . . . .	85
Los movimientos vibrátiles . . . . .	88
La producción de la luz . . . . .	90
La producción del calor . . . . .	91
La producción de electricidad . . . . .	92
CAPÍTULO V. — Los fenómenos de crecimiento y de reproducción . . . . .	95
El crecimiento . . . . .	95
El ciclo de los cambios . . . . .	95
La nutrición . . . . .	96
La elección de los alimentos . . . . .	97
La nutrición de las plantas y de los animales . . . . .	100
El alimento-oxígeno; la respiración . . . . .	101
Absorción de los alimentos según sus diversas formas . . . . .	102
La transformación de las materias absorbidas . . . . .	104
Los fermentos . . . . .	104
La asimilación . . . . .	106
La desasimilación . . . . .	108
La eliminación . . . . .	109
Los productos de secreción . . . . .	109
Los productos de excreción . . . . .	111
Los cambios de la célula . . . . .	113
Resumen . . . . .	115
La reproducción . . . . .	115
La división directa . . . . .	116
La división indirecta . . . . .	116
Las formas de segmentación en la división indirecta . . . . .	127
La generación asexual . . . . .	130
La generación sexual . . . . .	131
La conjugación . . . . .	132
La fecundación . . . . .	134
CAPÍTULO VI. — El carácter evolutivo, la senilidad y la muerte . . . . .	138
La necrobiosis en la célula . . . . .	139
Causas de la muerte . . . . .	141
La muerte y la inmortalidad . . . . .	143

## LIBRO III

La materia viviente y la materia bruta . . . . .	145
--	-----

## LIBRO IV

## El origen de la vida

CAPÍTULO PRIMERO. — La generación espontánea y la síntesis de la	
materia viviente . . . . .	161
La cuestión de la generación espontánea actual. . . . .	162
Historia . . . . .	162
Perfodo experimental. — Redi. . . . .	163
La generación espontánea de los infinitamente pequeños. — Lcu-	
wenhoeck . . . . .	165
Buffon, Needham. . . . .	165
Experimentos de Spallanzani. . . . .	166
Experimentos de Schwamm. . . . .	167
Objeción de Needham. . . . .	168
Experimentos de Schultze, de Schröder y de Duseh . . . . .	168
Pasteur y Pouchet . . . . .	169
Los experimentos de Pasteur . . . . .	170
Objeciones de Pouchet. . . . .	175
La síntesis de la materia viviente . . . . .	178
La substancia viviente y la síntesis del protoplasma. . . . .	182
CAPÍTULO II. — Las diversas teorías relativas al origen de la vida . . . . .	
Los orígenes de la vida . . . . .	189
La teoría de M. Quinon . . . . .	191
Teoría de los cosmozoarios . . . . .	194
Teoría de la continuidad de la vida. . . . .	195
Hipótesis de Pflüger. . . . .	196
Parte de las diversas ciencias en el estudio de los orígenes de	
la vida . . . . .	199

## CONCLUSIONES

La célula, base física de la vida . . . . .	202
El funcionamiento vital . . . . .	203
Los hechos vitales son hechos físico-químicos . . . . .	204
Actitud filosófica que adoptar ante el problema de la vida. . . . .	205
La materia bruta y la materia viva. — Sus relaciones . . . . .	206
El ser viviente es un transformador de energía . . . . .	208
Rápida consideración sobre la evolución de los seres. . . . .	208

