

mente químicas. Tal era la opinión de Schwam, por más que juzgara importantes también los otros constituyentes de la célula.

Este concepto sólo fué transitorio, y bien pronto se evidenció que era insostenible, al ver que muchos fragmentos de materia viva carecían

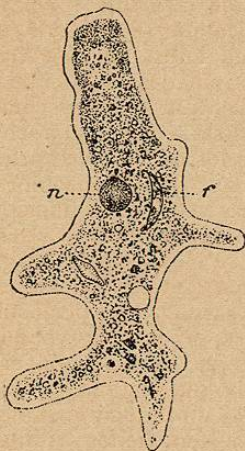


FIG. 22.—Una amoeba. Célula sin pared. *n*, núcleo; *f*, trozo de alimento absorbido por la célula.

de pared celular. Mientras que esta parte está casi siempre bien desarrollada en la planta, es muy común que estén desprovistas de ella las células animales, como acontece en los glóbulos rojos de la sangre. La Fig. 22 representa una *amoeba*, célula que tiene la propiedad de moverse y de asimilar, y que carece de pared. Además, las células jóvenes siempre son más activas que las viejas y con frecuencia carecen de pared celular ó es muy fina, depositándose á medida que aumenta la edad de la célula, y conservándose mucho tiempo después de muerta ésta. Estos hechos derro-

caron la teoría de que la pared es una parte vital de la célula, y se reemplazó por otra que había de tener influencia más profunda en el estudio de la biología, que ninguno de los descubrimientos realizados. Así se creó la doctrina de la naturaleza del protoplasma.

## CAPÍTULO IV

## EL PROTOPLASMA

1. **Descubrimiento.**—Demostrado que la pared celular era hasta cierto punto inactiva, se fijó la atención en los contenidos de la célula. Veinte años después que la teoría celular se formuló, se consideraron el núcleo y la substancia celular como esenciales para las actividades de la célula, muy especialmente el núcleo que se miró como órgano de reproducción. Estas ideas aparecieron con carácter indeciso en los escritos de varios autores, hasta que en 1860 se formuló una teoría que constituyó lo que muchas veces se ha llamado el punto de partida de la biología moderna. Desde entonces el protoplasma se elevó á gran altura en el estudio de todos los particulares relacionados con los fenómenos de la vida. Fué perfectamente definido por Schultze, quien sostuvo que la parte verdaderamente activa de la célula era la substancia celular. Probó que estaba dotada de las facultades de moverse y producir cambios químicos asociados con los fenómenos vitales, que abundaba más en las células más activas, menos en las que habían perdido su actividad y desaparecía al mismo tiempo que la vitalidad de ellas. Llegó á adquirir predominio tal esta substancia, que los pequeños cuerpos existentes en su interior quedaron obsecuidos, no figurando el núcleo para nada por espacio de veinte años en la biología. Según Schultze, la substancia celular era la que constituía la célula, y los otros componentes que con frecuencia faltaban estaban subordinados á ella. La célula se consi-

deró como un fragmento de protoplasma y nada más. Pero el carácter más importante de esta doctrina no era simplemente la conclusión de que la substancia celular constituye la célula, sino la afirmación de que era esencialmente *idéntica en todas* las células. El estudio de los animales, así superiores como inferiores, manifestó que todas las células activas estaban llenas de esa substancia y, lo que es aún más importante, las células vegetales revelaron un material enteramente similar. Schultze hizo experimentos con esa substancia por todos los medios que estaban á su alcance, y viendo que en todo el reino orgánico obedece á los mismos reactivos, llegó á la conclusión de su identidad en los animales y las plantas. Entonces le dió el nombre de protoplasma, que ya se había dado antes á los contenidos de las células vegetales. Desde esa fecha se aplica el término protoplasma á la materia viva que se halla en todas las células y se hizo el factor principal en la solución de los problemas biológicos.

Difícil es apreciar la importancia de esta nueva teoría. Según ella, el protoplasma es la base de los fenómenos vitales. Es una substancia simple y uniforme, presente siempre en los animales y las plantas y que desaparece con la muerte: es, realmente, la única cosa que tiene vida, porque ésta no existe sin la célula y el protoplasma. No obstante su sencillez, posee todas las propiedades fundamentales de los seres vivos—irritabilidad, contractibilidad, asimilación y reproducción—y Huxley la denominó “base física de la vida.” Este concepto del protoplasma simplificó mucho los problemas relacionados con el estudio de la vida. Para comprender la naturaleza de ésta no se necesitaba ya ocuparse de esa masa

confusa de órganos complejos que nos ofrecen los seres orgánicos, ni aun de las estructuras menos confusas de las células individuales. Hasta la célula simple constaba de partes separadas capaces de producir grandes modificaciones en diferentes clases de animales. Esa confusión desapareció, porque sólo tenía vida una substancia y ésa era en apariencia muy sencilla y tenía todas las propiedades vitales: se movía, crecía y se reproducía por manera tal, que bastaba explicarla para explicar la vida.

2. **Naturaleza del protoplasma.**—¿Qué es el protoplasma? Tal como apareció primitivamente al microscopio no era más que una masa de jalea por lo común transparente, de mayor ó menor consistencia, casi fluída unas veces y otras más sólida. Su peculiaridad característica con respecto á sus cualidades físicas era una admirable é incesante actividad. Esta especie de jalea aparecía dotada de facultades sorprendentes y, no obstante eso, ni los estudios físicos ni los químicos revelaban en ella otra cosa que una masa informe gelatinosa. Su examen químico no ofrecía menos interés que el microscópico: no era muy fácil reunir una cantidad suficiente y bastante pura de protoplasma para hacer un análisis minucioso. Sin embargo, vencidas las dificultades, demostró el estudio químico que es una substancia protéidea, análoga á la albúmina, pero más compleja que ninguna de las conocidas. Por largo tiempo la consideraron algunos autores como un compuesto químico definido y trataron de determinar su fórmula, indicando el análisis una molécula compuesta de centenares de átomos. Los químicos no tuvieron gran confianza en estos resultados, y no es de extrañar que no

reinase el mejor acuerdo entre ellos respecto al número de átomos de la supuesta molécula. Creyeron, por otra parte, desde luego, que el protoplasma no era una substancia sola, sino una mezcla de diversas substancias. Pero si bien más compleja que ninguna de las conocidas, sus caracteres generales eran de tal manera semejantes á los de la albúmina, que se consideró unánimemente como una substancia protéida más compleja que las otras y ocupando quizá el lugar más prominente en la escala de los compuestos químicos complejos. Así se desarrolló en poco tiempo la teoría de que los fenómenos vitales eran debidos á las actividades de un compuesto químico definido, si bien complejo, constituido principalmente por oxígeno, hidrógeno, carbono y ázoe, y en íntima conexión con los otros protéidos. Esta substancia era la base de la actividad vital, debiéndose á sus modificaciones los distintos fenómenos de la vida.

3. **Importancia del protoplasma.**—La significación de esta substancia adquirió gran valor. El problema de la vida se simplificó tanto con la substitución del organismo complejo por el protoplasma simple, que su solución parecía no ofrecer ya dificultad. La idea de un compuesto químico como base de los fenómenos vitales dió origen en poco tiempo á una teoría de la vida que daba razón de sus fenómenos fundamentales y que se llamó *teoría química de la vida*.

El estudio de la naturaleza química de las substancias procedentes de organismos vivos se ha desarrollado en lo que se conoce con el nombre de *química orgánica*. Ésta ha demostrado la posibilidad de formar artificialmente muchos de los compuestos orgánicos que antes se considera-

ban como productos exclusivos de organismos vivientes. A principios del siglo XIX se juzgaba imposible elaborar por medios artificiales ninguno de los compuestos resultantes de la vitalidad de los seres orgánicos; pero los químicos no tardaron en demostrar que esa opinión era insostenible, probando que muchos compuestos orgánicos eran susceptibles de hacerse en el laboratorio. Éstos forman una serie que empieza en el ácido carbónico ( $\text{CO}_2$ ), el agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) y el amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), y que sigue por un gran número de complejidad cada vez mayor, si bien constituidos todos especialmente de oxígeno, hidrógeno, carbono y ázoe. Los químicos probaron que tratando substancias simples por medios apropiados, podían combinarse en moléculas más complejas, obteniéndose así compuestos que antes se miraban como producto sólo de las actividades vitales. Por ejemplo, la urea, el ácido fórmico; el indigo ó añil y otros cuerpos procedentes de seres orgánicos, se producen fácilmente por métodos químicos. Ahora bien: hecho el descubrimiento de que el protoplasma era la *base de la vida*, concebida la idea de que es una substancia protéida relacionada con las albúminas, era inevitable que se creara una teoría que explicara la vida de acuerdo con las leyes químicas.

Si, como creen los químicos y los biólogos, el protoplasma es un compuesto que figura á la cabeza de los seres orgánicos, y si, como realmente acontece, la química ha logrado obtener compuestos cada vez más complejos de esa serie, fácil es deducir que llegará un día en que se elaboren otros más complejos. Por otra parte, es bien sabido que los compuestos químicos simples poseen propiedades físicas simples y que las de

los complejos son muy variadas. El agua tiene las propiedades de ser líquida á ciertas temperaturas y sólida á otras y de dividir por disolución en pequeñas partículas ciertos cuerpos en contacto con ella. La albúmina, compuesto más superior, tiene más propiedades y entra en más combinaciones que el agua. Luego, si las propiedades aumentan con la complejidad, debe deducirse que las propiedades del protoplasma serán tan complejas como las de la substancia de la vida simple. Esto no es una mera hipótesis. Después de todo, las actividades fundamentales de la vida se refieren sólo á la oxidación del alimento, puesto que ésta se resuelve en movimiento, asimilación, crecimiento y reproducción. Sólo necesitaban, por tanto, los químico-biólogos para lograr una explicación mecánica de las actividades vitales, suponer que el protoplasma producía diversas clases de oxidación, de la misma manera que el agua produce una sola; y ciertamente no era absurda la deducción de que esa substancia tuviese esa facultad y que de ella se derivaran las demás actividades vitales.

En otras palabras, la doctrina del protoplasma hizo posible la presunción de que la vida no es una fuerza distinta, sino un nombre dado á las propiedades peculiares de ese compuesto, el más complejo de todos. No queda duda de que las cualidades del protoplasma son más admirables que las del agua; pero aquél es más complejo que ésta. Es muy inestable como la pólvora, y cualquiera modificación en su estado causa movimiento, como una chispa lo causa en la pólvora. Es capaz de oxidar los alimentos como el agua oxida un pedazo de hierro. La oxidación es diferente y resultan de ella combinaciones químicas; pero

forma la base de la asimilación. Toda vez que ésta lo es del crecimiento y de la reproducción, la teoría mecánica de la vida tenía un fundamento al referir á las simples propiedades del protoplasma todas las propiedades fundamentales de ella. Puesto que según se ha visto en otro capítulo las propiedades más complejas de los organismos inferiores se deducen de las más simples por la aplicación de las leyes mecánicas, la teoría mecánica de la vida reduce el organismo á una especie de máquina.

4. **Imperio del protoplasma.**—Esta substancia se hizo naturalmente el centro del pensamiento biológico. La teoría del protoplasma surgió poco más ó menos cuando, á consecuencia de los trabajos de Darwin, se comenzó á discutir la de la evolución, desarrollándose ambas simultáneamente. La evolución enseñaba que las fuerzas naturales bastan para dar cuenta de muchos de los fenómenos complejos considerados antes como insolubles; y, ¿qué cosa más lógica que se opinara lo mismo respecto á las actividades vitales manifestadas por el protoplasma? Mientras que el estudio de los animales y las plantas demostraba á los sabios que por las leyes naturales podía explicarse que los tipos más complejos procedieran de otros simples, la doctrina del protoplasma prometía demostrar también que las formas vivientes más simples podían derivarse de seres no vivos. La explicación del origen de la vida por medios naturales se presentaba como un asunto muy sencillo.

No se necesitaba un gran esfuerzo de inteligencia para explicar según esa teoría el origen de la vida. Sabido es que los elementos químicos tienen cierta afinidad entre sí y que se unen unos

á otros en condiciones apropiadas. Sabido es también que los métodos de unión y los compuestos que resultan varían con arreglo á las circunstancias en que dicha unión se verifica. No es menos sabido que el oxígeno, el hidrógeno, el carbono y el ázoe poseen propiedades muy notables y que unidos forman series casi interminables de cuerpos. Sábese, además, que variando las circunstancias, la química puede hacer que estos elementos se unan en variedad extraordinaria de compuestos dotados de propiedades igualmente diversas. Por tanto, ¿qué cosa más natural que suponer que, en condiciones dadas, estos elementos se combinen de tal modo que formen el protoplasma, y que siendo exactas las ideas relativas á éste, la combinación tendría las propiedades del protoplasma y, por consiguiente, estaría dotada de vida? Tal suposición no era absurda, y teniendo en cuenta la rapidez relativa en la elaboración de compuestos orgánicos, apenas podía calificarse ni de improbable. Los químicos comenzaron á subir la escala de sus descubrimientos produciendo cuerpos simples, y cada peldaño que ascendían representaba uno más complejo. Predecían que sólo se necesitaban pocos años para llegar á la deseada meta, y en 1860 se profetizó sin reserva que el primer gran descubrimiento sería la formación de un trozo de protoplasma y, por tanto, la producción artificial de la vida; profecía cuyo cumplimiento hacían más probable los rápidos adelantos en la química orgánica.

Se comprende bien, que biólogos entusiastas se entregaran á la persecución del objeto que tan á su alcance se ofrecía: cuánto se interesarían en cualquier nuevo descubrimiento, y con cuánto interés procurarían encontrar los tipos más sen-

cillos de protoplasma, toda vez que esto sería un paso que les acercaría más á la primitiva substancia no diferenciada de la vida. Tan ardiente era el deseo de hallar el protoplasma puro no diferenciado, que condujo á uno de esos descubrimientos infundados que el tiempo demostró era imaginario. Cuando el protoplasma estaba en su apogeo y los biólogos buscaban algo más simple, se anunció el hallazgo más admirable. Al regresar de su viaje de exploración el buque inglés *Challenger*, se entregaron á los sabios para que los estudiaran los tesoros científicos que se habían coleccionado en la expedición. El ilustre profesor Huxley, que fué el primero en formular la teoría mecánica de la vida, asombró al mundo biológico manifestando que estas colecciones habían demostrado que en ciertos sitios del fondo del mar existía una masa difusa de *protoplasma vivo no diferenciado*, tan simple que no estaba dividido en células ni contenía núcleos. Era, en una palabra, el mismo protoplasma primitivo que los evolucionistas anhelaban para completar su serie de estructuras animales, y los biólogos para que sirviese de base á su teoría mecánica de la vida. No admitía duda que si esa masa existía en el fondo del mar, se había desarrollado allí por fuerzas puramente naturales. El hallazgo era sorprendente, porque parecía que por él se llegaba al punto de partida de la vida. Huxley dió á esa substancia el nombre de *Bathybius*, nombre que bien pronto se generalizó. Desde el principio se sospechó que el descubrimiento era puramente especulativo, y se combatió y negó. Al poco tiempo el descubridor tuvo el valor de declarar á la faz del mundo que se había engañado, y que el *Bathybius*, lejos de ser protoplasma no diferenciado, no era siquiera

un producto orgánico, sino simplemente un depósito mineral en el agua del mar preparado por medios artificiales. El *Bathybius* es una prueba más de las equivocaciones á que puede llevar una especulación precipitada, conduciendo á un hombre como Huxley á un error de observación que de seguro no habría cometido si no le hubiese dominado su teoría especulativa sobre la naturaleza del protoplasma.

Pero aunque se probó que el *Bathybius* era ilusorio, no se detuvo el progreso y desarrollo de la doctrina del protoplasma y se encontraron muchas formas simples de él, si bien ninguna tanto como la del hipotético *Bathybius*. La presencia universal de este cuerpo en las partes vivas de los animales y las plantas y sus manifiestas actividades, demostraron que era la única substancia animada, pudiendo compendiarse así el concepto biológico de la vida: Los organismos vivientes se componen de células que sólo son pequeñísimos fragmentos independientes de protoplasma. Pueden ó no contener núcleo, pero su esencia la constituye el protoplasma que es el único que posee las actividades fundamentales de la vida. Estos fragmentos se agrupan formando colonias que después son animales ó plantas. Las células se dividen entre sí el trabajo de la colonia, adoptando cada una la forma más adecuada á su labor especial. El ser orgánico es, por tanto, un agregado de células y sus actividades son la suma de las de sus células separadas, como las actividades de una ciudad son la suma de las de sus moradores. El protoplasma era la unidad, y ésta un compuesto simple ó una mezcla de compuestos á cuyas propiedades físicas combinadas se da el nombre de *vitalidad*.

5. **Decadencia del imperio del protoplasma.**—Apenas se concibió esta teoría química de la vida y aun antes de acumular hechos en su favor, se empezó á demostrar que era inverosímil y no podía aceptarse, sin modificación á lo menos. Los cambios de la teoría química se basaban en que el protoplasma es un compuesto definido, si bien complejo. Algunos años de estudio hicieron ver lo incorrecto de tal aserto y sospechar que esa substancia era más complicada de lo que al principio se creyó. Vióse desde luego que no era homogénea, sino que contenía granos diminutos unidos á otros cuerpos de mayor tamaño. Aun cuando éstos se percibieron, se consideraron como accidentales ó secundarios y no se juzgó que constituían una objeción seria al concepto del protoplasma como compuesto químico definido. Empero, los ópticos mejoraron sus microscopios y los experimentadores sus métodos de observación, y con los nuevos microscopios y los métodos nuevos, aparecieron hará unos veinte años diversas revelaciones acerca del protoplasma. Su falta de homogeneidad se hizo más evidente, hasta que por último se descubrió el significativo hecho de que debía mirarse como una substancia química y muy compleja desde el punto de vista mecánico. Hoy se sabe que se compone de partes armónicamente adaptadas por manera tal, que forman un mecanismo extraordinariamente intrincado, y el microscopista de hoy reconoce que esta substancia debe considerarse más como resultado del mecanismo que hace se forme el protoplasma, que como producto de su composición química. El protoplasma es una máquina y no un compuesto químico.

6. **Estructura del protoplasma.**—Los biólogos no han comprendido todavía bien la estructura

del protoplasma, pero conocen algunos hechos generales. Creen que se compone de dos substancias distintas y que hay en él un material algo sólido que generalmente lo penetra, y que se describe, ya como un tejido de mallas, ya como una masa de filamentos ó hilos y fibras, ya como una masa de espuma (Fig. 23, a). Es en extremo deli-

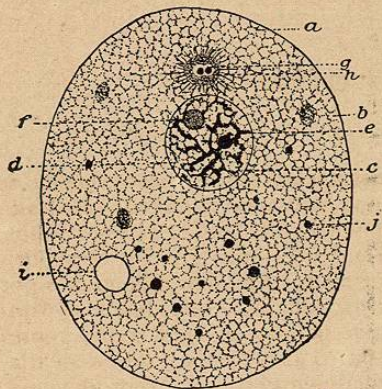


FIG. 23.—Célula tal como se ve con los modernos microscopios. a, red protoplasmática; b, líquido en sus mallas; c, membrana nuclear; d, red nuclear; e, red de cromatina; f, nucleolo; h, centrosfero; i, vacío; j, cuerpos inertes.

transparente á cuya presencia debe el protoplasma su líquido característico (Fig. 23, b). No se ha podido determinar la estructura de este líquido que, á juzgar por lo que de él se sabe, es homogéneo. Observando más aún se encuentran otras complejidades. Parece que en el material fibroso se nota siempre la presencia de cuerpos en extremo pequeños que han recibido varios nombres

cadada, y visible sólo en circunstancias especiales y mediante muy buenos microscopios. No queda duda de que una substancia fina y delicada que puede afectar la forma de hilos, fibras ú otras, penetra al protoplasma cuando está vivo. Dentro de las mallas de este hilo ó red se encuentra un líquido muy claro y

y llamaremos *microsomos*. Algunas veces estas fibras se asemejan á sartas de cuentas, de tal manera que se han descrito como hileras de elementos diminutos. No tiene importancia de momento que estas fibras se consideren ó no como microsomos: lo que es seguro, que éstos existen en el protoplasma y están íntimamente relacionados con las fibras (Fig. 23, a).

## CAPÍTULO V

### EL NÚCLEO Y DIVISIÓN DE LA CÉLULA

I. **Presencia del núcleo.**—Si el protoplasma se presentó como una substancia nueva, resultado de los descubrimientos de estos últimos años, mucho más sorprendentes han sido los descubrimientos hechos respecto al núcleo reconocido por los primeros microscopistas, y que desde el principio de la doctrina celular se miraba frecuentemente como la parte más activa de la célula, relacionada especialmente con su reproducción. Sin embargo, la teoría del protoplasma subyugó de modo tal la inteligencia de los biólogos, que durante buen número de años el núcleo pasó desapercibido, á lo menos en lo concerniente á la naturaleza de la vida. Era un cuerpo cuya presencia en la célula no se explicaba y que no tenía conexión con las ideas generales relativas al protoplasma como base física de la vida. Los biólogos le concedían poca atención y hablaban de él como de un simple fragmento de protoplasma, más denso que el resto. La célula era una partícula ó un trozo de protoplasma con una parte más densa, quizá la más activa de todas.