

mente lo que sucede, y por esto puede decirse que la sustancia de una plástida *en situación de vida manifiesta*, está, desde el punto de vista de su composición, *en situación de equilibrio inestable perpetuo*; la adición va seguida de *asimilación*.

Uso de intento la palabra *adición* en lugar de otra cualquiera; soy en esto fiel á mi sistema de no aplicar á las manifestaciones de la vida elemental las denominaciones usadas para las de la vida de los seres superiores. La palabra *nutrición* tiene en fisiología significado especial, tomado del estudio de los actos vitales del hombre y de los animales superiores; representa una serie determinada de procesos, prehensión, masticación, deglución, digestión, etc., y con demasiada frecuencia se ha intentado, al emplear esa expresión, atribuirle su sentido más completo, el que tiene en el hombre. El uso de la palabra *adición*, común á las sustancias muertas, tiene la ventaja de evitar el peligro antropomórfico.

CAPÍTULO III

Adición.

RIZÓPODOS RETICULADOS.—Para seguir la complejidad creciente del fenómeno de adición en las plástidas nucleadas, empiezo por estudiarle en las menos diferenciadas de todas, los rizópodos reticulados. Hay aún entre ellos tipos de complicación diversa, pero nos ocuparemos particularmente de los más simples, en los que, fuera del núcleo, el protoplasma es absolutamente homogéneo desde la profundidad á la superficie, y no manifiesta ninguna diferenciación orgánica.

En tanto se ha tratado de movimientos, y especialmente de dirección general de los mismos, no era necesaria una descripción detallada de las plástidas (1); no ocurre lo mismo al estudiar los fenómenos de adición, y debemos tratar de conocer particularmente el estado físico de la *superficie* de la plástida, puesto que de él dependerá la posibilidad de la adición.

El protoplasma de los rizópodos reticulados está *muy poco separado* del agua en que viven; conviene alguna explicación.

(1) Salvo el caso en que se quiera estudiar la forma de los movimientos, lo cual no es de interés general.

TENSIÓN SUPERFICIAL.—Viértase en un vaso mercurio y agua; el agua se colocará encima del mercurio y habrá entre los dos líquidos una *superficie de separación* absolutamente clara. Se demuestra en física que, á consecuencia de las acciones moleculares, ocurre en el nivel de esta superficie como si hubiera una membrana tensa, pero en extremo extensible, que impidiera la mezcla de los dos líquidos. La resistencia á la extensión de esa membrana elástica ficticia es lo que se llama *tensión superficial*, en el contacto del mercurio y del agua. Es una cantidad que puede medirse y que está determinada por dos fluidos dados en condiciones determinadas. Cuando es grande, como en el contacto del mercurio y del agua, los dos líquidos están muy separados. Su mezcla es imposible, y no tendría lugar aun cuando las dos densidades fueran iguales.

En estas condiciones, meted en el agua una aguja lavada en alcohol, y el agua la mojará; seguid introduciéndola hasta la superficie de separación y más allá y determinaréis una depresión en esa superficie. La aguja parecerá penetrar en el mercurio, pero no será así; penetrará en una envoltura formada por la membrana elástica ficticia que separa al mercurio del agua, y esa envoltura estará llena de agua, de suerte que la aguja se hallará siempre en contacto con el agua y no con el mercurio. Si la sacáis, la envoltura, por elasticidad, seguirá el movimiento, perderá el agua que contiene y desaparecerá. Dicho de otro modo, no habréis conseguido que la aguja mojada de agua *atraviase* la membrana ficticia que separa al mercurio del agua y que penetre en el mercurio. La gran tensión superficial, al contacto del agua y del mercurio, tiene, pues, como resultado el oponerse á que un cuerpo previamente *mojado, tocado* por el agua, pueda ser, á menos de acciones mecánicas muy enérgicas, mojado, tocado por el mercurio; el mercurio está *muy separado del agua*.

Por el contrario, cuando la tensión superficial es nula, los dos líquidos se confunden; cualquier cuerpo mojado por el uno y que se ponga en contacto con el otro será también mojado por él. Imaginad en un vaso una disolución *acuosa* de una sustancia de color azul, por ejemplo, y suponed que obrando con precaución hayáis llegado á verter encima sin mezclarla agua pura. Cuando metáis la aguja en el agua pura se mojará de ella; cuando penetre en el agua azulada se mojará también; no hay membrana ficticia que atravesar para que el hecho se produzca; los dos líquidos *no están separados*.

Entre estos dos casos extremos de tensión superficial absolutamente nula y de tensión superficial muy poderosa, hay toda una serie de casos intermedios. Lo que hemos dicho hace un momento, que el protoplasma de los rizópodos reticulados está débilmente separado del agua, equivale á decir que la tensión superficial, al contacto de este protoplasma y de agua, es muy poco considerable; dicho de otro modo, que la membrana ficticia que separa á ambos líquidos, que la fuerza que se opone á su mezcla é impide á un cuerpo mojado por el agua penetrar en el protoplasma, ser mojado por el protoplasma, es *en extremo débil*.

GROMIAS.—En las gromias se encuentran los más simples de los rizópodos reticulados. Su núcleo, y en el estado de retracción su protoplasma, están dentro de una envoltura ovoide, que tiene en uno de sus extremos una abertura circular bastante grande. Así se las observa, al colocarlas en el microscopio, en una gota de agua; pero al cabo de algún tiempo de reposo, el protoplasma sale de la envoltura y se derrama por el cristal en expansiones filiformes, que se llaman *seudopopos* ó rizópodos (1).

(1) Para la producción de los *seudopopos* véase más adelante el párrafo correspondiente.

Esos pseudopodos se alargan poco á poco, y si se sigue su alargamiento con un aumento grande, se cree presenciar el derramamiento de un agua cargada de granulaciones en otra agua pura. Sin la presencia de granulaciones en su interior, el contorno del pseudopodo sería poco aparente, porque su refrangibilidad está muy cerca de la del agua.

Cuando en el curso de su extensión progresiva un pseudopodo tropieza con otro, se lanza en él como un arroyo en otro arroyo. Por esto, al cabo de algún tiempo, el protoplasma derramado fuera de la cubierta afecta la forma de una red muy complicada de pseudopodos filiformes bifurcados y anastomosados con ramificaciones en los puntos de anastomosis. Este fenómeno de soldadura es el que, bien observado por Dujardin, ha sorprendido tanto á este sabio, y le ha hecho admitir en estos seres la falta de tegumento propio: «Hay que observar bien, por otra parte, que, negando en ciertos seres la presencia de un tegumento propio, no pretendo para nada negar la existencia de una superficie; hasta admitiré gustoso que esa superficie puede, por el contacto con el líquido que la rodea, adquirir cierto grado de consistencia (es lo que llamamos hoy tensión superficial)...; pero sin que se haya producido una capa organizada de otro modo que el interior, sin que esa superficie haya adquirido, por el solo hecho de su consolidación, fibras, epidermis..., etc.» (*Historia natural de los infusorios*). Esta descripción, maravillosa en el estado de la ciencia en aquella época, ha sido escrita en 1841.

El núcleo permanece siempre en el interior de la envoltura.

Los cuerpos extraños que se encuentran en suspensión en el agua, conducidos por el azar hacia esos pseudopodos, los tocan y se adhieren á ellos, los penetran en parte, á causa de la débil tensión superficial que limita al protoplasma. Pero, una vez realizada esta adherencia,

las corrientes intrapseudopópicas se ven estorbadas, detenidas por el cuerpo extraño, que determina de esta suerte á su nivel una várice protoplásmica, en la cual es poco á poco absolutamente englobado. Así este cuerpo, antes mojado por el agua, se baña ahora directamente en el sarcoda; se ha *añadido* al sarcoda, que contenía ya numerosas granulaciones sólidas. Esta adición tiene lugar, naturalmente, cada vez que una partícula de dimensiones bastante pequeñas entra en contacto, por el azar de las corrientes, con un pseudopodo.

Sería poco racional aplicar la palabra prehensión ó aún ingestión al fenómeno puramente pasivo que acabamos de presenciar; veremos, por otra parte, que el término «ingestión» tiene un significado preciso, mucho más complicado en plástidas más diferenciadas (1). No parece tampoco admisible que se aplique la palabra «boca» al punto por el cual se ha verificado la penetración del cuerpo extraño, lo cual conduciría á llamar á los rizopodos *panstomata*, como han hecho ciertos autores.

Antes de seguir la suerte del cuerpo sólido así *añadido* á la sustancia de nuestro reticulado, como un terrón de azúcar se añade al agua en que se introduce, consideremos el caso particularísimo en que la adición sea de una sustancia protoplásmica idéntica á la de los pseudopodos mismos.

Para ello, separemos con el escalpelo una pequeña parte de la red pseudopópica del animal; veremos más adelante, á propósito de las experiencias de merotomía, lo que entonces ocurre (2); por el momento, observemos solamente que la masa del protoplasma ha disminuído un poco, lo cual no varía nada su estado; la parte que se le separó ha permanecido extendida donde fué cortada, y, después de algunos instantes de contracción, toma

(1) Véase el párrafo *Ingestión*.

(2) Véanse el capítulo IV y el VII, al principio.

otra vez la forma de una parte normal de red pseudopódica de reticulado con sus pseudopodos ramificados y anastomosados: es el protoplasma de *Gromia* en el estado de vida elemental manifiesta. Pues bien, si el azar ó el experimento pone en contacto de la masa aislada uno ó dos pseudopodos, en vías de extensión, del animal de que ha sido separada, hay soldadura inmediata, y la masa separada ha poco forma parte de nuevo del todo sarcódico á que pertenecía primitivamente.

No tenemos otro medio de añadir á un animal una sustancia idéntica á su propia sustancia que tomarla de él mismo, y es lo que hemos hecho en el experimento anterior, pero *no tenemos que preocuparnos de la procedencia de la materia añadida*. Afirmamos solamente que *si se proporciona á un rizópodo reticulado cierta cantidad de sustancia de composición idéntica á la de su protoplasma, la adición de esta sustancia á la del reticulado es posible y tiene lugar* (1). La masa del animal se ha aumentado con esa nueva sustancia, por un fenómeno de adición tan sencillo como el que consiste en añadir agua á un vaso que ya la contiene.

Reanudemos el experimento anterior, pero dejemos trascurrir algunas horas entre el momento en que tiene lugar la separación y aquél en que los pseudopodos del animal (ó de otro animal de la misma especie, ó aún de otro reticulado de especie distinta), se hallan en contacto con la masa sarcódica aislada. Veremos más adelante que esa masa aislada ha sufrido modificaciones físicas y químicas, cuya observación es del mayor interés. Su constitución no es, sin embargo, todavía muy diferente á la del protoplasma de los pseudopodos que se han puesto en contacto con ella. En estas condiciones hay también

(1) Un caso análogo de adición, erróneamente atribuido por Maupas, es cierto, á los infusorios, considera Fabre Domergue (*Ann. soc. nat. zool.*, 1888), como fundamentalmente antifisiológico y le compara con una verdadera conjugación.

soldadura inmediata y la masa aislada se vierte en el pseudopodo que la toca, en dirección al núcleo del animal. Observamos también en este caso la *adición directa al sarcoda* de una sustancia de composición relativamente semejante, pero no idéntica; si no hubiera fenómeno ulterior, la constitución del protoplasma del animal resultaría modificada por esa adición.

Supongamos ahora que un infusorio ciliado, vagando por el líquido, llega á caer en la red pseudopódica del reticulado. Desde el punto de vista que nos ocupa, ese infusorio ciliado es una plástida cuyo protoplasma exterior (ectoplasma) es más resistente que el protoplasma interior, cuya parte más fluida (paraplasma) es de consistencia análoga á la del sarcoda de los reticulados.

Ese infusorio será englobado en una varice, como hemos visto hace un momento sucede á un cuerpo sólido cualquiera; después de englobada, nadará en el sarcodo lo mismo que nadaba en el agua; si no vuelve al agua de donde procede (lo cual ocurre á veces), morirá bastante pronto. Su paraplasma, al hallarse en contacto con el sarcoda del reticulado por los puntos en que está al descubierto, y también por las desgarraduras del ectoplasma, se añadirá, naturalmente, á ese sarcoda, y se verá arrastrado hacia el núcleo, como ocurría en el caso anteriormente descrito. Todo ocurre de igual manera cuando la plástida englobada es un alga de paredes resistentes, una diatomea, por ejemplo.

Aquí también la sustancia añadida á la del reticulado parece relativamente próxima á ella, aun cuando diferente. Los dos últimos casos que acabamos de estudiar lo son *de adición directa al protoplasma de sustancias que pueden mezclarse, pero que son distintas de él*. Es lo que ocurre cuando se echa vino en el agua.

Pero continuemos la observación. Lo que queda del infusorio englobado son sus partes más resistentes, lo que podemos llamar su esqueleto; en ciertos casos, ese

esqueleto es muy resistente, y entonces no se disuelve en el sarcoda de la gromia, sino que las más de las veces, arrastrado hacia el núcleo en la cáscara, acaba por desaparecer completamente, y esto nos conduce al caso en que un cuerpo sólido cualquiera es englobado en una varice de un pseudopodo. Según ya hemos dicho, ese cuerpo se baña directamente en el sarcoda. O bien es insoluble en este líquido, y entonces morará algún tiempo en su seno hasta que al fin sea arrojado al exterior, ó bien será soluble totalmente ó en parte, y entonces se disolverá todo lo posible; las partes no disueltas acabarán como el cuerpo insoluble de que hablabamos, por ser arrojadas al exterior. Así ocurre, por ejemplo, con partículas de almidón, que son devueltas más pequeñas y muy modificadas (1).

He aquí, pues, una adición algo más compleja, acompañada de disolución; es lo que ocurre cuando se echa azúcar en el agua.

Por lo que atañe á los fenómenos que pueden observarse por la vista, no parece que exista entre los rizópodos reticulados modo de adición diferente á los anteriores. Hay bastantes cambios líquidos y gaseosos al nivel de la superficie de separación, pero escapan á la observación directa. Todos los modos de adición que acabamos de examinar son en extremo sencillos, tan sencillos como los que observamos en las materias muertas; es, por tanto, inútil usar, para designarlos, otros términos que los que se emplean en física.

Antes de pasar á los fenómenos de adición más complicados, veamos rápidamente qué plástidas los ofrecen tan sencillos como los de los rizópodos reticulados.

Hay infusorios muy especiales, los acinecianos, que se componen de una masa de protoplasma, con núcleo y

(1) La misma celulosa, que forma la pared de las células vegetales, es á veces disuelta.

nucleolos, rodeada de una pared bastante resistente de que ciertas prolongaciones tubuliformes pueden atravesar la envoltura de otras plástidas; una vez realizado este hecho, se produce un fenómeno de aspiración á consecuencia del cual el plasma líquido de la plástida atacada se vierte en el plasma del sér que chupa y se añade directamente á él; el acineciano engruesa proporcionalmente (1).

En cuanto á la disolución directa de sustancias sólidas en el plasma mismo, hallamos numerosos ejemplos en todas las células animales ó vegetales que contienen granulaciones sólidas de reserva. Esas granulaciones están, por decirlo así, fuera del torbellino normal de la vida elemental manifiesta. Se disuelven ó crecen según las necesidades de saturación del líquido en que se bañan y contribuyen de esta suerte á regular la composición del mismo, al menos por lo que se refiere á su propia sustancia.

Balbani ha descrito igualmente un fenómeno del mismo género en infusorios, *Stentor*, por ejemplo, que acaban por unirse; el núcleo primitivo, que ya no sirve, se disuelve en el plasma.

En resumen, hemos encontrado en los rizópodos reticulados las formas más sencillas en que puede presentarse la adición:

Adición al protoplasma de sustancia idéntica á él (echar agua en el agua).

Adición al protoplasma de sustancia que puede mezclarse con él (echar vino en el agua).

Adición al protoplasma de sustancia sólida soluble en él (echar azúcar en el agua).

Las dos últimas formas de adición tendrían que mo-

(1) Puede adquirir así un volumen enorme á costa de varias presas.

dificar, naturalmente, la composición del protoplasma, si no tuviera lugar ningún fenómeno ulterior.

RIZÓPODOS LOBULADOS: AMIBAS. — Estudiemos ahora los fenómenos de adición en seres de organización un poco más elevada, los rizópodos lobulados, las amibas, por ejemplo (1).

La amiba está compuesta de una masa indivisa de protoplasma que contiene un núcleo. Esa masa de protoplasma no es homogénea desde el centro á la periferie; sin preocuparnos de un órgano especial que faltaba á los reticulados más inferiores, la vacuola contráctil, podemos considerar la amiba como un saco cuyas paredes estuvieran constituidas por una sustancia líquida más resistente, *más separada del agua*, y el contenido, de una sustancia líquida más flúida, menos separado del agua. En la mayor parte de los casos, esa parte interna más flúida está atravesada por trabéculos de la sustancia que constituye la pared, trabéculos que se bifurcan y anastomosan unos á otros, de suerte que constituyen una red interior análoga á la red exterior de los seudopopos de una gromia. Esta constitución no es muy fácil de percibir, porque si el líquido externo está muy separado del agua, lo está mucho menos del líquido interior y sus refrangibilidades son muy próximas. Sea lo que quiera, no nos importa mucho ahora, y como tendremos que considerar la amiba tan sólo desde el punto de vista de sus cambios con el exterior, no nos ocuparemos más que de la superficie de separación, y hablaremos siempre de la amiba como de una masa homogénea de sustancia líquida, *separada del agua por una gran tensión superficial*. Esta últi-

(1) Generalmente se consideran las amibas como las más inferiores de las plástidas; me parece que la existencia de una gran tensión superficial que las separa del agua ambiente debe hacer que se las coloque por cima de los rizópodos reticulados.

ma particularidad va á bastar para hacernos concebir la complejidad mucho más grande de los fenómenos de adición.

Nada puede dar idea más exacta de las formas que afecta una amiba, que se arrastra por la superficie de un cuerpo sólido, que las variantes de un poco de agua derramada sobre una tabla horizontal barnizada, en la que se dibujan arroyos con el dedo. Los seudopopos ó prolongaciones protoplásmicas de la amiba son siempre anchos y romos; jamás se les ve delgados y largos como los de un rizópodo reticulado. Además, y se explica por la gran tensión superficial que separa al sarcoda del agua, los diversos seudopopos que irradian de toda la superficie del cuerpo de una amiba jamás llegan á tocarse por sus extremidades, ni se unen por ellas como era regular en los reticulados. Para que tal unión tenga lugar en una amiba, habrá que hacer intervenir una fuerza capaz de vencer la resistencia de esa gran tensión superficial.

PRODUCCIÓN DE LOS SEUDOPOPOS (1). — Otra consecuencia de esta separación grande del protoplasma y del agua es que la amiba no toca á los cuerpos sólidos que en ella se meten; cuando llega á estar próxima á uno de ellos, fenómenos moleculares de atracción hacen que se aplaste paralelamente á su superficie, sin dejar de permanecer á alguna distancia de ellos. La forma general de un cuerpo es entonces diferente de la que afecta cuando está libre en el líquido, lejos de todo obstáculo; en efecto, entonces la gran tensión superficial tiende á dar á la amiba forma casi esférica. Pero ese aplastamiento, al aproximarse á un obstáculo, produce otro re-

(1) Todo este párrafo debería incluirse en el cap. I, *Movimiento*. Se ha incluido aquí á causa de los fenómenos de tensión superficial á que hay que recurrir para explicar el movimiento amiboide.