

CAPÍTULO VII

Merotomía.—Degeneración.

He expuesto en el primer libro los resultados de los experimentos de merotomía que permite notar una observación de corto tiempo, en la gromia primeramente.

Prosigamos la observación del merozoito desprovisto de núcleo durante algún tiempo más; al cabo de menos de dos horas varía en ocasiones el aspecto, los contornos se modifican, los cuerpos extraños que el azar pone en contacto con la masa aislada dejan de adherirse á ella, lo cual prueba que la tensión superficial ha aumentado. Finalmente, las diversas partes de la red acaban por separarse unas de otras y por reunirse en gotitas de contorno convexo; hay degeneración.

Si, al principio, hemos añadido á la masa aislada un corpúsculo de materia colorante sensible á la alcalinidad, ese corpúsculo, englobado mientras es posible, nos permite ver que al cabo de cierto tiempo la reacción de la masa aislada no es ya independiente de la del medio y varía cuando se hace variar ésta, lo cual no tenía lugar en la gromia provista de núcleo.

¿Qué deduciremos naturalmente de todas esas observaciones? Que no habiendo variado las condiciones exteriores, es la sustancia la que ha variado, y que lo que consideramos no es ya *protoplasma de gromia*.

No podemos pensar ni un momento en decir que si nuestra sustancia no manifiesta ya la vida elemental del protoplasma de gromia, se debe á que el núcleo que falta determinaba anteriormente dichas manifestaciones; en efecto, durante tres cuartos de hora *al menos* después de la separación, la masa aislada hemos visto que ofrece *todas* las reacciones observables de una porción normal no aislada de la red de los pseudopodos de una gromia. Es difícil comprender la concepción vitalista (1) que ha llevado á algunos escritores alemanes á considerar la conservación de la vida elemental manifiesta, durante este lapso de tiempo, como *una acción à posteriori* (Nachwirkung) del núcleo. Hemos notado detalladamente, á propósito de cada orden de fenómenos, que hay en un principio respiración, adición y movimiento enteramente igual que antes de la separación. Todos esos fenómenos son, por consiguiente, propiedades del protoplasma de gromia; al cabo de algún tiempo todo varía, luego la sustancia en cuestión no es ya protoplasma de gromia; ha habido pérdida (respiración) y adición, pero no ha habido asimilación, y desde un principio hemos tenido que concebir que la asimilación sólo tiene lugar en la gromia *nucleada*, que únicamente la gromia nucleada es capaz de crear protoplasma de gromia cuando se le dan el oxígeno y las demás sustancias necesarias para la manifestación de la vida elemental.

Bruno Hofer ha observado en la amiba (Amoeba Proteus) una degeneración semejante, pero mucho más lenta, de la masa desprovista de núcleo, y que sólo al cabo de diez á trece días tiene lugar la descomposición completa. Ahora bien, durante ese tiempo bastante largo, se producen fenómenos particulares que complican el de la adición. Por ello he dejado para esta segunda aproxima-

(1) Ó más bien antropomorfista.

ción el estudio completo de este proceso en los merozoitos sin núcleo de amibas y de infusorios ciliados.

En los rizópodos lobulados la adición no puede tener lugar sino á favor del movimiento de la plástida. Su primer tiempo, la ingestión, depende, en efecto, del movimiento del sér, según hemos visto anteriormente. Ahora bien, Bruno Hofer ha observado que el fragmento desprovisto de núcleo no se adhiere ya á los cuerpos sólidos y adopta con bastante rapidez forma aproximadamente esférica; es el resultado del aumento de tensión superficial que proviene del cambio de composición del protoplasma. Al aumentar la tensión superficial, la masa debe tender cada vez más á adoptar la forma esférica, á pesar de los influjos de fuera. Por eso ya no puede aplastarse al llegar á los cuerpos sólidos y adherirse á ellos; no podrá, por consiguiente, tener más que movimientos de conjunto y no formará pseudópodos (véase pág. 67). Se habrá hecho, pues, imposible la ingestión, como la experiencia comprueba.

En los infusorios ciliados (1), el merozoito sin núcleo que contiene lo que se ha convenido en llamar boca ó citostomo, es decir, el embudo en cuyo fondo el protoplasma está al descubierto, continúa durante algún tiempo ingiriendo corpúsculos sólidos que se hallan normalmente colocados en vacuolas introducidas en el plasma. Lo que pasa más tarde, ya en las vacuolas formadas después de la merotomía en los infusorios ciliados, ya en las vacuolas formadas poco antes de dicha operación en las partes no nucleadas de las amibas, merece fijar un momento nuestra atención.

(1) Estudiaré un poco más adelante lo que pasa en los infusorios ciliados, aun cuando hasta el presente haya descuidado este grupo demasiado complejo de protozoarios, á causa de los experimentos muy complejos de merotomía de que han sido objeto (Balbiani, Verworn, etc.).

Hemos de pensar que las perturbaciones que sobrevienen rápidamente en la composición del protoplasma, hallarán eco en lo que pasa en las vacuolas producidas en su interior.

Si se han adicionado á la amiba, antes de la merotomía, corpúsculos de sustancia colorante sensible, y se corta bruscamente al animal, de modo que haya en la parte desprovista de núcleo una vacuola que contenga uno de esos corpúsculos, se observa que el contenido de la misma se vuelve ácido como en condiciones normales. Este resultado es muy poco importante, puesto que no nos informa sino acerca de los primeros momentos que siguen á la merotomía, mientras que la supervivencia del merozoito desprovisto de núcleo se refiere á varios días. Durante los primeros momentos que siguen á la merotomía, el protoplasma es todavía protoplasma de amiba, y los fenómenos de difusión que se producen hacia una vacuola producida en su interior son los mismos que de costumbre. Podríamos, no obstante, deducir de esta sola observación, si ciertas ideas preconcebidas y ciertas comparaciones con los seres provistos de nervios nos hubieran hecho pensar que el núcleo puede ejercer influjo directo sobre las difusiones hacia la vacuola; si hubiéramos creído en la existencia de una actividad segregadora de la plástida misma y no en una actividad física de la vacuola producida en el protoplasma, podríamos deducir, digo, que el *núcleo no tiene influjo alguno* directo sobre la *secreción* ácida.

Ahora bien. Bruno Hofer ha observado que los alimentos ingeridos poco antes de la merotomía sufrían en los fragmentos desprovistos de núcleo una digestión más ó menos incompleta y lenta. «Este autor ha visto que cuando los fragmentos sin núcleo contenían alimentos abundantes, una cantidad mayor ó menor de éstos era expulsada sin haber sufrido digestión, mientras que *cuando los alimentos eran escasos y de pequeño volumen, frecuentemente*

se digerían. En las mismas condiciones, los fragmentos provistos de núcleo digerían siempre sus alimentos hasta la última partícula. Dedujo de estas observaciones que los fragmentos sin núcleo no utilizan para la digestión más que la cantidad de jugos digestivos que contienen en el momento de la división y son incapaces de *segregar* nuevas cantidades de esos jugos cuando la reserva se agota, *no ejerciéndose consiguientemente esta facultad sino bajo el influjo del núcleo.* Este influjo obra sin cesar en los individuos intactos y en los fragmentos provistos de núcleo, mientras que en los que no lo tienen sólo se ejercita *à posteriori* (Nachwirkung).

Esta rara interpretación que hace intervenir ese fenómeno misterioso (Nachwirkung), ¿no depende del abuso de la palabra secreción, que ha dado al autor la idea de una actividad propia de la amiba, de cierto impulso procedente del interior de ésta, y le ha hecho localizar luego el punto de partida de ese impulso en el núcleo? Y ese impulso procedente del núcleo puede todavía determinar después de la división una actividad segregadora. ¡Es un misterio!

Todos esos fenómenos se refieren, por el contrario, al hecho de que la asimilación no tiene ya lugar en el protoplasma desprovisto de núcleo, y hasta ofrecen una prueba de ese hecho. Al principio, el protoplasma, que es todavía protoplasma de amiba, deja difundirse los productos de éste que son capaces de hacerlo, de donde la aparición de ácido en la vacuola. Si ésta es única, al arrastrar ella sola una masa considerable de protoplasma, se llenará de los productos normales que hacen de su contenido un líquido digestivo, y la disolución de los cuerpos ingeridos en ella se hará poco á poco, según ha observado Bruno Hofer. Por el contrario, si hay varias vacuolas, se repartirán los productos difusibles, y como esos productos no son ya renovados por el fenómeno de asimilación, el contenido de la vacuola no llegará á ser

un líquido digestivo completo; no habrá, por tanto, disolución total de los cuerpos ingeridos, que es lo que ha observado Bruno Hofer. No se ve, pues, la conveniencia de hacer intervenir en estos fenómenos el misterioso «Nachwirkung» del autor alemán.

Balbani ha observado lo que pasa en las vacuolas de los merozoitos no nucleados, de paramecíos. Estos merozoitos no sufren la descomposición sino al cabo de varios días y siguen moviéndose normalmente hasta entonces.

«Hay que observar los que han conservado intacta la boca del individuo primitivo, porque si no conservan este órgano ó le tienen más ó menos mutilado, son incapaces de tomar alimento. Las más de las veces es casi imposible reconocer de antemano si esos fragmentos de individuos están desprovistos de núcleo, porque pueden no contener más que una pequeñísima porción del núcleo primitivo, muy difícil de distinguir por razón de su transparencia sin el auxilio de los reactivos de que, naturalmente, no puede hacerse uso en este caso.

»Después de haber aislado en unas cuantas gotas de agua ó de una infusión uno ó varios de esos fragmentos en un porta-objetos de cubeta, se les añade unos granitos de alizarina violeta (1), que son ingeridos casi tan rápidamente como lo harían los individuos intactos.

»De esos fragmentos se ve que la mayor parte encierran vacuolas de ingestión que contienen gránulos amarillos como los individuos intactos. Más raros son aquéllos en que la alizarina ha conservado su color violeta. Se cubre entonces la preparación con una laminita delgada, bajo la cual se aplastan ligeramente los fragmentos por sustracción parcial del agua, lo cual permi-

(1) La alizarina violeta en la vacuola alcalina tiende á tomar el color rosa, con disminución de alcalinidad, y al amarillo, con la aparición de acidez.

te ya á veces reconocer los fragmentos que tienen ó no núcleo. Para acabar la demostración se deposita en el borde del preparado una gota de líquido que contiene ácido ósmico, el cual no modifica el color de la alizarina violeta, pero hace más visible el núcleo cuando existe. Con ayuda de este procedimiento, he podido observar que, en los fragmentos desprovistos de núcleo, la alizarina ingerida había conservado su color violeta. Esta observación no deja ninguna duda *acerca del influjo que el núcleo ejerce sobre la secreción ácida en las vacuolas alimenticias*.

Notamos primeramente en esta observación una diferencia con lo que hemos aprendido al hablar del merozoito sin núcleo de las amibas, pero conviene darse cuenta de que las observaciones no son comparables. En la amiba, el gránulo era ingerido *antes de la merotomía*, y, por consiguiente, hemos notado lo que pasa en la vacuola *inmediatamente* después de la operación. La acidez por difusión se obtenía así en un momento en que los merozoitos correspondientes de paramecios no habían ingerido aún sus gránulos de alizarina; quizá habríamos logrado resultado diferente de poder observar *en el mismo momento* vacuolas nuevamente formadas en el merozoito de la amiba, lo cual hemos visto ser imposible.

La observación que hemos referido de la amiba prueba que en ese sér se realiza la difusión ácida hacia la vacuola sin el auxilio del núcleo; la de Balbiani, en los paramecios, prueba que el protoplasma de estos seres se modifica rápidamente después de la ablación del núcleo, que ya no hay asimilación en el protoplasma de él desprovisto.

El conservarse ciertas propiedades del protoplasma (movimiento) mucho más tiempo que otras (difusiones), depende de que las reacciones que produce el primero son lentas, gastando poco á poco la sustancia que le manifiesta, mientras que las difusiones, por el contrario,

agotan naturalmente muy pronto la reserva de sustancia difusible, la cual, como no se remueva, no tarda en desaparecer. En efecto, el fenómeno de difusión no se manifiesta más que por pérdida de la misma sustancia difusible.

Esto se hará notar, sobre todo, en los infusorios ciliados. En efecto, pudiendo ser considerada la amiba, desde el punto de vista de su superficie exterior, como una masa líquida homogénea, se corta como una gota de aceite sin sufrir herida. Cada una de las partes de la amiba cortada ofrece en todas partes, al contacto del agua, la misma superficie homogénea, que se opone á la difusión hacia el medio tanto como la superficie normal de una amiba entera.

Por el contrario, en los ciliados que tienen forma determinada y epidermis hay *herida*, y mientras la haya «el plasma está expuesto á absorber por ella agua ambiente», y, sobre todo, á perder por difusión en el agua ambiente sus principios más difusibles. Esto tiene lugar más especialmente en los paramecios, que, como hemos de referir muy pronto, han mostrado á Balbiani una excepción notable en el fenómeno de regeneración; generalmente, por otra parte, el mismo autor ha probado que en los ciliados «el núcleo influye en la secreción de la epidermis, mediante la cual se verifica la cicatrización de la herida producida por el corte, exponiendo al fragmento desprovisto de núcleo á embeber agua que produzca rápidamente su descomposición».

Todas estas particularidades explican suficientemente que en merozoitos de paramecios, observados poco tiempo después de la merotomía, corpúsculos sólidos ingeridos en vacuolas no se encuentren poco á poco rodeados en ellas del líquido ácido normal en las plástidas nucleadas.

Importa resumir en pocas palabras lo que se refiere á la difusión en las vacuolas, porque Balbiani, Verworn

Hofer atribuyen al núcleo influjo directo sobre la secreción digestiva.

Desde el punto de vista en que nos hemos colocado podemos responder: nada nos autoriza en el estudio de las materias inorgánicas para admitir que un cuerpo situado fuera de una gota de agua y sin contacto con ella, pueda influir algo en los fenómenos de difusión que en ella ocurran de parte del medio ambiente.

Hemos prometido explicarnos, hasta el momento en que nos veamos detenidos, los fenómenos que tienen lugar en las plástidas, como si la sustancia de ellas no difiriera esencialmente de las demás sustancias conocidas. Nos explicamos todos los fenómenos de difusión como acaba de verse. Es, pues, *inútil*, por el momento, y nada nos autoriza á ello, admitir ese algo misterioso, un influjo directo del núcleo sobre las *secreciones digestivas*.

CICATRIZACIÓN.—Hay dos partes distintas que considerar en esta manifestación de la vida elemental: 1.^a, la producción de una epidermis cualquiera que separe al protoplasma del exterior; 2.^a, la recuperación de la forma primitiva, que estudiaremos más adelante con el título de regeneración.

La primera parte de este fenómeno ha sido reducida por los autores á una secreción; he citado ya el pasaje de Balbiani relativo á los ciliados. Verworn ha determinado lo mismo con respecto á los rizópodos reticulados y lobulados. «Cuando se divide en varios fragmentos el *Polystomella crispa* (reticulado marino), los fragmentos que contienen los núcleos son los únicos capaces de regenerar la concha, segregando una capa caliza en la superficie de la herida, mientras que los trozos desprovistos de núcleo no regeneran su concha y tienen perdida, por consiguiente, la facultad de *segregar cal*».

De igual modo, los botánicos han demostrado que, en las células vegetales, los trozos provistos de núcleo son

los únicos capaces de producir la celulosa necesaria para cerrar la herida.

Ocupémonos, en primer lugar, de este último caso. Sabemos que en la obra de síntesis á que asistimos en una plástida en estado de vida elemental manifiesta, y á la que llamamos *asimilación*, hay fabricación de las sustancias específicas de la plástida, y, en ciertos casos además, de determinado número de sustancias ternarias: almidón, celulosa..., etc., sobre las que insistiré más adelante. La observación precedente nos prueba que esa síntesis de celulosa, que tiene lugar normalmente en la superficie de las plástidas vegetales, no se verifica cuando no hay núcleo (1); es una nueva prueba directa de que la asimilación sólo tiene lugar en el protoplasma provisto de núcleo, pero absolutamente de nada más.

En un rizópodo reticulado de cubierta caliza ocurre algo análogo; puede haber en el sarcoda normal, á consecuencia de una elección especial suya, sales calizas solubles que desaparecen rápidamente en el sarcoda degenerado desprovisto de núcleo. Esas sales, carbonatadas por el ácido carbónico de la respiración, pueden precipitarse en la capa superficial de la plástida, donde encuentran condiciones particulares. Es inútil insistir en estos fenómenos, en los que no puede verse todavía, como tampoco en lo que respecta á la difusión en las vacuolas digestivas, el influjo directo del núcleo sobre un *mecanismo* de secreción.

REGENERACIÓN.—Este fenómeno capital merece entretenernos más tiempo.

Hemos visto que al cabo de un tiempo, variable se-

(1) La producción de almidón bajo el influjo de la luz, observada por Klebs en un merozoito de espirogira y en un protoplasma *clorofliano* desprovisto de núcleo, es un fenómeno de otro orden en el que insistiré más adelante. (Producción de reservas, en la *condición* n.º 2 del capítulo XXI.)

gún las especies de plástidas, el protoplasma desprovisto de núcleo se descomponía poco á poco á consecuencia de la falta de asimilación.

Por el contrario, después de verificada la merotomía, el merozoito que ha conservado el núcleo *se regenera por completo y recobra poco á poco la forma normal del individuo completo.*

Hay rizópodos reticulados, foraminíferos ó radiolados, en los que existe un esqueleto calizo ó silíceo de forma muy variada y de *extremada* complejidad, constante con las especies.

Pues bien, Verworn ha demostrado que si se rompe la cubierta de una de esas plástidas, el fragmento que contiene el núcleo reproduce la plástida entera con su forma característica, por complicada que sea; la calcificación que se produce en la superficie de la herida en los foraminíferos reproduce así exactamente la parte de cubierta desaparecida.

En los infusorios ciliados, que afectan también formas muy complejas, Balbiani ha mostrado igualmente que todo merozoito provisto de una porción de núcleo (1) se regenera poco á poco en la forma característica de la especie. Sólo ha encontrado una excepción de este hecho generalísimo en los paramecios cuyos merozoitos nucleados pueden vivir un mes y más sin presentar traza alguna exterior de regeneración.

En las células vegetales ocurre lo mismo. La celulosa producida por síntesis en los merozoitos provistos de núcleo reproduce exactamente una pared celular de la misma forma que la que existía antes de la operación de merotomía.

El resultado muy general de la regeneración de la

(1) También se regenera el núcleo, en el mismo tiempo y con su forma específica, enteramente igual que el protoplasma, en el merozoito que contenga un trozo de uno y otro.

forma específica cuando se conserva el núcleo tiene gran importancia, que comprenderemos mejor cuando hayamos examinado de nuevo todas las demás conclusiones de los experimentos de merotomía.

PAPEL DEL NÚCLEO.—Cuando observamos una plástida notamos, en resumen, que tiene propiedades *específicas determinadas*, y que las manifestaciones que podemos estudiar en un tiempo corto son siempre las mismas, si las condiciones no varían dentro de una especie determinada; en una palabra, llegamos al *determinismo específico* de las plástidas.

La conservación de las propiedades específicas de las plástidas debe sorprender al observador que sabe que todos los fenómenos de la vida elemental se manifiestan solamente por medio de reacciones constantes de la sustancia de la plástida; si hay pérdida hay también adición, y esta adición va seguida de una síntesis especial de nueva cantidad de las *sustancias específicas de la plástida.*

De todos los experimentos de merotomía podemos deducir que esa síntesis tiene lugar solamente en presencia del núcleo, y que así se verifica en las condiciones normales; jamás se verifica en ausencia del núcleo, y sólo en el protoplasma nucleado ocurre la *asimilación.*

Hay ahí un mecanismo en extremo interesante, que nada podía hacer prever, y que es del todo general en las plástidas vivas (1).

Por el contrario, todas las demás conclusiones de los experimentos de merotomía podíamos preverlas haciendo abstracción de las ideas vitalistas preconcebidas, absteniéndonos de considerar de antemano que las sus-

(1) Lo mismo exactamente ocurre en las móneras de Haeckel, pero en esos seres no hay ninguna diferenciación en protoplasma y núcleo, y ningún merozoito sufre degeneración en las condiciones normales.

tancias vivas difieren esencialmente de las sustancias muertas.

Con lo que sabemos ahora, y *sin recurrir á ninguna hipótesis*, contentándonos con referir, *sin interpretarlos*, los hechos de observación común, podemos llegar á una noción precisa y completa de la vida elemental y á definiciones rigurosas de todo lo que á ella se refiere. Es lo que voy á tratar de hacer en los capítulos siguientes.

CAPÍTULO VIII

Ecuación de la vida elemental manifiesta.

Consideremos una plástida viva A en el tiempo T_0 ; está formada, *en ese preciso momento*, de n sustancias (1) químicamente definidas; cada una de esas n sustancias existe en la plástida en cantidad determinada; algunas de ellas pueden mezclarse y están mezcladas entre sí; otras, que no pueden mezclarse con las primeras ó están separadas de ellas de un modo cualquiera, son incluidas en su mezcla y pueden contener á su vez otras sustancias mezcladas. El conjunto constituye una masa más ó menos fluida, separada del agua, y que puede contener partes sólidas.

El medio es un líquido acuoso que contiene m sustancias químicamente definidas.

Consecuencia de afinidades químicas, puede haber reacciones *en las condiciones de la observación* entre algunas de esas $n + m$; tienen lugar esas reacciones, y al

(1) No distingo, en adelante, para nada las sustancias que constituyen el núcleo de las que forman el protoplasma; considero siempre el *conjunto* de la plástida.