

## CAPITULO XII

## Morfología y fisiología de las plástidas.

Réstanos la cuestión de la forma específica de las plástidas.

Habiendo admitido *a priori* la unidad de la sustancia viva, Claudio Bernard ha de pensar acerca de esta cuestión como sigue:

«Importa, según hemos dicho ya, distinguir en el sér vivo la *materia* y la *forma*.

La materia viva, el protoplasma no tiene en sí morfología, ninguna complicación de figura, ó por lo menos (y viene á ser lo mismo), tiene una estructura y una complicación idénticas. En esta materia *amorfa* ó más bien *monomorfa* reside la vida, pero la *vida no definida*, lo cual quiere decir que en ella se encuentran todas las propiedades esenciales cuyas manifestaciones en los seres superiores no son más que expresiones diversificadas, modalidades más altas. En el protoplasma se encuentran las condiciones de la síntesis química que asimila las sustancias ambientes y crea los productos orgánicos; se encuentra, según hemos demostrado, la excitabilidad, punto de partida y forma particular de la sensibilidad.

Así el protoplasma tiene todo lo que necesita para

vivir, y á esta materia pertenecen todas las propiedades que se manifiestan en los seres vivos. No obstante, el protoplasma solo no es más que la materia viva, no realmente un *sér vivo*. Le falta la forma que caracteriza la *vida definida*.

Al estudiar el protoplasma, su naturaleza, sus propiedades, se estudia, por decirlo así, la vida en el estado de desnudez, la *vida sin ser especial*. El plasma es una especie de caos vital que aún no ha sido modelado y en que todo se encuentra confundido, facultad de desorganizarse y de reorganizarse por síntesis, de reaccionar, de moverse, etc.

El sér vivo es un protoplasma modelado, tiene una forma específica y característica. Constituye una máquina viviente en que el protoplasma es el agente efectivo. *La forma de la vida es independiente del agente esencial de la misma*, el protoplasma, puesto que éste persiste semejante á través de los cambios morfológicos infinitos.

La forma no sería, por tanto, una consecuencia de la naturaleza de la materia vital. Un protoplasma *idéntico en su esencia* no podría dar origen á tantas figuras diferentes. No puede explicarse por una propiedad del protoplasma la morfología del animal ó de la planta. (*Leciones sobre los fenómenos de la vida*).

De la idea preconcebida de la unidad de la vida, idea que no podía obtener de ningún resultado experimental, ha deducido el gran fisiólogo esa noción confusa y mística de la forma de los seres vivos. Todo nos ha inducido á admitir la existencia de sustancias químicas (1) tales que las reacciones de cada una de ellas son precisamente las de *una especie determinada de plástidas*. Veamos ahora lo que podemos obtener de los experimentos de merotomía con respecto á la morfología.

α) 1.º Siempre que existe el núcleo en el protoplas-

(1) Los protoplasmas.

ma de una plástida A, en estado de vida elemental manifiesta, la composición de ese protoplasma permanece constante; dicho de otro modo, se elabora entre otras cosas protoplasma específico A.

2.º Siempre que no hay núcleo, la composición varía, el protoplasma A se destruye poco á poco y no se reconstituye (condición núm. 2).

β) 1.º Siempre que existe el núcleo en una plástida en estado de vida elemental manifiesta, cualquier ablación de sustancia se repara poco á poco. *Hay regeneración de la forma primitiva de la plástida.*

2.º Cuando no existe el núcleo, no hay regeneración de la forma primitiva de la plástida.

γ) Ningún experimento nos da derecho á atribuir al núcleo un influjo cualquiera sobre las manifestaciones de toda especie de la actividad de un protoplasma cuya composición se supone constante.

Del conjunto de las proposiciones anteriores se desprende con claridad la conclusión siguiente que se impone:

*Para un protoplasma de composición química determinada, hay una forma específica determinada, que es la forma de equilibrio de este protoplasma en el estado de vida elemental manifiesta.*

Verdad es que, para que se logre esta forma específica, es preciso que la composición del protoplasma no varíe durante bastante tiempo, lo cual no ocurre sino bajo la acción del núcleo (condición núm. 1); pero no podemos conceder al núcleo influjo alguno directo en la determinación de este equilibrio. En otros términos, el núcleo rodeado de una capa *amorfa* de protoplasma específico, tan pequeña como se quiera, pero susceptible de adiciones, elaborará sustancia específica, y cuando esa sustancia específica se acumule en cantidad suficiente, adoptará como forma de equilibrio, en el estado de vida elemental manifiesta, la forma específica correspondiente.

Sólo la forma es determinada en la consecución de ese equilibrio. Dentro de ciertos límites, figura también la dimensión. El equilibrio no podría existir por bajo de cierto tamaño mínimo; no podría subsistir por cima de cierto tamaño máximo. Por esto, en los experimentos de merotomía, no adoptan los merozoitos desprovistos de núcleo, cuando son demasiado pequeños, la forma de equilibrio específica (1), aún durante los primeros tiempos en que su composición es todavía específica, ni la adoptan jamás ulteriormente, puesto que se descomponen.

Por esto también, cuando se elabora demasiada cantidad de sustancia específica, no pudiendo pasarse del tamaño máximo de equilibrio, hay división, según más adelante veremos.

Cuando se conserva el núcleo, la regeneración de la forma específica es siempre más ó menos lenta, y constituye un fenómeno del todo comparable á *la reformación* de los cuerpos cristalinos.

Si una forma cristalina rota se sumerge en una disolución de sustancia semejante á la suya, se regenera con su forma característica.

Si á una plástida cortada se le deja el núcleo, es decir, si se le conserva el medio de adicionarse sustancia semejante á la suya, se regenera con su forma característica (2).

Si no se proporciona á una forma cristalina rota sustancia análoga á la suya, ó si se le quita el núcleo á una plástida cortada, no hay regeneración.

(1) En sus experimentos con los radiolarios, Verworn ha observado que trozos bastante grandes desprovistos de núcleo, recobraban, al cabo de algún tiempo, la forma específica de equilibrio anterior á la degeneración.

(2) Hay que observar, que cuando se hace un experimento de merotomía con una plástida, se modifica la proporción de sus sustancias plásticas (cuando se quita, por ejemplo, un trozo de

En una palabra, de igual modo que para las sustancias químicas cristalinas, *hay una relación determinada entre la composición química de los protoplasmas y la forma de equilibrio de su vida elemental manifiesta.*

Este resultado importantísimo, que obtenemos de los experimentos de merotomía, habríamos podido preverlo observando que todas las reacciones de una especie de plastidas (fototrópicas, quimiotrópicas... etc.) están determinadas por su forma específica. Dicho de otro modo, cuando vemos una plástida de forma determinada la llamamos A, y sólo por su forma sabemos (siempre que ofrezca caracteres bastante claros) que reaccionará de tal ó cual manera, en tales ó cuales condiciones, y recíprocamente, cuando se nos dice que tal plástida ha reaccionado de esta ó de la otra manera, en la condición *a* ó *b*, deducimos que se trata de la plastida A y sabemos cual es su forma.

EXISTE UNIÓN INMUTABLE ENTRE LA MORFOLOGÍA Y LA FISIOLÓGÍA DE LAS PLÁSTIDAS.

Nos preguntamos cómo ha podido ocurrírsele á Claudio Bernard la idea opuesta. Para él, el protoplasma (único) es una sustancia amorfa, como la amiba, por ejemplo, que precisamente no tiene forma específica determinada. Pero si se la coloca en un molde de diatomea, será una diatomea; si en un molde de levadura, será una levadura. He aquí, pues, una sustancia química, que según la forma que se la dé, tendrá propiedades químicas diferentes. Muy difícil es admitirlo, porque ninguna observación puede hacer nacer en el espíritu una concepción tan extraordinaria.

protoplasma sin tocar al núcleo) y en virtud de la ecuación II esa proporción así modificada debe conservarse luego. No lo percibimos casi en los protozoarios, en que las dimensiones más ó menos grandes del núcleo nos sorprenden poco, pero el resultado de tal experimento en el huevo de un metazoario puede tener consecuencias muy importantes en el desarrollo del sér.

Por haber desconocido este enlace de la morfología y de la fisiología, Claudio Bernard, imbuído á pesar de sus inmortales descubrimientos con las ideas vitalistas reinantes, ha incurrido en el error teleológico siguiente: «Admitiendo que los fenómenos vitales se enlazan con manifestaciones químico-físicas, lo cual es cierto, no por eso se aclara la cuestión en su esencia, porque el encuentro fortuito de fenómenos físico-químicos no crea á cada sér según un plan y conforme á un modelo *fixos y previstos de antemano*, y da lugar á la admirable subordinación y al armónico concierto de los actos de la vida». (*Lecciones sobre los fenómenos de la vida comunes á los animales y á los vegetales*).

He hablado hace un momento de los límites superior é inferior de la dimensión específica de las plástidas. Es bastante fácil darse cuenta de la necesidad del máximo por la conductibilidad indispensable á la asimilación, dado que se acumulan todas las sustancias nucleares en el centro de la masa protoplásmica. La simple comparación con gotas de aceite en suspensión en un líquido que se agita bastaría para explicar, por otra parte, que se impone un máximo para las dimensiones de la masa, siempre químicamente agitada, de una plástida en el estado de vida elemental manifiesta. Pero la conductibilidad hacia el núcleo da cuenta del hecho de que la división en dos del protoplasma acompañe naturalmente, en la mayor parte de los casos, á la división en dos del núcleo (1). En cuanto á la necesidad de un minimum, se tiene un ejemplo en el tamaño de los glóbulos de las emulsiones. Insistiré más adelante en lo anotado.

Pero antes de abandonar esta materia de la morfología de las plástidas, debo llamar la atención sobre un

(1) Constituyendo el núcleo, en suma, una especie de atracción dentro del protoplasma.

error que se tiende á cometer con frecuencia, el de atribuir al núcleo importancia especial en la plástida, mayor que la del protoplasma, por ejemplo (1).

Todos los experimentos de merotomía, en los que no hemos seguido hasta el presente más que la suerte del protoplasma, nos han mostrado que la presencia del núcleo es necesaria para que el protoplasma conserve su constitución, pero si nos hubiéramos colocado en un punto de vista diferente, habríamos observado también que, lo mismo exactamente, el protoplasma es necesario para que se conserve el núcleo.

En el fenómeno total de asimilación, *todas* las sustancias plásticas de una plástida son multiplicadas en cantidad por un coeficiente determinado, y la observación común de que he deducido la ecuación II de la vida elemental manifiesta, no muestra diferencia alguna en el modo de ser ésta respecto de las sustancias del núcleo y de las del protoplasma.

Hay, sí, ciertos elementos químicos que parecen comunes á todos los núcleos y de que carecen las más de las veces los protoplasmas. Por ejemplo, el fósforo existe en la llamada cromatina, una de las sustancias plásticas del núcleo. Las que forman éste deben tener, por tanto, ciertas propiedades comunes de que carecen las que forman el protoplasma, pero *todas* las sustancias plásticas, sin excepción, tienen en común la propiedad expuesta anteriormente (pág. 121), que hace que una asociación de  $p$  de entre ellas sea susceptible de asimilación.

Puede decirse, en suma, que hallándose en equilibrio una plástida en el estado de vida elemental manifiesta, algunas de las sustancias plásticas, que se reúnen en el

(1) «El núcleo es un aparato de síntesis orgánica, el instrumento de la producción, el germen de la célula». Claudio Bernard, *Ob. cit.*, pág. 198.

centro de la masa, tienen ciertas propiedades comunes de que carecen las otras sustancias plásticas repartidas en la periferie. Esta particularidad de composición, que caracteriza la sustancia del núcleo, se ve fácilmente por la avidez mayor con que absorben ciertas materias colorantes (de dónde el nombre cromatina), lo cual permite poner en evidencia el núcleo en las preparaciones histológicas.

Forman las sustancias plásticas del núcleo, según las especies, número mayor ó menor de masas que no pueden mezclarse y están incluidas unas en otras. No insisto acerca de la histología comparada del núcleo, que se encontrará explicada en todos los tratados de zoología y de botánica.

Baste saber, que al estudiar la serie de las plástidas se presencia una complicación del núcleo por localización de los elementos constitutivos, análoga á la que se observa en el protoplasma de las plástidas mismas desde el rizópodo hasta el infusorio ciliado. En algunos casos (1), por otra parte, es posible seguir en un mismo núcleo que evoluciona esta diferenciación progresiva. En ciertos radiolarios, por ejemplo, la sustancia del núcleo es en un principio completamente traslúcida y homogénea. Pronto se ve aparecer el filamento largo y apelotonado en el que se localiza la cromatina.

Puede el núcleo moverse en la plástida como la plástida se mueve en el agua, y sus movimientos pueden atribuirse á los cambios de sustancia entre él y el protoplasma. La forma varía frecuentemente, como la de una amiba, durante esos movimientos.

EL NÚCLEO EN LA MEROTOMÍA.—Primer resultado relativo al núcleo en los experimentos de merotomía es que, puesto en contacto directo con el agua, se descom-

(1) Véase el Capítulo siguiente.

pone rápidamente. El núcleo en el estado de vida elemental manifiesta no es permanente sino en el protoplasma de su especie.

Verworn ha tratado de trasplantar un núcleo, del protoplasma de su especie, al de otra distinta. Siempre ha degenerado, pero es verdad que durante la operación había estado en contacto con el agua.

Esta destrucción del núcleo puede relacionarse con un brusco rompimiento de un equilibrio de cambios muy complejo.

Balbani ha dilucidado un punto en extremo importante de la historia del papel del núcleo en la regeneración, y ha sido determinar la cantidad de sustancia del núcleo necesaria para este hecho.

Ha estudiado especialmente la materia en el *Stentor*, que tiene un largo núcleo moniliforme: «habiendo dividido un *Stentor* transversalmente en tres trozos, uno anterior con un rosario nuclear de seis cuentas, otro medio, con una sola, y otro posterior con cuatro, los tres se habían regenerado por completo al día siguiente, formando otros tantos individuos, y aún cuando el trozo medio sólo tenía un punto nuclear y hubo de sufrir transformaciones mucho más numerosas y profundas que los otros dos, su regeneración se había verificado en el mismo tiempo y había llegado á ser un individuo tan perfecto como ellos, solamente más pequeño por razón de la diferencia de tamaño que tenían los tres trozos en el momento del corte. Añadamos que el único grano nuclear primitivo se había transformado en el mismo tiempo en un rosario de cinco que, dentro de las debidas proporciones, estaba casi tan desarrollado como el de seis del individuo posterior. En otros experimentos análogos, se incluyó el grano único en un fragmento posterior ó longitudinal del cuerpo, y los resultados fueron siempre los mismos. Debemos deducir de estos hechos que la cantidad de sustancia nuclear no influye para nada en el gra-

do de perfección ni en el avance de la regeneración, y que un simple trozo de núcleo produce los mismos resultados en este respecto que el núcleo entero».

La observación de Balbani es importante desde varios puntos de vista. Prueba primeramente que hay regeneración del núcleo *con su forma específica*, como la hay también del protoplasma.

La síntesis orgánica que tiene lugar en la plástida, bajo las influencias combinadas del protoplasma y del núcleo, produce de una parte sustancias protoplásmicas en el protoplasma, de otra sustancias nucleares en el núcleo, y todas ellas conservan constantemente las mismas propiedades y la misma forma de equilibrio en el estado de vida elemental manifiesta.

El núcleo no es comparable á un órgano. Obra como sustancia química, puesto que una *porción* de núcleo, en una *porción* de protoplasma correspondiente, produce las mismas síntesis que un núcleo entero en plástida entera. Un fragmento de plástida que no conserve forma protoplásmica ni forma nuclear, reproduce normalmente ambas (1).

La vida elemental manifiesta de una plástida nos parece, pues, reducida en último término al conjunto de las reacciones de dos grupos de *sustancias* más ó menos complejas, las protoplásmicas y las nucleares, en ciertas condiciones de humedad, de oxigenación, de temperatura..., etc. Pero nada nos autoriza para atribuir á uno de esos grupos de sustancias importancia preponderante en la vida elemental manifiesta de la plástida. El protoplasma es tan necesario para el núcleo como éste lo es para aquél, y tanto respecto al uno como respecto al otro puede afirmarse la existencia de una relación claramente determinada entre la morfología y la fisiología.

(1) Con variantes quizá en las proporciones de las diversas sustancias plásticas constitutivas (véase la nota de la pág. 164).