

CAPÍTULO II

MOVIMIENTO (1)

El fenómeno que más inmediatamente percibimos en la observación de corto tiempo es el movimiento de las plástidas. Su aparente espontaneidad ha hecho pensar primeramente en la existencia de un principio vital interior. El movimiento no es espontáneo en realidad; resulta, como las demás manifestaciones de la vida elemental, de las reacciones físicas y químicas que se producen entre la sustancia de la plástida y el medio. No nos damos cuenta de él en primer término, porque, instintivamente pensamos en la natación de los animales superiores, de los peces por ejemplo, y, luego, consideramos casi como inerte ese medio acuoso en el que no observamos ninguna reacción química enérgica. No notamos tampoco, por la observación pura y simple, la formación de los nuevos compuestos que resultan de la vida elemental de la plástida, como el ácido carbónico por ejemplo, que se desprende constantemente.

Por el contrario, cuando dejamos caer en el agua un trozo de potasio, la reacción violentísima que se produce se nota inmediatamente. El calor que produce la oxidación del metal basta para inflamar el hidrógeno, y las vueltas que da el sólido en la superficie del líquido no

(1) Los capítulos II y III son casi reproducción literal de partes del manual «*La matière vivante*».

nos sorprenden porque las acompaña producción de calor y de luz. A nadie se le ha ocurrido jamás invocar principios inmateriales para explicar ese movimiento; se ha atribuído simplemente á las modificaciones que la misma reacción produce en el estado de equilibrio de los cuerpos que en ella intervienen.

Pues bien, por ser ese fenómeno más brusco y simple que el del movimiento de la plástida, no deja de ser de igual naturaleza; asistimos en ambos casos á la producción de fuerzas mecánicas que provienen únicamente de reacciones entre el móvil y el medio. En apariencia hay, no obstante, una distinción capital entre ambos hechos. Cuando hacemos un experimento químico ponemos en contacto dos cuerpos que no lo estaban; esos dos cuerpos reaccionan durante cierto tiempo, luego llega un estado de equilibrio. Por el contrario, cuando observamos una plástida que se mueve en el agua, nosotros no la hemos colocado en ese medio; allí estaba cuando hemos empezado la observación, y, no obstante, se movía y sigue moviéndose *sin dejar de estar en el agua*, de donde el carácter de espontaneidad aparente. Pero por otras experiencias sabemos que hay disuelto en el agua un cuerpo, el oxígeno, en cuya presencia la sustancia de la plástida reacciona *constantemente*; hay *constantemente* oxidación de la sustancia, y he aquí una primera acción química. Produciéndose esta oxidación sin parar, debería tener un fin, porque la cantidad de sustancia oxidable de la plástida es limitada. Sin duda, pero hay en el agua, en disolución ó en suspensión, cuerpos que pueden añadirse á la plástida y renovar á cada momento su provisión de sustancia oxidable. ¿Cómo?, lo veremos más adelante. En todo caso, no tiene lugar solamente un fenómeno químico, la oxidación al nivel de la plástida y del medio, sino gran cantidad de fenómenos químicos concomitantes, y en nada puede admirar que este conjunto de fenómenos engendre un movimiento. Ese movimiento depende na-

turalmente de la *forma* de la plástida y de la naturaleza de las reacciones que su composición hace posibles; así hay aproximadamente tantas formas de movimientos como especies, y no podemos pensar en describirlas aquí (1).

Para darnos cuenta de las causas del movimiento en cada caso, podíamos pensar en proceder por eliminación, suprimiendo uno por uno todos los factores que pueden entrar en juego en las reacciones químicas complejas de que acabamos de hablar, pero tropezamos aquí con una grave dificultad: la plástida, en el estado de vida elemental manifiesta (2), se halla en estado de equilibrio inestable, originado porque el conjunto de reacciones de que es asiento no altera en definitiva su composición general, dicho de otro modo, la deja semejante á sí misma. Pues bien, sabemos suprimir artificialmente en la mayor parte de los casos uno de los factores de ese equilibrio, sin romperle bruscamente y destruir el cuerpo mismo. No obstante, Werworn ha conseguido, según más adelante veremos, *paralizar los movimientos* de ciertos rizópodos, por espacio de veinticuatro horas, eliminando el oxígeno. Los movimientos se han reanudado al oxigenar otra vez el medio.

En cambio conocemos agentes físicos ó químicos que, usados con ciertas precauciones, no destruyen las sustancias vivas. Podemos pensar en hacerles intervenir en las condiciones generales del fenómeno y observar lo que sucede. Si realmente, como debemos creer en tanto no haya nada que nos demuestre lo contrario, el movimiento de una plástida es consecuencia de reacciones químicas, un agente físico que tenga la propiedad de ac-

(1) Bütschli (*Bronn's Klassen und Ordnungen des Tierreichs*). Protozoa.

(2) Uso esta expresión, que definiré más adelante rigurosamente, pero la uso con más vaguedad que lo haré en lo sucesivo.

tuar en gran número de dichas reacciones podrá modificar el movimiento, si se encuentran precisamente entre las que le producen una ó varias de las que el agente citado es capaz de hacer variar.

Hemos, pues, de estudiar la acción de la luz, del calor, de la electricidad, etc., sobre el movimiento de las plástidas. Estudiaremos también el influjo de diversas sustancias químicas.

INFLUJO DE LA LUZ.—Consideremos un haz de rayos luminosos paralelos y de *escasa intensidad* cayendo sobre una plástida en el agua (fig. 1.^a).

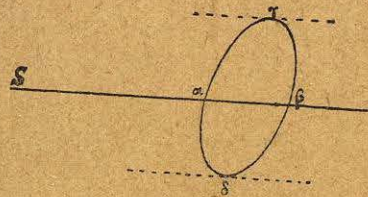


FIGURA 1.^a

El rayo incidente $S\alpha$ atravesaría la sustancia transparente de la plástida en una dirección $\alpha\beta$ poco diferente de $S\alpha$, porque la refrangibilidad de esa sustancia es poco distinta á la del agua. Podemos, pues, para no complicar la exposición del asunto, considerar $\alpha\beta$ como prolongación de $S\alpha$. Ahora bien, veamos lo que pasa á lo largo de $\alpha\beta$ suponiendo que la luz empleada influye en reacciones posibles entre la plástida y el medio ambiente. En α esas reacciones serán influidas y la intensidad del rayo luminoso disminuirá proporcionalmente. En el trayecto $\alpha\beta$ podrán modificarse otras reacciones internas entre los elementos constitutivos de la plástida, pero esas reacciones *internas* no tenemos razón alguna para hacerlas intervenir en un movimiento que sólo puede proceder de

una modificación de equilibrio *al contacto* del cuerpo y del medio. Suceda lo que quiera, el rayo luminoso al llegar á β tendrá menos intensidad que en α ; ahora bien, hemos supuesto de poca intensidad el rayo incidente; la energía que tiene en β podrá así ser mucho menos considerable que la que tiene en α , y una reacción que la luz favorezca será mucho más activa en α que en β . Podrá dividirse la superficie de la plástida en dos partes, de suerte que á todo punto α de la primera corresponda un punto β de la segunda, y se sabrá que ciertas reacciones químicas serán más activas en α que en β . Estas dos partes de la superficie de la plástida estarán precisamente separadas por la línea de contacto de un cilindro circunscrito *de dirección* $S\alpha$, y se concibe sin entrar más en un análisis matemático, complicado en un cuerpo de cualquier forma, que el resultado de esta diferencia establecida entre las dos superficies $\gamma\alpha\delta$, $\gamma\beta\delta$, sea una acción directora relacionada con la dirección del rayo incidente, puesto que las dos zonas de desigual actividad sobre la plástida están precisamente separadas por una línea relacionada con esa dirección (1).

Es lo que afirma la experiencia.

No me extenderé en las interesantísimas observaciones de Strasbürger, Engelmann, Stahl, Brandt, Vervorn ..., etc. Voy solamente á exponer los resultados más generales de las mismas.

Sobre todo en plástidas vegetales, bacterias, diatomeas, desmidieas, esporos movibles de algas..., etc., y sobre los infusorios flagelados es intensa la acción de la luz. Y siempre modifica la dirección de las radiacio-

(1) En un cuerpo de forma determinada, diatomea, desmidiea, etc., el análisis matemático permite prever los fenómenos de *orientación*, de *dirección*, etc. Presento más adelante, á propósito de la quimiotaxia, un ejemplo de este cálculo relativo á un cuerpo esférico.

nes (1), pero en sentido que puede variar con las especies estudiadas.

Se concibe muy bien, en efecto, que según la naturaleza de las reacciones influidas por la luz, la diferencia establecida entre las dos fácies $\gamma\alpha\delta$ y $\gamma\beta\delta$ se traduzca por un movimiento en un sentido ó en otro. Así se observa que una especie es atraída por una radiación de poca intensidad, que, en cambio, rechaza á otra.

Estas diferencias específicas dependen de la naturaleza propia de cada plástida, de las reacciones que pueden presentar aparte las que son comunes á todas ellas; nos dan un nuevo motivo para no admitir la unidad de la sustancia viva.

Los movimientos de ciertas plástidas (muchos rizopodos y ciliados) no se dejan influir para nada por la luz. Se dice que esas plástidas no son *fototácticas*, como se dice de las que son atraídas ó rechazadas por ella que son *positiva* ó *negativamente fototácticas*.

En la mayor parte de los casos, los rayos más refrangibles del espectro ejercen acción directora más manifiesta; ahora bien, sabido es que esos rayos se llaman precisamente químicos porque á su influjo hay que atribuir exclusivamente las reacciones químicas determinadas por la luz blanca (fotografía), con exclusión de los rayos menos refrangibles ó térmicos (2).

Se concibe perfectamente, á consecuencia de la acción directora de la luz, que ciertas plástidas especialmente fototácticas estén siempre reunidas en una infusión en la

(1) Esta relación con la dirección de las radiaciones es generalmente una relación de paralelismo, pero no siempre.

(2) Los pormenores acerca de las diferencias de acción fototáctica según la naturaleza y la acción de la radiación se hallarán en las Memorias citadas en el Índice bibliográfico; podemos contentarnos con leer en este punto el *Tratado de Botánica* de Van Tieghem, págs. 123 y siguientes.

parte que recibe más directamente la luz del día. Engelmann pescaba bacterias en un punto iluminado de un líquido oscuro. Los antropomorfistas explican generalmente este hecho diciendo que, por ejemplo, las plástidas verdes *buscan* la luz porque su acción clorofílica se ejerce en ella con más intensidad.

De igual modo, en los vegetales superiores, ciertos órganos son positiva, ú otros negativamente heliotrópicos (Sachs). La explicación mecánica de estos fenómenos se ha hecho con mucha claridad; son de la misma naturaleza que las manifestaciones fototácticas de las plástidas (fotauxismo) (1).

Muy distintamente complejos son, por el contrario, los fenómenos *heliotrópicos* que J. Lœb ha descrito en insectos y otros animales superiores y es incurrir en grave error compararlos *directamente* con los movimientos fototácticos de las plástidas.

En un sér provisto de un sistema nervioso completo, la luz impresionará ciertas células superficiales. En cada una de esas células podrán ocurrir fenómenos fototácticos comparables á los que hemos estudiado en plástidas aisladas, y cada uno de esos fenómenos intracelulares, considerado aisladamente, estará en relación *inmediata* con la dirección de la radiación luminosa. Pero *la dirección del movimiento general del cuerpo no tendrá ninguna relación directa con la del movimiento individual de cada una de sus plástidas*. El movimiento producido en las células superficiales por la acción de la luz transmitirá una excitación especial á las células nerviosas centrales, de donde, á consecuencia de fenómenos sumamente complejos, partirá una nueva excitación determinante de la activi-

(1) Todo el mundo ha observado cómo ciertas plantas se es-
tiran extraordinariamente huyendo de la oscuridad, buscando
casi siempre una fuente de luz, por débil que sea, lo que hace de-
cir comúnmente que las plantas *buscan* la luz.

dad de ciertos músculos (1), y no sabemos todavía en el estado actual de la ciencia analizar esta operación múltiple. La dirección del movimiento general del cuerpo, procedente de la actividad de esos músculos, no estará sino en relación *infinitamente remota* con la de la radiación que primitivamente ha impresionado células superficiales especiales. Si por casualidad observamos que en algunos casos el movimiento tiene lugar en la dirección de la luz, será absurdo ver en este fenómeno una reacción inmediata *de igual orden* que la de las plástidas y aplicar para designarla el mismo término *heliotropismo* que sirve para las plantas. Por este camino se llegaría muy pronto á decir que el grillo que sale de su agujero cuando en él echa agua un muchacho (cosa muy común), es negativamente hidrotrópico; que la trucha que remonta la corriente es negativamente reotrópica; que el hombre, en fin, que busca la sombra cuando el sol le abrasa es negativamente heliotrópico..., etc.

Utilizando así para la denominación de los fenómenos de la vida de los animales superiores las mismas expresiones que para los fenómenos de la vida, se da absolutamente razón á los antropomorfistas. No cometen, en efecto, más que un abuso del mismo orden al decir que las plástidas prefieren la luz azul á la roja..., etc. Engelmann habla de un movimiento de terror de las bacterias. El que quiere probar demasiado no prueba nada; tratando de hacer creer que un insecto reacciona á la luz *de la misma manera* que un protozoario, se expone á una crítica fácil y se abre ancho campo á los vitalistas. Estos triunfarían fácilmente si los que no aceptan sus teorías olvidaran alguna vez que los fenómenos microscópicos de los seres superiores no pueden explicarse mecánicamente sino como *resultante extremadamente compleja* del

(1) Véase en el capítulo *Sistema nervioso* la teoría elemental de los reflejos.

conjunto de las manifestaciones microscópicas de la actividad de sus plástidas; para evitar este peligro, hay que abstenerse de usar los mismos términos para designar fenómenos ligeramente similares, pero realmente de muy distinta complejidad.

Muchas veces se ha discutido la utilidad que para las diversas especies de plástidas ofrecen los fenómenos fototácticos. El error teleológico se desliza fácilmente en discusiones de este género; de ello me ocuparé una vez por todas al tratar de la quimiataxia.

INFLUJO DEL CALOR.—El estudio del influjo del calor sobre la dirección de los movimientos de las plástidas no nos enseña más, desde el punto de vista en que nos colocamos, que el del influjo de la luz.

Respecto á la temperatura, es preciso que permanezca entre límites á veces poco alejados uno de otro, y determinables en cada especie, para que la vida elemental pueda manifestarse y asimismo para que la plástida no sea destruída. En suma, la temperatura es una de las condiciones importantes de la vida elemental y todas las reacciones de las plástidas dependen de ella (1).

EXCITACIONES MECÁNICAS, ELÉCTRICAS, ETC.—Las excitaciones mecánicas originan reacciones de las que es difícil obtener conclusiones importantes, porque son poco claras en las plástidas menos diferenciadas y su análisis es muy complejo en los más elevados de los protozoarios.

Se ha experimentado también la acción de las corrien-

(1) Todas las plástidas quedan destruídas á una temperatura bastante inferior á 200° centígrados; puede, pues, considerarse dicha temperatura como un máximo grande en la determinación de las condiciones en que la vida elemental es posible; nos serviremos más adelante de esta afirmación (Véase cap. XVIII).

tes eléctricas, de las corrientes de agua, etc., sobre los movimientos de las plástidas (1), pero no hay espacio para detenerse aquí en estos estudios que no nos dan ninguna nueva noción general.

INFLUJO DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS.—Por el contrario, el estudio del influjo de las sustancias químicas sobre los movimientos es en extremo importante; en suma, sólo nos es dado hacer en el estado actual de la ciencia la *química de las plástidas*, puesto que no conocemos su constitución atómica.

Preparativos especiales de experimentación nos permitirán estudiar sucesivamente la acción de las sustancias químicas sobre la dirección de los movimientos y aún sobre la naturaleza y la intensidad de los mismos.

QUIMIOTAXIA.—Naturalmente, para que haya *dirección* del movimiento por una sustancia química, es necesario que no esté distribuída por igual en el líquido en que viven las plástidas. Se concibe que en un medio que contenga en disolución homogénea una materia A, susceptible de reaccionar químicamente sobre las plástidas, la naturaleza y la intensidad del movimiento sean modificadas por el hecho de que esta reacción entre ellas y A se sume á las demás reacciones vitales; pero no se comprendería una acción *directora* en estas condiciones.

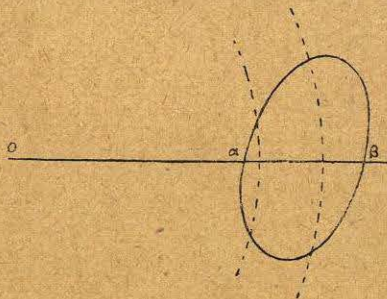
En las experiencias de Pfeffer, que son un modelo de rigor científico, no ocurre lo mismo.

Para estudiar el influjo de una sustancia A, introduce una disolución, cuyo grado de concentración conoce, en un tubo capilar que cierra por un extremo; luego in-

(1) Se han inventado, para definir la intervención de esos diversos agentes en el movimiento de las plástidas, los siguientes neologismos: *electrotropismo*, *reotropismo*, *termotropismo*, etc. Todos esos fenómenos se explican exactamente como el fototropismo y el quimiotropismo.

troude el tubo así preparado en el líquido que contiene las plástidas. Naturalmente, á causa de las dimensiones capilares del tubo, no podrá entrar de lleno el líquido en su interior; sólo en el orificio se producen fenómenos de difusión, y así puede observarse el efecto de dosis de sustancia enteramente infinitesimales. En suma, he aquí cuál será la distribución de la sustancia en la totalidad del recipiente y del tubo.

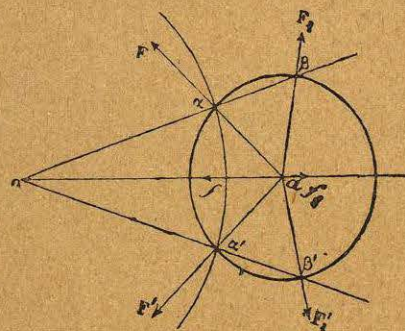
A consecuencia de la difusión lenta, todos los puntos situados á la misma distancia de la abertura del tubo ca-

FIGURA 2.^a

pilar tendrán la misma dosis de sustancia A, en otros términos, las zonas de igual proporción de sustancia A serán círculos concéntricos cuyo centro común será dicho orificio, disminuyendo esa proporción á medida que aumente el radio de los círculos. En cuanto al contenido del tubo capilar, como el diámetro del mismo es muy pequeño, podremos simplemente representarle por una línea á lo largo de la cual la sustancia aumenta conforme vayamos penetrando en el interior más lejos del orificio.

Admitido esto, consideremos una plástida en el líquido cuya proporción de sustancia A está distribuída de esta suerte, según círculos concéntricos que parten de O (figura 2.^a). Tracemos desde el punto O un radio cual-

quiera, $O\alpha\beta$, que encuentre á la superficie de la plástida en los dos puntos α y β . Cualquiera que sea ese radio, la proporción de sustancia A será mayor en el punto α que en el punto β , y, por consiguiente, las reacciones que se produzcan en estos puntos entre la plástida y el medio habrán de ofrecer una diferencia de intensidad relacionada con la de concentración. Podrá, pues, afirmarse de una manera general que, si se supone trazado el cono cuyo vértice es O, circunscrito á la superficie de la plástida, la línea de contacto dividirá esta superficie en dos

FIGURA 3.^a

zonas tales que á cualquier punto de la primera corresponda un punto de la segunda en que el líquido tenga *menor proporción* de sustancia A. Las diferencias de reacción entre todos los puntos α y todos los puntos β serán, pues, de igual sentido. En el caso de un cuerpo de cualquier forma, el cálculo es complicado, aun cuando se concibe bien que la resultante de todas esas diferencias agrupadas en o pueda pasar por o.

Pero supongamos que tenemos que habérmolas con una plástida esférica (fig. 3).

A cada radio $O\alpha\beta$ corresponderá otro $O\alpha'\beta'$ simétrico con relación al eje Oa , y tal que $oa = o'a'$, $O\beta = O\beta'$. La

proporción en α es, por tanto, igual á la proporción en α' , y lo mismo respecto á β y β' .

Ahora bien, consideremos el punto α ; las acciones que tienen lugar en la proximidad inmediata de este punto están dispuestas simétricamente con relación á la normal a α . La fuerza que de ellas resultará seguirá, pues, la dirección de la normal: supongamos, por ejemplo, que esa fuerza, F , sea centrífuga con relación á la esfera; es decir, que en cada punto de la superficie la fuerza vaya de la esfera al medio ambiente.

Tenemos entonces que considerar cuatro fuerzas: F , F' , F_1 y F'_1 , normales á los puntos α , α' , β y β' y tales que $F = F'$, $F_1 = F'_1$, $F > F_1$. La resultante de F y de F' es una fuerza f que sigue la dirección α o ; la resultante de F y de F'_1 es una fuerza f_1 que sigue también la dirección α o , pero en sentido contrario, y f es $> f_1$. La resultante total de las cuatro acciones es así una fuerza $f - f_1$, dirigida de α á o . Lo mismo ocurrirá con todos los radios o α , β , reunidos simétricamente dos á dos, y el movimiento de la plástida será de atracción hacia o (1). Si hubiéramos supuesto que en cada punto α las acciones fueran tales que la fuerza F se dirigiera desde el centro á la circunferencia, habríamos también observado una repulsión de la plástida, con respecto á O .

Coloquémonos en el primer caso de una atracción hacia o . La plástida manifiesta una tendencia á pasar del medio de menor proporción al de proporción mayor. Una vez llegada á o deberá, por tanto, entrar en el tubo capilar en que las proporciones van decreciendo á partir del orificio; pero aquí interviene el influjo de las propiedades

(1) Para tener el derecho de hacer esta composición de fuerzas, hay que suponer estrictamente unidos sus puntos de aplicación. En el caso que la plástida sea susceptible de transformación el fenómeno del movimiento es diferente. (Véase más adelante *Movimiento amiboide*).

capilares del tubo, y esto permite que el fenómeno se modifique.

Sea lo que quiera, esta atracción que podía perverse la han puesto en evidencia las experiencias de Pfeffer con bacterias, flagelados, anterozoides de criptógamas, etcétera. Ha observado que las diversas especies de plástidas son diferentemente impresionadas por las distintas sustancias. «Hay todos los grados, desde la sensibilidad más exaltada hasta la más completa insensibilidad». Hay sustancias que atraen á ciertas especies (quimiotaxia positiva); hay otras que las rechazan (quimiotaxia negativa). Si una especie manifiesta por una sustancia determinada quimiotaxia positiva, las plástidas de ella podrán, en condiciones de concentración determinada (1), venir á llenar el tubo capilar.

Gran número de fenómenos muy importantes de la vida elemental hallan su explicación en la quimiotaxia. En primer lugar, el estado de movimiento casi constante en ciertas especies puede referirse á diferencias de constitución, á faltas de homogeneidad del medio en que están repartidas, en cantidades infinitesimales en verdad, tantas sustancias por las que esas especies manifiestan una sensibilidad quimiotáctica extremada. Efectivamente, esa sensibilidad es tal en ciertos casos, que varios autores proponen el empleo de las plástidas para descubrir en disoluciones la presencia de cantidades casi imponderables de algunas sustancias.

A una acción quimiotáctica hay que atribuir la atracción del espermatozoide hacia el huevo que ha de fecundar (2); á otra acción del mismo orden hay que atribuir las propiedades fagocitarias de los glóbulos blancos, pro-

(1) Remito á las Memorias de Pfeffer para los pormenores relativos á las variaciones del quimiotactismo con la concentración de las disoluciones; el estudio completo de estas variantes exigiría explicaciones demasiado largas.

(2) Véase capítulo XXVII.

piedades cuya enorme importancia ha demostrado Metchnikoff en la resistencia de los seres á ser invadidos por las bacterias patógenas. Massart y Bordet han demostrado efectivamente el influjo quimiotáctico de los cultivos de bacterias, y también de los mismos cultivos filtrados (reducidos á los productos solubles elaborados por esos seres) sobre los leucocitos de los animales superiores. Los fenómenos de nutrición de gran número de protozoarios dependen igualmente de propiedades quimiotácticas.

Precisamente á causa de su utilidad, manifiesta en la mayor parte de los casos, los influjos quimiotácticos han sido explicados en un principio por consideraciones teleológicas y antropomórficas. Stahl había supuesto ya que todas las sustancias nutritivas para una especie debían atraerla, ser positivamente quimiotrópicas; es lo que efectivamente ocurre en la mayor parte de los casos, pero hay excepciones, sin embargo; por ejemplo, la glicerina no atrae á bacterias que pueden alimentarse con ella. De igual modo las sustancias nocivas son, en general, negativamente quimiotrópicas, pero hay excepciones, y ciertas plástidas sufren una atracción fuerte y muy evidente por parte de sustancias que les son absolutamente funestas.

Esas excepciones bastarían en rigor para no admitir las explicaciones antropomorfistas, que las plástidas *buscan* las sustancias que les son útiles y huyen de las que les son perjudiciales; pero, aún sin eso, no habría razón alguna para aceptar esa manera de ver cuando es tan fácil concebir la explicación mecánica.

Volvamos, por ejemplo, al caso sencillísimo de la plástida esférica estudiado anteriormente. Si la fuerza elemental F , resultante de las reacciones en un punto α cualquiera es centrífuga, hay atracción hacia o ; hay repulsión si esa fuerza elemental es centrípeta. Es muy fácil admitir que, en la mayor parte de los casos, las reacciones que determinan la producción de una fuerza centrífuga F no tienden á destruir el equilibrio de la

plástida, y que lo contrario tiene lugar con las reacciones que determinan la producción de una fuerza centrípeta. Esto no es siquiera una hipótesis; es la conclusión de hechos de observación común.

Cualquiera que sea el valor más ó menos grande de esta explicación, no faltarán ciertamente teleologistas que en ella encuentren una nueva prueba de la preexistencia de un admirable plan de la naturaleza. Ahora bien, supongamos en un líquido no homogéneo, en el que existen varios centros de difusión de sustancias diferentes, diversas especies de plástidas; al cabo de algún tiempo todas las que son positivamente quimiotrópicas con respecto á sustancias nocivas habrán desaparecido; un poco más tarde, las que no son positivamente quimiotrópicas para las sustancias útiles habrán desaparecido igualmente, y no quedarán ya en el líquido más que las que sean á la vez positivamente quimiotrópicas para las sustancias útiles y negativamente para las perjudiciales. No ha de sorprendernos, pues, que todas las especies de plástidas que observamos hoy en las aguas dulces y las saladas sean negativamente quimiotrópicas para las sustancias que les son perjudiciales y que han podido hallarse normalmente un día ú otro en un punto del medio en que han vivido.

Pero si hacemos la prueba de una sustancia nueva, compleja, que esos seres jamás hayan tenido ocasión de encontrar en el curso de la vida de su especie, no debe sorprendernos que sean positivamente quimiotrópicos para una sustancia que les perjudica; podemos solamente afirmar que si dicha sustancia se hubiera encontrado con frecuencia en el medio en que la especie en cuestión ha vivido, no habría llegado hasta nosotros (1).

(1) Debería hablar aquí del movimiento amiboide. Dejo su estudio para el capítulo siguiente, *La adición*, porque á propósito de ésta expondré los fenómenos de tensión superficial que es necesario conocer para interpretar este género de movimiento.

Otra particularidad que hay que señalar á propósito de las propiedades quimiotácticas de las plástidas es la adaptación de estos organismos á la concentración de las disoluciones salinas. J. Massart ha demostrado que se puede, por ejemplo, hacer poco á poco insensibles á disoluciones más concentradas bacterias que, en un principio, eran sensibles á disoluciones menos concentradas aún. Las antropomorfistas no dejan de ver en este fenómeno la formación de hábitos. Ahora bien, recordemos el estudio hecho anteriormente; bajo el influjo de las reacciones químicas, diferentes en los puntos α y en los puntos β , se obtiene la dirección hacia α . Pero estas reacciones pueden tener un fin; puede ocurrir que al cabo de cierto tiempo la plástida se haya saturado poco á poco de la sustancia nueva que se le acaba de proporcionar y que ya no haya entre ambos elementos reacción alguna. Pero entonces esa plástida, *adaptada* á la disolución salina, ha venido á ser *diferente* de lo que era en un principio; su composición química no es ya la misma y hay un nuevo factor en su equilibrio. Puede ocurrir, por tanto, que si se le quita bruscamente ese factor nuevo, la destrucción del equilibrio traiga consigo la de la plástida, y Haffkine ha demostrado, en efecto, que ciertas especies adaptadas á una concentración salina determinada, morían cuando se las trasportaba bruscamente á un medio de concentración diferente (1).

Esto me lleva á estudiar el influjo de las sustancias químicas sobre la naturaleza y la intensidad de los movimientos. Naturalmente las sustancias que, según el experimento de Pfeffer, producían una acción directora, obrarán igualmente sobre la intensidad de los movimientos de las plástidas. Por ejemplo, Engelmann ha demos-

(1) Me contento con citar de pasada estos hechos de adaptación, sobre los que insistiré más largamente en el libro III (3.^a aproximación.)

trado que el oxígeno ejerce un influjo director muy eficaz sobre las bacterias; ahora bien, sabemos que el oxígeno reobra sobre todas las plástidas; esta acción es constante en todo medio oxigenado, y muy probablemente se deben la mayor parte de los movimientos normales de esos seres á la distribución sin cesar variable del oxígeno en las infusiones. Y bien, Verwon ha demostrado precisamente que si se sustraer el oxígeno de una infusión, los movimientos de los rizópodos no tardan en disminuir y en paralizarse. Si se les devuelve el oxígeno al cabo de varias horas de reposo, el movimiento se reanuda.

Preyer, que ha estudiado esta suspensión del movimiento por la privación del oxígeno, ha aplicado al fenómeno la denominación nueva, y, por lo menos inútil, de anabiosis.

Es conveniente dejar para más adelante un estudio que parecería hallarse aquí en su puesto, el de los anestésicos y los venenos; sus efectos serán más fáciles de explicar cuando hayamos definido claramente la vida elemental (1).

Pero nos queda por estudiar una serie de fenómenos también complejos que, en parte al menos, se relacionan con el movimiento. Sabemos que la sustancia de los cuerpos vivos está en continuos cambios con el medio que la baña, y hasta hemos hallado en esos cambios la causa de los movimientos de las plástidas.

Absorbe, por ejemplo, oxígeno y desprende ácido carbónico, fenómeno por el cual pierde parte del carbono que la forma; ese carbono ha de recuperarse para que el cuerpo no desaparezca, destruyéndose poco á poco. Hay constantemente sustracción, luego es necesario que haya *adición* de partes nuevas, y, para que la sustancia conserve sus propiedades, que el resultado de ambas operaciones no modifique la composición general. Es precisa-

(1) Véase el capítulo *Irritabilidad*.

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.