

dola interiormente, formando lo que se denomina el *utrículo azoado* ó capa parietal del protoplasma; desde esta *capa parietal* al núcleo hay gran número de filamentos protoplásmicos, que parecen sujetarle. Adelantando la edad de la célula desaparecen los filamentos, el núcleo es impelido hacia la membrana celular y queda pegado á ésta, envuelto siempre por el protoplasma de la capa parietal. Por último, llega un momento en que el núcleo desaparece, la capa parietal disminuye de espesor, concluye por desaparecer también, y la célula muere, no dejando vestigio alguno si la membrana externa es débil ó quedando como sostén y defensa de otra si la membrana es espesa y resistente.

## II. — EL PROTOPLASMA

PROPIEDADES FÍSICAS.—Efecto de su gran movilidad, la substancia protoplásmica presenta tan variados caracteres, así físicos como químicos, que anotarlos todos relacionándolos con las situaciones varias con que aquella substancia puede presentarse según la edad de la planta, la región de ella de que forma parte, la función del órgano, la edad de la célula, etc., etc., sería tarea dificultosa y pesada, ya que no imposible de todo punto. No obstante, señalaremos las propiedades de carácter más general, comenzando por las físicas.

*Densidad.* — De ordinario, en las células jóvenes, el protoplasma es una substancia viscosa, de la consistencia de la clara de huevo, hialina, incolora, llena de granulaciones que parecen ser ajenas á la substancia fundamental; pero la densidad varía en las diversas células de una planta y aun en una misma célula según el órgano de que forma parte y según la edad. Generalmente varía la densidad desde el exterior al centro, siendo la parte central menos densa y la periférica más; tanto es así, que en la periferia se suele formar una capa imperceptible, más sólida, más densa y más refringente que el resto de la masa y que á veces escapa á la observación microscópica aun valiéndose de fuertes aumentos, pero se hace perceptible por los reactivos, si bien no presenta límite interno que le separe del resto del protoplasma, pues no es más que una porción de éste; esta parte periférica se suele denominar *capa*

*membranosa* y ejerce gran influencia en los fenómenos endosmóticos que se verifican en la célula.

El protoplasma de las células jóvenes es bastante denso y disminuye la densidad á medida que avanza la vida de la célula, adquiriendo menor fluidez en los períodos de reposo. Contribuyen también á dar mayor ó menor consistencia á la substancia protoplásmica los productos celulares, que le imprimen á veces coloraciones varias.

*Endósmosis.* — Los diferentes grados de densidad del protoplasma dependen en gran parte de que se halle más ó menos impregnado de agua; tiene para este líquido gran avidez y le toma impregnándose lentamente de él, pero sin llegar nunca á disolverse. En el protoplasma concentrado de los plasmodios de un mixomiceto (*Ætalium*) entra el agua en la proporción de un 70 por 100 en peso. Cuando la concentración es grande, el agua se va repartiendo hacia el centro, dando lugar á la producción de vacuolas parecidas á las que origina el jugo celular; si las vacuolas aumentan porque aumenta el líquido absorbido, el protoplasma se va retirando hacia la membrana celular.

Lo mismo se puede aumentar que disminuir la proporción del agua; para lograr lo segundo basta colocar las células en una disolución de azúcar ó de sal; el protoplasma comienza entonces á concentrarse y recobra su primera posición, volviendo á aumentar de volumen, haciéndose más fluido, cuando se sustituye la solución azucarada ó salina por agua pura.

Respecto á otras substancias que no sean el agua, varían las propiedades endosmóticas del protoplasma. La sal común, el azúcar, el nitro y otras sales no penetran nunca en el interior de la célula viva; si las contuviera interiormente, tampoco las dejaría salir fuera. Esta resistencia á la penetración de ciertos cuerpos se observa principalmente con las materias colorantes vegetales; colocado el protoplasma vivo en agua coloreada por el azafrán, el palo campeche, etc., absorbe el líquido dilatándose, pero no la substancia colorante.

Otros cuerpos, ya incoloros como los ácidos, los álcalis y los carbonatos alcalinos en soluciones muy débiles, ya de color como la fuchina, la eosina y el azul de quinoleína, son fácilmente absorbidos.

En todos estos fenómenos juega importante papel la capa membranosa, se modifican cuando ella se disipa ó rompe por algunos puntos. Si el protoplasma muere, la capa membranosa se vuelve tersa y rígida y desaparece con gran facilidad; mientras persiste entera, la substancia protoplásmica, aun muerta, conserva sus propiedades endosmósicas; pero si desaparece ó se agrieta, las materias colorantes invaden al protoplasma y éste se colorea con fuerza; el carmín le tiñe con una coloración vivísima.

Cuando las células son coloreadas, como sucede en los órganos verdes, en las algas rojas, en los pétalos de ciertas flores, etc., durante la vida no sueltan nunca la substancia que les da color; cuando mueren abandonan fácilmente dichas substancias.

Ciertos cuerpos sólidos penetran también en el protoplasma cuando está vivo; basta una presión ligera para que un grano de almidón, una bacteria, un cristal pequeñísimo, se abran paso al través de la masa protoplásmica; si está muerto, la rigidez de la capa membranosa impide que este hecho tenga lugar.

CRECIMIENTO Y DIVISIÓN. — El protoplasma está sometido á las leyes del crecimiento; cuando ciertas substancias de naturaleza mineral ú orgánica penetran en una masa protoplásmica y entran á formar parte de las combinaciones de que está compuesta, quedan asimiladas y vienen á aumentar el volumen de la masa.

Puede también crecer una masa protoplásmica por agregársele más protoplasma. Esta conjunción es frecuente y motiva de ordinario el desarrollo de una mayor actividad molecular en la masa resultante. Ambos casos se presentan á veces en una misma célula.

Colocadas ciertas esporas de hongos en una solución oportuna de sales minerales y de azúcar, el protoplasma crece y puede producir un nuevo vegetal; es un caso de asimilación. El caso de conjunción protoplásmica tiene lugar en los mixomicetos (fig. 4) al formarse sus plasmodios, y en los huevecillos cuando se desenvuelven á favor de substancias albuminoideas previamente acumuladas en derredor.

Todos estos hechos son consecuencia de las propiedades del protoplasma, que hemos descrito, de su extraordinaria movilidad,

de las condiciones que reviste su composición, capaces de motivar los actos vitales.

En determinadas circunstancias, la masa protoplásmica no sólo crece, sino que se divide y forma varias masas; esto lo mismo puede realizarse en el interior de las células que en el protoplasma desnudo; son muchos los casos de una y otra índole, pero como suelen afectar á la división celular, los hechos que aquí podemos describir los dejaremos para cuando nos ocupemos de la reproducción de las células.

ESTRUCTURA. — Se han emitido, para explicar las propiedades del protoplasma, diferentes hipótesis sobre su estructura molecular.

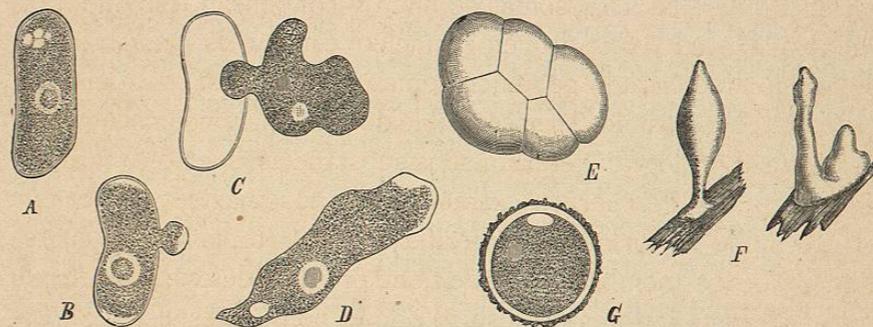


Fig. 4. — *Capromyxa protea*, Fayod. — (Mixomiceto del grupo de los acrásidos). — *A*, un espora (célula); *B*, el protoplasma comienza á abandonar la cubierta; *C*, el protoplasma se separa de la membrana que le envolvía y adquiere forma amiboide; *D*, mixamiba (protoplasma desnudo); *E*, cuerpo protoplásmico, resultado de la conjunción de mixamibas; *F*, talo fructífero; *G*, mixamiba enquistada por haberse desecado.

La que parece más racional supone que aquella substancia está compuesta de moléculas sólidas impermeables, separadas por capas, más ó menos densas, de líquido. Las moléculas han de ser cristaloides y además poliédricas, quizá verdaderos cristales, pues si fueran esféricas debiera manifestarse la fuerza de atracción por igual en todos los sentidos, y los hechos comprueban que no es así.

Una hipótesis reciente considera formado el protoplasma por una red molecular, ó mejor de partículas, nadando en un líquido fundamental; las mallas de estas redes se comunicarían de una célula á otra al través de finísimos poros, de que se supone perforada la membrana celular.

Que el protoplasma se compone de dos clases de substancias,

una más densa que forma partículas figuradas, otra hialina, especie de magma donde aquellas partículas están sumergidas, parece doctrina corriente. A los elementos figurados, muy tenues, que están dispuestos en redes de mallas variables, se les denomina *microsomas*; la substancia fundamental, hialina, recibe el nombre de *hialoplasma*.

Se reconocen dos clases de microsomas: las que forman el protoplasma y las que constituyen el núcleo; para diferenciarlas, á las primeras se las llama *citomas* y á las segundas *cariosomas*, siendo la substancia protoplásmica un *citoplasma* y la substancia nuclear un *carioplasma*. En ciertos períodos celulares las cariosomas permanecen mezcladas con las citomas; pero en los períodos activos de la vida celular, las cariosomas se unen y condensan, estrechan las mallas de su red y constituyen el núcleo; éste no es más sino protoplasma caracterizado por microsomas particulares.

La red citoplásmica es susceptible de estrecharse ó ensancharse, y este efecto le logran determinadas substancias; puesto el citoplasma en contacto de cuerpos extraños, las citomas se aproximan; de este modo se forma en la periferia del protoplasma lo que se denomina capa membranosa, que tiene propiedades especiales, por lo cual algunos autores (Wiesner) dan el nombre especial de *dermatomas* á las microsomas que le constituyen.

Aún se reconocen entre las mallas del citoplasma diversas substancias secundarias, que forman lo que se denomina *deutoplasma*.

La concentración de las citomas, que tiene lugar cuando el citoplasma se pone en contacto de algún cuerpo extraño, se produce también en derredor de los cuerpos diversos que puede contener el protoplasma, formando una capa aisladora.

Se supone que el núcleo no escapa á la regla general y que en su derredor se forma una capa especial de citomas, algo más aproximadas que en el resto del citoplasma; sin embargo, no se ha comprobado, aun con los mayores aumentos y las reacciones más delicadas, esta nueva diferenciación.

COMPOSICIÓN QUÍMICA Y REACCIONES. — Es muy difícil el análisis del protoplasma vivo; al colocarle en el tubo de ensayo, muere. Además sería de todo punto imposible asignar á la substancia pro-

toplásmica su verdadera, exacta, composición química; sus átomos se renuevan incesantemente; en esta movilidad estriba precisamente la vida. El protoplasma ha de variar, por tanto, de composición en las diferentes plantas, en los órganos de cada vegetal y aun en una misma célula según la edad y la función que ésta practique.

La substancia protoplásmica se forma de la mezcla de albuminoides con principios inorgánicos, entre los cuales entra el agua en primer término; y en esta mezcla los diferentes elementos están dispuestos de tal manera que su equilibrio es inestable, pero tan pronto se rompe como se restablece.

Analizado el plasmodio adulto de un mixomiceto (*Fuligo septica*) del cual pueden proporcionarse fácilmente algunos kilogramos y que tiene la ventaja de estar formado tan sólo por el protoplasma, el análisis dió para 100 partes de materia desecada (1):

Substancias nitrogenadas. . . . .	=	30
Substancias ternarias. . . . .	=	41
Cenizas. . . . .	=	29
		<hr/>
		100

Las diferentes substancias halladas, son las que se anotan á continuación:

*Substancias nitrogenadas.*

Plastina (insoluble, parecida á la fibrina).  
 Vitelina (isómero de la albúmina).  
 Miosina.  
 Peptonas.  
 Pepsina.  
 Lecitina.  
 Guanina.  
 Sarcina.  
 Xantina.  
 Carbonato de amoníaco.

(1) Reinke (*Bot. Zeitung*, 1880), citado por Van Tieghem (*Traité de Botanique*).

*Substancias ternarias.*

Paracolesterina.  
 Una resina especial.  
 Un principio colorante amarillo.  
 Glicógeno.  
 Un azúcar no reductor.  
 Ácidos grasos (oléico, esteárico, palmítico).  
 Cuerpos grasos neutros.

*Cuerpos minerales.*

Cal (combinada con los ácidos grasos y con el láctico, acético, fórmico, oxálico, fosfórico, sulfúrico y carbónico).  
 Fosfatos de potasio y de magnesio.  
 Cloruro de sodio.  
 Hierro.

La cal en su mayor parte se halló bajo la forma de carbonato y entraba en las cenizas en la proporción de 54 por 100; la abundancia de cal es propiedad de algunos mixomicetos, entre ellos del que fué objeto del análisis.

El protoplasma vegetal puede contener otros principios pertenecientes á los tres grupos indicados, que no nos detendremos á exponer.

Ofrece las reacciones de las substancias albuminoideas. Anotaremos las más importantes.

El calor le coagula; la temperatura necesaria para obtener este resultado varía según los vegetales y según la vitalidad del protoplasma. Comienza á coagularse, cuando está vivo, á unos 50 grados centígrados; algunas bacterias soportan bien la temperatura de 75 grados. El protoplasma concentrado, cuya actividad se halla en suspenso, como el de ciertos gérmenes de las criptógamas, sufre sin grandes modificaciones un calor más elevado; hay esporas de bacteriáceas que no pierden la vida á 100 grados.

Cuando la temperatura se eleva mucho, la substancia se descompone y se desprenden gases amoniacales.

El alcohol le coagula; si está muy hidratado le contrae y endurece. El alcohol absoluto, en cambio, no modifica la forma del protoplasma, no le contrae; puede emplearse para los estudios de histología vegetal con gran ventaja.

El éter le coagula y endurece también; lo mismo hacen los bicromatos alcalinos.

El ácido ósmico obra como el alcohol absoluto, endureciendo sin contracción. El mismo efecto producen los ácidos pícrico y crómico. El primero tiene además la propiedad de hacer muy transparente á la membrana celular, y por esta causa se emplea en micrografía vegetal, sobre todo para el estudio de la organización y de la división de las células.

El ácido acético vuelve primero al protoplasma transparente, después le disuelve, pero da gran brillantez al núcleo y al nucleolo, por lo que puede emplearse para el estudio de estas partes de la célula.

El ácido clorhídrico le colorea en rosa ó en violeta cuando se emplea en ebullición.

El ácido sulfúrico le da coloración rosa ó violeta, concentrado y en una solución azucarada. Solo, le colorea primero de rojo ó pardo y después le disuelve rápidamente.

La acción sucesiva del ácido nítrico y el amoníaco ó la potasa, dan á la substancia protoplásmica una coloración amarilla oscura.

El reactivo de Millon (solución de nitrato ácido de mercurio) en caliente, le imprime un color rojo.

Con la acción del sulfato de cobre en solución concentrada y después la de la potasa, adquiere hermoso color violeta.

El yodo, empleado en tintura alcohólica, comienza por coagularle y contraerle, gracias á la acción del alcohol, y después le vuelve amarillo, más ó menos obscuro.

La potasa diluída disuelve al protoplasma; concentrada le ataca enérgicamente y le vuelve soluble en el agua. Esta propiedad hace que la potasa sea muy usada para el estudio de los tejidos vegetales, pues al mismo tiempo que ataca al protoplasma, obra sobre la membrana celular y le hace transparente.

MOVIMIENTOS. — Como carácter de la vida, no falta el movi-