

Artificialmente se ha abreviado el trabajo sintético alimentando á las plantas con amidas. Los experimentos se han hecho con el maíz, la avena y diversos hongos.

El carbono le asimilan las células á la vez del hidrógeno y del oxígeno; se conoce el medio de que ordinariamente toman las plantas aquel elemento químico fundamental, se sabe también que sólo por intermedio de la clorofila puede operarse la descomposición del ácido carbónico de la atmósfera y la fijación del carbono, igualmente es sabido que del primer trabajo sintético, con los elementos del agua y el carbono se forma el almidón, habiendo un gran desprendimiento de oxígeno; pero todos estos actos son efecto de la acción de la luz sobre los órganos que contienen clorofila, y aun cuando las reacciones tengan lugar en el interior de las células, más es función social la clorofílica que no individual, propia del organismo de la planta, mejor que exclusiva de la célula. Las células que viven en libertad, generalmente carecen de clorofila, y en su interior las funciones que se operan tienen caracteres que les aproximan á la fisiología de los animales más que á la de los vegetales.

Con los materiales de reserva, como con otros productos externos, la célula verifica una verdadera digestión; para esto dispone de las diastasas que transforman en solubles los elementos hidrocarbonados que no lo son y las peptonas susceptibles de hacer asimilables las sustancias albuminoideas.

Los cuerpos que resultan de la desasimilación pueden, previas algunas transformaciones, convertirse en sustancias asimilables; si esto no sucede han de ser forzosamente eliminados. Generalmente se denominan *substancias plásticas* á las que contribuyen al crecimiento de la célula, como el almidón, las glucósidas y los cuerpos grasos; *substancias eliminadas* son las gomas, resinas, esencias, ciertas materias colorantes, determinados ácidos, etc.

III. — GÉNESIS Y MULTIPLICACIÓN DE LAS CÉLULAS

Entendíanse como medios distintos de génesis celular lo que se denominaba la formación endógena y la formación exógena, intra ó extracelular. En la actualidad se desecha esta división, puesto que en la génesis de las células no puede decirse que existan actos

exteriores ni actos internos á los que exclusivamente se deba el resultado; en el caso que dió lugar á la admisión de génesis intracelular, tan bien definido al parecer en el saco embrionario de determinadas fanerógamas, fácil es demostrar que se trata de un caso especial de segmentación del núcleo y del protoplasma, que es, en último caso, el principal agente de todas las funciones celulares.

Distinguiremos en la formación de células nuevas los siguientes modos: por renovación del protoplasma, por gemmación, por segmentación y por conjugación.

RENOVACIÓN DEL PROTOPLASMA. — Es un fenómeno que se repite con alguna frecuencia en las criptógamas; una parte del protoplasma de la célula, ó todo él, abandona la antigua membrana que le envolvía y libre de ella segrega otra constituyendo una célula nueva.

Se ha llamado también á este fenómeno *rejuvenecimiento*, y quizá esta última palabra es más propia, pues el protoplasma antes de romper la cubierta que le envuelve y abandonar su residencia antigua, experimenta una serie de cambios y adquiere actividad y energía, rejuvenece en una palabra; en cambio sólo se renueva la membrana celular.

Cuando todo el protoplasma contribuye á la formación de la nueva célula, el acto se llama *renovación total*, y *parcial* cuando sólo una parte del protoplasma se separa.

La renovación total aparece bien clara al formarse las zoosporas en los *Edogonium*, según muestra la figura 39. Comienza el protoplasma por condensarse expulsando una parte del jugo celular, abriéndose después la envoltura de la célula como en A; al mismo tiempo adquiere una corona de cirros vibrátiles, y dotado de ellos sale al exterior (B) en la forma C. La zoospora se mueve

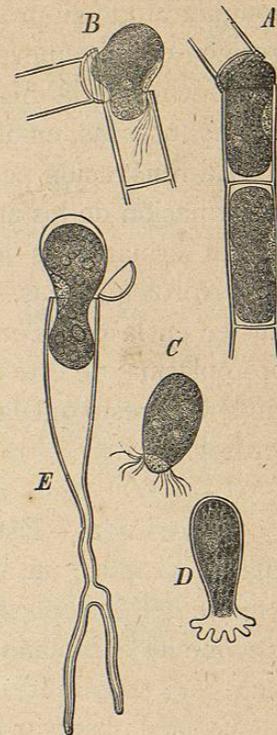


Fig. 39. — Formación de zoosporas en los *Edogonium* (según Pringsheim). A, Condensación del protoplasma y ruptura de la membrana; B, salida de la zoospora con su corona de cirros; C, zoospora libre; D, la misma fijándose; E, renovación total en un *Edogonium* joven para formar una zoospora.

durante un tiempo variable en el agua, valiéndose de los cirros, y llega un momento en que se fija de la manera indicada en D, alargándose y produciendo una plantita filamentosas. La renovación es todavía más palpable en E, donde un *Edogonium* joven pierde por completo todo su protoplasma para formar una zoospora que sea el germen de una nueva alga.

Hechos de la misma índole tienen lugar en las *Vaucheria*, en ciertas fucáceas, en algunas saprolegniáceas, etc.

La renovación parcial es un fenómeno que puede estudiarse en la formación de los anterozooides de las criptógamas vasculares, y aun al formarse las oosferas en las peronosporas y en determinadas saprolegniáceas. En las primeras comienza por desaparecer el núcleo en la célula madre del anterozoide, redisolviéndose en el protoplasma; de éste se separa una parte que forma una especie de cinta y el resto queda unido á ésta, que es la que constituye el anterozoide.

GEMMACIÓN. — Este caso ocurre cuando en una parte de la célula se produce un abultamiento, distendiéndose la membrana al empuje del protoplasma; crece el abultamiento hasta adquirir próximamente el tamaño de la célula madre, y llegado este caso se separa para constituir una célula nueva.

Es fácil observar la gemmación en la levadura de cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*), que se reproduce profusamente por este procedimiento. Del mismo modo se forman las ramificaciones laterales en las algas unicelulares, en los micelios de los hongos, etc.

Puede considerarse este caso especial de génesis celular como una verdadera segmentación, y así lo entienden algunos botánicos, que juzgan que cuando existe el núcleo, se segmenta en dos lo mismo que en la división celular ordinaria; no puede considerarse, sin embargo, como resuelta esta cuestión; hay quien cree con Nægeli que el núcleo de la célula madre persiste y se condensa uno nuevo en la célula derivada.

CONJUGACIÓN. — Se verifica cuando el protoplasma de dos células se une formando una sola; el fenómeno puede realizarse entre células libres ó entre las que forman parte de filamentos celulares

inmediatos. El caso más sencillo es seguramente el que ofrecen los mixomicetos para formar los plasmodios agregados; varias células amiboides se fusionan, se unen, y juntas llegan á constituir una sola. A veces, antes de verificarse la conjugación, las células que han de conjugarse experimentan modificaciones más ó menos sensibles; en la *Ulothrix serrata* el protoplasma de una célula produce dos segmentos hemisféricos que se separan el uno del otro para aproximarse luego y fundirse, dando lugar á un nuevo individuo.

Se realiza la conjugación entre zoosporas dotadas de cirros vibrátiles, y este caso tiene muchos puntos de semejanza con el que ocurre en los animales infusorios. Podemos observarle bien en el *Botrydium granulatum*, en el que las gametas, de dos cirros cada

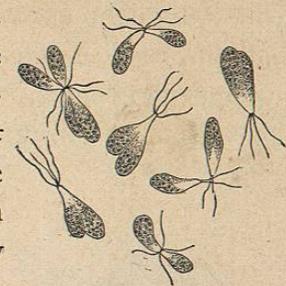


Fig. 40. — Conjugación de las gametas con dos cirros en el *Botrydium granulatum*.

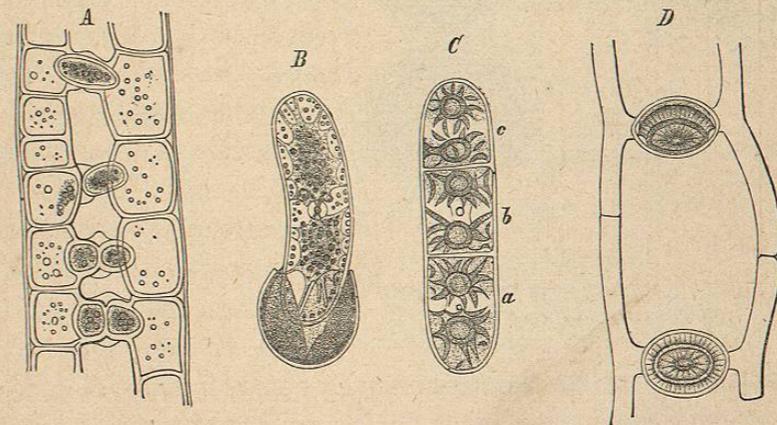


Fig. 41. — Reproducción de algas conjugadas. A, *Zygonium didymum* Rab. cuatro estados de conjugación ($\frac{390}{1}$); B, C, Zigospora de *Zygnema leiospermum* De Bary ($\frac{390}{1}$); D, Zigosporas de *Debarya glyptosperma* De Bary ($\frac{490}{1}$) (según De Bary).

una, se conjugan formando zoosporas con cuatro cirros (fig. 40). Idénticos hechos tienen lugar, en multitud de ocasiones, con los gérmenes reproductores de las criptógamas.

Es clásico el caso de las *Spirogyra*; tiene lugar entre células situadas la una frente á la otra, en los filamentos de que aquellas algas se componen; tanto es así, que el grupo en donde se hallan

comprendidas, junto con otros géneros diferentes, ha recibido el mismo nombre que la reproducción; se denominan *algas conjugadas*. La figura 41 indica dos de las formas de conjugación entre células de filamentos distintos; en estos casos se produce en cada célula una especie de canal que permite al protoplasma de ambas reunirse en el centro, mediante el proceso señalado en A, que da lugar á la formación de una zigospóra situada como se indica en D;

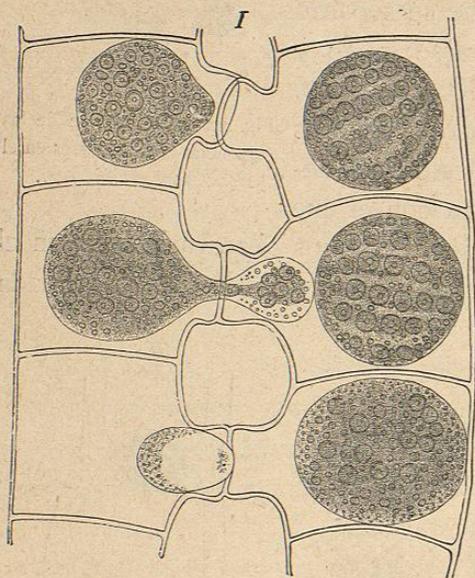


Fig. 42. — Estados diversos de la conjugación en la *Spirogyra Heriana* Næg. ($\frac{190}{1}$).

no puede hacerse, cuando la fusión se realiza de esta manera, diferenciación entre los dos filamentos; ambos protoplasmas se mueven y caminan el uno hacia el otro, la zigospóra ocupa el centro.

En las especies del género *Spirogyra* (fig. 42), sólo el protoplasma de una de las células se mueve, el otro permanece inmóvil; la conjugación tiene lugar uniéndose ambas células y caminando hacia la una el protoplasma de la otra, que se transforma en zigospóra en el interior de la cavidad celular. Se ha convenido en considerar como

protoplasma masculino el que se mueve y como femenino el inmóvil.

No cabe duda de que nos hallamos, en el caso anterior, ante un hecho que puede considerarse como la primera manifestación de la generación sexual; la cigospóra es un verdadero huevecillo fecundado, que luego por sí solo, con la energía adquirida por la fusión, reproduce el conjunto de la planta. Al través de los actos variados que acompañan á la fecundación de las plantas superiores, siempre el fundamento de aquella función importantísima es una conjugación del protoplasma de una célula macho con el de una célula hembra; desde este punto de vista, la conjugación celular es la forma que liga á la reproducción sexual con la asexual.

Un paso más en el proceso que estamos siguiendo, nos conduce á la diferenciación de filamentos masculinos y filamentos femeninos, al origen de masas protoplásmicas masculinas ó anterozoides y femeninas ú oosferas, y á que en vez de verificarse la conjugación dentro de la planta misma, tenga lugar fuera de ella; un caso bien definido de sexualidad.

Pero todos estos hechos atañen á la reproducción del organismo celular más que á la de la célula aislada, y sobre ello hemos de insistir en lugar más oportuno.

DIVISIÓN CELULAR.—Se puede decir que es el procedimiento más frecuente empleado por las células para reproducirse. La forma más sencilla es aquella que

consiste en dividirse la masa protoplásmica, generalmente desnuda, en varias otras, dando lugar el crecimiento de cada una á que se genere otra igual á la que le produjo. En el interior de los órganos reproduc-

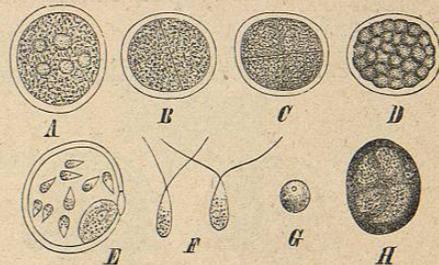


Fig. 43. — A, B, C y D, segmentación total del protoplasma en la *Chlorosphaera Alismalis* Klebs.

tores y en las algas monocelulares, sucede á veces que el protoplasma se divide en dos partes, después en cuatro, y así sucesivamente, hasta formar un gran número de esporos pequeños, al principio poliédricos, que después se separan y redondean, saliendo al exterior cuando la membrana que les retiene se rompe, y resultando otras tantas células iguales á la madre (fig. 43). En estos dos casos, la división del protoplasma es total, pero puede suceder que sea parcial como en las ascas de los hongos ascomicetes, y aun en el saco embrionario de muchas fanerógamas.

En el crecimiento de los organismos y en muchos otros casos, tanto en las plantas fanerógamas como en las criptógamas, la división celular no se limita al protoplasma, sino que va acompañada de la producción de tabiques celulósicos, que separan las nuevas células formadas, del modo que aparece en las figuras 44 y 45; en esta última se ve de qué modo las membranas de las células nuevas se distinguen, por su aspecto, de la cubierta externa de la célula ma-

dre. Es lo más frecuente que la división sea una simple bipartición.

En la segmentación celular con producción de tabiques celulósicos, desempeña el papel más importante el núcleo, cuya división precede á la del protoplasma, según pudimos ver en las páginas 47, 48 y 49 y en la figura 10. Apenas el núcleo se segmenta, aparece el tabique celulósico en una ú otra forma, separando los dos núcleos nuevos, en derredor de los cuales el protoplasma se aglomera originando células distintas. En el saco embrionario de muchas fanerógamas, el fenómeno es múltiple, pues son muchos los núcleos, muchos los tabiques que se producen, y por tanto, numerosas las células originadas (pág. 45, fig. 9).

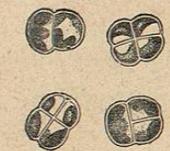


Fig. 44. - División del *Pleurococcus vulgaris*.

Con este proceso de diferenciación, de una simple célula puede

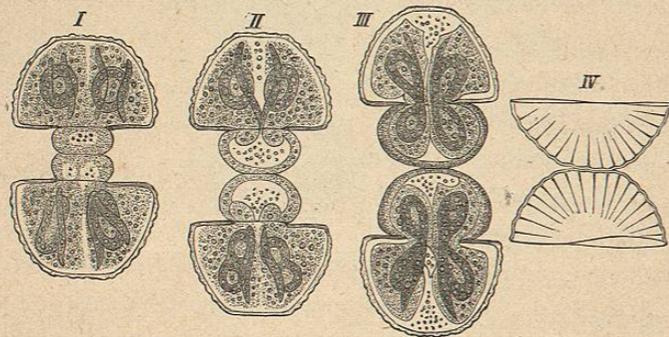


Fig. 45. - I, II y III, fases distintas de división celular en el huevo de *Cosmarium Botrytis* Me-negh. IV, Membranas de las células nuevas; se distinguen por ser rugosas en la superficie y estriadas en abanico.

resultar un organismo; de una espora, el alga de más elegante porte, y de un huevecillo, el más corpulento de los árboles; por esto la reproducción celular reviste importancia suma, explicándonos el incesante crecimiento de las plantas.

Los hechos vienen á confirmar el fundamento sólido de la teoría moderna que considera á la célula como base de los organismos y á éstos como una asociación de células procedentes de una sola primitiva.

CAPÍTULO CUARTO

TEJIDOS DE LOS VEGETALES

I. - ORIGEN Y CARACTERES GENERALES

FORMACIÓN DE LOS TEJIDOS. - Muchos protofitos están formados de una sola célula, pero la generalidad de los vegetales son organismos compuestos de multitud de células, entre las cuales hay una división del trabajo que entraña diferenciaciones de importancia; las células distintas constituyen los tejidos diferentes; un *tejido* le forman células semejantes por su forma, por el contenido y por la función que desempeñan. La reunión de tejidos constituye los órganos y éstos á los miembros de los vegetales.

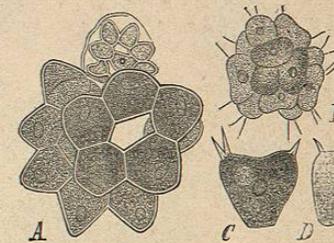


Fig. 46. - Colonias formadas por la asociación de células libres. A, *Calastrum sphaericum* Næg. ($\frac{340}{1}$); B, colonia de *Sorastrum spinulosum* Næg. ($\frac{300}{1}$); C, una célula de la colonia anterior antes de asociarse ($\frac{600}{1}$); D, una célula después de asociada.

Van Tieghem admite tres modos distintos de formarse los tejidos: 1.º, por asociación de células primeramente libres; 2.º, por división continuada de una célula madre; 3.º, por los dos procedimientos anteriores combinados.

Fórmanse tejidos por asociación de células libres en muy limitados casos; podemos observar este hecho en las algas hidrodicteas. En los *Pediastrum* (véase fig. 11, pág. 53) el conjunto de la colonia celular resultante de la fusión de células ovaladas forma un disco; al crecer las células se vuelven poliédricas, quedando entre ellas algunos espacios vacíos. En los *Calastrum* (fig. 46, A) el conjunto resulta esférico, pero en la esfera hay cavidades y agujeros. En los *Sorastrum* (fig. 46, B) la esfera es cerrada.

El proceso de la formación de estos tejidos es bien sencillo; de una célula madre, por división total del protoplasma, proceden varias otras que viven algún tiempo en libertad y suelen ser de con-