

fácilmente. Forma gránulos esféricos, ovales, en ocasiones prismáticos; unas veces homogéneos, compuestos solamente de materiales albuminoideos, otras acompañados de cuerpos orgánicos y cuerpos minerales cristalizados, persistiendo siempre la masa fundamental protoplásmica.

El tamaño es muy variable y aunque de ordinario sean incoloros pueden tener coloración rosada (*laurel, malva-visco*), azul (*Knautia, Cheiranthus*), amarilla (*Lupinus*), verde (*lentisco*), etc.

Se les obtiene con facilidad amasando con aceite semillas oleaginosas (*nueces, almendras, avellanas*, etc.) partidas en pequeños fragmentos; se tamiza luego por un tamiz muy fino, y el aceite que

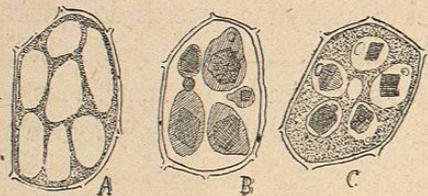


Fig. 20.—Células del albumen de una semilla de ricino conteniendo aleurona (Sachs). — A, célula tratada por el ácido sulfúrico que disuelve la aleurona; B, célula después de calentada en la glicerina; C, célula vista en glicerina diluida.

pasa deposita la aleurona, que luego se lava en el éter hasta que no queda residuo del aceite.

El agua altera los granos, por lo cual deben observarse en el aceite, en la glicerina ó en una solución de bicloruro de mercurio, la cual permite examinar los elementos accesorios.

Son escasos los granos de aleurona homogéneos; los que se encuentran ofrecen los caracteres y reacciones del protoplasma; no contienen materias grasas y suelen ser solubles en el agua, totalmente ó en parte, si se les trata por el alcohol con un poco de ácido sulfúrico aparecen formados de capas concéntricas (*peonia*).

La mayor parte contienen elementos accesorios; cristaloides proteicos, pequeñas masas denominadas *globoides* ó cristales de oxalato cálcico.

Se forman en las semillas después que el fruto madura; al iniciarse la germinación se redisuelven en el protoplasma general. El fenómeno parece reducirse (Van Tieghen) en el primer caso á una disociación provocada por evaporarse lentamente en el protoplasma el agua de constitución; en el segundo á la absorción de agua que motiva la germinación y vuelve á la homogeneidad primitiva á la substancia protoplásmica.

## II.—CLOROFILA Y MATERIAS COLORANTES

CLOROFILA Y GRÁNULOS CLOROFÍLICOS.—Se confunden de ordinario estos dos términos y sin embargo representan cosas bien distintas; la *clorofila* es el *pigmentum* verde que en estado de solución se encuentra en el interior de las células; los *gránulos clorofílicos*, los que de ordinario se describen como clorofila, son los *cloroleucitos*, es decir, los leucitos coloreados por el *pigmentum* verde, teñidos por la verdadera clorofila.

La clorofila puede colorear lo mismo á los leucitos que al protoplasma todo (algas inferiores) y aun á veces tiñe á determinados cuerpos ternarios, dando lugar á los gránulos que se denominan *cloramilitas*.

Al describir la substancia verde de los vegetales, estudiaremos primero la clorofila y después los cloroleucitos ó corpúsculos clorofílicos.

CARACTERES DE LA CLOROFILA.—Ha sido aislada primero por Gauthier en 1877, después por Hoppe-Seyler, Guignet, etc., obteniéndola en estado cristalino. Se presenta en finas agujas aplastadas, radiantes, que se han referido al sistema monoclinico (prismático oblicuo romboidal) y que son dicroicas, verde-oscuras por reflexión y de un color rojo manchado por transmisión. Insoluble en el agua, se disuelve en el éter, el alcohol, la bencina, etc.

La composición química ha denunciado que se trata de un cuerpo cuaternario, que no contiene hierro como se creía; corresponde á la fórmula  $C^{36} H^{30} NO^4$ . Está desprovista de base científica, por tanto, la creencia general de que cuando las hojas de las plantas palidecen y se tornan amarillentas es debido á la falta de hierro en la clorofila; ésta no contiene tal principio: si agregándole al suelo, según experimentos que parecían concluyentes, la planta clorótica recobra su hermoso color verde habitual, es debido á una reacción química de la que resulta la producción de compuestos tánnicos. Parece tener la clorofila una composición análoga á la de otra substancia colorante animal, la *bilirubina* de la bilis.

Las reacciones de la clorofila inclinan á creer que es un cuerpo ácido, aunque de débil fuerza.

Con el aceite de petróleo se separa la clorofila en una solución alcohólica verde obtenida tratando hojas desecadas por alcohol concentrado; diluyendo después el alcohol y agregando unas gotas de sosa disuelta, agitando, se forma un precipitado verde muy intenso de *clorofilato de sosa* que es soluble en el agua. Por doble descomposición pueden formarse sales clorofílicas de calcio, de bario y de plomo.

Bajo la acción de ciertas radiaciones, la clorofila se oxida y destruye decolorándose; á los fenómenos que se operan en estas circunstancias se halla íntimamente ligada la vida de las plantas; la substancia clorofílica destruída vuelve, continuando la función del protoplasma, á regenerarse. La luz influye de un modo esencial en todos estos cambios, como en la Fisiología veremos.

El espectro formado por la clorofila disuelta en la bencina, presenta siete fajas oscuras, cuatro estrechas situadas en la mitad menos refrangible del espectro y tres anchas, dispuestas en la parte más refrangible.

Según Chautard, de todas ellas, la más importante y la sola característica de la clorofila es la faja negra, situada en el rojo entre las B y C de Fraunhofer; las demás dependen de las circunstancias, que las hacen variar.

Para la producción de la clorofila es necesaria en primer término la luz; las plantas que nacen en la obscuridad son amarillas; si sobre ellas actúan los rayos luminosos se tornan de color verde. Actúan de modo distinto los rayos del espectro: los amarillos son más activos; la actividad decrece hacia el violado y hacia el rojo.

Como la luz solar intensa destruye en parte al pigmento clorofílico, para la formación, lo mismo que para la conservación de la clorofila, es más oportuna la luz difusa. Obra la artificial lo mismo que la solar, si bien aquélla ha de ser más intensa.

Cuando las plantas verdes se decoloran en la obscuridad es debido, según Wiesner, á que se producen en gran cantidad ácidos orgánicos que destruyen el pigmento clorofílico. Algunas plantas crasas (*Cactus*) resisten mucho tiempo en la obscuridad sin perder el color verde.

Influye la temperatura en la formación de la clorofila é influye también la presencia de ciertos cuerpos, principalmente del hierro.

CLOROFILA, XANTOFILA É HIPOCLORINA. — Acompaña siempre á la clorofila una substancia colorante amarilla que se denomina *xantofila* y cuya formación precede á la de aquélla; los leucitos antes de convertirse en cloroleucitos pasan por *xantoleucitos*.

En 1879 Pringsheim descubrió en los corpúsculos clorofílicos una substancia cristalizable, que se impresiona á la luz con mayor rapidez aún que la clorofila y á la que denominó *hipoclorina*.

La xantofila se forma en la obscuridad y se le conoce también con el nombre de *etiolina*. Su coloración varía desde el amarillo pálido al amarillo oscuro y al anaranjado. Este último color le toma cuando se le expone á la luz y la temperatura es muy baja. Es insoluble en el agua; se disuelve en el alcohol; su espectro contiene tres anchas fajas negras en la parte menos refrangible.

La hipoclorina es compañera inseparable de la clorofila; sólo deja de coexistir con ésta en las algas que contienen un principio colorante azul, rojo ó pardo. Se la obtiene tratando por el ácido clorhídrico diluído hojas de plantas acuáticas ó musgos; al cabo de algún tiempo aparecen cristalititos aciculares ó bacilares, insolubles en el agua, solubles en el alcohol, éter, sulfuro de carbono, bencina, etc. Aunque no se conoce bien este importante cuerpo, se le supone perteneciente á la serie de los cuerpos grasos ó resinosos.

Pringsheim concedió á la hipoclorina excepcional importancia; le atribuía las funciones que ordinariamente se asignan á la clorofila. Esta, para aquel autor, ejercía sólo un papel moderador, el de regular la acción luminosa sobre un principio tan extraordinariamente sensible como es la hipoclorina.

Sea de esto último lo que quiera, á la clorofila con la xantofila y la hipoclorina que le acompañan, se deben las más importantes funciones de la vida vegetal.

CLOROLEUCITOS. — En esta disposición se halla más ordinariamente la clorofila; constituyendo elementos figurados (fig. 21), especializándose, aislándose del protoplasma fundamental que resulta incoloro.

Los corpúsculos clorofilicos, según antes se llamaban, afectan formas distintas y características. La clase de las algas es la que ofrece bajo este aspecto variedad mayor. En las *Spirogyra* y en algunas desmidiáceas (figs. 22 y 23) se disponen formando una ó varias cintas espirales, á las que el género debe su nombre; cuando la célula se divide, la cinta ó cintas cloroleucíticas se dividen también. En las *Zygnema* forman cuerpos estrellados que flotan en la cavidad general. En los *Sirogonium* parecen bastones nudosos dispuestos longitudinalmente. En la *Sphaeroplea annulina* forman

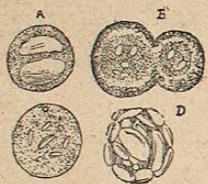


Fig. 21. - Cloroleucitos de *Funaria hygrometrica*. - A, grano clorofílico joven con dos corpúsculos amiláceos; B, cloroleucito dividiéndose; C, cloroleucito de más edad hinchado por el agua; D, en este grano la clorofila ha desaparecido casi por completo cediendo espacio al almidón.

discos transversales separados por zonas más claras; parecen diafragmas intercelulares. Y así sucesivamente.

Puede decirse, á pesar de su frecuencia, que todos estos casos son excepcionales. Generalmente, los cloroleucitos, como los leucitos, tienen formas redondeadas, esféricas, ovoideas, etc., y también poliédricas en apariencia. Son en unos casos numerosos y de pequeño tamaño (*Funaria hygrometrica*), escasos y de mayor grosor en otros (*Selaginella*); en una hepática (*Anthoceros*) sólo hay un corpúsculo de gran tamaño en cada célula.

Para favorecer la importante misión de los cloroleucitos, éstos se deforman y desplazan según conviene. Aislados, se forman, crecen y se multiplican. Cuando se hallan dispuestos en cintas, discos, bastoncitos, etc., se puede decir que siguen en su vida la marcha misma de la célula.

Unas veces los leucitos se colorean apenas nacidos por la producción simultánea de xantofila y de clorofila (pelos de *Cucurbita*), otras permanecen bastante tiempo incoloros (*Salvinia*, *Bryopsis*).

Sólo se forman los cloroleucitos bajo la acción de la luz; así se les ve concentrados en determinadas partes del vegetal y ausentes de otras; cuando los órganos que los poseen se colocan en la obscuridad, los cloroleucitos se decoloran y aun los leucitos resultantes desaparecen más tarde; el frío, la falta de hierro, un calor muy intenso, logran el mismo efecto.

Los tallos jóvenes están provistos de cloroleucitos, las raíces

carecen generalmente de ellos; no es esto debido á la naturaleza morfológica del órgano, sino á su habitación subterránea ó aérea; por eso vemos raíces aéreas ó acuáticas con corpúsculos clorofílicos y tallos subterráneos sin coloración verde. En los órganos de tenue espesor, los cloroleucitos residen en cualquier punto; en las partes gruesas del vegetal sólo se encuentran en la superficie.

Las plantas parásitas ó saprofitas, totalmente ó en gran parte

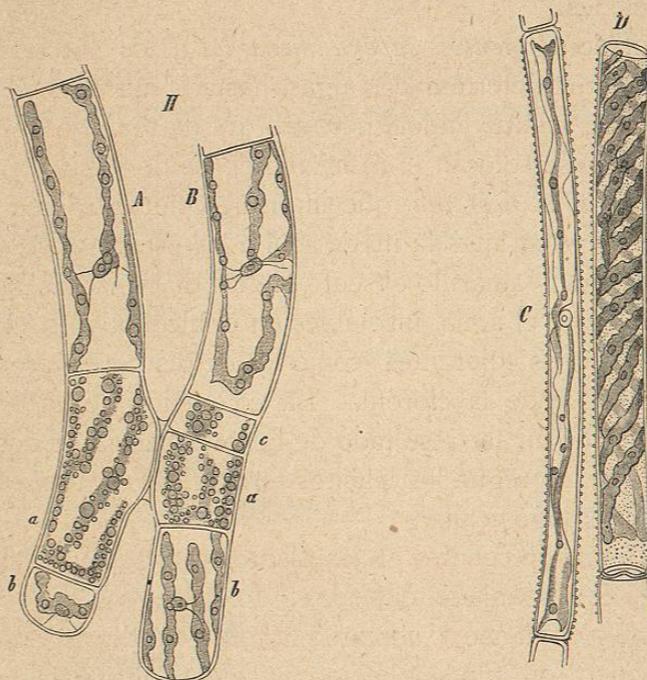


Fig. 22. - *Spirogyra stictica*.

Fig. 23. - C, *Gonatorygon Ralfsii* De Bary ( $\frac{390}{1}$ ).  
D, *Genticularia Spirotania* De Bary ( $\frac{300}{1}$ ).

de sus órganos exteriores, están faltas de gránulos clorofilicos. En las flores de la cúscuta se han hallado cloroleucitos; en cambio, en el resto de la planta sólo ha podido denunciarse (Temme), merced al análisis espectral, la presencia de una insignificante cantidad de clorofila. Los hongos están por completo desprovistos de esta substancia.

Los cloroleucitos, que con tan pocas excepciones se encuentran en todos los vegetales, se han hallado también en los animales. Ejemplo de ello son la *Euglena viridis* y el *Paramæcium bur-*

saria entre los infusorios, la *Hydra viridis* entre los pólipos y la *Convoluta Schultzii* entre los gusanos.

MATERIAS COLORANTES DIVERSAS. — Parcialmente las flores y los frutos, los tallos ó las raíces, presentan colores distintos del verde, que son debidos á pigmentos que impregnan las membranas celulares ó se hallan disueltos en el jugo celular; á veces la substancia colorante se deposita sobre la parte externa de los órganos en finas granulaciones.

Se ha llamado *pigmentos supernumerarios* á los que acompañan á la clorofila en determinadas algas, hasta el extremo de ofuscar el color verde sustituyéndole por otro que da tono general á la planta; entre ellos se colocan el rosa vivo de las florídeas, denominado *fico-eritrina*; la *ficofeina*, que imprime color pardusco á las fucáceas; la *ficocianina*, que da matiz azul á las oscilarias, y la *diatomina* ó *ficoxantina*, amarillo-oscuro de las diatomáceas. Todos ellos son solubles en el agua, insolubles en el alcohol y en el éter.

Muchos principios colorantes, como los de las flores, proceden de la transformación de la clorofila. La coloración de un órgano vegetal puede también ser resultado de la coexistencia de dos materias, la una que impregna los leucitos formando *cromoleucitos*, la otra disuelta en el jugo celular.

Los colores más frecuentes en las plantas son, además del verde, el amarillo, el anaranjado, el azul, el violeta, el rojo, el gris, el pardo, el negro y el blanco; colorean á la totalidad del órgano ó le matizan; los tonos son muy numerosos y se pasa insensiblemente de un color á otro.

Suelen formarse con los colores dos series; la *serie xántica* y la *serie cianica*: la primera comprende el rojo, rojo-anaranjado, anaranjado, anaranjado-amarillo, amarillo-verdoso; en la segunda están comprendidos el verde-azulado, el azul, azul-violado, violado, violado-rojizo y rojo. En el punto intermedio se encuentran el verde y el rojo, uno á cada extremo.

El *amarillo* es el color de gran número de corolas; se debe á una materia llamada *antoxantina*, disuelta en el jugo celular á veces, que colorea en la generalidad de los casos á los leucitos, y entonces se produce por transformación de la clorofila, pues el órga-

no cuando joven es verde y con la edad y la sazón los corpúsculos se tornan amarillos.

Hay maderas y cortezas que tienen este color, y muchas de ellas se utilizan en la industria; aquí la materia colorante se halló primero disuelta en el jugo celular y de allí pasó al espesor de las membranas celulares ó de las fibras, acumulándose en ellas. Citemos como ejemplo la *berberina*, la *curcumina*, la *luteolina* y el *quercitrín*.

La *coloración roja* sucede en muchos órganos á la verde y entonces resulta de una transformación de la clorofila. Cuando es el color normal de la planta, se debe á principios de composición variada.

Según Cloez y Fremy las flores rojas ó rosadas poseen un jugo de reacción ácida que creen producido por la acción del ácido sobre la *cianina*, substancia colorante azul. En realidad, respecto á este asunto no pueden formularse reglas de carácter general.

Muchos tallos y raíces encierran materias colorantes rojas; recordemos la *granza* ó *rubia* (*Rubia tinctorum*), que es planta de nuestro país y que contiene un principio denominado *alizarina*; el *cártamo* ó *alazor* (*Carthamus tinctorius*), cuyo jugo rojo es el *ácido cartámico*; el *palo campeche* (*Hæmatoxylon campechianum*) al que da color la *hematoxilina*, etc., etc.

El *color azul* es frecuente en corolas y frutos; la materia que le produce está de ordinario disuelta en el jugo celular; en algunos casos forma cromoleucitos (bayas de ciertas *Passiflora*). Para juzgar de la importancia industrial que tienen algunas plantas que proporcionan materias colorantes azules, basta citar el *índigo*, extraído de las leguminosas del género *Indigofera*; el principio azul de estas plantas es la *indigotina*.

El *negro* sólo se encuentra en algunas maderas, como el *ébano* (*Diospyros ebenum* en el Asia, *Diospyros Blancoi* en Filipinas, *Diospyros tetrasperma* en Cuba, etc).

El *blanco puro* no es producido por ninguna substancia colorante; se debe al aire acumulado en los espacios intercelulares.

En las coloraciones dominantes en el campo, obsérvase cierta normal sucesión, relacionada algún tanto con las estaciones; en nuestro país las primeras plantas cuyas flores imprimen tono á los

campos suelen ser amarillos; al comenzar la primavera grandes extensiones del suelo tienen este color, gracias al predominio de las crucíferas del género *Sisymbrium* y análogos; de las *pamplinas* (*Hypocoum*); de las compuestas, cuyos flósculos son amarillos (*Caléndula*, *Taraxacum*); de los *ranúnculos*; en el Mediodía y Levante da tono á los sembrados con sus grandes flores amarillas el *Oxalis cernua*.

Sucedan al color amarillo el rojo y el violado con el predominio de los *ababoles* ó *amapolas* (*Papaver Rhæas*), de las borragíneas de grandes flores, de ciertas ranunculáceas, etc.

En los montes bajos y en las estepas se podrían hallar hechos análogos. Nótese el distinto color que al campo dan las retamas en flor ó los brezos.

La producción de las sustancias colorantes debe estar relacionada con la temperatura de un modo general.

### III. — ALMIDÓN É INULINA

**ALMIDÓN.** — Si colocamos en el campo del microscopio un poco del jugo blanquecino que se produce al partir una patata, le veremos diferenciarse en un sinnúmero de gránulos ovales, que aparecen como formados de capas concéntricas, dispuestas en derredor de un punto que recibe el nombre de *hilo* ó núcleo. Estos gránulos son de *almidón* (fig. 24 A).

Si en vez de observar éste de modo tan tosco y sencillo, con mucho cuidado preparamos una delgada lámina de patata, podremos notar que los granos están relleno de la cavidad interna de células que tienen su contorno poligonal (fig. 25), son de tamaño variable y con frecuencia en vez de simples aparecen compuestos (fig. 24 B) por la unión de dos ó de más. El almidón, es pues un producto de los vegetales, formado en el interior de las células.

También se producen en el mundo animal sustancias amiláceas y en los animales inferiores (infusorios) encuéntrase no pocas veces gránulos de almidón con su estructura típica; en algún caso (*Balantidium coli* del cerdo) puede atribuirse su presencia al régimen alimenticio del animal superior sobre que vive el infusorio.

**COMPOSICIÓN Y PROPIEDADES QUÍMICAS.** — Analizado el almidón, denuncia que está compuesto de los tres elementos carbono, hidrógeno y oxígeno; es un hidrato de C. que se formula  $C H^{10} O^5$  ó mejor  $(C^6 H^{10} O^5)_n$ , siendo probablemente  $n = 3$ . Aparte de esto, siempre encierran los granos una pequeña cantidad de cuerpos minerales.

Durante largo tiempo ha dominado entre los botánicos la opinión de Nægeli respecto á la constitución fundamental de la materia amilácea. Aquel autor suponía que el grano de almidón estaba

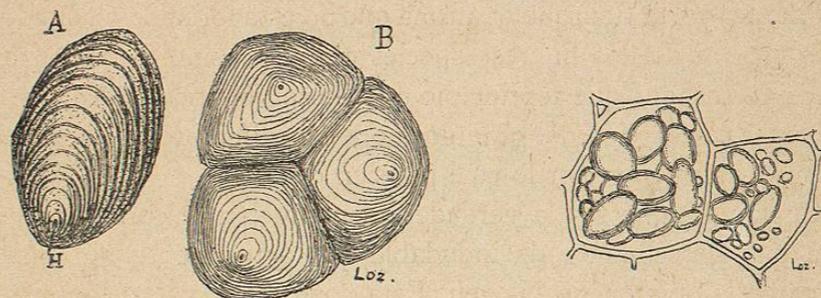


Fig. 24. A, grano sencillo de almidón de patata. (H, hilo ó núcleo); B, grano compuesto de otros tres.

Fig. 25. Células del tubérculo de la patata, llenas de granos de almidón.

compuesto de dos sustancias químicas distintas, la *granulosa* y la *amilosa*, que siendo isómeras desempeñaban un papel distinto, pues mientras la primera podía considerarse como la materia fundamental, la amilosa constituía el esqueleto del grano de almidón.

La granulosa sería soluble en la saliva, la amilosa no; de aquí el hecho en que Nægeli apoyaba su doctrina, de que sometiendo el almidón durante un día á la acción de la saliva, con una temperatura de 45 á 55 grados centígrados, la forma de los granos no se modifica; pero ciertas partes han desaparecido, y el resto no se disuelve en el agua hirviendo ni adquiere coloración violada con el yodo. No sólo la saliva, sino otros líquidos son susceptibles de disolver á la granulosa. La amilosa se transforma en su isómera por la acción del ácido sulfúrico concentrado ó del cloruro de cinc.

Contra esta opinión dominante, Meyer ha opuesto un hecho; sufriendo el almidón la acción hidratante de los agentes empleados por Nægeli, se transforma sucesivamente en diversos cuerpos, el primero de los cuales es la *amidodextrina*, que precisamente se