

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* (*Hypercoum*); 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

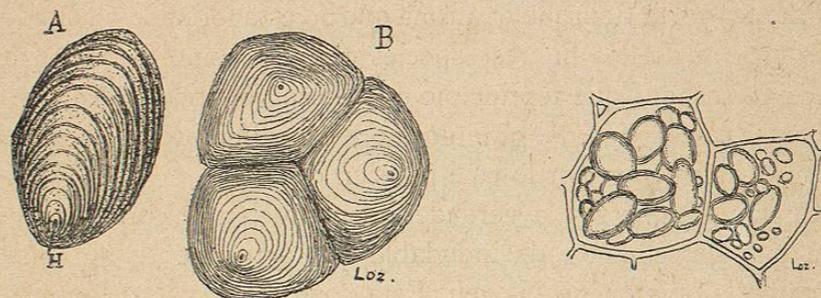


Fig. 24. A, grano sencillo de almidón de patata. (H, hilo ó núcleo); B, grano compuesto de otros tres.

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

comporta con el yodo y demás reactivos como la pretendida amilosa. Meyer opina que el esqueleto resultante después de obrar la saliva ó los ácidos, es de amidodextrina y explica el porqué de la persistencia de ésta.

Algún otro autor, Brücke, no cree que son dos, sino tres las substancias de que el almidón de los vegetales se constituye: la *granulosa*, que forma la mayor parte y se colorea por el yodo de violado; la *eritrogranulosa*, muy ávida del yodo que la colorea en rojo, y la *celulosa*, que no se colorea por este reactivo ó se vuelve amarilla.

Por otra parte Bourquelot afirma que no está formado el almidón ni de una ni de dos ni tres especies químicas, sino de varios hidratos de carbono que al principio pueden ser idénticos, pero se van formando con la vida del gránulo y oponen diferente resistencia á la acción hidratante, por lo cual parecen distintos.

Cualquiera que sea la verdadera constitución del producto vegetal que describimos, es indudable que actualmente no puede aceptarse la opinión de Nægeli. Esta conclusión, ya bastante generalizada, se deduce mucho mejor tomando datos y estudiando los hechos que la fisiología animal nos muestra, muy semejante á los que estudiaremos en la *digestión vegetal*.

El almidón es en realidad un anhídrido de las glucosas; toma agua y se transforma en azúcares de la fórmula $C^6 H^{12} O^6$, mediante la fermentación ó la cocción con el ácido sulfúrico ($C^6 H^{10} O^5 + H^2 O = C^6 H^{12} O^6$).

A su disposición molecular, á su estructura, se debe sin duda el que obren los agentes químicos de un modo incompleto; pulverizado el almidón y haciendo obrar después la saliva, la sacarificación se opera en el mismo tiempo para los diferentes almidones.

Se han estudiado las transformaciones que el almidón sufre en la digestión de los animales y nos interesa mucho sintetizar los hechos conocidos, ya porque luego tienen aplicación exacta á la fisiología vegetal, ya porque ellos permiten fundar algún juicio respecto á la constitución química de la substancia amilácea.

De un modo general se dice que el almidón se transforma por la saliva, como por otros agentes, en dextrina y después en glucosa, pero las dextrinas son varias y el fenómeno es un poco complejo. Las observaciones más recientes (Beaunis) demuestran que se

forman los cuerpos que siguen: 1.º, *almidón soluble* (*amidulina* de Nasse ó *amilodextrina* de Nægeli); 2.º, la *eritrodextrina* de Brücke; 3.º, la *acrodextrina*, de la que se conocen tres variedades de diferente poder reductor; 4.º, la *maltosa*, y 5.º, el *azúcar*. La acción de la saliva se cree que es semejante á la de las diastasas vegetales.

El almidón no es soluble en el agua fría; cuando se calienta, los granos aumentan considerablemente de volumen. La reacción más característica es la del yodo.

FORMA, ESTRUCTURA Y PROPIEDADES FÍSICAS DEL ALMIDÓN. — No sólo se encuentra en la disposición en que le hemos hallado al examinar la patata. Es lo ordinario que forme granos, pero también impregna á veces el protoplasma en el estado amorfo, como sucede en algunos esquizomicetos (*Bacillus amylobacter*, por ejemplo).

Al principio la mayor parte son esféricos y en esta forma permanecen siempre en algunas plantas (rizomas de *Veratrum*, semillas de *Acanthus*); pero en la generalidad de los casos con el crecimiento se modifican, y los hay ovales como los de la patata, triangulares (*Tulipa*, *Narcissus*, rizoma de helechos), poliédricos (semillas del maíz); de las más variadas formas (figs. 26 y 27).

Muchos se encuentran aislados, pero los hay que forman grupos como los que se observan en la zarzaparrilla, colchico, *Dioscorea*, avena (fig. 28), ipecacuana, aro, etc. El número de granos agregados puede llegar á ser de muchos miles (*Chenopodium*, *Spinacia*).

Las dimensiones son más variables aún que la forma; los de mayor tamaño suelen hallarse en los órganos subterráneos, los más pequeños en las semillas.

En el gránulo de almidón de patata hemos distinguido líneas concéntricas en derredor de un núcleo ó hilo. Este tiene figura variada; es á veces puntiforme, en otros una línea longitudinal, dos líneas formando ángulo en algunos, etc., etc. Las líneas concéntricas son zonas grises y zonas claras que alternan, correspondiendo á capas de densidad distinta; cuanto más oscuras son, tienen menor densidad y mayor dosis de agua; las más claras son las más duras. Generalmente, la dureza disminuye desde la parte externa hacia la interna en todas las capas, lo mismo en las más brillantes que en las más opacas.

Tiene el almidón una gran dosis de agua, y como se halla desigualmente repartida en la masa de aquél, motiva la existencia de zonas distintas. Estas desaparecen si el grano se somete á la acción

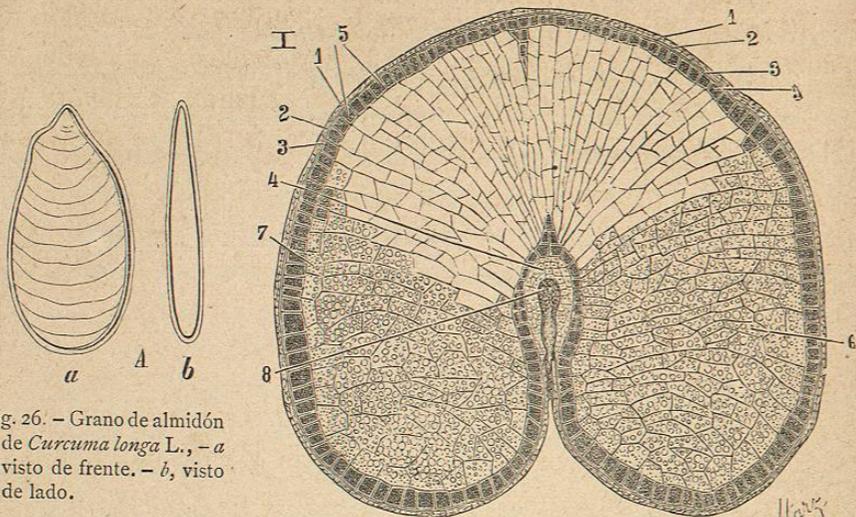


Fig. 26. - Grano de almidón de *Curcuma longa* L., - a, visto de frente. - b, visto de lado.

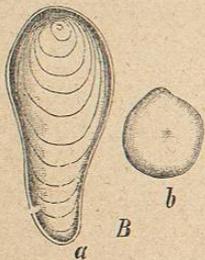


Fig. 27. - Grano de almidón de *Alpinia officinarum* Hance. - a, visto de frente. - b, corte transversal.

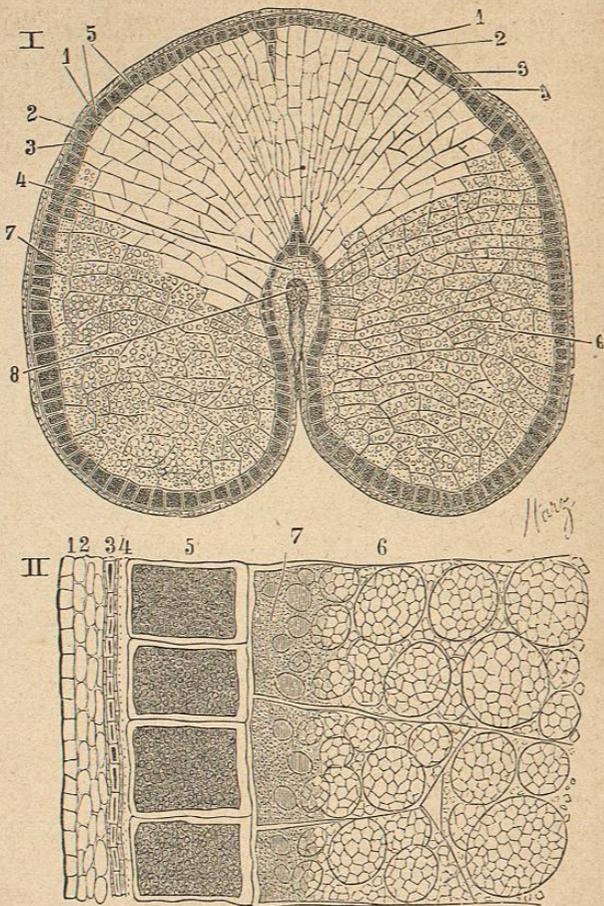


Fig. 28. - Avena (*Avena sativa* L.). - I. Corte transversal de un fruto. (El número 6 señala la masa celular del albumen llena de almidón). - II. Sección de la periferia del fruto, muy aumentada. Se observan en ella perfectamente los granos de almidón, formado cada uno de muchos otros poliédricos. (Según Harz.)

del alcohol absoluto ó del calor, en cuyo caso se deshidrata; desaparecen también cuando absorbe un exceso de líquido.

La absorción del agua hincha á los gránulos, pero desigualmente; la distensión es mucho mayor en el sentido de las zonas que en dirección perpendicular á ellas.

Refractan los granos de almidón muy fuertemente á la luz; son

cuerpos birrefringentes que con la luz polarizada producen una cruz negra, cuyas ramas parten del hilo.

Por las propiedades físicas se ha deducido que los gránulos se hallan íntimamente formados de cristaloides prismáticos uniáxicos, que irradian á partir del núcleo; son por tanto cristalizaciones de la substancia amilácea, verdaderos esfero-cristales.

ORIGEN Y CRECIMIENTO DE LOS GRANOS DE ALMIDÓN. - Se ha aceptado como cosa corriente por los botánicos el que los gránulos del almidón eran una de las manifestaciones de los leucitos activos; en este sentido explicaba Schimper la estructura y propiedades de aquéllos; podían derivar lo mismo de los leucitos que de los cloro-leucitos ó gránulos de clorofila; así parecía confirmarse con el examen de diversas plantas y con los hechos fisiológicos.

Siguiendo esta opinión, se averiguó que en las células desprovistas de clorofila, el almidón se producía en forma de pequeñas granulaciones, en la parte externa ó en el interior de los leucitos; éstos, poco á poco, desaparecían, y por completo cuando aquellas granulaciones, uniéndose, llegaban á constituir los granos amiláceos.

Si las células eran verdes, la producción del almidón tenía lugar en la superficie ó en el interior de los corpúsculos clorofilicos.

Ultimamente, Belzung ha emitido una opinión opuesta; se funda en que muchas veces lo que se tenía por leucitos son amilitos derivados del gránulo de almidón, en vez de ser origen de éste. Para dicho biólogo nace el almidón en forma de corpúsculos muy tenues ó de cuerpos aciculares, directamente del citoplasma y sin relación alguna con los elementos figurados. La clorofila, dentro de esta opinión, puede derivar de los hidratos de carbono ó amilitas.

También es Schimper el autor de la teoría corriente acerca del crecimiento de los granos de almidón; antes se creía con Nægeli que crecían por intususcepción, hoy se afirma con Schimper que crecen como los cristales, por *yuxtaposición* de nuevos corpúsculos. Inclina á afirmar esto último el hecho de que muchas veces se forman granos dobles, porque hallándose dos juntos, se va adicionando sobre ellos nueva substancia amilácea que les envuelve formando zonas concéntricas que rodean á las parciales de cada grano; estas

últimas se destacan en medio de las otras, con su centro ó hilo cada una. Además, cuando de un grano desaparece por erosión alguna pequeña parte, se recompone por agregársele nuevos corpúsculos.

Algunos hechos parecen comprobar que si bien es lo ordinario el crecimiento por yuxtaposición, como excepcional se presenta la intususcepción; ocurre esto cuando se regeneran ciertos granos que degeneraron interiormente.

INULINA. — Un cuerpo que no difiere químicamente del almidón; ambos se componen de los mismos elementos simples y en proporciones iguales. Difieren no obstante mucho por sus propiedades físicas; sólo tienen de común la cruz que en ambos cuerpos se produce cuando actúa sobre ellos la luz polarizada, y aun esta propiedad sólo la ofrece la inulina en estado cristalino, no la amorfa.

Los vegetales que contienen inulina como reserva alimenticia, no contienen almidón. Se halló por vez primera en las raíces del *Inula Helenium* y por esto se le dió el nombre que lleva. Posteriormente se ha encontrado en muchas fanerógamas (dalia y algunas otras compuestas, campanuláceas, lobeliáceas, umbelíferas de ciertos géneros, etc.), y hasta en las criptógamas (algas del género *Acetabularia*, líquenes del *Ramarina*). De ordinario se le obtiene de la *Inula*, que puede proporcionarle en abundancia.

Se halla disuelta en el jugo celular y se precipita simplemente por desecación y mejor macerando durante algún tiempo pedazos de raíz de *Inula* en el alcohol ó en la glicerina. Es soluble en el agua hirviendo y no se colorea por el yodo; con estas propiedades basta para diferenciarle del almidón.

Para estudiarla recomienda Lanessan el procedimiento siguiente: se maceran en el alcohol absoluto, durante algunos días, pedazos de la raíz de *Inula Helenium* (1). Se dan después cortes delgados con el microtomo y se les observa en la glicerina; si la preparación se deja en seguida algunos minutos en el ácido acético y se la observa colocándola en glicerina acidulada con el mismo ácido, los caracteres se destacan con claridad mayor.

(1) Esta planta vive espontáneamente en nuestro país, en el Norte y centro de la península, recibiendo los nombres vulgares de *Enula campana*, *Ala*, *Hierba campana*, *Alani* y *Hierba del Moro*.

Se presenta unas veces amorfa y otras cristalina; en el primer caso (fig. 29) en masas redondeadas de diferente grosor. Los cristales son aciculares, están en íntimo contacto los unos con los otros y se agrupan en masas radiadas que tienen la forma de casquetes esféricos (fig. 30); la parte plana del casquete es la que se aplica contra la membrana celular, y á veces, correspondiéndose los segmentos en dos, tres ó más células inmediatas, entre varios se forma

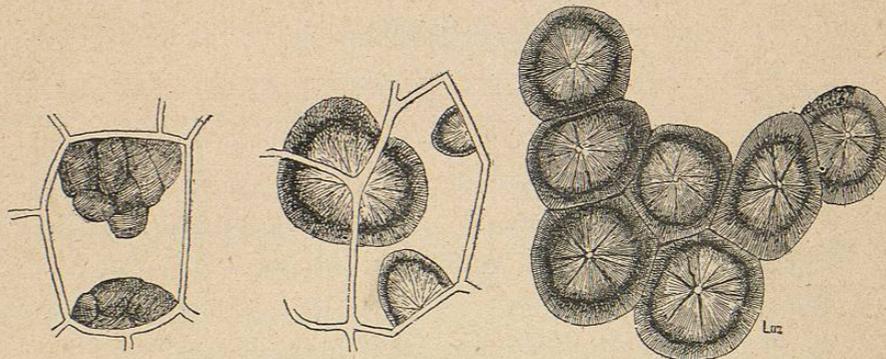


Fig. 29. — Célula de *Inula* con *inulina* amorfa, después de tratada por el alcohol.

Fig. 30. — Cristales de *inulina* en el interior de las células.

Fig. 31. — Esfero-cristales de *inulina* aislados de la raíz de *Inula*.

una esfera; en esta disposición, al desaparecer las cubiertas celulares se precipitan los cristales de inulina, que reciben el nombre de *esfero-cristales* (fig. 31).

IV. — CUERPOS MINERALES

Diversas materias minerales se encuentran en las células, ya en forma cristalina, ya en agrupaciones esféricas (esfero-cristales), en estado amorfo ó incrustando la membrana celular.

Las concreciones ó nódulos amorfos de sílice son frecuentes en el protoplasma mismo (orquídeas, palmas, bambúes).

Los llamados *globoides* que acompañan á los granos de aleurona, en gran cantidad á veces (*Delphinium*), muy gruesos en determinadas plantas (*vid*), se consideran formados por un glicerofosfato ó sacarofosfato de magnesia y cal.

Se han hallado también cristales de azufre (género *Beggiatoa* de las oscilarias, ciertos *Bacillus*); de yeso (*Fucus vexiculosus*, *Mu-*