

CURSO
DE
BIOLOGÍA JENERAL

CON PRINCIPIOS DE
TÉCNICA HISTOLÓGICA

POR

Bernardino QUIJADA B.

JEFE DE LA SECCION ZOOLOGICA DEL MUSEO
NACIONAL, PROFESOR DE BIOLOGÍA
HIJENE EN EL INSTITUTO NACIO-
NAL I EN EL LICEO MIGUE
LUIS AMUNÁTEGUI I DE
HISTORIA NATURAL
EN EL INTERNA-
DO BARROS
ARANA

SANTIAGO DE CHILE
IMPRENTA I ENCUADERNACION UNIVERSITARIA

812 ERCED-814

1909

MUSEO PEDAGOGICO
DE CHILE

Volúmenes

Sala

Estante

Tabla

N.º de orden

Donante Biblioteca Nacional

Ciudad Santiago.

14
3
16

574
Q6C
1909

CURSO DE BIOLOGÍA JENERAL

CON PRINCIPIOS DE
TECNICA HISTOLÓGICA

POR

Bernardino QUIJADA B.

JEFE DE LA SECCION ZOOLOGICA DEL MUSEO
NACIONAL, PROFESOR DE BIOLOGIA E
HIJIENE EN EL INSTITUTO NACIO-
NAL I EN EL LICEO MIGUEL
LUIS AMUNÁTEGUI I DE
HISTORIA NATURAL
EN EL INTERNA-
DO BARROS
ARANA

R. 13942

SANTIAGO DE CHILE
IMPRENTA I ENCUADERNACION UNIVERSITARIA

812—MERCED—814

1909

MUSEO PEDAGOGICO
CARLOS STUARDO URIZ
BIBLIOTECA

26 SET. 1984

ADVERTENCIA

No debe verse en el libro que hoy entregamos al público, sino un extracto de las lecciones dadas durante el año escolar de 1908 a los alumnos de la clase de Biología del Instituto Nacional, i que hemos redactado con arreglo al Programa Oficial, después de consultar las obras modernas citadas en una de las páginas siguientes.

La larga experiencia que ya tenemos como profesor de los cursos superiores, nos ha hecho ver bien a las claras la necesidad de proceder en la enseñanza de la Biología de una manera mas sistemática i práctica, desarrollando ordenadamente los hechos i aplicando, después de cada capítulo teórico, los respectivos *Métodos Especiales de Cortes*, por medio de los cuales se consigue dividir el animal o planta, i sus partes, en tajadas finas que, por transparencia, permiten reconocer bajo el microscopio la estructura celular de los mismos.

De aquí que, como complemento, vaya al final un Programa desarrollado de Prácticas i Manipulaciones de Laboratorio, que contiene un resumen de los procedimientos empleados en la Técnica Histológica, tal como la imagina el autor para iniciar a la juventud educanda en el estudio de los elementos anatómicos i sus derivados, valiéndose de preparaciones microscópicas *frescas*, eje-

cutadas por el alumno mismo en mui breve tiempo i mediante los mas sencillos tratamientos.

En el curso del libro no hemos descendido a los detalles de cada uno de estos métodos de estudios microscópicos en obsequio de la claridad de la esposicion, dándolos agrupados en forma de anexo bajo el título jeneral de *Manipulaciones Elementales de Histología Animal i Vegetal*.

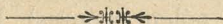
No estará demas advertir en seguida que aceptaremos con gusto las indicaciones que nuestros colegas nos hagan sobre las deficiencias i errores que el presente libro contenga, pues ellas nos servirán para la enmienda de una nueva edicion.

B. Q. B.

Santiago, Marzo de 1909.



PROGRAMA OFICIAL



HISTOLOJÍA ANIMAL I VEJETAL.—FISIOLOJÍA VEJETAL

I.—Histolojía Animal

Estructura celular del cuerpo animal i humano. Identidad de la sarcoda animal i del protoplasma vejetal. Formas exteriores de células animales. Cutícula i sustancia intercelular (conjuntiva). Multiplicacion celular por division, formacion endógena i jemacion. *Omnis cellula ex cellula; Omne vivum ex ovo.*

Organizacion de los animales unicelulares o protozoos. Pseudopodios i cilios. Diferenciacion interior del protoplasma en los Infusorios i Rizópodos (vacuolas pulsátiles, núcleos, quiste, esqueleto interior, etc.)

Los animales pluricelulares o metazoos. Diferenciacion de tejidos i distribucion del trabajo fisiológico: a) las células aisladas (glóbulos de la sangre, espermatozóides); b) los tejidos (epitelios, tejidos conexivos, muscular i néveo).

El desarrollo individual. Estados comunes a todos los metazoos (la blástula i la gástrula). ¿Cómo resulta la complicacion de los organismos superiores? El desarrollo directo, la metamorfosis i la jeneracion alternante.

II.—Histología Vegetal

Estructura celular de las plantas (corte trasversal de un tallo, por ejemplo, de *Zea* maíz o *Ranunculus repens*). Células aisladas (pelos de *Tradescantia*, *Cucurbita*, *Loasa* o *Urtica*; granos de pólen, esporas). Partes de la célula (protoplasma, núcleo, jugo celular, pared celular, clorofilo, almidon, cristales). Movimientos del protoplasma. Protoplasma desnudo (cuadro de algun mixomicete).

Distintas formas de células (médula de *Sambucus*, *Juncus*. prosenquima leñoso de una *Conífera*, etc.). Vasos (*Hyacinthus*, *Musa*). Engruesamiento de la pared celular (células esclerentimáticas de la pera, endosperma de un dátil, diversas clases de vasos, etc.). Intersticios intercelulares.

Division celular (cuadros de la kariokinesis, pelos de *Tradescantia*, saco embrionario de *Fritillaria*; division directa del núcleo: *Chara*, *Tradescantia*).

Plantas acelulares (*Vaucheria*, *Mucor*).

La epidérmis (hoja de *Tradescantia*, *Iris*), Estomas (las mismas plantas). Diversas formas de pelos (unicelulares, pluricelulares; sencillos, ramificados; urticarios; escamiformes). Cutícula.

El tejido fundamental. Parenquima ordinario (médula o corteza de cualquier tallo). Clorenquima de las hojas (*Ruta*; *Ficus* elástica).

Los haces fibro-vasales (fascículos vasculares). Esqueletos de hojas i tallos de plantas monocotilidóneas i dicotilidóneas. Principales clases de células i vasos de que

constan los haces fibro-vasales. (Corte trasversal por el tallo de maiz i de *Ranunculus repens*; cuadro de un corte longitudinal). El cambio i su actividad en el tronco de los árboles dicotilidóneos. Anillos leñosos. Corcho.

Los vasos i células lácteos (*Scorzonera*, *Euphorbia*, cuadros). Conductos secretorios (canales resiníferos de una Conífera).

III.—Fisiología Vegetal

La conduccion del agua i la traspiracion en las plantas. Importancia de ambos fenómenos. La absorcion del agua i de las sales alimenticias por la raiz. Demostracion esperimental de la traspiracion (mediante la balanza). Papel de los estomas.

Las sustancias alimenticias que contiene el suelo. Crianza de plantas en soluciones alimenticias. Elementos necesarios para la vida de la planta i papel que desempeñan en la nutricion.

La asimilacion del carbono por las hojas verdes bajo la influencia de la luz (demostración en una planta acuática). La exhalacion de oxígeno por las hojas asimilantes. El almidon como producto primario de la asimilacion. La trasformacion i circulacion de las sustancias asimiladas. Economía de la planta.

La alimentacion de las plantas parásitas, saprófitas é insectívoras.

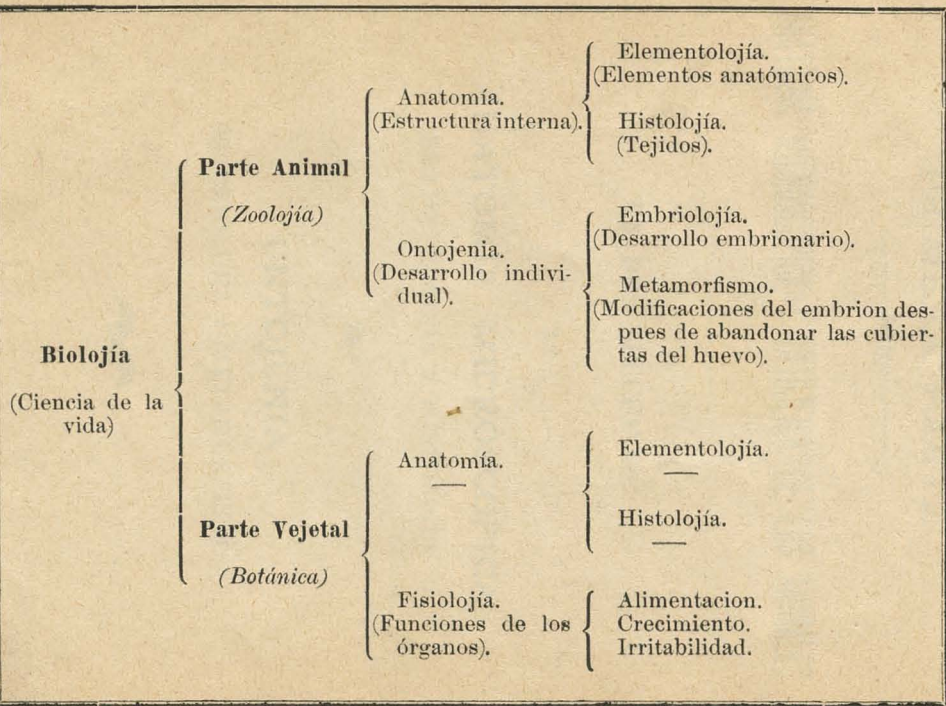
La respiracion de los vegetales.

El crecimiento. Los tres períodos de desarrollo de los órganos (estado embrional o meristemático, crecimiento

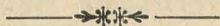
por estension, perfeccionamiento de la estructura). Los puntos de vejetaion. El crecimiento intercalar. La formacion de las hojas, tallos, raíces. Ramas, yemas adventicias. La influencia de la gravedad, de la luz i de la humedad sobre el crecimiento. Las nutaciones (desigualdad del crecimiento longitudinal en los distintos lados del órgano). Las causas del crecimiento. La turjescencia de las células, la tension de los tejidos (demostracion del último fenómeno).

La irritabilidad i los movimientos orijinados por ella. La locomocion de los espermatozoides i zoosporas (esporas errantes). La circulacion del protoplasma en las células provistas de pared.

Los movimientos nictitrópicos de las hojas i flores. Los fenómenos de irritabilidad en la Mimosa pudica. La volubilidad de los zarcillos i de los tallos volubles. El geotropismo i el heliotropismo.



PRIMERA PARTE



ANATOMÍA MICROSCÓPICA I ONTOJENIA DE LOS ANIMALES

EN DOS SECCIONES:

1.^a

ANATOMÍA MICROSCÓPICA

(ELEMENTOLOGÍA E HISTOLOGÍA)

2.^a

ONTOJENIA

(EMBRIOLOGÍA I METAMORFISMO)



ANATOMÍA MICROSCÓPICA

A.—ELEMENTOLOGÍA (1)

O

ESTUDIO DE LOS ELEMENTOS ANATÓMICOS

I

CONSIDERACIONES PREVIAS

La *Anatomía Microscópica* que, como se comprende por su adjetivo, tiene por objeto la investigacion de las partes directamente invisibles, nos enseña que el cuerpo humano, así como el de todos los animales superiores o METAZOOS, se compone de un número mayor o menor de *células* i, ademas, de ciertos materiales o *sustancias inter-*

(1) ARJENTA I MARTÍNEZ, *Elementos de Fisiología e Higiene con nociones de Histología, Anatomía i Química Biolójica*, 1 vol., con grabados, 1894.

CLAUS (C.) *Zoología*, traducida de la última edicion alemana por el doctor don Luis de Góngora, 6 vol., 1892.

CONN (H. W.), *Nociones de Biología*, traduccion del ingles al español por el doctor Antonio Soler, 1 vol., con numerosos grabados, 1901.

celulares que, no existiendo en un principio, representan un producto de evolucion progresiva.

La consistencia i cantidad de estos *elementos anatómicos*, visibles la mayoría sólo con la ayuda de la lente o del MICROSCOPIO (Fig. I), varían con las partes del cuerpo,

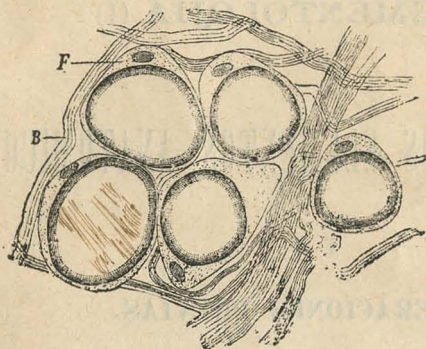


Fig. 1

Tejido Adiposo o de la grasa: *F*, células grasas; *B*, sustancia intercelular semi-sólida i fibrilar.

pudiendo ser sólidas, semi-fluidas o líquidas i estar formadas de porciones iguales de los dos factores constitutivos del organismo o primar uno de ellos, como, desde luego, podrá observarse por la inspeccion de las figuras 1, 2 i 3.

GIRARD (H.), *Aide Memoire D'Embryologie*, Paris, 1892.

HERTWIG (O.), *Traité D'Embryologie ou Histoire du Développement de L'Homme et des Vertébrés*, deuxième édition française, Paris, 1900.

HUXLEY I YOUMANS, *Elementos de Fisiología e Higiene*, traducidos del ingles por don Tomas Quintero i don P. Ruiz de Leon, 1 vol., 1889.

IZQUIERDO (V.), *Curso de Histología Normal*, explicado en la Es-

1.—Las **células**, que forman las diversas partes del cuerpo animal, por diferentes que parezcan a primera vista, membranas, carne, hueso, nervios, etc., tienen cada cual su vida propia, es decir, nacen, se alimentan, crecen, se multiplican i mueren, lo mismo que el ser resultante de su union entre sí. Para asegurarse de la verdad del hecho, basta considerar lo que sucede en la *epidérmis* que cubre esteriormente todo nuestro cuerpo

cuela de Medicina, apuntes tomados en la clase por el alumno César E. Zilleruelo U., 1 vol., con 24 láminas, 1904.

KLEIN (E.), *Elements of Histology*, 1 vol., con 194 grabados, 1893.

LÁNGLEBERT (J.), *Historia Natural*, traducida por don A. de Linares, de la última edicion francesa., 1 vol., con 500 grabados, 1886.

MILNE-EDWARDS (M.), *Course Elemental de Zoología*, traducido de la décima-cuarta edicion francesa por Elías Zerolo, 1 vol., 1887.

NEVIANI (A.), *Nozioni elementari di Storia Naturale*, 2 vols., con figuras en el testo, 1899.

PEREDA I MARTÍNEZ (S.), *Historia Natural*, con principios de Fisiología e Higiene, 1 vol., con 565 grabados.

PERRIER (RÉMY), *Cours Élémentaire de Zoologie*, 1 vol., con 699 figuras en el testo, 1902.

RANVIER (L.), *Traité Technique D'Histologie*, Paris, 1889.

ROUL (L.), *L'Embryologie Comparée*, obra con 1,014 figuras, Paris, 1894.

SAPPEY (P. C.), *Tratado de Anatomía descriptiva*, 4 vols., con grabados.

SCHOEDLER (Fed.), *Elementos de Zoología, Anatomía i Fisiología*, traducidos por el doctor Antonio Machado i Núñez, 1 vol., con 226 grabados.

STOHR (Ph.), *Manuel Technique D'Histologie*, troisième édition française, Paris, 1904.

VOGT ET YUNG, *Traité d'Anatomie Comparée Pratique*, 2 vols., Paris, 1904.



(Fig. 2). El exámen microscópico de un corte vertical de esta túnica, permite ver que las células de mas abajo, es decir, las que acaban de nacer en la superficie del dérmis de la piel, son redondeadas i blandas, presentando todas las particularidades de un elemento anatómico nuevo (*a*). Siguiendo a estas células en su desarrollo, se observa que poco a poco, a medida que avanzan en edad, se mueven hácia arriba empujadas por otras célu-

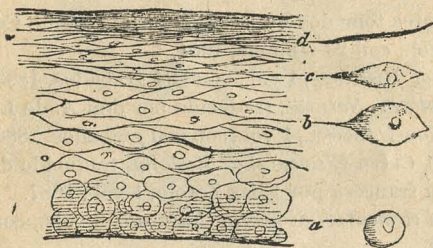


Fig. 2

Seccion vertical de la *Epidérmis*, desde su capa profunda a la superficial.—A la derecha se ven cuatro células (*a*, *b*, *c* i *d*) que afectan distinta forma, según la edad.

las mas jóvenes que aparecen en la capa profunda, advirtiéndose, al mismo tiempo, que aumentan de tamaño i se aplastan (*b* i *c*) para adquirir al fin el aspecto de diminutas escamas secas i quebradizas cuando llegan a la superficie esterna de la piel (*d*), donde constituyen una capa córnea continua, cuyos elementos formativos muertos se desprenden a cada instante por efecto del rozamiento del aire i de los vestidos. Tenemos una demostracion práctica de este desgaste por rozamiento en aquellas partes del cuerpo en que se concretan los elementos anatómicos desprendidos en forma de escamitas, como en la raíz de los pelos (*caspa*), en la superficie de las hinchazones i heridas recién curadas, i en la planta

de los piés de individuos excesivamente desaseados, en los cuales la acumulacion de las materias epidérmicas muertas puede ser tal que, favorecida por el sudor, llega a ocasionar escoriaciones e inflamaciones sumamente dolorosas.

—Conviene saber despues que la vida de las células animales es independiente hasta cierto punto i por un corto tiempo de la vida total del organismo constituido por su conjunto. En efecto, nadie ignora que ciertas partes separadas accidentalmente de nuestro cuerpo, como un dedo o una oreja, por ejemplo, guardan su vitalidad durante un tiempo mayor o menor, de modo que si se les coloca en su mismo lugar, tomando especiales precauciones, se adhieren nuevamente i continúan viviendo como si no les hubiera sucedido nada (1). En esta propiedad característica de la vida celular se funda la operacion que se conoce con el nombre de *injerto animal (trasplantacion)* del que tanto se sirven los cirujanos modernos para activar la cicatrizacion de las heridas, empleando el procedimiento denominado *injerto epidérmico*, cuyos pormenores no nos corresponde dar a conocer.

—Es de notarse tambien que en el cuerpo de los metazoos, hai células especiales que conservan una cierta autonomía i actividad propias. Nos referimos a los *gló-*

(1) Si se corta de la cola de un raton nuevo un pedazo de 2 a 3 cm. de largo i se guarda en un cajon, puede conseguirse injertarlo con buen resultado en el hocico o en el lomo de aquel, aun hasta despues de pasados ocho días.

feros son células que se reúnen en forma de pilas al salir de los vasos i están impregnados de una sustancia roja llamada *hemoglobina* (1), en cuya composicion entra el fierro i tiene mucha afinidad con el oxígeno (= *oxihemoglobina* de la sangre arterial) i poca con el ácido carbónico (= *hemoglobina carbonatada* de la sangre venosa).

Sus dimensiones varían en los diferentes animales, siendo tanto mas pequeños cuanto mas elevada es la organizacion de éstos. En el hombre su diámetro es apenas de 7 milésimos de milímetros, pero la deficiencia de tamaño está suplidada por su número prodijioso (= 25 trillones en los 5 litros de sangre que hai en nuestro cuerpo).

Por fin, son de forma constante, pero varían de una clase o otra. Así, el hombre i, en jeneral, los mamíferos, tienen glóbulos rojos *discoidales i biconcavos*, mientras que en las aves, anfibios i demas vertebrados son *elípticos i biconvexos*.

Los *glóbulos blancos o incoloros*, algo mas grandes (9 μ) pero muchísimo ménos numerosos que los rojos (1 por 1,000 rojos), están constituidos por una materia protoplasmática trasparente i desprovistos de membrana, por lo cual no tienen forma determinada i están dotados de *movimientos amiboideos* de progresion, lo mismo que los Rizópodos sin concha.

En cuanto a la funcion esencial de la sangre, despues

(1) La hemoglobina, tan importante para la fijacion del O, está reemplazada en los Moluscos i Crustáceos por la *hemocianina* que contiene Cu.

de lo dicho, se ve claramente que consiste en suministrar, por intermedio de sus glóbulos rojos, a todas las células activas del cuerpo, el oxígeno necesario para la respiración i recoger el ácido carbónico, es decir, el producto resultante de la oxidación de los tejidos con los cuales la sangre se pone en contacto, i que, por supérfluo, desechan los elementos anatómicos vivos, entregándolo al plasma sanguíneo, para que éste lo lleve a los mal llamados órganos respiratorios, donde sólo se ejecuta el intercambio de los dos gases, oxígeno i anhídrido carbónico.

Por lo demás, desempeñan los glóbulos blancos importantísimas funciones, sirviendo principalmente para rejenerar los tejidos gastados i para combatir los jérmenes productores de las enfermedades infecciosas, pues poseen la facultad curiosa de apoderarse de los microorganismos invasores (= *fagocitosis*).

—Los *Espermatozoides*, descubiertos en 1677, son células desnudas, libres i movibles, que flotan en el líquido fecundante de todos los animales de reproducción sexual, *sémen*, o, en jeneral, en el líquido en que se encuentran.

En la especie humana, se compone el espermatozoide de una *cabeza* o parte abultada del protoplasma que contiene un gran núcleo i de una *cola* o apéndice protoplasmático largo, mediante el cual ejecuta movimientos sumamente vivos i avanza en el sentido de su cabeza.

En las otras especies, el espermatozoide se presenta bajo diversas formas que son peculiares para cada categoría animal. Las diferencias que se observan entre ellas nacen del mayor o menor desarrollo de la cabeza,

á veces tan reducida, que en los insectos, por ejemplo, se presenta como un cabello i, especialmente, de la cola que puede ser múltiple, como en la Langosta de Juan Fernández i demas Crustáceos Decápodos, o sencilla, como en el mono i la medusa.

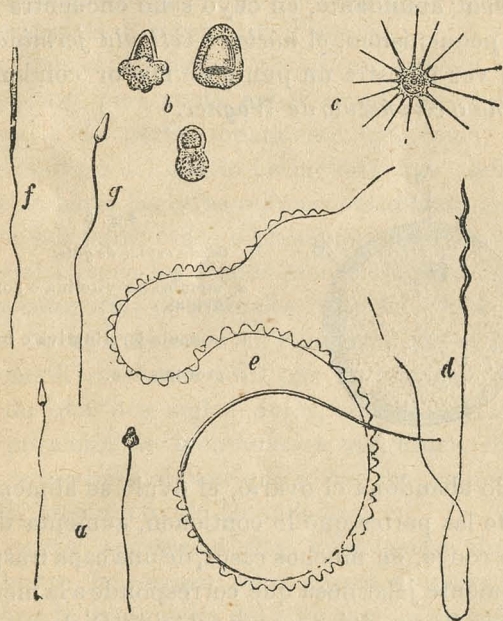


Fig. 4

Diversas formas de *espermatozoides*: *a*, de medusa; *b*, de lombriz del hombre; *c*, de langosta de Juan Fernández; *d*, de tembladera; *e*, de salamandra; *f*, de rana; *g*, de mono.

La figura número 4 representa la forma de los espermatozoides de algunas especies comunes i pertenecientes a distintos tipos i clases del reino animal.

— Los *Óvulos* son células que, formadas en los órganos sexuales femeninos u ovarios de los animales superiores, presentan desde un principio carácter de individualidad.

El óvulo, en su comienzo, o sea tal como se le encuentra en el ovario, es una célula desnuda, constituida por *protoplasma* abundante, en cuyo seno encuentra un corpúsculo pequeñísimo, el *núcleo* o *vesícula germinativa*, el que a su vez muestra un punto de mayor condensacion, el *nucléolo* o *corpúsculo de Wagner*.

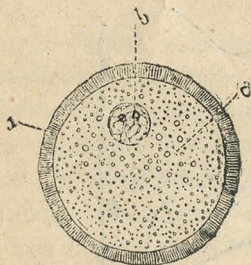


Fig. 5

Célula ovular de gato:

a, membrana vitelina o zona pelúcida;

b, vesícula germinativa o núcleo;

c, protoplasma.

Cuando abandona el ovario, el óvulo se alimenta a expensas de las partes que lo contienen, aumenta de volumen i se rodea, en muchos casos, de una capa trasparente i jeneralmente jelatinosa que corresponde a la membrana celular i se llama *córion* o *zona pelúcida*. Dicha membrana puede ser dura, como se ve en los insectos i los peces, i entónces presenta una pequeña abertura que se llama *micropila* (Fig. 5).

En estado de madurez sexual, el óvulo, en fin, se compone de la membrana indicada (=membrana vitelina), del *protoplasma evolutivo* i del *vitelo nutritivo* o sustancia

rica en grasa, que es abundante cuando debe contener todo el alimento para el desarrollo completo del embrion, como el de las especies ovíparas superiores o aves, i que es, al contrario, escaso cuando el embrion concluye su desenvolvimiento a espensas de la sangre de la madre, como en los mamíferos; i por último, de la *vesícula germinativa* con su *corpúsculo de Wagner*.

Estas partes, llamadas *esenciales*, existen en todo óvulo maduro, pero suele haber otras partes, llamadas *accesorias*, o de perfeccionamiento, que toma, despues de desprenderse del ovario i a medida que adelanta en su trayecto hácia las otras rejiones del aparato jenerador, i que pueden faltar todas o presentar la mayor variedad, por lo cual ofrecen los óvulos muchas diferencias en las diversas categorías de animales, i ha sido esta la causa por que no se reconoció su existencia en el hombre i demas mamíferos hasta 1827 por los trabajos de BAER, apesar de que dos siglos ántes, en 1651, HARVEY, el célebre promotor de la circulacion sanguínea, dijo *omne animal ex ovo* para indicar que todos los animales proceden del huevo u óvulo fecundado.

Las partes accesorias son, empezando de afuera hácia adentro, la *cáscara*, porosa para el paso del aire necesario a la respiracion del embrion; la *membrana de la cáscara*, que se divide en dos láminas, dejando entre ellas, en el extremo grueso del huevo, una *cámara de aire*, útil a la respiracion, i la *clara* o *albúmina*, cuya parte profunda se tuerce en dos cordones espirales que se llaman *chalazas* (Fig. 6).

El cuadro que sigue da a conocer la disposicion i fun

cion de las diferentes partes de un huevo de ave, que alcanza un volúmen considerable.

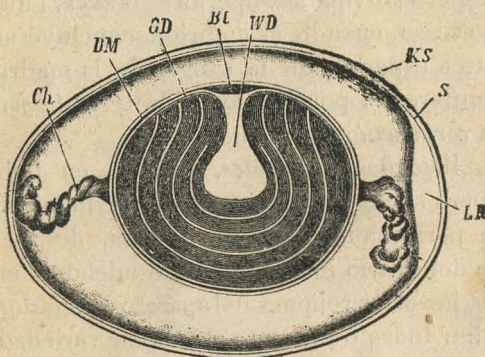
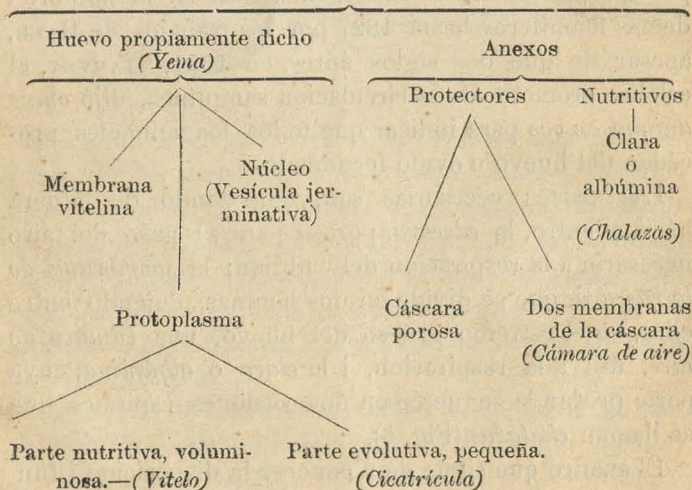


Fig. 6

Huevo de Gallina:
Bl. cicatricula o protoplasma original con núcleo; *GD.* vitelo amarillo; *WD.* vitelo blanco; *DM.* membrana vitelina; *EW.* clara; *Ch.* chalaza; *S.* membrana de la cáscara; *KS.* cáscara calcárea; *LR.* cámara de aire. La estratificación que ofrece la yema de un huevo coagulado, corresponde a la superposición de sustancias nutritivas, diferentes por su composición.

HUEVO



—I, por último, para terminar estas ideas jenerales acerca de las células, debemos decir que en casos especiales, cuando el elemento principal u óvulo—que por division sucesiva da oríjen al cuerpo entero de los animales *pluricelulares* o METAZOOS—sólo se divide una vez i, verificada esta biparticion, la célula nueva se separa, presentándose aislada i libre, forma ella por sí sola todo el organismo, i el sér viviente que representa es *unicelular*. Estos animales que corresponden al grado mas ínfimo del mundo vivo, se llaman PROTOZOOS, i pueden estar constituidos únicamente por una porcion de protoplasma desnudo con núcleo, como en los *Sarcódicos*, o se presentan en forma de célula completa, esto es, con membrana, como vemos en los *Infusorios*. En una i en otra clase de protozoos, la célula única que constituye el animal, está provista de apéndices especiales, *seudopodios* i *cilios* o *flajelos*, con los que se cumplen las funciones de la alimentacion i la locomocion, i es curioso ver que tambien en el cuerpo de los metazoos o animales superiores se observan prolongaciones protoplasmáticas transitorias o permanentes. Así, los glóbulos blancos de la sangre tienen la propiedad de emitir i retraer seudopodios, las células del epitelio llamado vibrátil, que pueden observarse en las costillas de los tenóforos, tienen pestañas vibrátiles o cilios, i los espermatozóides, dados ya a conocer, poseen un largo flajelo o cola terminada por una punta estremadamente fina que les permite trasladarse de un punto a otro. Además, podemos citar como ejemplo de animales con células provistas de flajelos todas las especies de esponjas, cuya endoderma se presenta

como una capa de células vibrátiles en las llamadas *cámaras flajeladas*.

2.—Si de las células pasamos a considerar los materiales que aislan o unen a las mismas, vemos que las **sustancias intercelulares** se presentan en condiciones muy variadas con respecto a su consistencia i cantidad; tan pronto aparecen como líquido en la sangre i la linfa; tan pronto son semi-fluidas con aspecto de jelatina en el humor vítreo del ojo, o bien sólidas, como en los cartílagos i los huesos.

—Mientras que el plasma sanguíneo o *materia intercelular líquida* de nuestro cuerpo, es incoloro i se halla completamente encerrado en las arterias, venas, capilares i linfáticos del sistema vascular, en los de organizacion inferior es, por lo comun, el asiento del principio colorante tan importante para la fijacion del oxígeno, i en ciertas formas, como, por ejemplo, en los insectos, se presenta libre en las cavidades internas, llenando lagunas sin paredes propias (1).

Donde en mas cantidad encontramos *materia intercelular semi-sólida*, es en el tejido jelatinoso, que se halla en los Vertebrados en el cuerpo vítreo, i es muy jeneral en los Animales Inferiores, principalmente en los Moluscos.

En cuanto al *material sólido*, que entra siempre como parte integral del tejido de los órganos, de los cartílagos

(1) Los *linfas* se distinguen de la sangre por la falta absoluta de glóbulos rojos i su menor coagulidad, pero contiene glóbulos blancos que se llaman tambien por eso glóbulos linfáticos.

i de los huesos, se compone, en estos últimos, de una sustancia orgánica llamada *oseina* impregnada de sales inorgánicas de calcio; i si se hierve en el agua la materia intercelular cartilajinosa resulta *condrina*, especie de jela-tina distinta químicamente de la *cola ordinaria*, obtenida por la coccion del tejido conjuntivo ordinario que mas tarde conoceremos.

—La materia intercelular existe ya en pequeña cantidad, como se ve en el llamado *cemento*, que une entre sí las células epiteliales, o excede la masa de las células, recibiendo entónces el nombre de *sustancia fundamental*.

—Con respecto a la debatida cuestion del oríjen de la *materia intercelular*, sólo diremos que hasta aquí no se ha averiguado con seguridad dicha formacion, creyéndose que una parte es fabricada por las células i otra representa una modificacion de la capa superficial del protoplasma, o una trasformacion total de las células mismas.

Mas detalles sobre estas sustancias se darán al tratar de los *tejidos* que, como luego veremos, se componen en los animales de *células* i *materia intercelular*.

II

LA CÉLULA ANIMAL

Como el estudio de las *propiedades vitales* de la célula entra en el dominio de la Fisiología, no nos haremos cargo mas que de aquellas de las mismas que son visi-

bles con la ayuda del microscopio, para lo cual trataremos de los *fenómenos de movimiento i secrecion* al ocuparnos del protoplasma i dedicaremos a los *fenómenos de reproduccion* un capítulo especial (=Propiedades jénéticas).

1.º—Propiedades Morfológicas

1.—Como las células no tienen, en jeneral, mas que algunos milésimos de milímetros de **dimension**, se ha tomado como unidad de medida micro-gráfica el *Micron* o *Micro-milímetro*, que es el $\frac{1}{1.000}$ de milímetro i se designa con la letra griega μ .

Las células animales pueden verse a veces a simple vista, como sucede con el *óvulo* humano, que en condiciones favorables se presenta con la apariencia de un punto ($\frac{1}{10}$ de milímetro), i aun llegan a un tamaño considerable, no siendo esto mui escepcional si se toma en cuenta que a dicha categoría de células macroscópicas pertenecen todos los huevos de las aves sin sus partes accesorias, o sean las *yemas*, que en ciertas cursoras, como el avestruz africana, miden algunos centímetros (1). Conviene, sin embargo, tener presente desde luego, que si bien la yema ovular representa una célula enorme, la porcion realmente viva no constituye mas que una débil parte, pues el protoplasma no forma mas que una

(1) En el *Aepyornis*, ave de Madagascar, desaparecida en los tiempos históricos, la yema de sus huevos enormes (=6 de avestruz i 150 de gallina), tenia el tamaño de una naranja.

pequeña mancha trasparente que contiene el núcleo (= *Cicatricula*).

En oposicion a las células ovulares macroscópicas, los espermatozoides son representantes de las células mas pequeñas conocidas en el cuerpo animal, pues en los mamíferos miden sólo 0,005 de milímetro.

2.—En cuanto a la **coloracion** de los elementos anatómicos, la inmensa mayoría de las células animales son incoloras i de una transparencia tanto mayor cuanto menor es la proporcion de las sustancias estrañas contenidas en su seno. Como ejemplos de células coloreadas de nuestro cuerpo, pueden citarse los glóbulos rojos de la sangre, las células pigmentarias de la piel, la coroides i el iris de los ojos, que comunican a éstos las variaciones de tinte que presentan en las diferentes razas, i las que forman la sustancia gris del sistema nervioso.

3.—La **forma** orijinaria de la célula, que vemos en el óvulo, es la esférica; i esta figura sólo la pueden conservar mas o ménos temporalmente en el adulto los glóbulos blancos en reposo, pues ordinariamente sucede que durante la existencia de los elementos celulares, sufre esta forma orijinal un sinnúmero de variaciones por efecto de los progresos del crecimiento i de las presiones distintas que unos ejercen sobre otros. Así, ciertas células que *crecen en varios sentidos*, oprimiéndose mutuamente, se hacen poliédricas (células epidérmicas), otras se aplastan i adquieren contornos angulosos. Además, estando unas células en contacto con otras, suelen

emitir una o varias prolongaciones que le comunican una forma estrellada (células pigmentarias del iris) (Fig. 7).

Estas prolongaciones, mas o ménos desarrolladas, se ramifican a veces i se unen a las otras células: es lo que

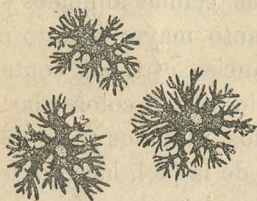


Fig. 7

Células conjuntivas pigmentarias

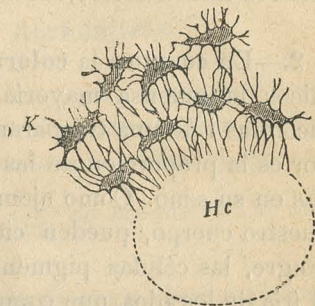


Fig. 8

Células o corpúsculos óseos con sus prolongaciones que desembocan en el canal de Havers (Hc).

ocurre con las de los tejidos óseo i nervioso, por ejemplo (Figs. 8 i 9). Todos estos elementos anatómicos reciben el nombre jeneral de **células cortas** o **isodiametrales**.

Otras células que, alargándose al mismo tiempo en *dos sentidos opuestos*, resultan de forma oval primero i cilíndrica despues, constituyen al fin las llamadas **fibras** que vamos a conocer con algun detalle al estudiar el tejido muscular (Fig. 14).

Por fin, las células son polimorfas o irregulares en los *glóbulos blancos* de la sangre i en los *Sarcódicos*, a causa

de los pseudopodios variados que emiten en todos sentidos.

4. Estructura.—La célula típica, completamente diferenciada, muestra cuatro partes: 1.º la *membrana* envolvente, a la que debe el todo su forma vesicular característica; 2.º el *protoplasma*, que compone la masa principal; 3.º el *núcleo*, envuelto por aquél o contenido en su seno; i 4.º el *centrosoma* o corpúsculo polar.

El protoplasma, oríjen de los demas componentes, representa la parte viva de la célula i sin él ésta no puede existir.

No siempre se presenta la membrana: los leucocitos o glóbulos blancos de la sangre, las células nerviosas i las amibas son masas protoplasmáticas desnudas.

Se asegura jeneralmente que puede faltar el núcleo, pero es probable que si no ha podido ser observado a

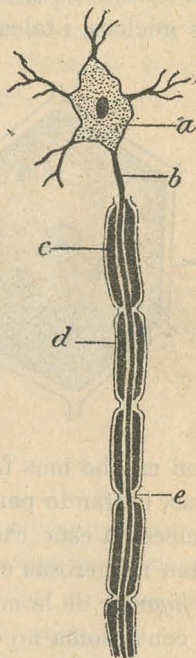


Fig. 9

Célula nerviosa con dos clases de prolongaciones: unas cortas i muy ramificadas i otra única en su clase, *b*, llamada cilindro-eje que aparece rodeada por la mielina, *c*, i por la vaina de Schwann, *d*, provista de estrangulaciones anulares, *e*.

veces, esto se debe a la insuficiencia de los instrumentos ópticos o al poco poder de los reactivos.

Hai casos en que dentro de una célula se encuentran varios núcleos, i tales elementos anatómicos *plurinuclea-*

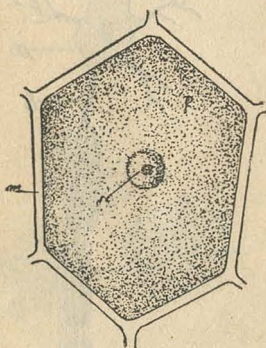


Fig. 10

Célula típica, sus partes:

m, membrana;

p, protoplasma que llena por completo la cavidad celular;

n, núcleo, colocado en el centro.

dos son mucho mas frecuentes en los animales que en las plantas, bastando para convencerse de ello recordar que pertenecen a esta categoría las *fibras musculares estriadas*, tan numerosas en nuestro cuerpo, i, ademas, las *células gigantes* de la médula de los huesos.

El centrosoma no es constante en las células en estado normal o de reposo, pero se presenta cuando va a verificarse la multiplicacion de las mismas.

En cuanto a la evolucion de la célula animal típica hai que decir que ofrece distintos aspectos por la disposicion i carácter de sus partes, que varían segun la edad de ella. Veamos esto.

(1) En una célula *jóven* la membrana se presenta mui delgada i trasparente, el protoplasma llena exactamente

todo su interior, i el núcleo, mui voluminoso, ocupa el centro (Fig. 10).

(2) Cuando la célula es *adulta* la membrana aumenta de espesor, el protoplasma no llena por completo la cavidad, apareciendo entónces espacios llamados *vacuolas*, repletas de una sustancia líquida que se conoce con el

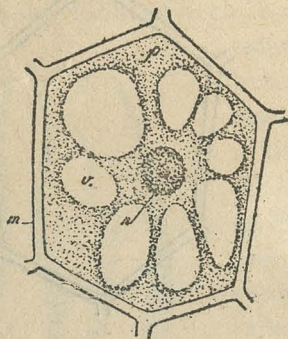


Fig. 11

Célula adulta o un poco mas desarrollada: en su interior el protoplasma muestra muchas vacuolas pequeñas, *v*, i el núcleo, *n*, es todavía central.

nombre de *jugo celular*, i el núcleo, colocado siempre en el centro, se une con el protoplasma que tapiza la membrana (capa parietal), por medio de hilos protoplasmáticos que separan las pequeñas vacuolas (Fig. 11).

(3) En una célula de edad avanzada o *vieja* las vacuolas se fusionan en una sola mui grande que ocupa el centro de la cavidad interna, i, el protoplasma, junto con el núcleo, se adosa a la membrana celular (Fig. 12).

(4) Por último, cuando la célula está *muerta*, el protoplasma i el núcleo desaparecen, i no queda mas que la membrana que puede persistir mas o ménos tiempo, resistiendo a la putrefaccion (Fig. 13).

Todos estos diversos estados que muestra la vida celular, pueden estudiarse, examinando con un aumento considerable un corte trasversal de la epidérmis de los vertebrados, como indica la Figura 2.

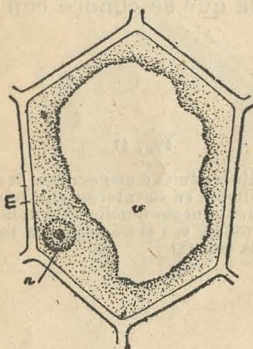


Fig. 12

Célula vieja o de edad avanzada: en su interior las pequeñas vacuolas se han fusionado en una sola grande, v, i el protoplasma forma una capa parietal.

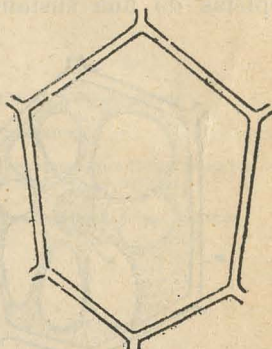


Fig. 13

Célula muerta; ha perdido por completo su protoplasma i núcleo.

A.—La **Membrana celular** no es constante, i cuando existe, como en las células adultas de la epidérmis i de la grasa, por ejemplo, no tiene estructura definible, presentándose nó como una capa dura bien distinta (1) sino como una envoltura trasparente sumamente fina.

(1) La ausencia de una pared dura en las células de los animales, encuentra su explicacion en la necesidad que tienen los mismos de conservar su flexibilidad para poder efectuar, á cada instante, movimientos enérgicos i rápidos.

Esta cubierta es cerrada totalmente, si bien en ciertas células ovulares de membrana resistente, como las de los peces e insectos ya referidos, se nota un orificio denominado micropila, i en los organismos unicelulares llamados Infusorios, hai aberturas particulares para la introduccion de los alimentos i para la espulsion de los residuos de la dijestion, es decir, una boca i un ano, que pueden estar confundidas en una abertura buco-anal, como se ve en la sub-clase de los Flajelados.



Fig. 14

Fibras musculares: en a, con los extremos bifurcados

Con todo, conviene no confundir la envoltura limitante llamada en Histología *membrana celular*,— que se forma por el depósito de ciertas sustancias resistentes en las capas superficiales del protoplasma, siendo viva como éste e imposible, por consiguiente, de separar sin dañarla, i capaz de bipartirse cuando la célula se divide—con las producciones membraniformes inertes, sin protoplasma, que en Zoología se describen, al tratar de los Protozoos, con los nombres de *cutícula* (Infusorios enquistados) i *cápsula* o *esqueleto* (Sarcódicos Seudópodos o Rizópodos), las cuales representan *edificaciones del ectoplasma* (1) o porcion protoplasmática perifé-

(1) A la inversa, se da el nombre de *endoplasma* a la porcion situada alrededor del núcleo celular.

rica de la célula animal. Sabido es que la última nombrada o cápsula es particularmente característica, porque una vez constituida se encoje el cuerpo protoplasmático productor de la misma, así es que se forma un espacio libre entre ella i su contenido.

B.—El Protoplasma animal o *sarcoda* de los antiguos, no difiere del contenido celular de las plantas i, como éste, representa la sustancia *albuminosa* mas complicada que se conoce, dotada de la facultad de producir cambios químicos asociados con los *fenómenos vitales* que marcan el nacimiento, la evolucion i la muerte de los seres organizados, ocupando por esto el primer lugar en la escala de los compuestos químicos complejos i variables.

—La variabilidad tan grande que se nota en las propiedades químicas del protoplasma, compuesto principalmente de C, H, O, N, S i P, que entran en diversas proporciones, no sólo en los seres diferentes, sino en el mismo animal, es la misma para los caracteres físicos. Así, debido a la mayor o menor cantidad de agua que contiene, no se presenta siempre en forma de una sustancia clara semi-fluida, sino que a veces es un líquido casi como el agua i otras veces lo encontramos consistente i rígido, como en las células que constituyen los pelos i las uñas, en las cuales el protoplasma se cornifica, convirtiéndose en una materia rica en azufre llamada *queratina*.

—Bajo el microscopio, el protoplasma aparece con *granulacionss* mui finas o *microsomas* que constituyen la

sustancia figurada (=esponjioplasma) i cuyos intersticios están ocupados por una *sustancia homogénea* (=hialoplasma); la primera, a diferencia de ésta, se deja penetrar fácilmente por ciertas sustancias colorantes de anilina, lo que permite teñirla i observarla con claridad. Por último, si la célula que se observa ha llegado a su desarrollo definitivo i el protoplasma no tiene una consistencia sólida, se presentan las llamadas *vacuolas* que, mui raras en las células humanas, pueden verse con todos los caracteres de las células vejetales en la *Noctiluca miliaris*.

De tales espacios celulares llenos de líquido claro, que cuando son alargados i numerosos hacen que el protoplasma se presente reticulado, hai que distinguir los que, para indicar su atributo característico de contraerse i dilatarse bajo la influencia del protoplasma vivo circunyacente, se denominan *vacuolas pulsátiles*. Como ya se sabe, estas vacuolas contráctiles son mui jenerales en los Protozoos, i representan en éstos los órganos excretores o riñones de los animales superiores.

—Debe observarse tambien que lo dicho sobre la existencia de las vacuolas, puede hacerse estensivo a los *movimientos interiores* del protoplasma animal, esto es, que cuando éste es mui consistente no presentará, con la misma claridad que en las plantas, el *fenómeno de las corrientes*. Estos movimientos son, en efecto, tan lentos en las células de los Metazoos que se escapan a la observacion directa, al paso que en algunos Protozoos dicho fenómeno presenta todas las particularidades de una verdadera circulacion, visible por las granulaciones del protoplasma (Kizópodos).

Ademas, el protoplasma vivo i libre posee la propiedad de irradiar en todas direcciones numerosos pseudopodios que le permiten su traslacion. Tales *movimientos exteriores* del protoplasma presentan, por ejemplo, los glóbulos blancos de la sangre i los Protozoos desnudos o *Sarcódicos*.

Mas raros que estas dos clases de movimiento que se observan en el protoplasma de las células, son los *contráctiles de naturaleza muscular* que en los especiales elementos en que se presentan en grado mas completo, o sea, en las *fibras musculares*, se ejecutan sólo en una direccion determinada, la del eje longitudinal de los mismos; pero con mas enerjía i lijereza. Se verá mas tarde, al estudiar los tejidos animales, que tal propiedad contractiva del protoplasma está destinado a orijinar los movimientos del cuerpo del animal i de sus partes.

Finalmente, hai fenómenos de movilidad que se manifiestan bajo la forma de *movimientos vibrátiles*, mui frecuente en los *Infusorios* (flajelos, con movimientos ondulatorios i cilios, con movimientos monótonos e ininterumpidos) i en ciertas células epiteliales.

—Por lo jeneral, el protoplasma, trasparente i puro en su oríjen, se carga parcial o totalmente de ciertas *inclusiones* o materias *sólidas* i *líquidas* que, si bien no son necesarias para la vida de las células productoras, lo son para la del animal del cual forman parte. Entre aquellos derivados protoplasmáticos *sólidos*, que quedan en el interior de las células, figuran el *pigmento*, una pequeña parte de la *grasa*, los granitos de *glicógeno* i los *crisales*, a la categoría de los productos *líquidos*, que salen de

las células como secreciones esternas, pertenecen la *leche*, la *saliva*, el *jugo gástrico* i otros.

C.—El **Núcleo** de los animales, cuyo estudio revela su identidad con el de las plantas, presenta una variedad mui grande en sus detalles, si se considera su tamaño, forma, número i situacion.

Difiere primero en su tamaño, con relacion al de la célula de que forma parte, porque algunas veces, como en los espermatozoides humanos, por ejemplo, el núcleo es tan grande que el protoplasma aparece rodeándolo como un estrecho anillo i, otras veces al contrario, es tan pequeño que la sustancia protoplasmática forma la principal masa de la célula i no se percibe aquél, sino empleando un microscopio de gran ampliacion i recurriendo a procedimientos especiales de que dispone la técnica histológica para colorarlo adecuadamente.

En segundo lugar se distinguen los núcleos por su forma: *globosa* las mas veces, como en las células epiteliales, i otras *cilíndricas*, como en las fibras musculares lisas, se presenta *lenticular* o *reniforme* en los glóbulos blancos de la sangre, en forma de *herradura* en la *Vorticella*, figurando masas largas como una *sarta de cuentas* en el *Stentor* o semejante a *ramillas* de un árbol en ciertas células epiteliales glandulares de larvas de insectos, etc.

Así mismo difieren los núcleos en su número: jeneralmente hai uno en cada célula, pero, como ya se dijo, en ciertos casos el elemento anatómico presenta varios núcleos, tanto en ciertas células animales como en ciertos

Protozoos, v. g.: las *Opalinas*, que representan un jénero de Infusorios plurinucleados de vida parásita. Se habla a veces tambien de células sin núclec, citándose en todo caso como ejemplo los glóbulos rojos de la sangre del hombre adulto i los elementos epidérmicos superficiales que en realidad no la presentan; pero hoi se sabe perfectamente que todas las células jóvenes poseen núcleo i que sólo puede notarse su ausencia real en los elementos anatómicos viejos que han perdido su actividad.

Respecto a su situacion, el núcleo se encuentra de ordinario, especialmente en las células jóvenes, en el centro de las mismas, pero a veces toma una posicion escéntrica hasta ponerse en contacto con la superficie interior de la membrana celular, como tendremos ocasion de ver en las fibras musculares estriadas, al hablar de los tejidos animales.

—En cuanto a su *estructura*, el núcleo encierra una sustancia albuminosa rodeada de una *membrana* delgada que puede faltar (glóbulos sanguíneos de los anfibios). En esta *materia nuclear* o *carioplasma* se distinguen dos partes: una sustancia *homojénea* i trasparente o *jugo nuclear* i otra sustancia *figurada* en forma de hilos o *mallas*, apareciendo ya como un filamento corto enrollado a veces, ya como un filamento mui largo, torcido i entrelazado de tal modo que ofrece todo el aspecto de una red fina (Fig. 17). Se acentúa la diferenciacion de estas partes nucleares cuando se emplean materias colorantes, que tiñen netamente los núcleos, como la *hematoxilina* (estraida del palo de campeche) que se fija mejor en el hilo tiñéndole de azul algo oscuro, i de aquí el nombre

de *cromatina* con que se designa la parte que absorbe con mucha actividad ciertos colores (sustancia figurada) i de *acromatina* que se da a la ménos sensible por estas sustancias colorantes o que no las retiene (jugo nuclear).

Ademas, se observa en el interior del núcleo, uno o mas corpúsculos pequeños, los *nucléolos*, que están dotados tambien de un enérgico poder absorbente para ciertos colores i que varían de situacion, así como de forma i número en cada especie unicelular o en las distintas células que constituyen un animal pluricelular.

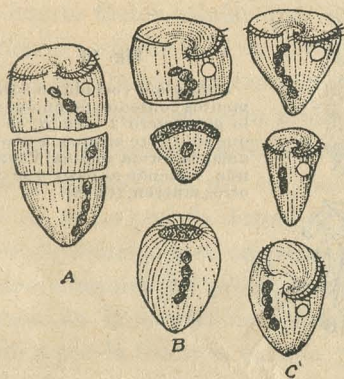


Fig. 15

Stentor cortado en tres trozos, cada uno de los cuales contiene una parte del núcleo.—Fn C se vé que cada uno ha llegado a formar un animal completo. (CONN).

Como la sustancia del núcleo coagula mas fácilmente que el protoplasma en contacto con ciertos ácidos (p. e. acético o crómico), muchas veces basta añadir a la preparacion ácido acético al 2% para marcarlo claramente en sus contornos.

No concluiremos el estudio del núcleo sin ántes hacer constar que tratándose últimamente de averiguar la in-

fluencia del núcleo en la vida de la célula, se ha llegado a demostrar, de un modo práctico, su vital importancia en la actividad celular. Entre los experimentos realizados con este objeto, se cita el que, en pocas palabras, vamos a dar a conocer, valiéndonos de las figuras 15 i 16.

Se elijen dos infusorios de forma jeneral alargada i de tamaño suficientemente grande para que se preste bien

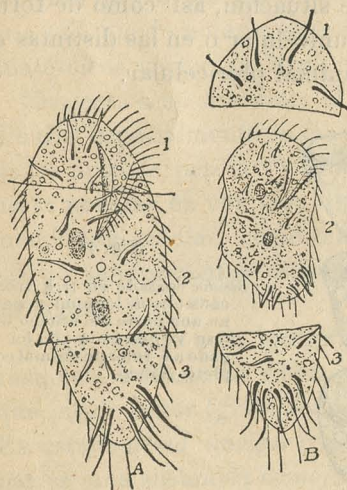


Fig. 16

Stylonychia cortada en 3 fragmentos conteniendo núcleo sólo el número 2.—En B, se vé que sólo este alcanza a reproducir la forma original i continúa viviendo al paso que los otros mueren. (CONN).

para el ensayo, como el *Stentor* que tiene un núcleo mui alargado i la *Stylonychia* que posee un núcleo isodiametral i pequeño: si por dos planos trasversales se corta la célula única que representan, de modo que resulten tres fragmentos de cada animal, no tardará en notarse que los del *Stentor*, por contener cada uno un pedazo de núcleo, continúan su vida indefinidamente, adquiriendo luego las particularidades de forma i organizacion de la

célula primitiva, al paso que en la *Stylonychia* sucede lo mismo sólo con el fragmento del medio, que es el único nucleado, pues los otros dos pedazos terminales, desprovistos de núcleo, aun cuando siguen moviéndose i viven durante algun tiempo, mueren pronto sin reproducirse. Se ve, pues, que los diversos pedazos se conducen de un modo diferente, segun que contengan o nó núcleo, sea entero o sólo una parte del mismo.

D).—I, por último, para terminar con todo lo relativo a la morfología de la célula animal, debemos decir algo de un cuarto factor celular que, a pesar de ser en extremo delicado i visible solo en circunstancias especiales i mediante mui buenos microscopios, en este último tiempo, se ha observado en gran número de elementos anatómicos. Nos referimos al **Centrosoma** o **corpúsculo polar**, que no es mas que un corpúsculo sólido pequeño, tanto que no se ha podido descubrir en él la estructura íntima, pero de dimensiones un poco mayores que las granulaciones comunes del protoplasma; está situado a inmediaciones de la superficie del núcleo i es posible hacerlo visible por la tincion en una preparacion microscópica delicada que muestre otros elementos figurados del protoplasma mui poco o nada coloreados, empleando ciertos reactivos colorantes que tiñen de una manera distinta las diferentes partes de las células (Fig. 17).

Los glóbulos blancos de la sangre son excelentes tipos para este estudio, pues en ellos puede observarse fácilmente el centrosoma sin esperar los cambios que experimenta el núcleo en la division celular, es decir, en esta-

do de reposo, durante el cual no se presenta necesariamente o se oculta dentro del núcleo, como suponen algunos autores.

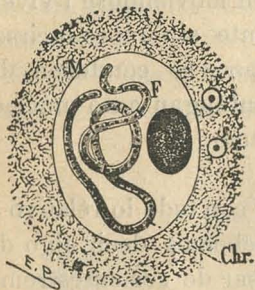


Fig. 17

Estructura del Núcleo i vista del centrosoma: M, membrana nuclear; F, filamento nuclear; Chr, corpúsculos cromáticos del hilo; N, nucléolo; S i S', Centrosoma dividido en dos diplosomas (S S').

Atendiendo al papel tan importante que desempeña el centrosoma en la *Division Indirecta* o *Carioquinésis* de las células, mas adelante daremos a conocer en detalle los diversos períodos de ésta para ver la parte que toma el mismo en el fenómeno mas esencial cuyo asiento es el núcleo.

2.º — Propiedades Jenéticas

No pudiéndose ya sostener la teoría de la jeneracion espontánea, esto es, el nacimiento de células por combinacion de elementos químicos inorgánicos, se admite hoy como cierta la proposicion que establece que toda célula procede de otra ya existente, principalmente desde que VIRCHOW justificó tal hecho con su célebre axioma *Omne cellula ex cellula*.

Respecto al medio de oríjen celular o reproduccion de

las células que las renueva i aumenta su número, se sabe que el procedimiento fundamental por el cual ésta se verifica, o sea la *biparticion*, está ligada esencialmente al fenómeno de la division del núcleo que le antecede, i puede ser directa o indirecta, recibiendo en el primer caso el nombre de *amitosis* i de *carioquinésis* o *mitosis*, en el segundo.

1.—Division Directa o Amitosis.—*a)* Cuando una célula se reproduce por division directa del núcleo, sucede con frecuencia que éste inicia la segmentacion principiando por alargarse i estrecharse en su parte media hasta tomar la forma de un reloj de arena i acabando por romperse por ella, de modo que queda al fin dividido en dos partes. Al mismo tiempo, la célula aumenta de volúmen i comienza a estrecharse, produciendo un surco que concluye por dividir en dos porciones iguales el contenido de la misma, profundizándose mas i mas hasta que se tocan los lados opuestos de la célula, i consumándose, por lo tanto, la division. Ejemplos de esta forma típica i jeneral de segmentacion directa, tenemos en los Protozoos i en algunas células de animales metazoos, como los Glóbulos Blancos de la sangre.

b) En ciertos casos, despues de dividirse directamente el núcleo, una de las porciones se aproxima a la superficie de la célula i, juntamente con partes protoplasmáticas, sale de la misma, formando una protuberancia pequeña llamada retoño, yema o brote que se alarga i crece, miéntras que su punto de union con la célula primitiva se estrecha hasta constituir un mero hilo que

acaba por cortarse. Si se compara este proceso de reproduccion celular, que se designa con el nombre de *yemacion* o *brotacion*, con el de la division propiamente dicha, se ve que la diferencia entre ellas es sólo cuantitativa i no cualitativa, pues depende únicamente de la proporcion de protoplasma que pasa de la célula primitiva a la de nueva formacion. Ejemplo: algunos Protozoos.

c) En otras ocasiones, empieza tambien el núcleo por dividirse primero, i por multiplicarse muchas veces dentro de la misma célula: el protoplasma se amontona entónces alrededor de cada uno de los nuevos núcleos, dando origen en este caso, en su interior, a una verdadera proliferacion, como se observa en algunos protozoos pertenecientes al orden de los Radiolarios. Véase, pues, que ésta manera especial de segmentacion directa no es mas que una variedad de la multiplicacion por division (1).

Lo que quiere decir que, aun cuando jeneralmente se admiten tres medios de origen celular, *simple division*, *yemacion* i *endojénesis*, la biparticion constituye el proceso fundamental i único de reproduccion de las células, fuera de la cual no existen mas que modos o casos particulares de ella.

(1) En las plantas tenemos un excelente ejemplo de *Yemacion* en los *Basidios* de los hongos o células fértiles del himenio i productoras de esporas exteriores, así como en los *Ascos* de estas mismas talófitas encontramos un caso típico de *Endojénesis* o multiplicacion interior.

2. — Division Indirecta, Carioquinésis o Mitosis.—

La carioquinesis, que representa el modo jeneral de reproducción celular en los animales superiores, fué descubierta en éstos, en 1875, por el zoólogo alemán Walterio FLEMMING, al mismo tiempo que el botánico STRASBURGER la descubria en las plantas; i estudiada perfectamente a fines del siglo pasado en los dos reinos orgánicos. Mas

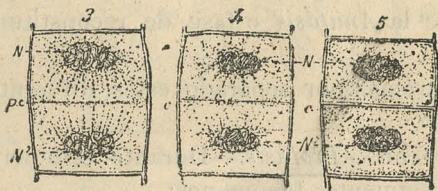


Fig. 18

Células vegetales en que aparece el *tabique de celulosa*, despues de la completa division del cuerpo celular

tarde se ha llegado a la conclusion de que la division nuclear indirecta se efectúa del mismo modo en *todas las células* (1), hecho que constituye la prueba mas evidente de la *identidad del protoplasma animal i vegetal*.

(1) Con todo, como en las células vegetales ordinarias hai siempre una membrana de celulosa pura, la carioquinesis de las plantas difiere un poco de la de los animales cuando llega el momento de la *Division del cuerpo celular* (véase páj. 51), pues en vez de formarse un surco, numerosas granulaciones se presentan i juntan en hilera en el lugar ocupado ántes por la placa ecuatorial, donde aparece luego la *celulosa para constituir un tabique* que avanza hácia los lados para soldarse a las paredes de la célula madre, cual lo indica la Figura 18.

Como en la carioquinesis la division nuclear precede siempre a la del cuerpo celular, principiaremos por:

1.—La Division del Núcleo

Los fenómenos de la division nuclear comprenden tres estados: 1.º la *Profásis* o fase de desagregacion del núcleo; 2.º la *Metafásis* o estado intermedio, sumamente corto; 3.º la *Anafásis* o fase de reconstitucion del núcleo.

Estudiaremos por separado estos diferentes estados:

1.º ESTADO.—*Profásis*.—Durante este período tienen lugar los siguientes fenómenos:

a) En el *Núcleo*.—La membrana nuclear desaparece, el nucléolo se hace invisible i la sustancia figurada se dispone en forma de filamento cromático que se fracciona en pedazos en forma de U denominados segmentos nucleares o *cromosomas*, llamando la atencion el que su número varía entre una i dos docenas (12 a 24) i el que este número es siempre igual en los animales de la misma especie (24 en el hombre). Estos cromosomas, dispersos primitivamente, no tardan en cambiar de posicion, pues se sitúan al rededor del centro del núcleo, agrupándose regularmente en estrella, en la cual las ramas libres de los trozos cromáticos miran hácia afuera i los ángulos de los mismos se dirijen hácia el centro. (Fig. 19, A, B, C).

b) En el *Centrosoma*.—Este aparece rodeado de una aureola de protoplasma diferenciado en finos filamentos claros, dispuestos en radios al rededor del centro (=as-

trofera o *esfera de atraccion*), i se divide en dos, resultando los *diplosomas* o puntos alejados 90° del lugar ocupado al principio por el Centrosoma primitivo. (Figura 19-B).

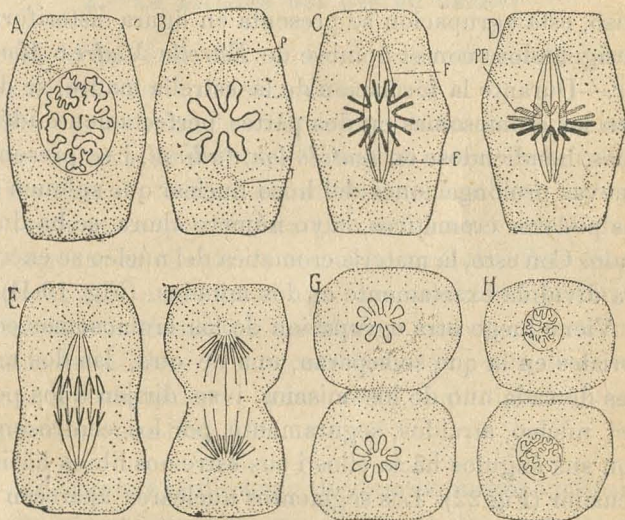


Fig. 19

Fases sucesivas de la *carioquinésis* (MATÍAS DUVAL)

2.º ESTADO.—*Metafásis*.—Una vez que los centrosomas han alcanzado los puntos opuestos, o *polos* del núcleo, aparecen en conexión por medio de numerosos filamentos finos o prolongaciones acromáticas que, naciendo de aquéllos, van a unirse con los cromosomas ecuatoriales i a formar en conjunto el *huso nuclear acromático*. En este momento, la figura nuclear se compone, pues, de 3

partes: 1.º los *polos*, comprendiendo, cada uno, un *centrosoma*; 2.º el *huso nuclear* acromático, formado de filamentos que van sin interrupcion de un polo al otro, i 3.º los *cromosomas*, dispuestos regularmente en círculo alrededor del ecuador del huso. Visto por encima del huso, esta agrupacion se presenta en figura asteriforme, designándose con el nombre de *Estrella Madre* o *Monaster*.—Durante la formacion de la estrella madre, se dividen los cromosomas en dos partes perfectamente idénticas, hendiéndose en *sentido longitudinal*, i se presentan nuevas prolongaciones del huso nuclear que se unen con los pedazos cromáticos, cuyo número ahora se ha duplicado. Con esto, la materia cromática del núcleo se encuentra dividida exactamente en dos mitades. (Fig. 19-D).

Viene luego otra agrupacion de los cromosomas ecuatoriales en la que se separan, una de otra, las dos mitades de cada uno de los mismos i se dirijen a los polos del núcleo, atraídos, seguramente, por los centrosomas, con sus ángulos hácia ellos i sus extremos libres hácia el ecuador (Fig 22). Los segmentos nucleares aparecen entonces bajo la forma de *dos estrellas hijas* i la figura nuclear se llama *Diaster*.

3.^{er} ESTADO.—Anafásis.—Los fenómenos que tienen lugar en este estado constituyen la *reconstitucion del núcleo*. Los cromosomas de cada estrella polar se unen, tomándose por sus extremos, para formar la sustancia figurada o cromatina que vuelve a su estado de reposo; los hilos acromáticos del huso nuclear empiezan por disminuir en número i concluyen por anularse, los nucléo-

los aparecen, una nueva membrana nuclear se forma, i así los núcleos parciales ofrecen luego las mismas particularidades de forma, tamaño i estructura que el primitivo. (Fig. 19-G i H).

2.—La Division del Cuerpo Celular

Todo lo que tiene de complicado la division del núcleo, tiene de sencillo la division de la célula.

Miéntas en el núcleo tienen lugar los últimos cambios vistos, se inicia la division del cuerpo entero de la célula en direccion de la línea del ecuador de la misma por medio de un surco que comienza en un punto i se estiende rápidamente en círculo en torno de la célula. Este surco se profundiza mas i mas i concluye por cortar la célula madre en dos elementos anatómicos nuevos, provistos, ademas del núcleo, de un centrosoma que va a dividirse en dos inmediatamente, unas veces, i al iniciarse la carioquinésis otras (Fig. 19).

—En cuanto a la duracion de la carioquinésis o mitósis, se sabe que es menor en las células de los animales de sangre caliente que en las de los de sangre fria, variando en los primeros, entre media i una hora i en los segundos, entre hora i media i cinco horas.

La anterior descripcion de la carioquinésis da idea de la complicitad del fenómeno de la division celular, en virtud de la cual la sustancia del núcleo se reúne en un largo hilo cromático i se parte longitudinalmente, despues de fraccionarse en cromosomas, etc.; todo lo cual encuentra su explicacion en el hecho de que con ello se consi-

que una reparticion rigurosamente exacta de la sustancia nuclear, porque así las células que resultan de la division van a encerrar una cantidad equivalente de cromatina que contiene todos los caractéres hereditarios que los elementos anatómicos transmiten de jeneracion en jeneracion. Hablando CONN del objeto esencial de este complicadísimo fenómeno carioquinético, se espresa del modo siguiente: «Como el hilo de cromatina consiste en una serie de unidades, cada una de las cuales representa ciertos caractéres hereditarios, claro es que la division del hilo dará oríjen a una doble serie de hilos iguales todos. Si se verificara a traves del hilo, las dos partes serian desiguales. Pero, haciéndose en sentido longitudinal, esta unidad se divide en el hilo exactamente por la mitad, resultando medio hilo que contiene el mismo número de unidades similares que el otro medio e igual al que poseia el microsoma primitivo. Estas divisiones duplican la cifra de cromosomas sin ocasionar diferenciacion en el material».

—Ya sabemos que si las células representan un organismo elemental, de su simple division directa resulta un animal unicelular o Protozoo que desempeña todas las funciones de la vida; al paso que si aquellas forman parte integral de un animal metazoo, la biparticion, casi siempre indirecta, hace aumentar el número de las células durante el período de crecimiento, i repone las que se han gastado despues de haber desempeñado una funcion fisiológica determinada. De aquí que la multiplicacion celular sea tan activa en los primeros tiempos de la existencia para producir el aumento rápido del volúmen

total del cuerpo i que continúe la formacion de células despues de haber adquirido el animal su desarrollo definitivo para asegurar la conservacion de los tejidos adultos vivos, cuyos elementos anatómicos muertos se alejan del organismo de dos maneras diferentes; a saber: ya de un modo que pueden apreciar nuestros sentidos, como ocurre con la epidérmis, cuyas células de formacion nueva i continúa en la capa inferior, rechazan delante ellas las partes viejas que se desprenden i caen por razonamiento exterior, o mediante un movimiento interior de descomposicion que trae por resultado la desagregacion en partículas mui finas de las células que así son reabsorbidas por los glóbulos blancos de la sangre i espulsadas al exterior por los aparatos glandulares, principalmente por los órganos urinarios.

—Terminaremos diciendo que muchos fisiólogos admiten la idea de que, por estos medios jenerales, todos los materiales del cuerpo entero del animal adulto se renuevan por completo en un período de mayor o menor duracion, segun las especies, al fin del cual no quedaria en el organismo ninguna de las sustancias de que primitivamente se compone, i todo esto sin que haya un cambio notable de la forma esterna i de la estructura interna, i sólo acompañado el fenómeno jeneral de un aumento de volumen en algunas partes, que continúan creciendo hasta la vejez, como ocurre, en nosotros, en las uñas i los pelos.

RESÚMEN

Recapitulando los principales hechos descritos en la **ELEMENTOLOGÍA**, se tiene que la **Célula completa**, poco frecuente en el animal, consta de 4 partes: *Membrana*, *Protoplasma*, *Núcleo* i *Centrosoma*.

Célula completa	1.º	Parte diferenciada del protoplasma Falta con frecuencia en la célula animal i nunca es dura, para facilitar los movimientos enérgicos i rápidos del organismo i sus partes.
	<i>Membrana</i>	La <i>cutícula</i> i la <i>cápsula</i> , etc., de los Protozoos son producciones membraniformes inertes, diferentes de la pared celular típica.
	2.º	Cuerpo químico complejo i variable (C, H, O, N, S, P). Materia <i>sui-jeneris</i> , donde tiene su asiento la vida o permanente trasformacion i traslacion que se verifican en los átomos del cuerpo.
	<i>Protoplasma</i>	Formado por la sustancia figuda o <i>esponjio-plasma</i> i la sustancia homojénea o <i>hialoplasma</i> .
	3.º	Constituido por la <i>membrana nuclear</i> , el <i>jugo nuclear</i> , el <i>filamento cromático</i> i el (o los) <i>nucleólo</i> . Su sustancia coagula por los ácidos i fija las materias colorantes, haciéndose así claramente visible.
	<i>Núcleo</i>	
	4.º	Pequeñísimo corpúsculo sólido que puede hacerse visible por la tincion. Desempeña importante papel en la <i>carioquinesis</i> o division indirecta del núcleo, dirigiendo por sí sólo sus principales fases (Profásis, Metafásis i Anafásis).
	<i>Centrosoma</i>	Frecuente en los animales inferiores.

B.—HISTOLOGÍA

O

ESTUDIO DE LOS TEJIDOS

Las células, que toman su oríjen en la division sucesiva del elemento anatómico primordial, son primero homojéneas, pero no tardan en diferenciarse las unas de las otras, modificándose de diversa manera para formar agregaciones celulares que se llaman *tejidos*. Tenemos, pues, que la formacion de éstos en los animales está basada, lo mismo que en las plantas, en la *multiplicacion* i *diferenciacion* de los elementos anatómicos, dándose el nombre de tejido a la *agrupacion de células semejantes por su forma, por el carácter de su membrana i de su contenido protoplasmático, que se unen entre sí parcial o totalmente por su parte esterna, i que están destinadas a desempeñar la misma funcion.*

Los tejidos animales que vamos a estudiar son de dos clases, atendiendo a la division que de los mismos hace БИЧАТ. De un lado, los *tejidos vejetativos* que desempeñan un papel pasivo en el organismo, sirviendo para la nutricion, i que a su vez pertenecen a dos sistemas: o le constituyen células notablemente desarrolladas i unidas entre sí por una materia intercelular apénas perceptible

por su escasa cantidad (*=tejidos del Sistema Epitelial*), o constan de células poco o nada trasformadas i unidas por una sustancia intercelular mas o ménos abundante i en distintos estados de agregacion (*=tejidos del Sistema Conjuntivo*). De otro lado, los *tejidos animales* que toman parte directa en las manifestaciones de la vida animal, es decir, que están destinados a la locomocion i a la sensibilidad, i comprenden los formados de células que perdieron su forma ordinaria isodiametral para afectar la de *fibras*, como son los incluidos en los *Sistemas Muscular i Nérveo*.

—De todas estas categorías de tejidos hemos de ocuparnos, siguiendo el orden que dejamos estampado, pero sin entrar en detalles que no convienen a nuestros propósitos.

A.—SISTEMA EPITELIAL

Los tejidos comprendidos en este sistema se llaman **epitelios** i se caracterizan por ser mui abundantes en células i sumamente escasos en materia intercelular.

—Las *células epiteliales* son de contornos bien marcados, jeneralmente rectilíneos, i su forma, que en su oríjen es redondeada, varía despues mucho, comprimiéndose longitudinalmente para alargarse en el sentido de su eje mayor (*=Cilíndricas*), o estendiéndose en superficie para disminuir en espesor (*=Pavimentosas*).

—La *materia intercelular* de los epitelios o *cemento epitelial*, que en estado semi-fluido rodea las células, se halla en tan pequeñísima cantidad que apenas es percep-

tible i casi podria decirse, estas están unidas entre sí de un modo inmediato; dicho cemento se reseca i endurece despues paulatinamente para aumentar la union entre las células.

—Los tejidos del sistema epitelial se hallan mui esparcidos en el organismo humano; constituyen a veces por sí solos seres organizados, como sucede en los Metazoos Inferiores o Gastrulados (Celenterados), i en el primer estado de la vida embrionaria de los Metazoos Superiores o Celomates se ven sólo Epitelios.

—Los Epitelios se clasifican, atendiendo a la forma celular, a la disposicion *estratificada* o no *estratificada* i a su funcion fisiológica.

—Respecto de la forma, se dividen en *Epitelio Cilíndrico*, que es *Vibrátil* cuando presenta pestañas, i en *Epitelio Pavimentoso*, que tambien se llama de *plancha*.

A.—El **Epitelio Cilíndrico** consta de células alargadas comparables a las palizadas de una hoja. Estas células afectan jeneralmente la forma de un cono truncado cuya base es su cara libre i cuya parte truncada descansa sobre la membrana del órgano que el tejido recubre; todas tienen núcleo con su correspondiente nucléolo, i los espacios que quedan entre ellas están ocupados por células nuevas de forma redondeada que están destinadas a renovar las cónicas gastadas.

Este epitelio cilíndrico se encuentra en el tubo digestivo, desde la entrada del estómago hasta el ano, i en los conductos escretorios de casi todas las glándulas.

B.—El Epitelio Vibrátil sólo se diferencia del cilíndrico por las pestañitas o filamentos mui finos que presentan las células cónicas (=planas en la caja del tímpano) en su cara libre (Fig. 20). Si la *célula epitelial vibrátil* presenta una sola pestaña, tal como vemos en la pared interna de las cámaras flajeladas de las esponjas, recibe el nombre de célula *flajelada*, i cuando hai un número ma-

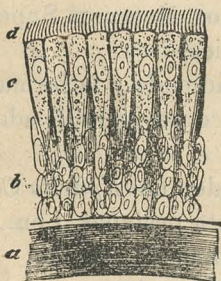


Fig. 20

Tejido Epitelial Vibrátil:

- a, superficie de tejido conjuntivo recubierto por el epitelio;
- b, capa profunda de células epiteliales nuevas;
- c, capa exterior de células epiteliales con sus pestañas vibrátiles, d.

yor, que es jeneralmente de 20 por cada célula, se llama ésta *ciliolada*; i ciliolado es el epitelio que por su reunion se forma (Fig. 20).

Las pestañas, que están en comunicacion con protoplasma vivo, se encorvan i enderezan continuamente de un modo mui rápido i producen así un movimiento vibrátil, independiente de todo influjo nervioso i cuya direccion varía segun el papel que desempeña en cada caso el epitelio.

Por lo demas, la vibracion de las pestañas puede repetirse hasta 300 veces en un minuto i es fácil observarlo a la simple vista, introduciendo en el interior del esófago de una rana una varilla de vidrio, en cuyo caso se

vé que aquel avanza por la accion de los cilios vibrátiles, que obran como otros tantos piés microscópicos (1).

El epitelio vibrátil se presenta en nuestro cuerpo en las vías respiratorias, en la cavidad del tímpano i en la trompa de Eustaquio o conducto estrecho que pone en comunicacion el oído medio con la garganta, i en diferentes puntos del aparato jenerador masculino i femenino. En todas estas partes el epitelio vibrátil hace el oficio de escobitas que determinan la corriente en un sentido del aire o del líquido que lo baña para evitar la acumulacion de cuerpos estraños en los órganos o facilitar el trasporte de los espermatozoides i óvulos. I, si se considera el epitelio vibrátil que se encuentra en el exterior del cuerpo de los evertebrados acuáticos, se ve que en los animales pequeños i libres, como los infusorios, tenóforos i rotíferos, sirve para la locomocion, i en los grandes, como los moluscos i esponjas polizóicas fijas, está destinado a producir la corriente líquida que conduce el agua a las branquias i a las cámaras flajeladas.

C.—El **Epitelio Pavimentoso**, compuesto de células poligonales, es el mas comun, encontrándose tanto en el interior como en el exterior del cuerpo animal. En el interior, vemos dicho epitelio en forma simple en las pare-

(1) No se prestan para el experimento los animales de sangre caliente, porque el movimiento vibrátil solo tiene lugar en ellos a una temperatura equivalente a la del animal, de modo que es necesario calentar la preparacion.

des internas de los vasos sanguíneos i, en forma de capas superpuestas, se observa principalmente en la boca, en la garganta, en el esófago i en ciertas partes del aparato generador, al paso que en el exterior, se presenta siempre estratificado, constituyendo la *epidérmis*.

—Si los epitelios están formados por una sola capa de células, como se ve en la *epidérmis* de los Evertebrados, se dice que son *simples* o *no estratificados*; i se les asigna la denominacion de epitelios *estratificados*, cuando se hallan constituidos por varias capas justapuestas, como ocurre en la *epidérmis* humana i la de todos los vertebrados.

A.—El mayor número de los **Epitelios Simples** engruesan la cara libre o esterna de sus células hasta formar una cubierta superficial continua llamada *Cutícula*, producto de secrecion sólida que de ordinario es poco aparente; pero puede alcanzar un considerable espesor i cierto grado de dureza, como vemos cuando aparece en forma de dermo-esqueleto de *quitina* (= *Artrópodos*). La cutícula muestra en este caso una estratificacion paralela a la superficie, que resulta del depósito sucesivo de diversas capas, entre las cuales resultan finos poros que ponen en comunicacion a las células profundas con el exterior, i en su composicion entra a veces una proporcion mas o ménos grande de sales inorgánicas (= *Crustáceos*).

La misma significacion de producto de secrecion de la *epidérmis* simple se asigna a la *túnica* de *celulosa* no azoada que recubre la piel de las *Ascidias* i demas Protovertebrados Urocordados (*Tunicados*).

La materia orgánica que constituye la cutícula en los Moluscos se llama *conchiolina* (1).

B.—El objeto de la cutícula se obtiene en los **Epitelios Estratificados** por una modificación de la capa superior, que se pone dura, seca, *córnea* i, cuyas células muertas se pierden constantemente, desprendiéndose en forma de escamitas por destrucción mecánica (descamación de la epidérmis),—mientras que por debajo son reemplazadas por otras nuevas células que se forman en la capa profunda llamada *estracto germinativo* o *capa de Malpighi*.

En esta capa viva profunda de la epidérmis, tienen su asiento las llamadas *células pigmentarias* o *cromatóforos*, que producen en los negros el tinte particular de su piel, como en los blancos esas manchas pardas llamadas *lunares* i *pecas* i aquellas coloraciones oscuras que presentan en ciertas partes de su cuerpo, como en los pezones mamarios, en el escroto o membrana que envuelve los testículos i en los bordes del ano.

—Atendiendo a la función fisiológica, se dividen los epitelios en *protectores*, *glandulares* i *sensitivos*. Prescindiendo de estos últimos, cuyas células epiteliales *sensoriales*, deben ser descritas con los órganos de los sentidos, pasaremos revista a cada uno de ellos.

A.—Los **Epitelios Protectores**,—llamados también *de revestimiento*,—forman las capas que recubren las superficies libres del cuerpo, o sea, la piel i el tubo digestivo,

(1) En las tortugas el carapacho está formado por una capa córnea (epidérmis) i capas óseas cutáneas que son de tejido fibroso osificado.

i tapizan tambien las cavidades cerradas del organismo, las que no están en comunicacion con el exterior, como por ejemplo, las de las membranas que envuelven el cerebro i los vasos sanguíneos.

Cuando el epitelio cubre la superficie exterior del cuerpo, adquiere cierta dureza i recibe el nombre de *epidérmis* i si reviste los órganos interiores, conserva su primitivo carácter de blandura, denominándose entónces *epitelio* i *endotelio* (=cavidades cerradas).

La EPIDÉRMIS representa el epitelio protector típico i en los vertebrados es mui gruesa en comparacion de los otros epitelios, pasando a veces de 5 milímetros de espesor en algunas partes del cuerpo, como la planta de los piés, i sobre todo en los *callos* o durezas formadas en los puntos espuestos a frecuentes presiones.

A la epidérmis se agregan a veces producciones accesorias, como, por ejemplo, los *pelos* i las *uñas*.

—Los *pelos*,—que cubren en forma de *vello* toda la superficie del cuerpo, con escepcion de algunas partes, como la palma de las manos i la planta de los piés,—son filamentos córneos, flexibles i elásticos i se hallan implantados en una depresion o vaina llamada *fóliculo piloso*, en cuya composicion entran tanto la epidérmis como el dérmis. Se componen del *tallo* o parte libre que se prolonga sobre la piel, i de la *raiz* o parte oculta que se hunde en la misma. Esta raiz se ensancha en su estrechidad inferior, constituyendo el *bulbo del pelo*, que contiene en su base una prolongacion dérmica, la *papila*, la cual recibe los vasos sanguíneos nutricios i el nervio de sensibilidad.

En los lados del folículo se inserta el *músculo eréctil* u *horripilador*, que parte oblicuamente de la capa superior del dermis i cuya contraccion produce el *erizamiento del pelo* i la *horripilacion* i favorece ademas la es-
 crecion del producto de las glándulas sebáceas (Fig. 21);

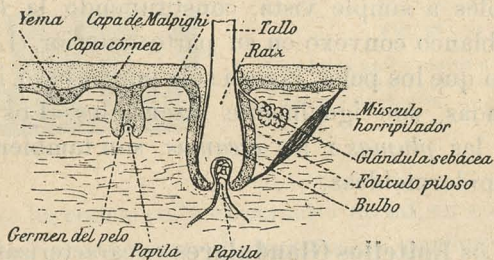


Fig. 21

Pelo, sus partes i anexos. (GAUSTIER)

de este músculo eréctil carecen los pelos de las piernas i de la *nariz*. Finalmente, alrededor de cada folículo piloso desembocan 2 a 5 *glándulas sebáceas* que untan el pelo de una materia grasa.

En un corte trasversal el pelo presenta células dispuestas en tres capas concéntricas: la interna o *sustancia medular*, la capa media o *sustancia cortical* provista de pigmento que da el matiz al pelo i la capa esterna delgada i escamosa, formada de células ramificadas i que representa su *epidérmica*. En la base del pelo de algunos animales se encuentran terminaciones nerviosas que comunican al mismo gran sensibilidad (bigote de los gatos, pelos de los patajones de los quirópteros).

—Las *uñas* son placas córneas, elásticas i transparentes, que están encajadas en el dérmis del lado superior de la última falange de los dedos. Se componen de una parte productora o *matriz de la uña*, i de una parte producida, que es la uña propiamente dicha; la primera nombrada, que se llama tambien *dérmis periunguiat*, tiene sus límites visibles a simple vista, constituyendo la *lúnula* o espacio blanco convexo en su parte anterior. Las uñas, lo mismo que los pelos, crecen sólo por su base, i, enteras i recortadas, son igualmente insensibles. Los *cascos* i *cuernos*, las *plumas* i las *escamas*, son tambien formaciones epidermoídeas.

B.—Los **Epitelios Glandulares** se caracterizan porque sus células poseen la facultad de producir i de secretar sustancias líquidas que se utilizan en el organismo (=secreciones) o son eliminadas del cuerpo (=escreciones).

—Las células epiteliales que pasan a ser *glándulas* se distinguen de las demas, en su mayor sencillez, por su forma mas o ménos notable i porque dan salida a los productos, elaborados por su protoplasma, por una abertura mas o ménos grande de la superficie libre de su pared; en el otro extremo de la célula, queda el escaso contenido protoplasmático con el núcleo, de modo que forman así una especie de cáliz. Esta clase de *glándulas unicelulares* es frecuente en los animales evertetrados i se observa en el intestino delgado i grueso de los vertebrados, en forma de *células caliciformes*, representando, en este caso, elementos anatómicos aislados del epitelio cilíndrico simple, que fabrican una sustancia

llamada *mucus*. A tal categoría de glándulas unicelulares pertenecen las llamadas *cápsulas urticantes* de los Ctenoterados, que, como se sabe, sirven de armas defensivas a los mismos.

—Se complica la estructura de la glándula por su *formacion pluricelular* i hundimiento debajo de la capa epi-

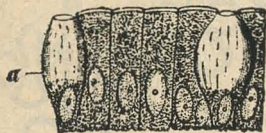


Fig. 22

Glándulas unicelulares o células caliciformes (a) del epitelio intestinal de un vertebrado.

télica, que ha conservado el carácter de tal, en cuyo caso, las células productoras de sustancias particulares, se distinguen de las otras destinadas a poner en relacion a aquéllas con el nivel del epitelio, constituyendo así el canal llamado *conducto escretor*, que comunica la glándula con el exterior para dar salida al producto por un orificio especial.

—Como las glándulas son porciones metamorfoseadas de epitelios que secretan ciertas sustancias químicas (1),

(1) Si se consideran las glándulas como *órganos*, hai que decir que contienen, además de las células epiteliales trasformadas, tejido conjuntivo que sirve a éstas de sostén, vasos sanguíneos i nervios que suministran los materiales para la fabricacion de las secreciones i regulan el funcionamiento de las mismas, respectivamente.

La clasificacion de las glándulas mas jeneralmente admitida es la siguiente:

I. *Glándulas Unicelulares* o *células caliciformes*.

hai algunas que se abren al exterior del cuerpo, en la parte inferior de la capa córnea de la epidérmis, i otras que se comunican con la superficie interior del tubo digestivo.

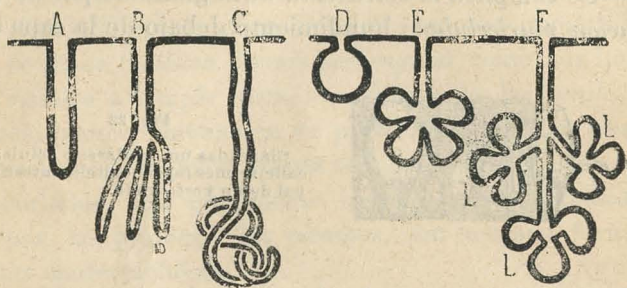


Fig. 23

Diversas formas de glándulas: A-C, *Glándulas tubulosas*, (A, en tubo simple; B, en tubo ramificado; C, en tubo apilotonado; F-D, *Glándulas racimosas* (D, glándula racimosa simple; E, glándula racimosa compuesta de un sólo grupo de vesículas; F, glándula racimosa compuesta de varios grupos de vesículas) (PERRIER).

Entre las glándulas exteriores del cuerpo humano figuran: 1.º las *Glándulas Sebáceas* o glándulas de los folículos pilosos (Figura 21) en forma de tubos.

II. *Glándulas Pluricelulares.*

Estas últimas se dividen en:

1. Glándulas *Tubulosas* o en forma de saco, que pueden ser: a) *sencilas*, como las del sudor, o b) *compuestas*, como la del hígado.

2. Glándulas *Acinosas* o en forma de racimo, que tambien pueden subdividirse en: a) *sencilas* o con un sólo grupo de cavidades, como las mucosas, i en b) *compuestas* o con varios grupos de cavidades que tienen un sólo conducto escretor, como las salivales i las lagrimales.

ciegos, cortos i ramificados, que tienen por objeto lubricar la piel para aumentar su impermeabilidad (1), i 2.º, las *Glándulas Sudoríparas* que se distinguen de las sebáceas por representar un tubo o saco mucho mas alargado, sencillo i replegado sobre sí mismo en forma de ovillo en su parte profunda, cuyo producto de secrecion es el *sudor*, liquido que, a la vez de enfriar el organismo, sirve para eliminar ciertos productos (Fig. 23-C).

Como ejemplos de esta misma clase de glándulas que vierten al exterior diversos líquidos en los Vertebrados, pueden citarse tambien las de la seda de ciertas Mariposas i Arañas, las del Pulgon de la rosa i las de los Moluscos Cefalópodos.

Al número de las glándulas interiores del cuerpo pertenecen las que presentan un grado mayor de complicacion, como son: 1.º, las *Glándulas Salivares* (Fig. 23-F), que tiene la forma de racimo de uvas, cuyos granos huecos representarían las vesículas secretoras, i cuyo pedúnculo principal sería el canal escretor comun; en el hombre existen 6 i están situadas a los lados de la mandíbula inferior (2 *sub-maxilares*), bajo la lengua (2 *sub-linguales*) i hacia las orejas (2 *parótidas*); segregan *saliva*, la que contiene un principio denominado *tialina*, dotada de la propiedad de convertir el almidon en azúcar; 2.º, las *Glándulas Pepsiníferas* o *pépticas* del estómago, que tienen la misma forma de las sebáceas, aunque algo mas complicada por estar subdivididas sus estremidades cie-

(1) Por esto se encuentran en todos los puntos de ésta, excepto en la palma de las manos i en la planta de los piés.

gas (Fig. 23), i producen el *jugo gástrico*, líquido incoloro compuesto principalmente de *agua*, ácidos láctico i clorhídrico, i *pepsina*, principio que dijiere los alimentos *albuminosos*, trasformándolos en *peptona*; 3.º, el *Páncreas* o glándula mui grande, en racimo i situada detras del estómago, entre el bazo i el duodeno, porcion intestinal en que se vierte su líquido o *jugo pancreático* que tiene una accion dijestiva tanto sobre los alimentos farináceos como sobre los albuminosos i las grasas; 4.º, el *Hígado*, que es la glándula mas voluminosa de nuestro cuerpo i generalmente considerada como perteneciente a las llamadas tubulosas compuestas, siendo en realidad una glándula *sui-jeneris*, por su forma i estructura complejas; produce la *bílis* o *hiel* i la acumula en la *vesícula biliar*, derramándose en el intestino, en el mismo punto que el jugo pancreático, mediante el *canal colédoco*; la bílis fresca es amarilla, emulsiona las grasas e impide la putrefaccion de las sustancias contenidas en el intestino; i 5.º, las *Glándulas de Lieberkühn* o *Glándulas del Intestino Delgado*, en forma de simple tubo ciego de 0,1 mm apénas de largo, pero cuyo número se hace subir a 50.000,000, situadas en los pequeños espacios de las *vellosidades intestinales* (=cuerpos destinados a la absorcion del *quilo*) i encargadas de secretar el *jugo intestinal* o *entérico*, que transforma el azúcar ordinario o *sacarosa* en una *glucosa* trasportable i asimilable conocida con el nombre de *azúcar intervertido*.

Cuadro resumen del Sistema Epitelial

Los Epitelios se clasifican en...	A.— <i>Protectores</i>	Células largas sin pestañas..... 1 E. Cilíndrico
		Células largas con pestañas..... 2 E. Vibrátil
		Células mas anchas que largas. 3 E. Pavimentoso
	B.— <i>Glandulares</i>	

B.—SISTEMA CONJUNTIVO

A la inversa del epitelial, el sistema conjuntivo se caracteriza por comprender un gran número de tejidos que se encuentran en el interior del organismo, i en los cuales las células son de una importancia secundaria al lado de la materia intercelular (*sustancia fundamental*) que adquiere gran desarrollo, formando la masa principal.

Estando constituidos por células poco trasformadas i reunidas por una sustancia intercelular, la diversidad que presentan los tejidos conjuntivos se manifiesta por la forma i el contenido de los elementos anatómicos i principalmente por la variacion en estructura de la materia fundamental que puede ser semi-líquida i sólida, segun los fines que ha de cumplir en el organismo, como el de llenar las cavidades, unir i envolver otros tejidos i servir de sostén a las partes blandas, contribuyendo a la formacion del esqueleto.

Como es mui grande la variedad de los diferentes tejidos de la calidad conjuntiva, sólo daremos una caracte-

rística jeneral de los mas importantes. Estos pueden agruparse de la siguiente manera:

I.—Tejidos de sustancia conjuntiva semi-sólida.

II.—Tejidos de sustancia conjuntiva sólida.

I.—Tejidos Conjuntivos de la Sustancia Intercelular Semi-sólida

Se incluyen en esta categoría las siguientes formas del sistema conjuntivo:

1.º TEJIDO CONJUNTIVO FIBROSO; 2.º TEJIDO CONJUNTIVO ELÁSTICO; i 3.º TEJIDO CONJUNTIVO ADIPOSO

I.—Tejido conjuntivo Fibroso

1.—Caráctères Jenerales.—Es el tejido de la sustancia conjuntiva de mayor representacion en el cuerpo de los vertebrados, por lo que se conoce mas con el nombre de tejido conjuntivo ordinario o propiamente dicho.

Lo constituyen elementos anatómicos isodiametrales o *células* i una sustancia fundamental abundante, formada por un sinnúmero de *fibras* de diversa naturaleza.

a) *Células conjuntivas*.—Son irregulares, poligonales, sin prolongaciones o estrelladas i sumamente aplastadas porque tienen que adaptarse a los espacios estrechos existentes entre las fibras de la sustancia conjuntiva. El protoplasma que rodea el núcleo de las células conjuntivas puede cargarse de granulaciones coloreadas, llaman-

dose entónces *células pigmentarias* o *cromatóforos*. Estas células, caracterizadas por su aspecto asteriforme (Fig. 7) i coloracion especial, son mui comunes en los animales inferiores (moluscos cefalópodos) i raras en el hombre, donde se le encuentra, por ejemplo, en la coróides, especialmente en el íris de los ojos, siendo la causa del diverso tinte que presentan los llamados *negros*, *pardos*, *grises*, *azules*, etc. A las células típicas de este tejido se agregan *leucocitos* o glóbulos blancos que se les designa con el nombre de *células migratorias* para distinguirlas de aquéllas, llamadas *células fijas*.

b) *Sustancia conjuntiva*.—Es fibrilar o de aspecto estriado por las *fibras* que contiene. Estas *fibras conjuntivas*, cuya disposicion varía, son estremadamente finas, blandas, flexibles, poco estensibles, por lo jeneral onduladas o paralelas entre sí, no se anastomosan nunca, pero en los vertebrados se juntan para formar haces, que se presentan simplemente en contacto o bien cruzados unos a otros irregularmente, sin soldarse, como en el dérmis; se disuelven i convierten en *cola* (1) por el calor, i se fijan i endurecen bajo la accion del ácido tánico, en cuyo caso resisten mucho la putrefaccion, propiedad esta última que tiene su aplicacion en el curtido de las pieles. Ademas, se hinchan i son atacadas por otros ácidos i por los álcalis.

Mezcladas con estas fibras conjuntivas ordinarias o comunes, se encuentran jeneralmente otras, llamadas

(1) La *cola* del comercio i el *colapiz*, resultan de hacer hervir las fibras del tejido conjuntivo de los mamíferos i peces, respectivamente.

elásticas, de espesor variable i sobre las cuales no tienen la misma accion los reactivos que sobre aquéllas.

Entre todas las partes del tejido conjuntivo se hallan pequeñas lagunas ocupadas por un líquido intercelular, que sirve para la alimentacion de sus elementos formativos i procede de la sangre (Fig. 24).

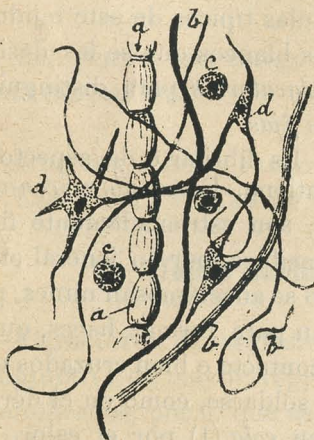


Fig. 24.

Esquema de los elementos formativos del tejido conjuntivo:

- a*, haces de fibras conjuntivas;
- b*, fibras elásticas;
- c*, células emigrantes;
- d*, células fijas.

El tejido conjuntivo propiamente dicho varía mucho de consistencia, presentándose unas veces muy blando i suave, como membrana, v. gr. el *dérmis*, o materia de relleno (*=tejido conjuntivo laxo* o *sin forma*), i otras veces, fuerte i resistente (*=tejido conjuntivo tendinoso*) como en los tendones, por ejemplo, compuestos casi exclusivamente de este tejido.

Al tejido conjuntivo ordinario pertenecen la mayor parte de las membranas de nuestro cuerpo: así, el *dérmis*, *cútis* o capa inferior de la piel i lo que á ésta corres-

ponde en la pared intestinal i demas cavidades internas, se componen de tal variedad de la materia conjuntiva, que sirve tambien para unir unos órganos con otros, o entre sí las partes de éstos, dando nacimiento a un sinnúmero de tejidos secundarios.

2.—Variedades del Tejido Conjuntivo Ordinario.—

Entre los tejidos secundarios que representan parte del tejido conjuntivo ordinario, que se han quedado en un grado inferior de desarrollo, merece mencion especial el *tejido celular*, de elementos anatómicos mas o ménos redondeados i cuya materia intercelular es insignificante, estando reducida a un mínimo, de tal modo, que dicha variedad se parece grandemente a un parenquima vegetal. Consta de tejido celular la cuerda dorsal de los Vertebrados i Protovertebrados i se observa de un modo fijo en el cuerpo de los demas animales.

De la variedad celular dicha, se pasa insensiblemente a otra modificacion llamada *tejido jelatinoso* o *mucoso*, en el cual la sustancia fundamental, homogénea, mui rica en *muscina* i agua i de aspecto hialino o trasparente, es mucho mas abundante, i las células, poco numerosas i redondeadas en el reposo, adquieren ya prolongaciones. A veces la materia conjuntiva contiene unas pocas fibras aisladas i firmes que le dan mayor resistencia. Tal forma de tejido conjuntivo se encuentra en el cuerpo vítreo, en la pulpa dentaria i en el cordon umbilical de los embriones mui jóvenes de los Vertebrados, i es mui jeneral en los Evertebrados, especialmente en los Celenterados i en los Moluscos.

2.—Tejido conjuntivo Elástico

—El tejido conjuntivo elástico presenta sus *células*, pequeñas como las del tejido precedente, esparcidas en la *sustancia conjuntiva*, que aparece jeneralmente en forma de una *red de fibras*, porque éstas—que resisten a los reactivos que atacan las fibras del tejido conjuntivo ordinario i se convierten por el calor en una sustancia lla-

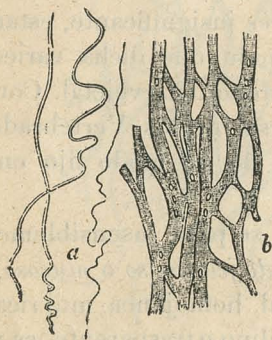


Fig. 25

Tejido conjuntivo elástico:

a, fibras;

b, redes.

mada *elastina*, distinta químicamente de la cola i con las propiedades físicas del elastico o liga—muestran una tendencia a la *anastomosis* i a la formacion de *cordones* i *membranas* que tienen mucha fuerza i pueden estirarse en la direccion longitudinal de sus filamentos i recobrar su estension i figura primitivas cuando cesa la causa mecánica que se las quita, de donde le viene el calificativo con que se le designa (Fig. 25).

—Es difícil observar el tejido elástico aislado, sin mezcla, porque acompaña siempre a otros tejidos, especialmente al conjuntivo ordinario. Donde mas puro i abundante se presenta dicho tejido, es en las paredes de las arterias, cuya membrana media está formada por el mismo; en los ligamentos, que unen la larinje con la tráquea, en el tejido pulmonar i en los llamados ligamentos amarillos de la columna vertebral. Es digno de recordar tambien que la particularidad observada en la boca de los ofidios de ser en extremo dilatable, resulta principalmente de la union de las dos ramas de la mandíbula inferior por medio de un ligamento estensible.

3.—Tejido conjuntivo Adiposo

—Las *células* de que consta son de gran volúmen, de modo que ocupan la principal masa del tejido; afectan, ademas, una forma redondeada, tienen una membrana sumamente fina, pero bien distinta, protoplasma escaso i un núcleo de figura elíptica, visible claramente por procedimientos artificiales i colocado siempre a un lado por efecto de la grasa líquida que, en forma de una gran gota o vacuola, se presenta en el interior de la célula, llenando casi todo su lúmen (Fig. 1).

—Estas células grasas se hallan jeneralmente reunidas en grupos en una malla de la *sustancia fundamental conjuntiva fibrosa*, formando *bolitas* que se juntan para constituir *lóbulos* i éstos, a su vez, las *masas* mas grandes de grasa del cuerpo animal.

—El tejido adiposo aparece en nuestro cuerpo, ya sea

acompañando al tejido muscular, como vemos en la carne, que lo contiene en los intersticios de los músculos, principalmente en los puntos en que caminan los vasos sanguíneos i nervios gruesos, ya al tejido óseo en forma de *médula* en los huesos i que se llama *tuétano* cuando se encuentra en los grandes huesos largos i *médula fetal roja* si se considera la que reside en la niñez i ademas la que encierran los huesos cortos i medianos; pero en donde el tejido adiposo se halla mejor representado es debajo de la piel, constituyendo aquí la capa adiposa o *panículo adiposo* que en algunas partes de nuestro cuerpo, como en la planta de los piés, en el abdómen, las nalgas, los pechos i las mejillas (=cojinete de Bichatt) presenta un espesor considerable, de mas de dos centímetros a veces. Ademas, se ve que la grasa se deposita con facilidad en forma de grandes masas alrededor de los riñones i del corazon, en el mesenterio o parte del peritoneo que envuelve los intestinos i en las cavidades orbitarias que alojan los globos oculares. Por el contrario, el tejido adiposo es mui escaso sobre el dorso de la mano i debajo de la piel de los párpados.

—En cuanto a la cantidad de tejido adiposo en el hombre, varía con el sexo, la naturaleza i el estado de la salud del individuo, ejerciendo tambien influencia, i no poca, sobre la acumulacion de la grasa, la nutricion i el reposo o actividad del mismo.

Cuando el tejido adiposo se encuentra en aquellas partes del cuerpo espuestas a presiones grandes o frotamientos frecuentes, protege a las mismas haciendo el servicio de un cojin elástico. Ademas, siendo mui mal con-

ductor del calor, contribuye a abrigar el cuerpo, i si se trata de animales acuáticos, como los cetáceos, por ejemplo, debajo de cuya piel se desarrolla una capa considerable de grasa, sirve a la vez para aligerar el peso específico. Finalmente, es un elemento nutritivo de ahorro por la grasa líquida que contiene, pues ésta es utilizada para sostener el calor animal cuando disminuye o cesa por completo la introduccion de los alimentos del exterior, como ocurre en las enfermedades i en el sueño invernal que tienen muchos animales, etc.

II.— Tejidos de Sustancia Conjuntiva Sólida

Esta seccion comprende los TEJIDOS CARTILAJINOSO i ÓSEO.

I.—Tejido Cartilajinoso

—En este tejido, las *células* tambien relativamente grandes i en jeneral redondeadas u ovaladas, como las adiposas, rara vez ramificadas (peces i cefalópodos),—distinguiéndose en su disposicion en grupos i en su número el modo como se han formado por division *endógena*,—están contenidas en una *materia intercelular* resistente capaz de convertirse, por la ebullicion en el agua, en una sustancia química llamada *condrina*, que le da su rijidez. En esta sustancia fundamental sólida, las células aparecen alojadas en cavidades especiales lla-

madas *cápsulas de cartílago* i que deben su oríjen a una condensacion de aquella (1).

—Diversas modificaciones en la forma de las células i en la naturaleza de la sustancia conjuntiva, dan oríjen a tres variedades de tejido cartilajinoso, a saber: *hialino* o *verdadero*, *fibroso* o *fibrilar* i *elástico* o *reticulado*.

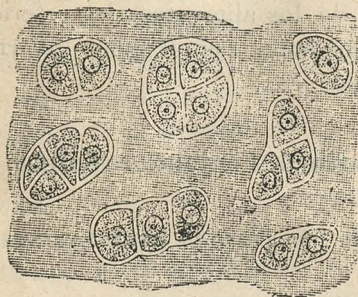


Fig. 26

Tejido cartilajinoso hialino

—En el tejido cartilajinoso *hialino* (Fig. 26) así llamado por tener la transparencia del vidrio, ligeramente coloreado de azul, la sustancia fundamental presenta un aspecto homogéneo, mientras que en las otras dos variedades, tiene ésta un carácter fibroso, disponiéndose en fibras parecidas a las del tejido conjuntivo en la segunda, i consistiendo en redes de fibras elásticas en la tercera (= *tejidos fibro-cartilajinosos*).

Pertenecen a la variedad hialina, considerando sólo

(1) Parece mas probable que se forman a espensas de la porcion periférica de las células cartilajinosas, en cuyo caso la sustancia fundamental no seria un producto de secrecion sino un producto debido a la trasformacion de una parte de aquellas.

nuestro cuerpo, las piezas cartilajinosas de la nariz, los cartílagos de la larinje, con escepcion de la epiglótis i de los cartílagos llamados de Santorini i de Wrisberg, los anillos de la tráquea i de los bronquios, los cartílagos de las costillas, las capas que recubren las estremidades articulares de los huesos, i ademas el esqueleto casi entero del feto o de la vida embrionaria en jeneral.

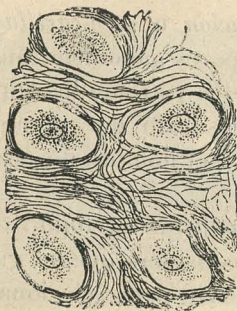


Fig. 27

Tejido cartilajinoso fibrilar

—El tejido cartilajinoso *fibrilar*, ménos comun que el hialino, se encuentra constituyendo los discos intervertebrales i otras formaciones de poco valor (Fig. 27).

—La tercera variedad o tejido cartilajinoso *elástico*, amarillento, se presenta con ménos frecuencia aun que el precedente, i en nuestro cuerpo aparece sólo en el pabellon de la oreja i otras partes del oído, como la trompa de Eustaquio, i ademas en la larinje, formando la epiglótis i los cartílagos de Santorini i de Wrisberg, ya referidos.

—El tejido cartilajinoso puede persistir con su carácter

de tal durante la vida entera del animal, como vemos en todo el esqueleto, llamado por esto *primordial*, de los peces seláceos i ciclóstomos, etc., i en las piezas cartilajinosas de la armazón de los demás vertebrados i algunos moluscos cefalópodos, como la jibia grande de Chile, i se llama entónces *permanente*; pero muchas veces se observan variaciones en el tejido cartilajinoso por el depósito en su sustancia fundamental de sales calcáreas en mayor o menor cantidad, resultando de este modo el *tejido cartilajinoso de incrustacion* u *óseo-cartilago*, que forma en el esturion i demás peces ganoideos un estado persistente del esqueleto, i en los vertebrados superiores o pulmonados un período transitorio que precede a la osificación, en cuyo caso recibe el nombre de *tejido cartilajinoso* o *de osificación*.

—Se comprende la importancia de este tejido cartilajinoso en nuestro cuerpo si se considera que su gran rigidez i elasticidad le permite servir para relacionar entre sí algunas piezas del esqueleto i para cubrir las superficies articulares de los huesos, a fin de facilitar sus movimientos i protegerlos contra sus presiones recíprocas.

2.—Tejido Óseo

—Este tejido es la formación mas complicada del sistema conjuntivo i está caracterizado por la dureza de su *sustancia fundamental*, compuesta de una gran cantidad de materia mineral, *sales calcáreas*, (67 p. 100 en el hombre), a las cuales acompañan combinaciones de *flour* i *magne-*

sio, i de una materia orgánica denominada *oseina*, (33 p. 100) (1).

Aunque homogénea a la simple vista, la sustancia fundamental tiene una disposicion estratificada, de modo que si se mira con el microscopio, aparece un gran número de *pequeños sistemas de laminillas* colocadas circularmente alrededor de estrechos conductos que se conocen con el nombre de *canales de Havers* (Figs. 28 i 29).

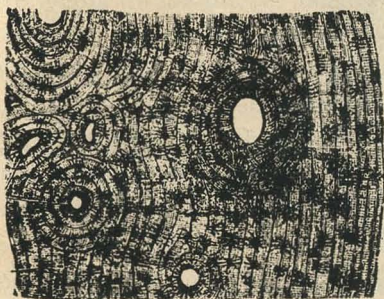


Fig. 28

Fragmento de hueso en corte transversal mostrando los *sistemas de laminillas* i las células enclavadas en la sustancia ósea.

Estos canales—que existen en todos los huesos, a escepcion de los mas pequeños, como la lámina delgada llamada *papirácea* del etmoides, i alojan nervios i pequeños vasos encargados de la nutricion de los mismos—

(1) La proporcion de estas materias varía segun la edad i especie animal que se considere.

Si se deja el hueso en presencia de ácidos por un tiempo mayor o menor, puede constatarse la presencia de la *oseina*, que aparece semi-transparente i mui elástica i afectando la misma forma del hueso, que en tal caso puede doblarse con suma facilidad. Para separar la oseina, dejando sólo las sustancias minerales, se calcina el hueso en un crisol hasta el rojo blanco, en cuyo caso se quema la sustancia orgánica.

comunican entre sí, i partiendo de la superficie ósea, donde los vasos que contienen se ponen en comunicacion con los de una membrana de tejido conjuntivo denominada *periostio*, van a terminar, despues de su largo curso, al conducto medular de los huesos largos i en los espacios celulares de la médula de los huesos cortos.

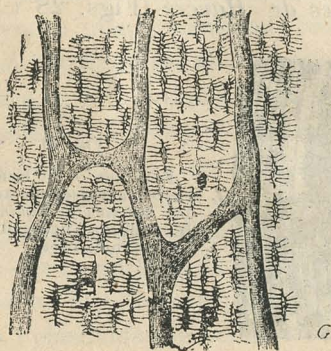


Fig. 29

Seccion longitudinal de un hueso que muestra las células i los canales de Havers (g).

—En la masa ósea, entre las laminillas de las capas concéntricas de la sustancia fundamental, se encuentran diseminadas numerosas *células óseas* (hasta 900 en 1 mm²), estrelladas, con protoplasma trasparente i núcleo i que están incluidas en huecos o cavidades microscópicas llamadas *corpúsculos óseos* u *osteoplastos*. Estos corpúsculos, de forma jeneral elíptica o lenticular i orientados de modo que su eje mayor es paralelo a las laminillas, i su eje menor perpendicular a las mismas, se presentan en la figura número 28 constituyendo dibujos aracnoídeos a causa de que en cada uno de ellos toman nacimiento,

en todas direcciones, numerosas prolongaciones mui delicadas i huecas llamadas *canalículos óseos*. Estos canalículos se anastomosan con los semejantes, procedentes de los corpúsculos próximos, o terminan en los canales de Havers para llevar i conducir por todo el tejido el jugo alimenticio suministrado por los vasos sanguíneos (Figura 8).

—Si la sustancia ósea tiene tal consistencia que apenas son visibles sus poros, como se ve particularmente en la parte media de los huesos largos, el tejido óseo recibe el nombre de *compacto*, i cuando muestra muchas laminillas que se entrecruzan formando un tejido lleno de huecos, como se observa en la parte interior de los huesos i el cuerpo de las vértebras, se denomina tejido óseo *esponjoso*.

—El tejido óseo es el que forman los huesos del esqueleto de los animales vertebrados, incluso los **dientes**. En éstos el *cemento* es de estructura igual al hueso, si se exceptúa la falta de canales de Havers en aquellas partes que presentan un espesor menor de 1 mm; el *esmalte* está formado por prismas de 6 caras agrupados unos al lado de los otros, dirigidos normalmente a la superficie del diente i que en su principio son células epiteliales cilíndricas; i el *marfil* o *dentina* se presenta constituido por una variedad de tejido óseo—comun en los peces teleósteos—que en lugar de células óseas típicas, ofrece fibras ramificadas o *tubillos dentarios*, paralelos, ondulados, unidos por sus apéndices laterales i cuyos extremos mas estrechos se estienden en el esmalte o cemento i sus

terminaciones mas anchas desembocan en la *pulpa dentaria* (Fig. 30).

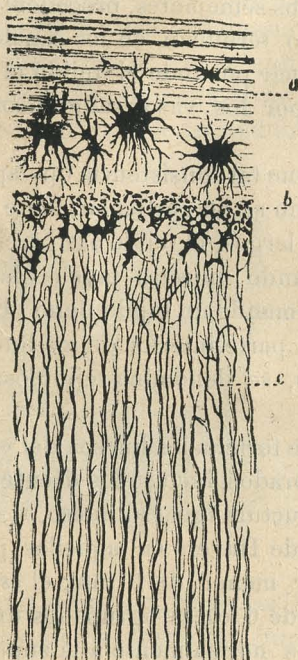


Fig. 30

Trozo de raíz de diente:

a, cemento;

b, espacios o cavidades irregulares en que terminan los tubillos;

c, dentina con tubillos dentarios.

—En cuanto al modo de oriarse, el tejido óseo no pertenece a la categoría de los llamados primarios sino a los *secundarios* porque se forma por osificación del tejido conjuntivo. Así es como en el hombre, ántes de existir huesos en el esqueleto, éste se compone principalmente de tejido cartilajinoso, habiendo tambien piezas, como algunas del cráneo i de la cara, que son formadas

esclusivamente, en un principio, de tejido conjuntivo propiamente dicho. Como tales *huesos cutáneos*, que abundan en las tortugas i en algunos edentados representan porciones de tejido conjuntivo fibroso osificado, no tienen canalículos óseos.

Cuadro resúmen del Sistema Conjuntivo

Los tejidos conjuntivos constan de células unidas por una materia fundamental mas o ménos abundante i.....	En estado semi-sólido i fibrilar.....	1 Tejido conjuntivo
		2 Tejido elástico
	En estado sólido i de estructura variada.....	3 Tejido adiposo
		4 Tejido cartilajinoso
		5 Tejido óseo

C.—SISTEMA MUSCULAR

—El sistema muscular comprende el tejido del mismo nombre, formado de *fibras musculares* que tienen por carácter esencial la *contractibilidad*, o sea, la propiedad de encojarse por contraccion, aumentando a la vez de espesor.

—Tiene poca representacion en los evertebrados que en la serie zoológica ocupan los mas inferiores lugares; pero puede comprobarse la existencia de fenómenos de contractibilidad muscular en las especies protozoorias de la clase de los infusorios, como en la *Forficella convularia*, por ejemplo, cuyo cuerpo unicelular presenta sólo una pequeña parte en forma de fibra contráctil, constituyen-

do un pedículo susceptible de arróllarse en hélice, por medio del cual se fija el animal a los objetos sumergidos en el agua dulce.

Si de los Protozoos pasamos a considerar los Celenterados, vemos que algunos de éstos, como las medusas, por ejemplo, tienen células epiteliales que hácia abajo llevan un apéndice que es contráctil, mientras que el resto de los mismos ha quedado en un estado indiferenciado a este respecto, de modo que tales elementos anatómicos desempeñan una doble funcion, sirviendo a la vez como célula protectora i como célula muscular (Figura 31).



Fig. 31

Células epiteliales musculares (—mioblastos) de un celenterado: se ve que su parte inferior se presenta como fibra contráctil.

Por fin, en los tipos mas elevados de animales hai células trasformadas por completo en especiales elementos del tejido muscular.

—Tomando en cuenta que estos elementos formativos del tejido muscular pueden presentarse bajo dos formas distintas, los histólogos admiten otras tantas variedades del mismo, a saber: 1) *El tejido muscular de fibras estriadas*, llamado tambien *tejido muscular de la vida animal*, porque compone todos aquellos músculos cuyo movimiento depende de la voluntad; i 2) *El tejido muscular de fibras lisas* o *tejido muscular de la vida orgánica*,

que constituye los músculos, cuyo movimiento es independiente de la volicion.

—Dicho esto, debemos notar, como una escepcion, que las fibras que forman las paredes del corazon pertenecen a la categoría de las estriadas, a pesar de que nada tienen que ver con la volicion, estando dotadas de contracciones involuntarias i bruscas.

1.—Tejido Muscular Estriado

O

Tejido Muscular de la Vida Animal

El tejido muscular estriado se caracteriza fisiológicamente, porque al contraerse bajo la influencia de un excitante que emana del sistema nervioso cerebro-espinal, inmediatamente que recibe la impresion nerviosa ejecuta la accion, moviéndose de un modo rápido i brusco, para dejar de actuar en el instante en que ella desaparece.

Las *fibras musculares estriadas* son elementos anatómicos mui alargados, pues su longitud varía entre 5 i 12 centímetros, tienen estriás trasversales que las atraviesan por entero (Fig. 32) i se presentan bajo el aspecto de cilindros sencillos i desarrollados en punta por sus extremos, si bien hai que notar que las de la carne del corazon de los vertebrados (Fig. 33) tienen ramificaciones, i las de la lengua ofrecen sus estremidades divididas para que pueda efectuarse el encaje entre sí; el espesor de estas fibras musculares estriadas varía con el ta-

maño del animal, el estado de nutrición del individuo i la función del músculo.

Estas fibras estriadas tienen una envoltura celular o *sarcolema* que es muy delgada, trasparente, sin estructu-

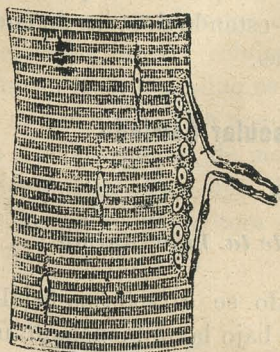


Fig. 32

Fragmento de fibra muscular estriada, mostrando a un lado la terminación nerviosa motora en forma de una ancha raíz.

ra i encierra la sustancia muscular contractiva que se caracteriza esencialmente por su apariencia estriada i transversal, debido a la existencia en ella de capas o discos mas o menos ricos en agua i alternativamente claros que refractan una sola vez la luz, i oscuros que presentan la doble refracción; al contraerse la fibra, los discos disminuyen de espesor i hacen que el elemento entero se acorte en el sentido de su longitud. Además, ofrece cada fibra otras estrías longitudinales, pero mucho menos marcadas. También se observa que la fibra muscular estriada es, de ordinario, plurinuclear (1), existiendo varios núcleos elípticos, frecuentemente espaciados de un

(1) En la Rana las fibras musculares estriadas son uninucleares.

modo regular en una capa de protoplasma granuloso adosada a la superficie interior del sarcolema. (Fig. 32).

—Cada una de las fibras musculares estriadas,—que se reunen para formar manojos fibrosos o *fascículos musculares*, apreciables a simple vista i envueltos por capas delgadas de tejido conjuntivo, relacionadas con la envol-

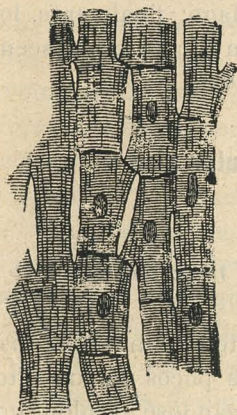


Fig. 33

Fibras musculares estriadas del corazon en forma de red (FREY).

tura jeneral tambien fibrosa de los *músculos*, constituidos por su reunion,— está en relacion directa con una *fibra nerviosa* que da el impulso necesario para que se verifique la contraccion. Respecto de la terminacion de la fibra nerviosa en la muscular o sea el modo de union de los dos elementos determinantes de la actividad muscular, tiene lugar a un lado i se hace jeneralmente mediante una ancha raiz o *placa motriz terminal* (Fig. 32), de modo que, introduciéndose las fibras nerviosas entre las musculares, se reunen para formar un *nervio* capaz de

hacer contraerse a todo el músculo con un movimiento único, rápido i armónico, que en este caso representa un mandato impartido del sistema nervioso cerebro-espinal.

—Las fibras estriadas forman los músculos que ejecutan movimientos voluntarios, es decir, los músculos del tronco i de las extremidades, los masticadores, los motores de los ojos, los de la oreja, de la lengua, de la farinje i los de la mitad superior del esófago; finalmente, los órganos genitales, el recto i tambien el corazon, poseen esta clase de fibras musculares estriadas.

2.—Tejido Muscular Liso

O

Tejido Muscular de la Vida Orgánica

En oposicion al estriado, el tejido muscular liso es mucho ménos enérgico i produce pocos movimientos en el cuerpo humano, caracterizándose fisiológicamente porque al ser impresionado por el sistema nervioso simpático, tarda en ejecutar la contraccion, que es entónces lenta i persiste durante un tiempo mayor o menor, despues de haber cesado la impresion, aun despues de la muerte del animal de que forma parte.

—Las *fibras musculares lisas* son elementos anatómicos aplastados i fusiformes, mucho mas pequeñas que las estriadas, con un sólo núcleo alargado en *baston*, i forman por sí solas células completas con membrana i protoplasma tan íntimamente unidos que no se pueden distinguir

i de aspecto igual u homogéneo, si bien en ciertos casos, en observaciones delicadas, con microscopio de gran ampliacion, aparecen lijeramente estriadas a lo largo (Fig. 14).

—Este tejido muscular liso,—cuyas fibras están unidas a las del mismo carácter emanadas del gran simpático, linchándose éstas por una estremidad libre en forma de boton (= *mancha motriz*)—, es mui jeneral en los Evertebrados i, en el cuerpo humano nunca constituye masas tan voluminosas como el estriado, presentándose siempre en forma de capas como parte integral de órganos que ejecutan movimientos involuntarios, como los destinados a desempeñar las grandes funciones de la Dijestion, la Respiracion, la Circulacion i la Escrecion.

Hai, pues, tejido muscular liso en el canal intestinal, cuyas paredes ejecutan, por la presencia del mismo, los movimientos vermiculares llamados *peristálticos*, que tienen por objeto hacer avanzar las sustancia alimenticias en él contenidas, desde el estómago hasta el ano; en las vias respiratorias (bronquios) i en los vasos sanguíneos, especialmente en las arterias, cuyas pulsaciones, apreciables al tacto en las superficiales (1), se verifican rítmica i simultáneamente con las contracciones del corazon que determinan la circulacion continua de la sangre. Otras partes del cuerpo donde hai fibras musculares lisas es en el riñon, en la vejiga, en los folículos pilosos, o sea, en las rejiones de la piel del cuerpo cuya epidérmis está cu-

(1) En la arteria radial, por ejemplo, las pulsaciones se sienten aplicando en la muñeca de la mano la punta de los dedos.

bierta de pelos i en el conducto escretor de casi todas las glándulas. Además, existe tejido muscular liso en la coroides i, sobre todo, en el iris de los ojos, que presenta dos sistemas de fibras, unas radiales i otras circulares, de cuya accion resulta que el diámetro de la pupila sea mayor o menor, segun penetren escasos o abundantes rayos de luz.

—De todo cuanto se ha espuesto se deduce que el tejido muscular forma, bajo el punto de vista del volumen, la parte principal del cuerpo animal, i es el que promueve los movimientos del mismo i sus partes.

Cuadro resumen del Sistema Muscular

Los tejidos musculares están destinados al movimiento del cuerpo i partes del animal, i se componen	De fibras estriadas e inervadas por el sistema nervioso cerebro-espinal i cuya contraccion es voluntaria i brusca.....	1 T. Muscular Estriado
	De fibras lisas e inervadas por el sistema nervioso del gran simpático i cuya contraccion es involuntaria i lenta.....	2 T. Muscular Liso

D.—SISTEMA NÉRVEO

Neuron: Célula i fibra nerviosas

Encierra este sistema un sólo tejido, el nérveo o nervioso, que se presenta ya bajo la forma de ténues filetes,

ya como una masa blanda i de color blanco o gris rojizo, por lo que se distinguen dos clases de sustancia nérvea, que son: 1.º, la *sustancia blanca*, que constituye la masa principal del cerebro i de la médula espinal, así como la casi totalidad del aparato de la inervacion; i 2.º, la *sustancia gris*, llamada tambien *cortical*, porque se encuentra preferentemente en la superficie del cerebro, si bien éste contiene en su parte blanda circunserita por ella, varias masas de dicha sustancias gris, que se presenta ademas en el centro de la médula espinal.

—A los elementos histológicos del tejido nérveo se les asigna hoi dia la denominacion de **neuronas**, i tienen éstos el valor de una célula compuesta de dos partes que forman un todo único, a saber: 1.º el *cuerpo celular* del neuron o mal dicho *célula nerviosa* o *ganglionar*, i 2.º el *prolongamiento nervioso*, conocido impropia, aunque corrientemente, con el nombre de *fibra nérvea*. El cuerpo celular puede dar origen a otros prolongamientos, pero mas cortos i que se ramifican como las ramas de un árbol, debiendo ser considerados como prolongaciones secundarias del neuron.

No siempre es posible ver, bajo el microscopio, el neuron entero a causa de la longitud considerable de su prolongamiento nervioso principal (=hasta 1 metro) i la division del mismo en célula nerviosa i fibra nerviosa, tiene su explicacion en el hecho de que con frecuencia nos encontramos en presencia sólo de una estas porciones. Por motivos didácticos conviene conservar esta antigua division de los elementos nerviosos, describiendo separadamente sus partes, como vamos a hacerlo en seguida.

A.—Las **células nerviosas**.—Representan la porcion isodiametral o cuerpo del neuron, de magnitud variable; son a veces esferas considerables, cuyo tamaño es supe- rado sólo por el de los huevos, se componen de proto- plasma en parte granuloso, en parte pigmentario, carecen de membrana, tienen un núcleo voluminoso i lo que las caracteriza esencialmente son las prolongaciones de que están provistas.

Las células ganglionares o gangliares son, por su forma, *unipolares*, *bipolares* i *multipolares*, segun que ellas ten- gan una, dos o mas prolongaciones. En el primer caso son *esféricas*, en el segundo *fusiformes* i en el tercero *asteriformes* o en forma de estrella, distinguiéndose en- tónces en ésta, dos clases de prolongaciones, unas nu- merosas i mui ramificadas (= *prolongaciones protoplasmá- ticas o dendrites*), i entre éstas, una sola mui larga, única en su clase (= *cilindro-eje o neurites*), que forma la parte esencial de la fibra nerviosa; cuya descripcion haremos luego. Las ramificaciones múltiples de los prolonga- mientos protoplasmáticos o dendrites, que son sencillos en el niño, se unen con las de las células vecinas i pue- den cruzarse o entretorse entre sí en diferentes direc- ciones, pero sin anastomosarse, estableciendo la *conti- güidad* i no la *continuidad*.

Las células nerviosas *apolares* o sin prolongamientos, son formas jóvenes o productos artificiales, resultantes del rompimiento por disociacion.

Las células nerviosas que se reunen para orijinar las agrupaciones llamadas *ganglios*, predominan en la *sus- tancia gris*, es decir, se encuentran en mayor cantidad

en el centro de la médula espinal i en la corteza del cerebro, que es el asiento de las *facultades superiores* del animal, la *sensibilidad*, la *inteligencia* i la *voluntad* que guian sus acciones. Además, se hallan en la parte céntrica del sistema nervioso de la vida vejetativa o del gran simpático.

B.—Las [fibras] nerviosas.—Las llamadas fibras nerviosas no representan sino las partes alargadas de los neurones que constituyen el *cilindro-eje* o prolongacion que parte bruscamente del cuerpo celular, es decir, con el grosor que conservan en toda su estension. Este cilindro-eje o *axon* está provisto a menudo de ramificaciones o *ramas colaterales*, i su extremo, lo mismo que el de éstas, se termina en cierto número de finas ramificaciones que acaban por un boton i a cuyo conjunto se asigna la denominacion de *arborescencia terminal* (Fig. 9).

En su forma mas sencilla, las fibras nerviosas consisten en un simple cilindro-eje de contornos claros, homogéneos, que puede ser desnudo o rodeado directamente por una envoltura conjuntiva. Tal categoría de fibras, denominadas *fibras pálidas o grises, sin médula o sin mielina*, o tambien *fibras nerviosas de Remak*, se presentan especialmente en los evertebrados i se observan en igual forma en los nervios llamados simpáticos de los vertebrados i en el nervio olfatorio de estos mismos animales.

En una segunda clase de fibras nerviosas, conocidas con el nombre de *fibras blancas, con médula o con mielina*, se distinguen, además del cilindro-eje o parte central, una materia grasa fosfatada especial llamada *médula*

nérvea o *mielina*, que refracta fuertemente la luz i es homogénea en estado normal, pero que cuando se coagula muestra una segunda línea hácia afuera de la que corresponde al borde de la fibra, de donde les viene el nombre de *fibras de contornos dobles* con que tambien se las conoce, en oposicion a las de *simple contorno*, sin mielina.

Esta clase de fibras, mas frecuentemente que las anteriores, pueden estar alojadas en una envoltura de tejido conjuntivo embrionario llamada *vaina de Schwann*, que aparece plurinucleada por su formacion multicelular i ofrece *estrangulaciones* de distancia en distancia, correspondientes a los puntos de separacion de las células conjuntivas componentes (Fig. 9). Estas fibras nerviosas complejas forman la *sustancia blanca* en las partes periféricas del sistema nervioso cerebro-espinal, constituyendo por su reunion los *nervios* que están rodeados de una vaina conjuntiva, la *vaina de Henle*.

—En resúmen, vemos que las tres partes constitutivas de las fibras nerviosas, *cilindro-eje*, *vaina de mielina* i *vaina de Schwann* no se presentan todas necesariamente, pudiendo faltar las dos últimas, aislada o conjuntamente, i de aquí la primera division en:

1.º *Fibras nerviosas sin mielina.*

2.º *Fibras nerviosas con mielina.*

Unas i otras se encuentran igualmente sin o con la segunda envoltura, subdividiéndose como sigue:

1.º **Fibras sin mielina.**—a) *Sin vaina de Schwann.*—Se les llama cilindro-ejes *desnudos* por componerse sólo

de este simple prolongamiento nervioso. Se encuentran en el nervio olfatorio.

b) *Con vaina de Schwann.*—Se hallan en los peces ciclóstomos, primer esbozo de los Vertebrados, i en numerosos Evertebrados.

2.—**Fibras con mielina.**—a) *Sin vaina de Schwann.*—Existen sólo en el sistema nervioso central o cerebro-espinal.

b) *Con vaina de Schwann.*—Se encuentran en los troncos i las ramas de los nervios cerebro-espinales i simpáticos (Fig. 9).

—Los dos elementos nerviosos del neuron, células i fibras, se reunen para formar el tejido nervioso, i su union no sólo se hace mayor por el tejido conjuntivo, que contiene ademas los vasos sanguíneos, sino tambien por una sustancia intercelular o cemento nervioso especial, la *neuroglia*, que se encuentra en el sistema nervioso central (cerebro i médula espinal).

—Los elementos nerviosos son tanto mas complicados cuanto mas elevados son los animales de que forman parte, reproduciendo en su desarrollo los caracteres de los neurones de otros seres que en la escala zoológica ocupan lugares inferiores. Así, en la primera fase del período embrionario del Hombre, el neuron es redondo, sin prolongaciones, como en los Gusanos i otros animales primitivos; despues se hace piriforme i el palito de la pera se estira en un delgado prolongamiento, apareciendo en seguida las ramas colaterales i los dendrites.

—Modificaciones en la estructura de los neurones sobrevienen con frecuencia en los paralíticos i alcohólicos. En estos casos las prolongaciones protoplasmáticas de las células del cerebro desaparecen, no quedando mas que el cilindro-eje i algunas ramificaciones que presentan de trecho en trecho bolitas de mielina; ademas, la cuerda misma se deforma, tomando el aspecto embrionario. Efectos semejantes se observan en el Conejo, la víctima habitual de los Laboratorios de Fisiología, cuando se le trasmite la *rabia* o hidrofobia.

—En cuanto al papel fisiológico de los neurones, se sabe que el cuerpo celular o célula nerviosa es el centro que recoge o recibe las excitaciones que van del exterior al interior de la organizacion del animal, es decir, en direccion centripetal, por medio de las prolongaciones protoplasmáticas o, a falta de éstas, por la superficie misma del cuerpo celular al paso que el cilindro-eje o fibra nerviosa sirve para transmitir la escitacion en sentido centrifugal a los elementos de los órganos funcionales (fibras musculares, células glandulares) en las que se aplican las últimas ramificaciones de las arborescencias extremas de aquél.

Por lo que hace a las ramas colaterales del cilindro-eje, su existencia se esplica mui bien, dentro de la teoría del funcionamiento de los neurones, diciendo que permite a una misma i sola fibra nerviosa transmitir la escitacion a varios elementos anatómicos del aparato locomotor, de cuyo hecho resulta un movimiento mas rápido i armónico.

Finalmente, para terminar con todo lo relativo al tejido nérveo, que da origen a las irradiaciones destinadas a ponerle en relacion directa con los demas tejidos, cuya funcion regula, haremos constar que, ademas de las *terminaciones nerviosas* llamadas *motoras* que corresponden a las fibras musculares estriadas i lisas, se distinguen otras con el nombre de terminaciones nerviosas *sensitivas*, de las cuales no hablaremos porque, a mas de no necesitarlo nuestro objeto inmediato, su consideracion nos llevaria demasiado léjos.

Cuadro resumen de los tejidos de los animales

Tejidos vegetativos	Constan de células unidas por medio de una sustancia intercelular escasa o <i>Cemento</i> .	A.— <i>Epitelio de revestimiento</i>	Células largas sin pestañas 1 E. Cilíndrico Células largas con pestañas 2 E. Vibrátil Células mas anchas que largas. 3 E. Pavimentoso
Se componen de células poco o nada diferenciadas de su estado primitivo i desempeñan un papel pasivo en el organismo.....	I. Sistema Epitelial.		B.— <i>Epitelio glandular.</i>
	Constan de células unidas por una <i>Materia Fundamental</i> mas o ménos abundante.		Materia fundamental semi-sólida i fibrosa { 4 T. Conjuntivo 5 T. Elástico 6 T. Adiposo
	II. Sistema Conjuntivo.		Materia fundamental sólida i de estructura variada..... { 7 T. Cartilajinoso 8 T. Óseo
Tejidos animales	Destinados al movimiento del cuerpo i partes del animal.		De fibras estriadas e innervadas por el sistema nervioso cerebral..... 9 T. Muscular Estriado
Se componen de células profundamente transformadas en fibras i toman parte directa en las manifestaciones de la vida.....	III. Sistema Muscular.		De fibras lisas e innervadas por el sistema nervioso del gran simpático..... 10 T. Muscular Liso
	Destinados a la sensibilidad i determinantes de la actividad muscular i glandular, etc.		Comprende solamente un tejido que se compone de neurones con fibras con mielina o sin ella..... 11 T. Nerveo
	IV. Sistema Nerveo.		

ONTOJENIA

Una vez conocida la estructura esterna e interna del organismo, hai que ver de qué modo se ha formado el cuerpo, a menudo voluminoso, de los animales metazoos.

Desde luego, se sabe que el punto inicial de la marcha constantemente seguida en el desarrollo de los metazoos es la *oósfera* o *célula ovular* (Fig. 5), la cual, por division repetida, da origen a la multitud de elementos anatómicos que, iguales en sus comienzos, empiezan a ofrecer diferencias entre sí a medida que principian a repartirse las funciones de la vida, de modo que al fin, localizándose los distintos trabajos fisiológicos en diferentes grupos celulares o *tejidos*, llegan a formarse los numerosos *órganos*, constituidos de elementos diversamente modificados i relacionados de tal manera que producen un conjunto armónicamente activo.

La demostracion de estos cambios o serie de formas sucesivas, algunas veces sencillas i otras mui complicadas, por las cuales pasa un ser viviente, constituye el estudio del desarrollo embrionario o *embriología*, así como la descripcion de las modificaciones que sufre el mismo despues de haber abandonado las cubiertas del huevo hasta llegar a adquirir su desenvolvimiento definitivo, constituye lo que se conoce con el nombre de *metamorfosis*; hechos fundamentales todos que abarcan la materia llamada ONTOJENIA.

A.—EMBRIOLOGÍA

Conviene, a nuestro propósito, considerar los hechos de la Embriología englobados de la siguiente manera: 1.º, *Maduración* de los elementos reproductores (*Óvulo* i *Espermatozóide*); 2.º, *Fecundación* i formación del Huevo; 3.º, *Segmentación* o *Estrangulación* del Huevo; 4.º, Desarrollo del huevo en una *Mórula* i en una *Blástula*; 5.º, Formación de la *Gástrula didérmica*; 6.º Transformación de ésta en *Gástrula tridérmica* por aparición del mesoderma, que se divide para constituir el *celoma* o cavidad jeneral del cuerpo; 7.º, *Diferenciación* histológica i organológica de las células de las tres capas de la gástrula; i 8.º, Limitación del cuerpo del *Embrion*.

1.—Maduración de las células reproductoras (1)

Cuando se trata del desarrollo ontojénico de los animales, es necesario advertir en primera línea que la transformación de la *oósfera* o *célula ovular* en el organismo entero exige, por regla jeneral (2), la previa mezcla o fusión de la misma con la célula reproductora masculina o

(1) El estudio que en otro lugar (pájs. 20, 21 i 22) se ha hecho de las células reproductoras, *Óvulo* i *Espermatozóide*, nos dispensa de entrar en detalles de las mismas.

(2) En la *Partenogénesis* o *Reproducción Virjinal* el óvulo posee la facultad de desarrollarse por sí mismo, es decir, sin necesidad del concurso del elemento fecundante masculino llega a producir un nuevo individuo.

espermatozóide o, en otros términos, que se verifique ántes la fecundacion, i que este acto sea precedido por ciertas modificaciones mui notables que tienen lugar tanto en uno como en otro elemento fecundante i que constituyen la maduracion i desarrollo de los mismos.

Las trasformaciones que indican el estado de madurez de la célula ovular consisten, de una parte, en la desaparicion de su centrosoma i, de otra, en ciertos cambios del núcleo o vesícula jermiativa, que dan oríjen a las llamadas *células polares* o *cuerpos directores* i a la porcion del mismo que constituye lo que se denomina *pronúcleo femenino* o elemento nuclear definitivo del óvulo maduro.

El estudio de estos cambios nos enseña que el proceso que conduce a la emision de las células polares i a la formacion del pronúcleo femenino comprende dos divisiones nucleares indirectas o carioquinéticas que se suceden sin que el núcleo vuelva al estado de reposo, i que tiene por objeto eliminar una parte o reducir la sustancia cromática de la célula reproductora femenina, de modo que pueda unirse a la célula reproductora masculina sin que se aumente el número total de los cromosomas.

La primera de estas divisiones se verifica por el procedimiento ordinario de carioquinésis, tal como lo muestra la Figura 19; pero el núcleo se acerca a la superficie de la oósfera i los cromosomas de uno de los grupos del huso nuclear, colocado con su eje en un radio se separa junto con una pequeña cantidad de protoplasma de ésta, saliendo de la misma para formar la *primera célula polar*, al paso que el otro grupo de cromosomas queda en el

interior de la oósfera, representando la mitad de la masa total de la sustancia nuclear cromática (Fig. 34).

En la segunda division,—que representa tambien un proceso regular de carioquinésis en la cual el volúmen de los productos resulta desigual, siendo el mas grande la oósfera i el mas pequeño, inaparente, el cuerpo director,— los cromosomas que quedan en la oósfera, en lugar de juntarse para constituir un nuevo núcleo en reposo, permanecen separados, i sin bipartirse longitudinalmente esta vez, se reorganizan de nuevo, distribuyéndose en dos porciones, una de las cuales saldrá al exterior del óvulo para constituir la *segunda célula polar*, próxima a la primera, i la otra volverá a colocarse en el centro de

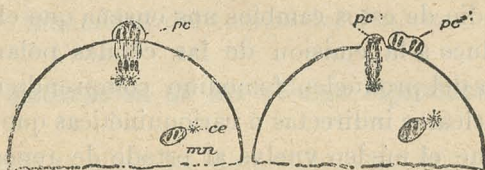


Fig. 34

Segmentos de óvulos que muestra las células polares: a la izquierda, formacion de la primera célula polar (*pc*); i a la derecha, formacion de la segunda célula polar (*pc*).—En ambos se ve todavía el centrosoma (*ce*) que luego desaparece (CONN).

la oósfera para formar el *pronúcleo femenino*, que representa la masa cromática reducida ahora al cuarto de su volúmen primitivo (Fig. 34). Véase, pues, que realmente la formacion de las pequeñísimas *células polares* (1) o

(1) Deben su nombre al hecho de que su situacion permite en muchos casos una orientacion en el huevo, pudiendo colocarse en éste un eje principal cuyo extremo es caracterizado por ellas; este

cuerpos directores no es mas que un medio para reducir la cromatina del elemento reproductor femenino, por lo que, no teniendo ellas nada que hacer en el desarrollo ulterior de la célula ovular, desaparecen mui pronto.

Por otra parte, el nacimiento i desarrollo de la célula reproductora masculina o espermatozóide nos muestra que éste ha estado tambien sometido a un proceso equivalente al descrito en la maduracion de la oósfera i que igualmente da por resultado la reduccion de la sustancia nuclear cromática del espermatozóide, no representando por consiguiente el núcleo de éste mas que una parte de su cromatina i que recibe el nombre de *pronúcleo masculino*. Al lado de dicho pronúcleo masculino muestra el espermatozóide un centrosoma en el interior de una esfera atractiva (*espermatocentro*) que dirigirá por sí sólo todas las fases subsiguientes al acto de la fecundacion, puesto que, como ya se dijo, el centrosoma de la célula femenina ha desaparecido con anterioridad a este acto.

Sentado todo esto, puede comprenderse fácilmente el objeto del proceso jeneral que tiene por resultado inmediato una reduccion cromática femenina i masculina, pues si las células reproductoras, que por virtud de la fecundacion se van a fusionar, llevaran a cabo esta union sin eliminar una parte de su cromatina, el número de cromosomas seria doble en cada una de las jeneraciones sucesivas.

estremo se denomina *Polo animal* o *germinativo*, en oposicion a otro que se llama *Polo vejetativo* o *nutritivo*. En las descripciones se coloca siempre arriba el polo animal.

2.—Fecundacion i formacion del Huevo

La fecundacion, o sea la penetracion del espermatozóide a traves de la membrana de la célula ovular, o por la micropila, hasta el vitelo i la *union material del pronúcleo femenino con el pronúcleo masculino para formar el verdadero elemento nuclear del huevo llamado núcleo conjugado o núcleo de segmentacion*, no es difícil observarla del modo que vamos a esponder, valiéndonos de los *Erizos de mar* que, por la facilidad de procurárselos i por no existir en ellos *cópula* (1) i verificarse la fusion de las células reproductoras en el exterior por el intermedio del agua ambiente, se elijen para ejecutar artificialmente el proceso natural, es decir, para practicar la fecundacion artificial.

En un vidrio de reloj lleno de agua del mar, se echa un fragmento fresco de lengua femenina (=ovario) i se le deja desleir hasta que se separen bien los óvulos transparentes. Repetido el ensayo en otro recipiente, empleando en este caso pedazos de lengua masculina (=testículo) para que queden en libertad los espermatozóides i mezclados los dos líquidos que contienen los elementos

(1) Para que la fecundacion se verifique es necesario a menudo la trasmision activa del esperma del macho a la hembra, es decir, la *cópula*, la cual se complica a veces, como se vé en los Cefalópodos. Sabido es que en estos animales los espermatozóides se acumulan en los *espermatóforos* que el macho deposita en la vecindad de los órganos jenítales de la hembra, introduciendo su brazo hectocolizado en la cavidad paleal. (ZOOLOGÍA, IV año, páj. 25).

reproductores, se procede a su exámen microscópico: se advierte al punto la fecundacion misma, que puede seguirse paso a paso. Al iniciarse ésta, innumerables espermatozoides se aproximan al óvulo i el protoplasma ovular emite una pequeña prominencia o *cono de atraccion* que se pone en contacto con el primer espermatozoide que se acerca i se deprime en seguida para incorporar la cabeza del mismo, conseguido lo cual el óvulo se condensa en su superficie, formando una membrana que hace imposible la penetracion de otros elementos masculinos (Fig. 35). En cuanto a la cola espermática, se separa del resto

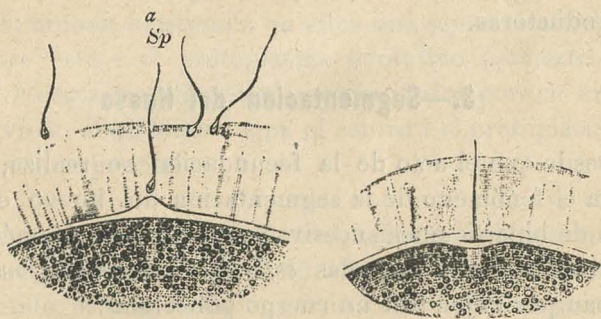


Fig. 35

Segmentos de un óvulo de Estrella de Mar con espermatozoides (*Sp*) que penetran a traves de la envoltura ovular

del espermatozoide, queda incluida en la membrana gelatinosa o córion, deja de moverse i acaba por desaparecer siendo absorbida por el vitelo.

Tenemos, pues, que sólo la cabeza queda para tomar parte en la esencia de la fecundacion. Una vez que esta

cabeza, o sea el pronúcleo masculino con el centrosoma está incorporada en el protoplasma ovular pierde su forma característica, tomando el aspecto de un núcleo, i avanza con mas o ménos rapidez, segun estén o nó emitidas las células polares para dirigirse hácia el pronúcleo femenino que se encuentra en el centro del óvulo; los dos pronúcleos se colocan uno al lado del otro i concluyen por fusionarse para dar por resultado el *núcleo conjugado* o *núcleo de segmentacion*, con lo cual el HUEVO queda formado i la fecundacion realizada. En este estado el óvulo vuelve a encerrar el número normal de cromosomas procedentes por partes iguales de las células reproductoras.

3.—Segmentacion del Huevo

Desde que el acto de la fecundacion se realiza, empieza el fenómeno de la segmentacion del huevo o proceso de biparticiones sucesivas en progresion jeométrica, resultando partes llamadas *esferas de segmentacion*, que acaban por enjendrar un cuerpo policelular.

Como en este procedimiento de segmentacion celular prolongada—que no es sino un caso ordinario de carioquinésis en la que el núcleo conjugado desempeña el papel conocido en el núcleo de la célula ordinaria,—el protoplasma orijinal o evolutivo, con su núcleo, es la única parte del huevo que desempeña un papel activo, i el vitelo, siendo inerte, no hace mas que estorbar la segmentacion, presentando un obstáculo a los movimientos moleculares, claro está que la *proporcion* i *distribucion* de

éste influirá poderosamente en el fenómeno. Vamos por esto a principiar por dar a conocer las clases de huevos que se distinguen a este respecto para examinar despues la variedad de segmentacion que les corresponde.

Atendiendo a la cantidad i reparticion del Vitelo que encierran los huevos, se dividen éstos en cuatro categorías, a saber: 1.º *Huevos alecitales* que no poseen vitelo o tienen mui poco i uniformemente repartido en el protoplasma; 2.º *Huevos heterolecitales* que son relativamente abundantes en vitelo i heterojéneamente repartido, distinguiéndose un polo animal i un polo vejetativo; 3.º *Huevos telolecitales* cuyo vitelo nutritivo forma una porcion voluminosa, existiendo en ellos una separacion mas clara entre éste i el protoplasma evolutivo (=cicatricula), i 4.º *Huevos centrolecitales*, caracterizados porque en ellos el vitelo abundante ocupa el centro i el protoplasma evolutivo, la perifería.

1) — En los huevos *Alecitales*, de reducido tamaño, la fuerza de inercia del vitelo, escaso i uniformemente repartido, es despreciable, por lo que se dividen por entero i en células todas iguales. La segmentacion de estos huevos, que ofrecen muchos animales, como los Celenterados, Vermes, Equinodérmos i se presenta tambien en el Protovertebrado lanciforme o *Amphioxus lanceolatus*, es, pues, **total i regular**. En ella los dos primeros planos divisorios son verticales o meridianos i dispuestos en cruz pasando por el *polo del huevo* o punto que señala la posicion de las células polares, al paso que el tercero es un plano horizontal o ecuatorial i divide a cada uno de

los cuatro segmentos en dos. Poco despues la segmentacion tiene lugar segun dos planos meridionales que forman ángulos de 45° con los dos primeros i en seguida aparecen otros dos planos ecuatoriales a uno i otro lado del primero con lo cual resultan 32 segmentos, i así sucesivamente. (Fig. 36).

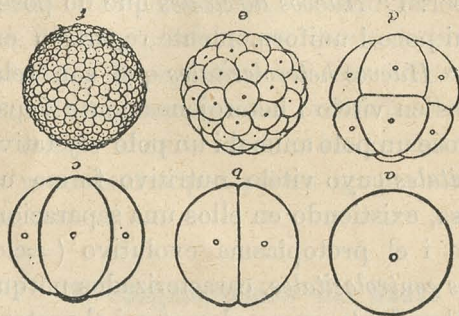


Fig. 36

Periodos sucesivos en la segmentacion total e igual del huevo

2) — Los Huevos *Heterolecitales*, que son relativamente abundantes en vitelo, presentan éste en forma de vesículas llenas de granos, grasientos i albuminosos, de tamaño mayor o menor, incluidos en el protoplasma i repartidos hetercójeneamente i de tal modo que alrededor del núcleo lateral no existe casi ninguno (= *polo protoplasmático*) i en el extremo opuesto son mui numerosos i grandes (= *polo nutritivo*). Estando el protoplasma evolutivo repartido de un modo uniforme en estos huevos, es claro que se fragmentarán como los alecitales, totalmente; pero la division será mas activa i dará oríjen a

células mas pequeñas en el polo protoplasmático, (donde el protoplasma es mas puro), que en el polo nutritivo. A tal segmentacion que se observa, por ejemplo, en los Anfibios, se le asigna el nombre de **total e irregular**. En ella los dos primeros surcos meridionales, pasando por el polo del huevo, dan orígen a cuatro células iguales, pero el tercer plano, que se diseña alrededor de la esfera perpendicularmente a aquellos, no corresponde ya por su posicion al ecuador mismo, porque aparece mas cerca del polo superior, así es que divide a cada una de las cuatro células primeramente formadas, en dos células mui desiguales, siendo la superior pequeña i con protoplasma casi puro i la inferior grande i rica en vitelo. (Fig. 37). Despues de un corto período de reposo este

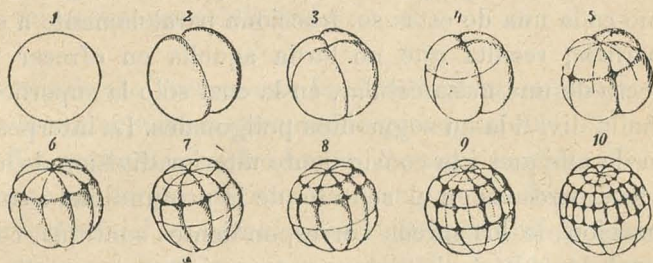


Fig. 37

Periodos sucesivos en la segmentacion total i desigual del huevo

proceso de escision celular se repite sucesivamente, segmentándose el hemisferio superior de un modo mucho mas rápido que el inferior.

3)—En los Huevos *Telolecitales* o mui ricos en vitelo,

el elemento constitutivo llamado yema es, en las aves, el huevo propiamente dicho, que representa una célula voluminosa, pero, como ya se dijo (páj. 22), su porción realmente viva no constituye mas que una débil parte, pues el protoplasma evolutivo en el polo animal aparece en forma de un pequeño disco blanquecino llamado cicatriz o *cicatricula*, estando el resto ocupado por el vitelo nutritivo abundante. En estos huevos, no dividiéndose el vitelo inerte, la fragmentación tiene lugar sólo en el polo protoplasmático. Tenemos, pues, que en tal caso la segmentación será **parcial i discoidal**, como sucede en los Peces, los Reptiles, las Aves i otros animales, como los Moluscos Cefalópodos. Esta segmentación principia dividiéndose la parte superficial de la cicatricula por medio de tabiques perpendiculares en porciones iguales i como cada una de estas se fracciona paralelamente a su superficie, resulta que no tarda aquella en ofrecer el aspecto de una masa celular, en la cual sólo la superficie se halla dividida en segmentos poligonales. La interposición de tabiques i la consiguiente ulterior división de los núcleos parciales en el sentido de la profundidad i conformación de los surcos correspondientes continúa, con lo cual la cicatricula entera se convierte en un disco constituido de células dispuestas en muchas capas.

4)—En los Huevos *Centrolecinales* el protoplasma evolutivo constituye alrededor del vitelo una capa periférica o membrana jerminativa, resultando la segmentación **parcial i superficial**, caracterizada por la aparición de una capa periférica de células en torno de una masa

vitelina central. Este tipo de segmentacion es mui raro i es propio de los Artrópodos.

Debemos notar, como una escepcion, que el huevo pequeño i sin vitelo de los Mamíferos ordinarios se desarrolla, en último término, por segmentacion parcial que corresponde a las aves i a los reptiles, hecho que habla en favor del oríjen reptiliano de aquellos animales. «Es que en realidad, dice Remy Perrier, el huevo de los mamíferos es un *falso huevo alecital*. Así como los mamíferos descienden de los reptiles, el huevo de aquéllos se deriva del de éstos. Es, en otros términos, un huevo telolecital que ha perdido su vitelo por el hecho de que encuentra en el útero maternal, en donde se desarrolla, una abundancia de alimento que hace inútil el vitelo. Sin embargo, por herencia continúa adoptando el desarrollo de los huevos telolecitales».

Recapitulando brevemente los hechos mas importantes de la segmentacion, tenemos lo que sigue:

1.º La segmentacion del huevo, llamada tambien *Estrangulacion*, porque empieza siempre por una depresion anular superficial, es una simple division celular prolongada, cuyo producto o pequeñas células se denominan *esferas de segmentacion*.

2.º La rapidez con que una parte del huevo se segmenta, varía con la cantidad de protoplasma evolutivo que contiene i las dimensiones de las esferas de segmentacion varían en razon inversa de la cantidad de protoplasma.

3.º La cantidad de vitelo que encierra el huevo i su

distribucion son mui variables i ejercen considerable influencia sobre el modo cómo se verifica el proceso, distinguiéndose la segmentacion *total* (huevos alecitrales i huevos heterolecitrales) i la segmentacion *parcial* (huevos telolecitrales i huevos centrolecitrales).

4.º La segmentacion total puede ser regular o *igual* (huevos alecitrales) o irregular o *desigual* (huevos heterolecitrales), i la segmentacion parcial es unas veces *discoideal* (huevos telolecitrales) i otras *superficial* (huevos centrolecitrales).

4.—Desarrollo del huevo en una Mórula i en una Blástula

El resultado final de la segmentacion del huevo, cualquiera que sea la manera de verificarse, es la trasformacion

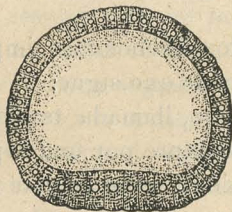


Fig. 38

Blástula de Amphioxus lanceolatus.

cion de éste en un agregado celular, en el que las células se arreglan para formar primero una *esfera llena*, parecida a una pequeña fruta de Mora o de Frambuesa, en cuyo caso recibe el nombre d **Mórula**. Las pequeñas células transparentes i semejantes de esta esfera moriforme se agrupan despues en la perifería, colocándose una al lado de la otra en una sola hilera, de modo que al fin

constituyen una *esfera hueca* o **Blástula**, cuya cavidad interior se llama *Cavidad de Segmentacion*, así como la capa puramente celular se designa con la denominacion de *Blastoderma* (Fig. 38).

Es curioso observar que la blástula puede aparecer como larva libre i móvil en algunos animales como los Celenterados (plánula), i que tal período de desarrollo de los metazoos se parece grandemente al estado perfecto o adulto que vemos en el protozoo llamado *Volvox globator*, cuyas células periféricas se han proveído de flajelos que le permiten nadar dando vueltas con mas o ménos rapidez.

5.—Formacion de la Gástrula Didérmica

El estado de la blástula se trasforma despues en otro mas perfecto llamado *Gástrula Didérmica* o *de dos capas*, en que las células, modificando su situacion respectiva, principian a diferenciarse para repartirse mas tarde las funciones de la vida. Esta gástrula se deriva mui frecuentemente de la blástula por *invaginacion* o hundimiento en un punto de la masa formada por las numerosas células (Fig. 39-B) que toman una posicion periférica, hundimiento que, pronunciándose mas i mas (lo mismo que cuando se abolla una pelota de goma), produce al fin una especie de *saco* comunicado con el exterior por un orificio, que es la *boca primitiva* o *poroblasto* (Fig. 39-C). Dicha cavidad—llamada *arquenterio* o *intestino primitivo*—tiene su pared compuesta de dos capas celulares u *hojas jerminal*es, llamadas *ectoderma* o *epiblasto* la este-

rior i *endoderma* o *endoblasto* la interior; las células exodérmicas, encargadas especialmente de la sensacion i locomocion, son alargadas, estrechas i provistas de ordinario de pestañas vibrátiles, al paso que las endodérmicas,

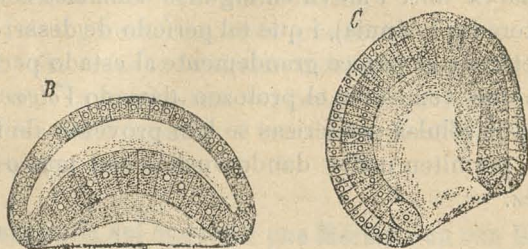


Fig. 39

Formacion de la glástula C por invajinacion de la blástula B (CLAUS)

cas, destinadas a desempeñar el trabajo de la digestion, aparecen anchas i redondeadas, aunque tambien con apéndices protoplasmáticos; en cuanto al orificio llamado poroblasto, que funciona como boca primitiva, no siempre llega a ser definitiva, pues algunas veces es el ano i otras se cierra completamente, de modo que las dos aberturas de entrada i salida del tubo digestivo se forman independientemente.

Hai todavía otros modos de formacion de la gástrula, de los que no nos haremos cargo porque el caso de invajinacion de un hemisferio en otro, que hemos considerado, es el mas típico i jeneral, i algunos de ellos pueden

referirse al mismo aunque difieren no poco en sus detalles. (1)

Es interesante saber que el estado de gástrula puede aparecer, lo mismo que la blástula, como larva de vida libre en los diversos tipos del reino animal, i que en los celenterados se acerca mucho a la forma adulta con disposicion para reproducirse, o dicho de otro modo, estos últimos seres sólo llegan a la forma de gástrula tridérmica, permaneciendo toda su vida en tal estado.

6.—Desarrollo de la Gástrula Tridérmica i del celoma por aparicion i division del mesoderma

El ulterior grado de complicacion del desarrollo embrionario en estado de gástrula, se efectúa, de una parte, por la aparicion de una nueva capa de tejido entre las dos pre-existentes i, de otra, por la division de dicha capa celular intermedia que da orijen a la cavidad visceral o celoma.

En efecto, viene a intercalarse entre el ecto i el endoderma, la llamada *hoja germinal media* o *mesoderma* i tambien *mesoblasto*, la cual en union con las dos anteriores, esterna e interna, constituyen las tres hojas que se distinguen en el embrión de todos los animales *metazoos* (2), si se prescinde de contadas escepciones que en-

(1) Se da el nombre de *Gástrula por delaminacion* a la que se forma de la blástula por division tanjencial de las células de ésta, desdoblándose cada una de las mismas en una célula exterior ectodérmica i una interior endodérmica (huevos de los Geryonidos).

(2) Vertebrados, Protovertebrados, Moluscos, Artrópodos, Equinodermos, Vérmes i Celenterados.

contramos en ciertos parásitos del aparato urinario de los moluscos cefalópodos i tambien del interior de los equinodermos.

Respecto a su jénesis, la formacion del mesoderma es, en jeneral, preparada por el endoderma que se invagina

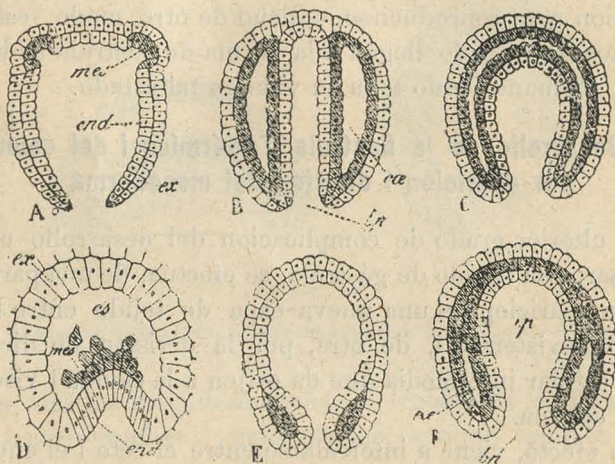


Fig. 40

Diversos modos de formacion del mesoderma: A-C, por invaginaciones del endoderma end: en A, principian las invaginaciones; en B, las dos invaginaciones se han formado en dos sacos cerrados iaterpuestos entre el exo i el endoderma; el mesoderma se principia desde un comienzo desdoblado en dos capas separadas por el celoma ca; en C, el proceso ha terminado.—D, formacion del mesoderma por emigracion de células endodérmicas en la cavidad de segmentacion, es; E, F, formacion del mesoderma a espensas de células que aparecen formando un anillo completo al nivel del poroblasto, bp. (PERRIER).

i repliega, tal como lo muestra la figura 40 (A, B i C) o hace emigrar ciertas células aisladas i amiboídeas que penetran debajo de sus conjéneres, diferenciándose luego de las mismas (Fig. 40-D).

Hai que decir en seguida que cualquiera que sea el modo de orijinarse el mesoderma, una vez que éste está ya constituido, se ahueca progresivamente en la mitad de su espesor, hasta que llega a formarse la cavidad jeneral, llamada cavidad *pleuroperitoneal* o *celoma*, que encierra todos los órganos del cuerpo (Fig. 40-C). Por la produccion de dicha cavidad, el mesoderma queda dividido en dos porciones, una de las cuales se aplica al ectoderma i forma con éste la lámina llamada *somato-pleura* i la otra se une al endoderma i constituye la capa denominada *esplancnopleura*.

7.—Diferenciacion de las células de la Gástrula Tridérmica

Una vez que los animales metazoos llegan al estado de gástrula tridérmica, pasan como *embriones* a estados mas complicados para formar el organismo definitivo, en cuyo caso las células de las tres capas de su pared principian a diversificarse para constituir los diferentes *tejidos* i *órganos* (1), que deben distribuirse los trabajos de la vida.

Miéntas que los diferentes tejidos se desarrollan a expensas de cada una de las hojas de la pared tridérmica,

(1) Se llama *órgano* una parte cualquiera del cuerpo que desempeña un *acto*;—el conjunto de órganos de igual estructura i que ejecutan actos análogos, se denomina *sistema* (=sistema nervioso), i la reunion de varios órganos de diferente estructura i que desempeñan actos diversos, pero que concurren a producir una *funcion* de la vida, recibe el nombre de *aparato* (=aparato respiratorio).

los órganos se forman por el somatopleura o el esplanopleura. Basados en este principio podemos agrupar los tejidos i órganos de la manera siguiente:

I.—Tejidos

A.—Toman su origen en el *Ectoderma*:

1. El tejido epitelial protector externo o *Epidérmis*.
2. El tejido epitelial glandular externo (=glándulas simples sin envoltura de tejido conjuntivo).
3. El tejido nérveo.

B.—Se forman a espensas del *Mesoderma*:

4. El tejido conjuntivo fibroso, los tejidos elástico, de la grasa, cartilajinoso i óseo.
5. El tejido muscular liso i estriado.

C.—Son producidos por el *Endoderma*:

6. El tejido epitelial de revestimiento interior.
7. El tejido epitelial glandular interno.

II.—Organos

A.—Proviene del *Somatopleura* (=ectoderma recubierto de la hoja esterna del mesoderma):

1. La epidérmis i sus productos (pelos, uñas, glándulas de la piel).
2. El dérmis, córion o cútis.
3. El panículo adiposo.
4. Los músculos del tronco i de las extremidades.
5. Los cartílagos, huesos i dientes.

6. El cerebro i la médula, ganglios i nervios, órganos de los sentidos.

B.—Proviene del *Esplanchnopleura* (=endoderma, mas la hoja interior del mesoderma):

7. Los diferentes órganos de las grandes funciones de la nutrición, en las cuales todos los tejidos están representados.
8. Los órganos de los aparatos sexuales.
9. Las glándulas verdaderas mayores (hígado, páncreas, etc).

Véase, por lo precedentemente estampado, que los órganos sencillos están constituidos sólo por los tejidos epitelial i conjuntivo, al paso que en la formación de los órganos compuestos entran todos los tejidos, si bien uno de los mismos suele primar sobre los demás.

8.—Limitación del cuerpo del Embrion.—Anexos embrionarios

A partir del estado ontojenético que constituye la gástrula, de la que no pasan los celenterados i se repite del mismo modo en la evolución de los demás metazoos, se observa, por lo jeneral, en el desarrollo del embrión una marcha muy diferente de la que hemos seguido para la producción de aquella.

Para formarse una idea exacta del desarrollo de la forma exterior del cuerpo del embrión de los animales superiores, es preciso seguir las fases de su desenvolvi-

miento en el huevo de uno de estos, por ejemplo en los de la gallina, que son de gran tamaño i de fácil obtencion.

Sabido es que el huevo telolecital de estos metazoos, sufre una segmentacion parcial discoidal, transformándose la cicatricula en blastoderma que, por una progresion regular, envuelve despues el cuerpo ovular entero. Pero todo este conjunto que hasta el estado de gástrula hemos visto formarse no está destinado a constituir el cuerpo propiamente tal del embrion, pues el fundamento del nuevo ser radica en una pequeña porcion engruesada de la capa celular tridérmica, donde tienen lugar los fenómenos de diferenciacion referidos en el núm. 7. Esta parte mas espesa o *zona primitiva*, que en lo sucesivo será la base del cuerpo del embrion, corresponde, por su posicion, al polo animal del huevo i se designa con el nombre de *porcion embrionaria*, pequeña, al paso que al resto del blastoderma primitivo, que contiene todo el vitelo i representa en cierta época la principal masa del huevo, se llama *porcion extra-embrionaria*, voluminosa. Estas dos porciones se separan desde un principio por medio de una estrangulacion que se profundiza i alarga mas i mas hasta que resulta el *cordón vitelino* (Fig. 41).

La zona primitiva, orijinalmente discoidal i aplastada, toma luego la forma alargada i como sus bordes se estienden hácia los lados, adquieren en seguida el aspecto de un violin, constituido por las tres capas pluricelulares i con un surco longitudinal en el centro (= *línea primitiva*), formado por invajinacion de las mismas i en el fondo del cual aparece un pequeño cilindro o *cuerda dor-*

sal, base primitiva del esqueleto. Encima de esta cuerda, situada sobre el intestino, descansa la *médula espinal*, que es tambien en su oríjen un cordon recto, pero hueco, i del cual proviene todo el sistema nervioso central; tales son los órganos mas característicos de los vertebrados. Las extremidades i demas órganos complejos del animal adulto que faltan en el rudimento de embrión en forma de violin, resultan por invaginaciones i separaciones histológicas i organológicas de las células embrionarias.

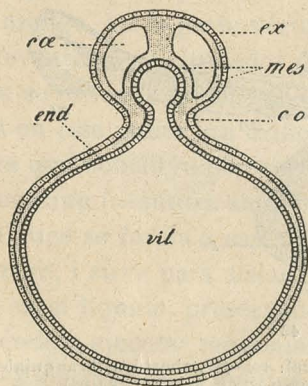


Fig. 41

Limitacion del cuerpo del embrión en un huevo telolecital: en la parte superior se ve la *porción embrionaria* pequeña i abajo la *porción extra-embriónica* voluminosa:

ex, ectoderma;

mes, mesoderma;

end, endoderma;

ca, celoma o cavidad jeneral;

vit, vitelo (PERRIER).

Al mismo tiempo que se forman los *órganos permanentes* del vertebrado adulto, aparecen anexos u *órganos embrionarios* que son de gran importancia durante la vida fetal, sirviendo unos para *protejer* el embrión delicado i blando i otros para *alimentar* al mismo. Los principales de estos anexos, que deben ser descritos junto con el desarrollo de la forma exterior del cuerpo, son la *vesícula umbilical*, el *ámnios* i el *alantóides*.

La **vesícula umbilical** se adhiere a la cara ventral del embrión i comunica interiormente con la porción del arquenterio que queda incluida en el cuerpo del embrión i llega a ser después el intestino definitivo del animal adulto (Fig. 41); está llena del vitelo nutritivo destinado a asegurar la alimentación del embrión durante su desarrollo i sus paredes son formadas por la prolongación de la capa esplancnopléurica en la región extra-embriónica. Esta vesícula desaparece o se pierde muy pronto

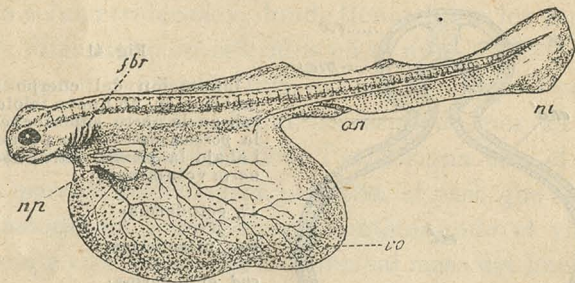


Fig. 42

Embrión de pez con vesícula umbilical: *vo*;—*fbr*, aberturas branquiales; *np*, aletas pares; *ni*, aletas impares; *an*, ano.—(FERRIER)

en la mayoría de los reptiles, aves i mamíferos, formando contraste a este respecto con los peces, cuyos individuos nuevos o recién nacidos llevan aun tal saco vitelino pegado en la región inferior de su cuerpo (Fig. 42).

En el ulterior desarrollo de los peces i anfibios no se presenta otro anexo embrionario destinado a favorecer al embrión que el que acabamos de conocer con el nombre de vesícula umbilical, la que no se ve en los embriones de

los últimos animales nombrados despues de salir del huevo; pero en los reptiles, aves i mamíferos el desarrollo se complica por la formacion del saco amniótico i de la vesícula alantóidea, órganos transitorios que aparecen mui temprano (1).

—El **ámnios** o bolsa membranosa que encierra por completo el feto bañado por el «agua amniótica» de que la misma está llena, principia a formarse de la porcion extra-embrionaria del blastoderma por la aparicion de un repliegue anular que, naciendo en torno del cuerpo en el ombligo, en la parte vertebral del embrion (Fig. 43-b), va levantándose alrededor de éste i lo oculta poco a poco, pues se estiende aquel sobre la cara superior del feto, i deja en este punto un orificio que se reduce mas i mas hasta que concluye por cerrarse, cuando sus bordes se encuentran (=sutura amniótica) (Fig. 43-c). El repliegue amniótico se forma a espensas de la capa llamada somatopleura, i sirve para aislar el embrion delicado, sumergido en el líquido, preservándolo de los choques i permitiéndole ejecutar movimientos de débil amplitud.

—Mientras que el ámnios se forma a espensas del somatopleura, el **alantóides** debe su oríjen a una depresion o invaginacion del esplancnopleura, que sobresale en la porcion ventral del embrion, cerca de la parte terminal del intestino posterior, entre el ámnios i la vesícula umbilical (Fig. 43-d): apareciendo al lado del pedúnculo de este último saco, se alarga rápidamente en el interior

(1) Por esto se han dividido los *Vertebrados* en *Alantoídeos* (Mamíferos, Aves i Reptiles) i *Analantoídeos* (Anfibios i Peces).

del celoma o cavidad jeneral hasta que llega a aplicarse a la cara interna del somatopleura. Por lo demas, el alantóide, cuya pared interna es mui rica en vasos sangui-

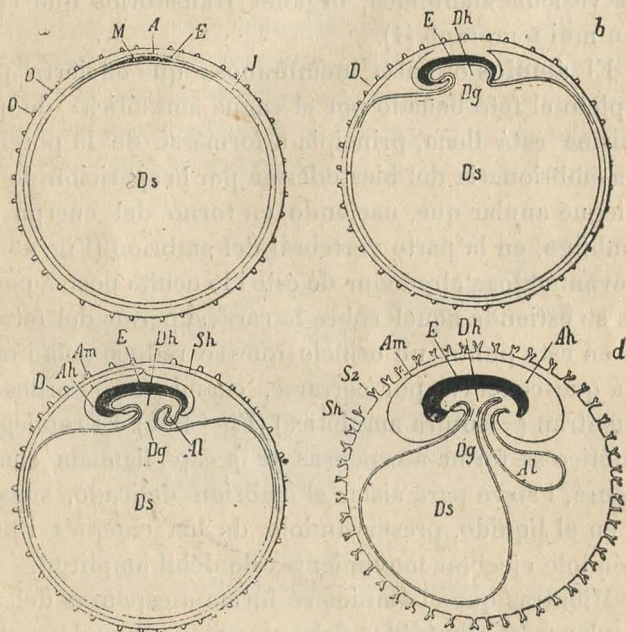


Fig. 43

Desarrollo embrionario de un mamífero placentado: *a*, Limitación del cuerpo del embrión (E); *A*, ectoderma; *M*, mesoderma; *J*, endoderma;—*b*, Comienzo de la formación del amnios i de la vesícula umbilical; *Dh*, Cavidad intestinal del embrión; *Dj*, Conducto vitelino; *Ds*, Cavidad de la vesícula umbilical;—*c*, Soldadura de los repliegues amnióticos i aparición de la alantoides *Al*;—*d*, Embrión con boca i ano encerrado en la cavidad amniótica *Ah*, i alantoides en crecimiento *Al*.

neos embrionarios, sirve principalmente en la respiración del feto, i una parte del mismo, la que desde el

principio aparece incluida en el cuerpo del embrión, utilizándose para recoger los productos de la desasimilación, forma después en los mamíferos la vejiga urinaria i se atrofia en las aves i reptiles.

—Hai que decir en seguida que en todos los mamíferos, con escepcion de los marsupiales i monotremas, se deriva del alantóides un órgano vascular llamado **placenta** que sirve para poner en relacion mas o ménos íntima el feto con la madre mediante el *cordón umbilical* (Fig. 44), que

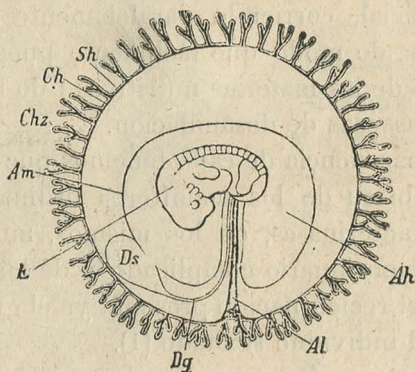


Fig. 44

Embrion en estado avanzado de desarrollo (E) i encerrado en el saco amniótico que se ha agrandado considerablemente: se ve el saco vitelino en vías de atrofia Ds, el *cordón umbilical* formado a espensas de la alantóides Al, i la placenta difusa o estendida por toda la bolsa embrionaria o córion Ch,—Chz son las vellosidades vasculares; i Sh la membrana primitiva del huevo que se une a la capa vascular de la alantóides.

representa la porción filamentosa del alantóide revestida por el amnios, el cual se desarrolla estrordinariamente para formar una vasta cavidad, donde el embrión se encuentra incluido. Dicha placenta u órgano blando, espon-

joso, de color rojo, de volúmen variable, i que por su forma puede ser *difusa* (Fig. 44), *cotilidónea zonar* i *discoidal*, está constituida por vellosidades vasculares de la bolsa embrional o córion que reciben la sangre de los vasos alantoídeos. Ahora bien, la bolsa embrional se aplica i adapta por su porcion placental a la parte de la pared del útero materno que está tambien cubierta de vellosidades vasculares o mamelones carnosos análogos, i los alimentos pasan así por difusion de los vasos del útero a los de la bolsa embrional que tienen una situacion superficial, corriendo paralelamente i mui juntos con aquéllos, de modo que fácilmente puede hacerse el intercambio de las materias nutritivas i de las sustancias líquidas i gaseosas de desamilacion.

Como consecuencia de esto, tenemos que la alimentacion del embrion de los mamíferos ordinarios durante su vida intrauterina es, en los mismos, mui activa i el desarrollo embrionario complicado i de larga duracion, por lo que el recién nacido presenta ya el grado de organizacion del individuo sexuado (1).

—Si de los mamíferos ordinarios o *placentarios* pasamos a considerar los singulares Marsupiales i Monotremas,

(1) En la mayoría de los Placentarios se desarrolla entre la porcion maternal i fetal de la placenta una membrana esponjosa, llamada membrana caduca o *Decídua*, que se forma por una hipertrofia de la pared uterina; esta membrana—que es arrojada en el momento del parto—falta en los órdenes inferiores de estos mismos animales (Ungulados i Cetáceos), por lo que los Placentarios pueden agruparse, a ejemplo de Huxley, en dos grandes categorías, los *Decídúos* i los *Indecídúos*.

se ve que en los primeros nombrados la nutricion del embrion en el útero es mui incompleta porque el alantóide es pequeño, poco vascular i no da oríjen a pla-



Fig. 45

Cangurú en la bolsa marsupial

centa alguna que ponga en relacion los vasos fetales con los vasos maternos. Resulta de aquí que en tales condiciones, estando el saco embrionario pegado al útero, pero sin soldarse a sus paredes, la vida intrauterina de los Marsupiales tiene que ser de corta duracion, ocho dias mas o ménos, por lo que el nuevo organismo nace pequeñísimo i en estado mui imperfecto, completando su desarrollo en el interior de una bolsa ventral o marsupial de la hembra. En esta bolsa están las mamas dispuestas en arco, en número de 15 pares a ve-

ces i provistas de pezones sumamente largos para que penetren hasta el esófago de los hijos (Fig. 45).

En cuanto a los Monotremas que, como se sabe, son

los únicos mamíferos ovíparos, producen huevos de cáscara córnea i relativamente pobres en vitelo. Estos huevos, ántes de llegar al útero, ofrecen un tamaño reducido, aun cuando sobrepujan en el doble a los de los otros mamíferos, pues miden 4 milímetros de diámetro; pero desde que entran a esta cavidad principian a agrandarse progresivamente hasta alcanzar a 13 i mas milímetros, gracias a los materiales nutritivos suministrados por el vitelo i principalmente por las paredes del útero, provistas de glándulas productoras de un mucus alimenticio especial con propiedades asimilables i trasportables a traves de la cáscara córnea del huevo.

Recordemos, despues de todo lo espuesto, que los únicos monotremas vivientes o actuales son el ornitorinco i el equidno australianos, i que este órden de mamíferos constituye, en union de los marsupiales, tambien de Oceanía i América, la Sub-clase de los *Implacentarios*, en oposicion a la de los *Placentarios*, que comprende la inmensa mayoría de los animales pertenecientes a la clase superior de los Vertebrados en cuestion.

—Réstanos sólo, para completar el presente órden de cuestiones ontojenéticas, hacer constar dos hechos importantes, relacionados con la existencia de órganos embrionarios en jeneral.

Es el primero que, ademas de los mamíferos superiores, tienen placenta, entre los Vertebrados, algunos peces Selacios vivíparos (*Carcharias*), en los cuales dicho órgano debe su oríjen a la vesícula umbilical; i que los únicos Evertebrados provistos de placenta pertenecen a la clase

de las Salpas (Protovertebrados) i a los Onicóforos o Prototraqueados (= *Peripatus*).

El segundo es que, a los *anexos típicos de origen embrionario* i *ovular* (*amnios, alantóides i vesícula umbilical*), se agregan los *anexos de origen extra-ovular*, como son la *cáscara*, la *membrana de la cáscara*, i la *albúmina* de los ovíparos, i la *membrana caduca* o *decídua* de los Mamíferos vivíparos superiores.

B.—METAMORFISMO

Desde el momento en que el animal sale del huevo termina su *embriología* i comienza muchas veces su *metamorfosis* que en último término no es sino la continuación de la serie de fenómenos cuyo fin comun es el desarrollo total del sér viviente.

Como se sabe, los animales que toman su origen de un huevo rico en vitelo (aves) o cuyo embrión derivado de un huevo de vitelo escaso o nulo, contrae mui temprano adherencia con la madre para alimentarse de la sangre de ésta (mamíferos), no necesitan desprenderse de las cubiertas ovulares, en las cuales permanecen encerrados hasta el estado en que salen al exterior ofreciendo la forma que han de conservar toda la vida; es decir, el recién nacido tiene ya la misma conformación de sus padres, de los cuales se distingue sólo en su menor tamaño i en lo poco desarrollado que presenta sus órganos jentales. En tal caso se habla del *desarrollo directo* de los organismos, i el embrión, o animal que se desenvuelve dentro de las envolturas protectoras del huevo, se designa con el nombre de *feto*.

Por el contrario, los embriones de las especies metazoarias que provienen de huevos de vitelo escaso o nulo i no pueden alimentarse a espensas del cuerpo maternal, se ven obligados a abandonar las membranas ovulares para alimentarse en el medio exterior, entrando al mundo con los caracteres de un estado que representa una fase inferior de la vida embrionaria, de modo que para llegar a tener las particularidades de forma i estructura del animal adulto, necesitan experimentar, despues de salir de la madre, una serie de cambios mas o ménos profundos. Se da el nombre de *metamorfosis* a este conjunto de modificaciones que sufre el organismo durante su vida libre para alcanzar la forma definitiva que debe tener, i se dice que el recién nacido o embrion en esbozo que vive como un animal perfecto, es una *larva* respecto del adulto.

—En todas las categorías animales, tanto en los Vertebrados como en los Evertebrados, podemos encontrar buenos ejemplos de especies que experimentan metamorfosis, extraordinarias a veces, i caracterizadas por la presencia de *órganos larvales*.

Para principiar con los Vertebrados, ciertos peces tienen larvas que cambian mucho de aspecto, completando su organizacion. Los mas interesantes son la *Lamprea*, notable por la brevedad de su existencia en forma adulta i la larga duracion de la vida de sus larvas desnudas, consideradas ántes como una especie diferente (Ammocoetes); i la *Anguila*, habitante de todas las aguas de Europa i cuya reproduccion fué largo tiempo considerada misteriosa, hasta que el naturalista italiano GRADI en-

contró sus larvas (*Leptocephales*), que viven en las grandes profundidades del mar (a 500 o 600 metros), i una vez convertidos en el adulto ganan la costa i remontan los rios, siguiendo, en sentido inverso, el camino de sus padres.

Sin salir de lós Vertebrados, encontramos ejemplos de evolucion larvaria en la clase de los Anfibios, con renacuajos cuyas principales particularidades consisten en la presencia de branquias externas, órganos natatorios (cola) i ventosas o discos adhesivos bucales, i en la aparicion de las extremidades en el curso de su vida larvaria.

Si pasamos en seguida a los tipos inferiores, vemos en los Protovertebrados que en la Lanceta o *Amphioxus* las larvas son puestas en libertad en estado de gástrula, cuyo revestimiento ectodérmico vibrátil sirva para su locomocion; que los Tunicados Perenicordados representan en estado adulto la forma transitoria de los Caducicordados, o sea, la larva *urodela*, parecida a un renacuajo, con cola sostenida por una cuerda dorsal temporal; i que el desarrollo de los Enteroneuptes o *Balanaglossus* se hace tambien por metamorfósis mediante larvas (*Tornaria*), caracterizadas por sus fajas de pestañas vibrátiles.

En los Moluscos fijos, como la Ostra, hai igualmente una metamorfósis, saliendo del huevo la larva *Velífera* o con una corona de pestañas (velo) que limita una área situada delante de la abertura bucal.

Los Equinodermos radiados comienzan tambien su vida por formas larvarias pelájicas, bilaterales i de as-

pecto extravagante i variado por el desarrollo de lóbulos i cilios (*Pluteus*, *Bipinnaria* i *Braquiolaria*, *Auricularia*), formándose el adulto a espensas sólo de una pequeña parte de su cuerpo que encierra el tubo digestivo.

Esta misma clase de larvas provistas de pestañas vibrátiles o apéndices finos nos ofrecen algunos Gusanos marinos i parásitos (= *Hexacanto* o larva de la *Tenia*), i otras especies de estos animales, lo mismo que los Equinodermos i muchos moluscos suelen abandonar las envolturas ovulares ántes de llegar al estado de gástrula, siendo este un carácter jeneral de los Celenterados, cuya forma larvaria, llamada *Plánula*, es una blástula esférica u oval que nada, moviéndose en sentido circular, gracias a sus cilios vibrátiles.

A la inversa de las larvas ciliadas de los tipos precedentes, las de los Artrópodos poseen, como órganos larvarios, patas para nadar o andar. Tales son las larvas acuáticas llamadas *Nauplius* i *Zoea* de los crustáceos i las *Orugas* terrestres de los insectos lepidópteros que se distinguen de la mariposa adulta no sólo por la falta de las alas i la diferente conformacion de su boca masticadora sino tambien por la presencia de ojos simples, hileras i prolongaciones carnosas que contribuyen a la locomocion i son conocidas con el nombre de *patas falsas*.

Vése, por lo espuesto, que las diferencias entre las larvas i los adultos son mucho mas marcadas en los Evertebrados que en los Vertebrados, pues las formas larvarias de éstos no sufren grandes cambios i apénas poseen órganos adaptivos que consisten en discos adhesivos i aparatos natatorios, llevando siempre una vida

acuática, aunque pertenezcan a padres cuyo medio ordinario es la tierra (Anfibios).

Pero sea cual fuere el grado de complicacion de la metamorfosis o el carácter diferencial de la evolucion de estos animales, basta este breve resumen para dejar sentado el principio de que la diferencia entre la evolucion directa i la indirecta por medio de metamorfosis, tan profunda a primera vista, es mas bien cuantitativa que cualitativa, puesto que ántes o despues del nacimiento, todos los organismos pasan por una serie de cambios para llegar a reproducir su forma i tamaño definitivos.

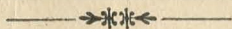
—En cambio, difiere notablemente de este proceso jeneral que se verifica durante la vida de un mismo individuo, la forma de desarrollo ontojenético que se designa con el nombre de *Jeneracion Alternante*, para indicar que la serie entera de modificaciones porque pasa un animal en su evolucion, se halla repartida en dos o mas jeneraciones que muchas veces se distinguen por sus caracteres morfológicos i se alimentan i reproducen en diversas condiciones, presentándose el ser alternativamente asexual i sexual: así el que procede de un huevo da una yema i el que toma su orijen en una yema produce un huevo, de modo que un hijo sexualmente desarrollado, en lugar de ser semejante a su madre ovípara, se parece a su abuela, que es yemípara como él.

Sin que nos sea posible hacernos cargo de todas las formas o casos especiales de jeneracion alternante que se distinguen, haremos sólo mencion especial de los ejemplos que nos proporcionan las Salpas entre los Pro-

tovertebrados i los Hidrozoos entre los Celenterados. En los primeros, de individuos *vivíparos* que forman parte de una cadena, nacen otros *solitarios* sin órganos jenitales i que por *yemacion* de una parte de su cuerpo, llamada estolon prolífero, da oríjen a una serie de individuos *encadenados* que tienen reunidos los *dos sexos*. En cuanto a los Hidrozoos, la mayoría de ellos, como la *Campularia chiloensis*, por ejemplo, viven en colonias i en éstas los pólipos prolíferos dan oríjen por yemacion a *medusas* libres en forma de campana, las cuales a su vez producen espermatozoides i huevos, de los que nacen de nuevo los *pólipos* sedentarios.



SEGUNDA PARTE



ANATOMÍA I FISIOLÓGÍA DE LAS PLANTAS

EN DOS SECCIONES:

1.^a

ANATOMÍA

2.^a

FISIOLÓGÍA



ANATOMÍA VEJETAL (1)

A.—ELEMENTOLOGÍA

I

CONSIDERACIONES JENERALES

El estudio histológico de las plantas superiores o Fanerógamas nos enseña que, como en los animales, todos los órganos, aun los mas pequeños i delicados, están formados por una cantidad enorme de elementos anatómicos o *células*, visibles, en jeneral, sólo mediante la ayuda del microscopio i capaces de constituir por sí seres organizados, como acontece en muchas Talófitas, por ejemplo, las Diatomáceas.

(1) BEHRENS (W. J.).—*Text Book of General Botany*, Edimburgh, 1885.

BENTLEY (R.).—*A Manual of Botany*, London, 1887.

BOWER (F. O.).—*A Course of Practical Instruction*, London, 1888

CAUSTIER (E.).—*Botanique*, Paris 1904.

COLOMB (G.).—*Cours de Botanique*, Paris, 1897.

COULTER (J. M.).—*Plants a text book of Botany*, New York, 1900.

DAGUILLON (A.).—*Leçons Élémentaires de Botanique*, Paris, 1897.

DE BUEN (D.).—*Tratado Elemental de Botánica*, Barcelona, 1897.

HOOKEE (J. D.).—*Nociones de Botánica*, Paris, 1886.

Con todo, en los vejetales no existe la *materia intercelular*, a pesar de que, a menudo, se observa, en el modo de union de las células entre sí, que los elementos contiguos no se tocan mutuamente por todos los puntos de su superficie, sino que dejan ellos pequeños espacios que se llama *meatos* o *vacíos intercelulares* (Fig. 46). Estos

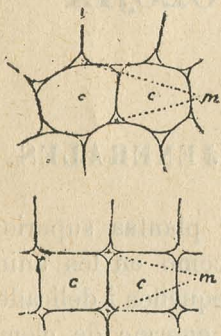


Fig 46

Dibujo esquemático en el que se ven los *meatos* o vacíos intercelulares *m*, que se forman entre las células *c*.

espacios aumentan a veces de tal modo su estension que se hacen iguales o mayores que las células próximas,

HUXLEY (T. H.).—*A Course of Elementary Instruction in Practical Biology*, London, 1883.

GIRARD (H.).—*Aide Mémoire d'Anatomie et Physiologie Végétales*, Paris, 1897.

LE MAOUT (M. E.).—*Leçons Élémentaire de Botanique*, Paris.

MANGIN (L.).—*Elementos de Botánica*, Paris, 1890.

PHILIPPI, (R. A.).—*Elementos de Botánica*, Santiago de Chile, 1869; *Elementos de Historia Natural*, Santiago de Chile, 1893.

VUILLEMIN (P.).—*La Biologie Végétale*, Paris, 1888.

apareciendo circunscritas por un gran número de las mismas i reciben entónces el nombre de *lagunas* (Fig. 47).

Frecuentemente se observa tambien que los espacios intercelulares se unen formando canales que, segun contengan resina o goma, se llaman *conductos resiníferos* i *gomíferos* (Coníferas i Cicadinas).

Antiguamente se admitian tres clases de elementos anatómicos en las plantas, las *células*, las *fibras* i los *vasos*, pero ahora se consideran los dos últimos como derivados celulares.

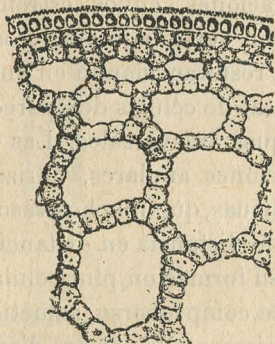


Fig. 47

Porcion de tallo de planta acuática, mostrando lagunas.

—Las *fibras* son células mui alargadas, fusiformes, de paredes gruesas i duras, i con sus contornos exteriores aplastados i prismáticos porque se justaponen exactamente con los de las vecinas (Fig. 48). Como estas fibras terminan en punta, no pueden ser contiguas en toda su estension, pero en los intervalos que quedan entre ellas

se colocan otras fibras, cuyos extremos ocupan el espacio cónico libre.

Las fibras contribuyen a formar, en union con los vasos, la masa de madera de los árboles i arbustos i los peciolos i nervios de todas las plantas. El lino i el cáñamo, que sirven para fabricar telas i cuerdas, son fibras que se encuentran en el cuerpo de las plantas que llevan esos nombres.



Fig. 48

Fibra o célula alargada, de aspecto fusiforme i de paredes gruesas.

—Los *vasos leñosos* no son otra cosa que tubos continuos, sin ramificaciones, cuyos extremos no pueden verse bajo el microscopio, i que resultan cuando en una serie vertical de células desaparecen los tabiques trasversales. Las estrangulaciones anulares, horizontales u oblicuas, que muchos vasos ofrecen de distancia en distancia indican su formacion pluricelular, que puede comprobarse, sometiendo a los mismos a la accion disolvente del agua caliente mezclada con ácido nítrico, en cuyo caso se dividen en fragmentos i la ruptura tiene lugar en los puntos donde se observan las señales (Fig. 49). Además, a estas marcas superficiales corresponden repliegues interiores que forman una especie de anillos (helechos i jimnöspermas) o diafragmas acribillados de agujeros. La presencia de estos últimos es jeneral

en los llamados *tubos cribosos* o cribrosos que existen en todas las plantas vasculares, lo mismo que los vasos ordinarios, sirviendo éstos para conducir la *sávía bruta* o no elaborada absorbida por las raíces i aquéllos para trasportar la *sávía nutritiva* o elaborada en las hojas.



Fig. 49

Vaso leñoso: se forma por fusión de células en sentido de su eje.

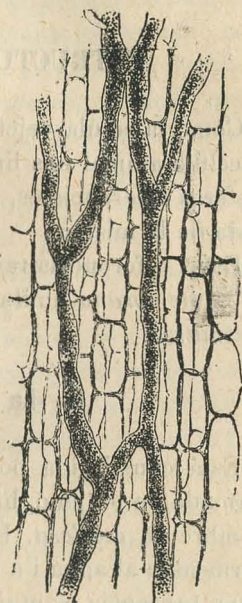


Fig. 50

Preparación histológica para ver los *tubos lactecentes*.

—Es interesante saber tambien desde luego, que un cierto número de plantas están dotadas de otros elementos histológicos llamados *vasos lactecentes*, llenos de un jugo particular lechoso o *latex*, i fácil de distinguir de los vasos propiamente dichos por la transparencia de sus paredes de celulosa pura i por sus ramificaciones múltiples (Fig. 50).

II

ESTRUCTURA DE LA CÉLULA

Como la célula vegetal tiene la misma estructura que la célula animal nos limitaremos a dar a conocer sus caracteres diferenciales, sin entrar en la descripción detallada de la misma.

Estas diferencias radican, sobre todo, en la estructura de la *membrana* limitante i en las *Inclusiones del Protoplasma*.

I.—La Membrana Celular

Está constituida por una sustancia ternaria, esto es, formada de oxígeno, hidrógeno i carbono i que recibe el nombre de *celulosa*. Esta es sólida, incolora, elástica i permeable al agua i a los líquidos disueltos en ella.

Su presencia es muy común (1) i en el curso de la evolución de la célula, experimenta *modificaciones* por *crecimiento* i *transformaciones químicas*.

I.—**Crecimiento.**—La membrana celular tiene dos modos de crecer: por *estensión* i por *engruesamiento*.

1.—*Crecimiento en extensión.*—Es debido a la *turges-*

(1) Ejemplo de protoplasma desnudo tenemos en el *Plasmodio* de los mixomicetes.

cencia, o sea la tendencia de expansion del contenido de la célula (protoplasma i jugo celular) i el ensanchamiento de la membrana se produce mediante el depósito o intercalacion de nuevas moléculas de celulosa, procedentes del protoplasma, entre las ya existentes, de modo que la tension no puede orijinar nunca el rompimiento de la misma.

Si la actividad de la sustancia protoplasmática es uniforme, la membrana se desarrolla igualmente en todos los puntos i la célula crece conservando el mismo aspecto del elemento anatómico nuevo.

Por el contrario, cuando la actividad del contenido es desigual, como acontece de ordinario, las células toman formas diferentes a la primitiva. Así tenemos que se hacen estrelladas, ramificadas e irregulares cuando la fuerza protoplasmática se desarrolla en distintos puntos, i que adquieren los elementos anatómicos una forma alargada cuando se ejerce en dos puntos opuestos.

2.—*Crecimiento en grosor*.—Al mismo tiempo que la membrana se dilata, aumenta de espesor gracias al desarrollo por dentro de nuevas moléculas de sustancia celulósica a espensas del protoplasma.

Este crecimiento en espesor puede efectuarse: *a*) uniformemente en toda estension de la membrana, pero las mas de las veces ésta se engruesa, *b*) sólo en ciertos puntos o porciones mas o ménos estensas de la pared, permaneciendo delgada en otros, que permiten el intercambio de materias, pasando líquidos i gases de unas en otras.

En todo caso, esto hace que las células, vistas con fuerte aumento, ofrezcan diversos aspectos, recibiendo el nombre de *puntuadas* cuando la membrana presenta sólo puntitos, i *anulares*, *espirales*, *reticuladas* i *escaleriformes*, segun que muestren engruesamientos en forma de anillo, rayas en espiral o dispuestas como red o palitos de escalera de cuerda (Fig 51).

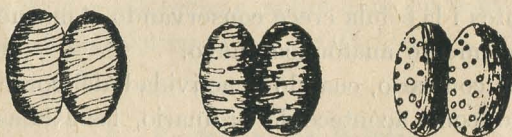


Fig. 51

A la izquierda, células *espirales*; en el medio, células *escaleriformes*;
i a la derecha, células *puntuadas*

Estas diversas formas de engruesamientos son muy comunes en las fibras i sobre todo en los vasos, que resultan cuando en una serie vertical de células desaparecen los tabiques trasversales. Otros tabiques notables debidos al desigual engruesamiento de la pared celular, se pueden estudiar prácticamente en la estina de los granos de pólen i en las esporas.

A veces la membrana celular se hace tan espesa que queda reducido a muy poca cosa el espacio interior de la célula llamada *lúmen*. I hasta puede desaparecer por completo la cavidad celular, como se observa en las fibras del lino, por ejemplo.

Las células cuyas membranas engruesadas se han endurecido o *lignificado* (véase *Lignificación*) reciben el nombre especial de *esclerenquimáticas* (Fig. 52). Se observan células de este carácter en la pulpa de ciertas peras. El examen microscópico de un corte delgado de un pomo deja ver porciones engruesadas que afectan la forma de granitos (*pedras de la pera*), los cuales están com-



Fig. 52

Células esclerenquimáticas

puestos de cierto número de células unidas, cuyas paredes han adquirido gran dureza para comunicar resistencia i solidez al órgano.

En algunas semillas, como por ejemplo, en las del *Datilero* i *Fitelefas*, el albúmen se compone de células que presentan *engruesamientos de celulosa pura*. En estos órganos de reserva, dichos engruesamientos no hacen un servicio mecánico, sino que la sustancia celulósica que los constituyen se destina a ser consumido por el embrión, disolviéndose en el momento en que la germinación comienza.

II.—**Modificaciones.**—La membrana celular puede modificarse químicamente, ya por la transformación de su

propia sustancia o por el depósito de materias particulares en su espesor.

Estas modificaciones son la *lignificacion*, la *cutinizacion* i *suberizacion*, la *jelificacion* o *gomificacion* i la *mineralizacion*.

1.—*Lignificacion*.—El endurecimiento de las membranas engruesadas parcial u totalmente, proviene del depósito en ellas de una materia leñosa o *lignina*, que es de color pardo o amarillo, dura, frágil, permeable al agua i mas rica en carbono que la celulosa.

Las partes celulares de los árboles i arbustos deben su gran solidez a la *lignificacion* de las paredes de las células que constituyen esas rejiones.

2.—*Cutinizacion i suberizacion*.—La transformacion de la celulosa de la membrana en *cutina*, que es impermeable para el agua i ciertos gases, se verifica en las partes superficiales de la planta, especialmente en las células epidérmicas, cuyas membranas *cutinizadas* se dividen en tres capas, de las cuales la interna consta de celulosa pura, la mediana o capa cuticular es considerablemente espesa i la exterior contribuye a la formacion de la *cutícula* que recubre, como una película lisa i continua, la epidermis entera.

Mas adelante se verá que es de mucha importancia para la planta la aparicion de la cutina en las membranas de las células periféricas o epidérmicas (Fig. 53) porque protege a los tejidos vivos espuestos al aire atmosférico, librándolos de la accion de los agentes exteriores.

La cutina se presenta tambien en la estina de los granos de pólen, en la membrana de algunas esporas, i la capa exterior de la testa de las semillas se compone de células cutinizadas o lignificadas.

Lo que se conoce con el nombre vulgar de *corcho* o *súber* es un tejido elástico e impermeable, formado por

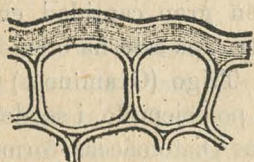


Fig. 53

Representa células epidérmicas, cuyas membranas se han transformado en *cutina* en su cara esterna.

varias capas de células que se desarrollan bajo la epidérmis del tallo i cuyas membranas se han trasformado en *suberina*, de propiedades análogas a las de la cutina. Un corcho, por ejemplo, está formado de tejido suberizado.

3.—*Jelificacion*.—Es una modificacion ménos comun que las anteriormente estudiadas i consiste en la trasformacion de la envoltura de celulosa en una sustancia que reúne todos los caractères de la goma, siendo dura cuando seca e hinchándose en contacto con el agua para convertirse en una especie de jalea, como se ve en las semillas de linaza, por ejemplo.

La goma que sacamos de muchos de nuestros árboles frutales comunes, como el durazno, almendro, cerezo, etc., procede de la jelificacion completa de las membranas de las células pertenecientes a la médula del tronco de las plantas mencionadas. Conviene anotar aquí que

en el membrillo, en el ciruelo i otros árboles, se produce la goma hasta en los frutos.

4.—*Mineralizacion*.—Las principales sustancias minerales que se incrustan en la cubierta de las células de determinadas plantas i que producen en ellas un aumento de dureza son la *sílice* i el *carbonato de calcio*.

La primera nombrada, entra en gran cantidad en la pared de las células que forman la capa esterna o epidérmis de algunas plantas, como el Trigo (Gramíneas) i la Yerba del platero (Equisetinas), por ejemplo, i se deposita sobre la envoltura de las algas Diatomáceas, formando una especie de esqueleto o concha bivalva.

El carbonato de calcio se incrusta de tal manera en algunas algas Rodofíceas, que se les ha dado el nombre de *Coralináceas*, pues ofrecen por este carácter grandísima semejanza con los pólipos Coralinos; en dichas algas sólo los órganos reproductores escapan a la calcificación.

2.—El Protoplasma Vegetal i sus Inclusiones

Tiene las mismas propiedades jenerales que el protoplas animal, diferenciando de éste sólo por las diversas sustancias orgánicas i minerales que contiene, ya en forma de inclusiones *sólidas* en el mismo o como *líquidos* en el jugo celular i que representan productos derivados de su actividad.

Sin que nos sea posible dar a conocer todas estas *Inclusiones del Protoplasma* o productos celulares que en las obras de Química Orgánica, se describen, citaremos

sólo los que mas nos interesan, señalando de cada uno lo que merezca consignarse.

I.—**Sustancias sólidas.**—Entre estas sustancias, que pueden reconocerse por medio del microscopio, las mas importantes son los *Leucitos*, el *Almidon*, la *Aleurona* i los *Cristales*.

1.—Los *Leucitos* o porciones densas de protoplasma son, en su inmensa mayoría, incoloros, lo que contribuye a dificultar su lallazgo bajo el microscopio, si bien es verdad que su tamaño es tan reducido, que apénas se distinguen de las granulaciones i cuerpos estraños, igualmente transparentes, que pueden encontrarse en el protoplasma.

Algunos de estos leucitos se presentan amarillos, pardos o rojos si existen las correspondientes sustancias colorantes que los tiñen, i se llaman entónces *Cromatóforos* o *Cromoleucitos*, los cuales son mui comunes en la clase de las Algas, cuya coloracion celular por ellos producida constituye un carácter botánico de importancia, pues, en ella se funda la clasificacion en sub-clases.

Pero los mas numerosos son los leucitos enverdecidos por la *clorofila* i que se llaman *granos de clorofilo*.

—No siempre el *Clorifilo* se presenta en forma de granos, pues en la alga llamada *Spirogyra*, se disponen éstos de modo que constituyen una cinta espiral, a lá que el jénero debe su nombre, i en la *Zignema cruciatum*, otra alga verde, los cuerpos clorofilicos tienen la forma de estrella.

El clorofilo se forma sólo bajo la acción de la luz: por esto abundan los granos en las células superficiales de las partes aéreas de la planta, i como su color lo percibimos gracias a la transparencia de las membranas celulares, dan matiz verde a los órganos en que dichos corpúsculos se encuentran. Es curioso que el clorofilo no se desarrolla sino cuando la planta dispone de hierro.

Desempeña esta sustancia un importante papel en la alimentación vegetal: descompone el ácido carbónico que las hojas toman del medio ambiente, devolviendo el oxígeno al aire i suministrando a la planta el carbono, el cual se combina con los componentes del agua que absorben las raíces, para formar la sustancia orgánica llamada *almidon*. Esta función clorofílica, cuyo estudio ampliaremos en fisiología, se verifica según la siguiente ecuación:



2.—*El Almidon*.—Este hidrato de carbono, tan común en las células vegetales, se presenta bajo el aspecto de cuerpecitos blancos i de formas muy diversas que se llaman *granos de almidon*. Examinados al microscopio estos órganos, aparecen como formados de capas concéntricas, dispuestas alrededor de un núcleo, si bien esta estructura laminar concéntrica no es siempre rigurosamente exacta en los que se hallan en las células de la papa. En todo caso, esta estratificación se debe a la distribución desigual del agua en los granos (Fig. 54).

El almidon se encuentra en gran cantidad en las células de muchas partes de varias plantas; como en los tallos subterráneos i en las semillas de los cereales: en estos órganos de vida latente permanece como almacenado

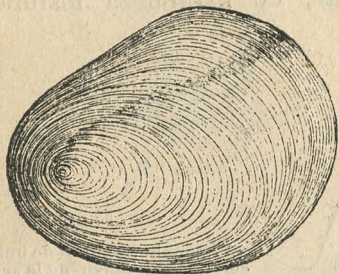


Fig. 54

Grano de Almidon aislado de papa, en el que se distingue una estructura escéntrica.

durante el invierno i se disuelve en la primavera para alimentar i desarrollar las yemas nacientes i a los embriones de aquellos granos.

Es fácil reconocer la existencia de esta sustancia, pues se tiñe de azul en contacto con una solución de yodo.

3.—*La Aleurona*.—La aleurona, harina glutinosa o gluten, pertenece a las sustancias albuminosas por contener N, además del C, O e H, i se presenta generalmente en granos muy pequeños e incoloros.

En las semillas de albúmen oleajinoso, como las de la higuera o palmacristi, que son muy ricas en sustancias albuminosas, éstas constituyen como cuerpecitos ovales o esféricos, los cuales se encuentran asociados con un

aceite grasiento o grasa vegetal que aquellos contienen en abundancia.

Estos *granos de aleurona* encierran elementos accesorios, o sea, un pequeño cuerpo llamado *cristalóide*, de naturaleza albuminoidea i una diminuta masa redondeada denominada *globoide*, de naturaleza fosforada (Fig. 55).

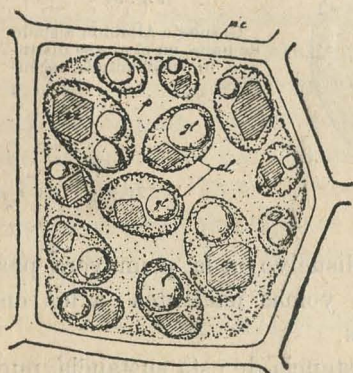


Fig. 55

Vista microscópica de una célula de albúmen de la semilla de la *higuerilla* o *palmaristi*; se reconocen los granos de aleurona *al*, los cristalóides, *cr*, i los globóides, *gb*.

En las semillas de las leguminosas la proporción de la harina glutinosa es también apreciable, hallándose acompañada de granos de almidón.

La aleurona, lo mismo que el almidón, sirve como alimento de reserva, disolviéndose después del invierno para concurrir a la formación de otros materiales de crecimiento.

4.—Los *Cristales*, contenidos en el jugo celular, son principalmente de *oxalato de calcio* i se presentan solita-

rios o aglomerados (Fig. 56); en el último caso se agrupan en núcleos erizados de puntas brillantes (Begonia) o en paquetes de agujas estremadamente finas, de dos puntas i paralelas llamadas *rafidios*, que se encuentran en la mayor parte de las Monocotiledóneas (Fig. 57).

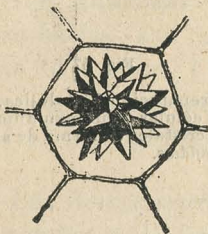


Fig. 56

Célula que contiene interiormente un grupo de pequeños cristales.

Se da el nombre de *Cistolitos* al conjunto de pequeñísimos cristales de *carbonato de calcio* depositados sobre una escrescencia celulósica de la membrana, apareciendo como una especie de pechina.

II.—**Sustancias líquidas.**—Entre las mas frecuentes e importantes de estas sustancias, que se reconocen por medio de reactivos químicos, deben citarse las siguientes:

1.—**El Azúcar.**—Se compone de los mismos elementos que el almidon, del cual se deriva, i se observa bajo dos formas principales: a) el *azúcar de uva*, que abunda en un gran número de frutos, i b) *azúcar de caña* que se encuentra no sólo en la caña dulce, sino en la betarraga, zanahoria, maiz, etc.

2.—**La Asparajina o Esparraguina.**—Es un producto

transitorio que existe en todos los órganos de la planta i representa la forma soluble i transportable de las sustancias albuminosas, siendo respecto a éstas lo que el azúcar al almidon, segun esplicaremos en el lugar correspondien-

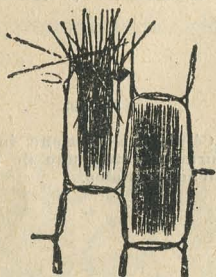


Fig. 57

Preparacion histológica, cuyas células contienen numerosos cristales en forma de aguja o rafdios.

te (Fisiología). Ha recibido el nombre con que se le designa por haber sido descubierta en el espárrago.

3.—El *Tanino*.—Abunda en la corteza de algunos árboles, como la encina i el lingue, en ciertas bayas (hollejos de uva) i otros frutos, i las llamadas *nueces de agallas* contienen hasta 25% de dicho producto celular líquido.

4.—Los *Aceites esenciales*.—Sustancias volátiles cuya evaporacion en la superficie exterior de las plantas origina los olores de las en que se hallan i los aromas de muchas flores, como la menta i el alcanfor.

Por la oxidacion de ellos al contacto del aire se producen las *resinas* (Coníferas), i los llamados *bálsamos* resultan de la disolucion de resinas en aceites esenciales.

5.—Las *Gomas*.—Productos que se hallan contenidos en el jugo celular de varias plantas (tubérculos de muchas Orquídeas), aunque la mayor parte de ellos proceden de la jelificación de las membranas celulares.

6.—Los *Alcalóides*.—Algunos de estos cuerpos, de naturaleza básica, son medicinales, como la *quinina* (procedente de la quina) i la *morfina* (ídem del ópio), i otros tienen propiedades estimulantes, como la *cafeína* (ídem del café) i la *teína* (ídem del té).

7.—Los *Acidos vegetales*.—Cuerpos cuyas propiedades corresponden a su calificativo i opuestos, por consiguiente en calidad, a los anteriores, pudiendo hallarse libres o combinados, v. gr., el *málico* (en la manzana), el *cítrico* (en el limon i otros frutos), el *acético*, (vinagre, en el mosto), el *fórmico* (pelos picadores de la ortiga i otras plantas), etc.



B.—HISTOLOGÍA

O

ESTUDIO DE LOS TEJIDOS VEJETALES

Atendiendo a su edad, se dividen los tejidos vegetales en dos categorías: *tiernos* i *adultos*.

—Los **Tejidos Tiernos**, llamados tambien *Meristemas* o *Tejidos de Division*, se caracterizan por presentar, cuando se les examina en el microscopio, una estructura de la cual forman parte células diminutas, homojéneas, de membrana delgada i protoplasma compacto, apretadas las unas contra las otras, sin que entre ellas exista el menor meato, i que tienen la propiedad de dividirse sin cesar durante un cierto tiempo.

Los tejidos meristemáticos o primitivos están limitados en las yerbas a los extremos del tallo, ramas i raíces, llamados *puntos de vegetacion* (Fig. 58), i en las plantas leñosas cuyo tallo engruesa todos los años, se encuentran tambien constituyendo la zona de crecimiento llamada *cambium*.

Mas detalles sobre estos meristemas se darán al tratar del crecimiento de los órganos vegetales.

—Los **Tejidos Adultos** *durables* o *permanentes*, se com-

ponen de células que han adquirido su forma i dimensiones definitivas i se hallan en funcion.

A semejanza de los tejidos animales, se reunen formando **sistemas histológicos**, cuyo estudio haremos,

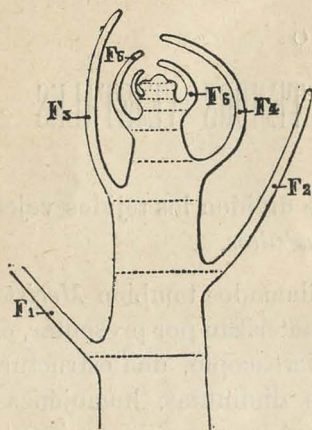


Fig 58

Punto de vejatacion del tallo:

F1, F2, ... F6, hojas.—Las líneas puntuadas corresponden a los nudos sucesivos.

siguiendo el orden en que trata de los mismos el programa oficial de la asignatura.

Se distinguen tres Sistemas de Tejidos: el *Integumental*, el *Fundamental* i el *Fibro-vasal*.

Pasaremos revista a cada uno de ellos.

A.—SISTEMA INTEGUMENTAL

A este sistema Integumental o *Tegumental* pertenece el tejido esencialmente protector llamado *Epidérmis* o *Tejido Exterior* i sus *Formaciones* o *Productos*.

LA EPIDÉRMIS O TEJIDO EXTERIOR

I.—**Caractéres jenerales.**—La epidérmis recubre, en forma de una camisa estrecha, todas las partes de la planta, a escepcion de la estigma, i se compone, en jeneral, de una capa de células mui aplastadas, exactamente ajustadas entre sí i desprovistas de clorofilo.

Las células epidérmicas ofrecen formas mui variadas, observándose que, por regla jeneral, afectan las mismas del órgano a que pertenecen; así las del tallo, por ejemplo, son mas largas que anchas i las de las hojas tienen sus tres dimensiones casi iguales. Los contornos exteriores de estas células son, de ordinario, ondulosos, para que la union entre ellas sea mayor, pues la epidérmis tiene que oponer resistencia a los tejidos interiores que siempre tienden a dilatarse.

Todos los lados de la membrana celular constan de celulosa pura, pero en las células que están en mas inmediato contacto con el aire atmosférico, se observa que las capas superficiales de las paredes exteriores se hallan trasformadas en cutina, dándose el nombre de *Cutícula* a la película lisa i continúa que recubre por igual la epidérmis toda (Fig. 53).

La cutícula es mui gruesa en las plantas que viven en los lugares secos: se compone entónces de varias capas, pudiendo tener un espesor mayor que la epidérmis misma, como sucede en los quiscos, por ejemplo; por el contrario, la cutícula se presenta mui delgada en las plan-

tas que habitan sitios húmedos, como se observa en las células epidérmicas de las frondas de los helechos.

En la epidérmis de los tallos, hojas i frutos de ciertas plantas aparece a veces el producto celular llamado *cera*, que defiende estos órganos contra la acción de la humedad.

La epidérmis, que falta sólo en las plantas acuáticas sumergidas, tiene por objeto proteger la parte del cuerpo que limita.

II.—Formaciones o Productos Epidermoídeos.—La epidérmis presenta en su superficie: *a*) orificios particu-

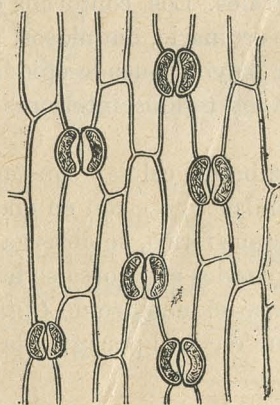


Fig. 59

Epidérmis de iris con estomas

lares que reciben el nombre de *estomas*; i *b*) prominencias especiales llamadas *tricomas* o pelos.

1.—**LOS ESTOMAS.**—En las partes verdes de la planta i especialmente en las hojas, la epidérmis está sembrada

de muchos poros imperceptibles determinados o limitados por dos células (Fig. 59).

Estas formaciones epidérmicas, compuestas de dos células que se juntan por sus estremidades, dejando entre ambas una abertura de forma jeneralmente oval, reciben el nombre de *estomas*.

Las células del estoma no están colocadas al nivel de la superficie epidérmica sino que ocupan una depresion o fosita que aquella ofrece; estas células son mas pequeñas que las comunes de la epidérmis, presentan la forma de riñon, haba o cuarto de luna i están provistas de clorofilo.

La hendidura de las células estomáticas da al exterior por un lado i por el otro termina en una cavidad (=cámara

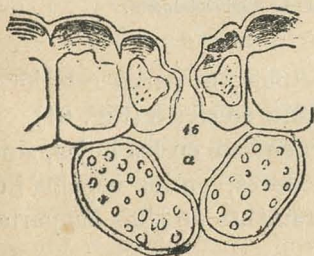


Fig. 60

Seccion vertical de un estoma: se ve que comunica con la cámara respiratoria *a*.

ra sub-estomática o respiratoria) (Fig. 60), en la cual desembocan los meatos i lagunas de los tejidos esteriores: sirve, pues, esta abertura para poner en comunicacion el interior de la planta con el aire atmosférico.

La hendidura de los estomas no siempre está abierta: se ensancha cuando se halla espuesta a la luz o rodeada

de una atmósfera húmeda i se estrecha i hasta se cierra en la oscuridad i en los lugares secos.

La abertura i oclusion del estoma se debe a la abundancia o la falta de agua en las células estomáticas: cuando penetra ésta en dichas células, la pared exterior, que es mui delgada, se dilata i se pone mas convexa, al paso que la interior se hunde, acentuándose así mas la escotadura i aumentándose, por consiguiente, el tamaño del poro (Fig. 61); al contrario, cuando el agua desaparece

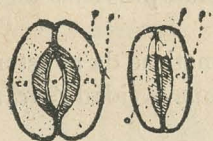


Fig. 61

Estomas vistos de frente: a la izquierda abierto i a la derecha cerrado:

cs, células que limitan el poro;

p, pared interior gruesa;

p', pared exterior delgada.

en parte de las células del estoma, la pared exterior e interior se aplanan i la hendidura se cierra (Fig. 61).

Los estomas no sólo se encuentran en las hojas, sino tambien en los tallos asimiladores, en los sépalos i el ovario verde, careciendo enteramente de ellos las partes subterráneas.

En cuanto a su distribucion en las hojas, se observa que en las plantas ordinarias abundan principalmente en la cara inferior de dichos órganos, siendo su número mui variable: a menudo se encuentran ciento, doscientos o trescientos en el espacio de un milímetro cuadrado, pudiendo subir esta cifra a setecientos (la hoja entera del manzano tiene mas de 100,000 estomas).—En las plantas

acuáticas *natatorias* o flotantes, hai estomas sólo en la cara superior, o sea en la que está en contacto con el aire, i en las *sumerjidas* faltan por completo i, junto con ellos, la epidérmis.

Mas raros que estos *estomas aeríferos* son los llamados *estomas acuíferos* que sirven para la exhalacion del agua en estado líquido. Tienen la misma estructura que aquéllos, pero la cámara sub-estomática está llena de un parenquima cuyas células forman una especie de bola esponjosa, en la base de la cual se abren los vasos leñosos. El agua se escapa de ellos bajo la forma de gotitas por los poros que no se cierran nunca (Gramíneas).

2.—LOS TRICOMAS O PELOS.—Los tricomas o pelos son prolongaciones o escrescencias mas o ménos desarrolladas de la epidérmis, producidas por el crecimiento exterior de determinadas células.

—Cuando los apéndices epidérmicos son mui cortos i quedar reducidos a simples prominencias en forma de pezon, reciben el nombre de *papilas*.

Estas papilas o pelos rudimentarios pueden observarse en los pétalos del pensamiento, por ejemplo, debiéndose a ellos el aspecto de terciopelo de distintos colores i brillo que muestran tales hojas florales, pues todas las células de su epidérmis se han levantado para constituir una superficie áspera o *papilosa*.

—Los pelos verdaderos o típicos están formados por una célula particular mui prolongada i capilar; si esta permanece indivisa el pelo es *unicelular* (Malva de olor) (Fig. 62-I); si por el contrario, se segmenta resulta articu-

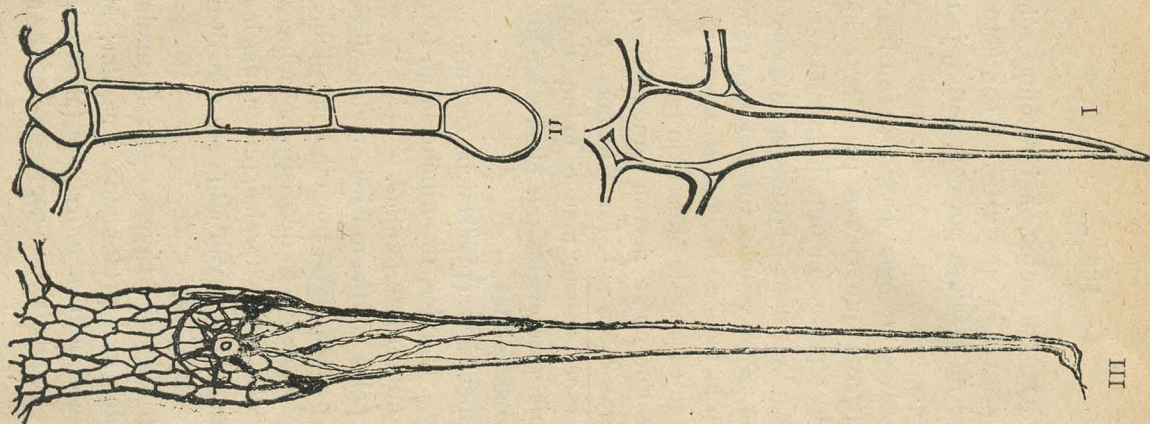


Fig. 62

Tres clases de Tricomas: I, Pelo *Unicelular* de *Malva*;—II, Pelo *Pluricelular* de *Geranium*;—i III, Pelo *Urticario*

lado o *pluricelular* (pelos estaminales de la *Tradescantia*, etc. fig. 62-II).

—Los pelos varían de unas plantas a otras por su forma jeneral; los hai *sencillos* i *ramificados*; si los apéndices o ramos irradian de un centro resultan *estrellados*; cuando los radios de la estrella son aplastados i anchos i están combinados en un plano, se forma una *escama* compuesta o pelo *escamiforme* (*Tillandsia usneoides*, fig. 63); se llaman *claviformes*, o en maza, cuando

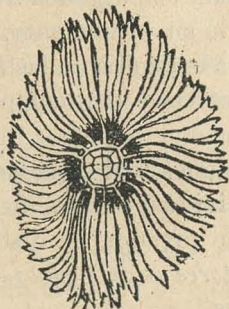


Fig. 63

Escama compuesta de *Bromeliácea*.

do son mas gruesos en el ápice, pudiendo la maza estar formada por un simple ensanchamiento de la parte superior de la célula (*pelo urticario*), o estar compuesta de varias células: en este caso son *glandulosos*.

—Los pelos pueden tener su pared celular lisa i blanda, o áspera, dura i tiesa, recibiendo entónces el nombre de *setas*. Estas, que se observan en la borraja, en el zapallo i otras plantas, establecen el paso entre los pelos propiamente dichos i las escrescencias gruesas i consistentes de-

nominadas *púas*, que no hai que confundir con las *espinas*.

—Por las modificaciones de la punta, los pelos se denominan *agudos*, *romos*, *globosos*, *sajitifformes*, etc.

—Algunos pelos conservan su protoplasma i entónces aparecen *transparentes* si encierran abundante jugo celular incoloro, o *verdes* i de *distintos colores* cuando contienen clorofilo u otras sustancias colorantes (los pelos de la Tradescantia son morados porque en su jugo celular existe disuelta la *antosiana*).

Por lo jeneral, los pelos cubren los órganos nuevos i caen cuando éstos han terminado su crecimiento.

—Las plantas pertenecientes a la familia de las *Lemnáceas*, *Coníferas* i *Equisetáceas*, carecen por completo de estos órganos apendiculares.

—Los pelos desempeñan funciones mui variadas, necesarias para la conservacion individual i específica de la planta. Segun los servicios que prestan, se distinguen las siguientes categorías: *protectores* o *defensivos*—*nutritivos*—*trepadores*—*diseminadores*.

I.—Protectores.—Atendiendo a la calidad de los agentes exteriores, los pelos protectores o defensivos se dividen en dos clases:

a) **PR. CONTRA LOS CAMBIOS DEL MEDIO** (exceso de frio i calor).—Las plantas que viven en lugares frios i húmedos, presentan la epidérmis cubierta de pelos, que a veces forman una tupida capa lanoso, como se observa en las hojas de la Yerba de paño o *Verbascum thaxum*. Los pelos en este caso abrigan la superficie sometida a la ac-

cion del aire atmosférico, amparando la planta contra un enfriamiento perjudicial.

Las plantas de los desiertos i terrenos secos tienen tambien pelos, destinados, por la especie de vello que forman, a proteger los órganos de una insolacion fuerte.

Es fácil poner en evidencia la accion protectora de los pelos contra los peligros de la traspiracion elevada: se toman dos hojas de zarzamora i se esponen simultáneamente al sol, una con la cara peluda o pubescente i la otra con la cara lampiña; no tardará en notarse que la última se seca i perece mas lijero.

Puede variarse el experimento, haciendo uso de dos termómetros: se envuelven las cubetas con las hojas, de modo que una presente al sol su superficie lampiña i la otra su superficie pubescente; al cabo de cinco minutos se observa que el índice del instrumento marca 2 a 5 grados mas en el primer caso.

b) PR. CONTRA LOS ANIMALES.—A esta categoría pertenecen las *setas* o *cerdas*, los *pelos urticarios* i algunas *glándulas*.

1.—Las *Setas* o *Cerdas*.—Son tricomas algo largos, ríjidos i puntiagudos que sirven jeneralmente como órganos de defensa contra la voracidad de los animales herbívoros.

Hai familias enteras que presentan esta clase de tricomas, como las Borrajináceas, por ejemplo, llamadas tambien *Asperifoliáceas* para referirse a los accidentes de la superficie tosca o áspera al tacto de las plantas que comprende.

2.—Los *Pelos Urticarios*.—Cubren la epidérmis de las plantas llamadas ortigas (Urticáceas i Loasáceas).

Se componen estos pelos de una célula grande i prolongada, con su extremo libre en forma de diminuta cabezuela i con su base abultada, la cual tiene su asiento sobre un conjunto de pequeñas células (Fig. 62-III).

En la célula grande se distingue, además de la *cabezuela* echada a un lado, el cuerpo o *tronco* del pelo, separado de aquella por una estrechez a manera de *cuello*.

La pared celular es muy gruesa en la cabezuela, pero se adelgaza extraordinariamente en el cuello para seguir después en el tronco del mismo espesor que muestra en el botón terminal.

La región basal abultada, o *bulbo* del tronco pelífero, encierra la sustancia protoplasmática que está reducida a una delgada capa aplicada a la membrana; el núcleo ocupa de ordinario el centro i se une con la capa parietal por medio de filamentos protoplasmáticos; hay además en el interior de la cavidad abundante jugo celular i un líquido venenoso (ácido fórmico acompañado de un fermento que, introducido en la sangre, produce inflamación i gran dolor), secretado por las células pequeñas de la base.

El pelo urticario funciona de la manera siguiente: al menor choque con un cuerpo extraño, la cabezuela se desprende i cae por rompimiento de la delgada membrana del cuello, quedando una parte muy fina i cortada oblicuamente, la cual penetra en la piel del animal que determinó el contacto i le inocular la materia líquida que

produce el vivísimo escozor i la muerte si la víctima es de pequeña talla.

3.—Los *Pelos Glandulosos*.—Estos tricomas secretores o *glandulíferos* se caracterizan por rematar en una pequeña cabezuela, compuesta jeneralmente de varias células, que secretan en su superficie una materia estraña que se forma en el protoplasma i se filtra a traves de la membrana celular.

Estos productos de secrecion pueden consistir en materias nocivas amargas i venenosas o líquidos fétidos que sirven de medio de defensa bien eficaz. Las plantas dotadas de glándulas defensivas abundan en Chile en el centro i en el norte, lo mismo que en la parte alta de la cordillera, donde las yerbas son escasas i deben adaptarse contra los animales herbívoros indíjenas. Una planta herbívora mui comun en todo Chile es la *Melosa* o *Madia sativa*, cubierta de pelos glandulosos, pegajosos que conserva toda la vida.

II.—**Nutritivos**.—Se distinguen tres clases principales de tricomas nutritivos: los *radicales*, los *glandulosos*, los *dijestivos* i *escamosos*.

1.—Los *Pelos radicales*.—Son unicelulares, de forma de un fino dedo de guante, con membrana de un color oscuro i de celulosa pura, con protoplasma abundante i núcleo de posicion variada.

Se encuentra en las raicillas nuevas a corta distancia del vértice i en una estension de algunos milímetros.

Su longitud no es la misma: mui cortos en la proximi-

dad del ápice, donde están los mas nuevos, se van alargando a medida que se alejan de dicho punto i son éstos los que mas pronto caen.

La existencia de estos pelos es, pues, pasajera. En efecto, a medida que las raicillas avanzan en edad, se marchitan, cayendo, como ya dijimos, los de la parte superior al mismo tiempo que aparecen otros en la rejion inferior, con lo que la zona pelífera conserva siempre su misma longitud i como ésta sigue la estremidad de la raíz en su crecimiento indefinido, resulta que los pelos radicales exploran a cada instante nuevas porciones del suelo.

Los pelos radicales están destinados a absorber los jugos nutritivos de la tierra (agua i sales disueltas). Además, amoldándose entre las partículas de ésta, ejercen una accion corrosiva sobre ciertos cuerpos minerales insolubles o cristalitos del suelo mediante una secrecion ácida.

Es curiosa tambien la propiedad que tienen estos pelos de *elejir* las sustancias i absorber sólo la cantidad que necesita la planta para alimentarse, rechazando el resto (compárese la activísima absorcion de sales de potasio con la de las sales de sodio).

2.—*Las Glándulas digestivas.*—Las plantas senótrofas llamadas carnívoras o insectívoras, poseen glándulas que secretan un líquido dotado de propiedades digestivas.

En las «carnívoras entrampadoras mediante utrículo» (*Nepenthes*), estos pelos tapizan las paredes internas de la urna.

Las «carnívoras entrampadoras mediante hojas que se doblan al contacto» (*Dionæa muscipula*), tienen en la cara superior de éstas, dos clases de tricomas, unos irritables i otros glandulares que toman alimento de los insectos que han quedado prisioneros.

En las «carnívoras entrampadoras mediante glándulas» (*Drosera uniflora*), toda la superficie de arriba de las hojas está cubierta de pelos glandulosos que se denominan *tentáculos* (1), los cuales segregan un líquido viscoso que aparece en forma de gotitas transparentes i brillantes (gotas de rocío): estas gotas atraen a los insectos que los tentáculos retienen i envuelven por entero su cuerpo para aprovechar las sustancias que le constituyen.

3.—Los *Tricomas Escamosos*.—Son pluricelulares i en la *Peluca* o *Tillandsia usneoides*, cuyas hojas están sembradas de pequeñas escamas plateadas o grises, presentan el aspecto de estrellas compuestas. Vista de frente, una escama consta de un grupo central de diminutas células, de las cuales irradian otras mas grandes hácia los lados (Fig. 63); las paredes de todas estas células son de celulosa pura, careciendo de cutícula i tienen, por esto, la facultad de absorber el vapor de agua de la atmósfera.

Los tricomas escamosos se encuentran principalmente en las especies de la familia de las Bromeliáceas i desempeñan la funcion de órganos absorbentes.

(1) Los *tentáculos* de la *Drosera* no pueden considerarse como verdaderos pelos porque en su desarrollo entran otros elementos histológicos pertenecientes al sistema fibro-vasal.

III.—**Trepadores.**—Las prominencias duras i picantes que representan tricomas metamorfoseados sirven a veces como órganos trepadores accesorios; en este caso tienen la punta dirigida hácia atras en forma de gancho que se engarfia a modo de anzuelo, contribuyendo a hacer mayor la union entre la planta i el sostén extraño.

Por ellos se enredan los tallos débiles, de 20 c de largo, del *Relbun* o *Galium chilensi*, comun desde Aconcagua a Chiloé, i a los mismos debe el tallo voluble del *Oblon* o *Humulus lupulus* el poder subir con facilidad para que las partes verdes de la planta adquieran luz.

IV.—**Diseminadores.**—Los pelos son comunes en las semillas i frutos, i a veces constituyen en conjunto apa-

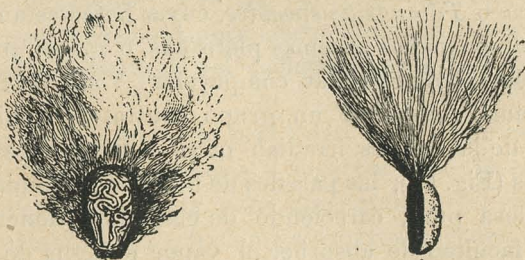


Fig. 64

A la izquierda semilla de *Algodonero* cubierta por entro de pelos;
a la derecha semilla provista de pelos localizados

ratos voladores especiales que permiten i facilitan su diseminacion por medio del viento.

En algunas plantas toda la testa de la semilla está cubierta de pelos, como en el algodónero, por ejemplo,

(Fig. 64). En otras dichos apéndices vellosos se localizan en determinados puntos de la semilla, formando quedejas o mechones, como sucede en el quilmai chileno i en el sauce (Fig. 64).

Los aparatos voladores formados de pelos se encuentran mas comunmente en los frutos que en las semillas. Entre las plantas que suministran ejemplos de esto, mencionaremos la Anémone, cuyos aquenios terminan por una cola plumosa que es el estilo persistente (Fig. 65), i

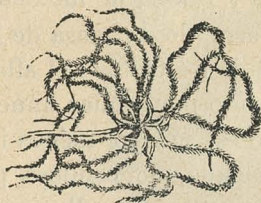


Fig. 65

Fruto de anémone

la Totorá que produce un gran número de frutos indehiscentes prolongados en su estremidad inferior para formar un pedicelo del cual parten filamentos dispuestos en verticilos.

B.—SISTEMA FUNDAMENTAL

Es un sistema de tejidos vegetales que, aunque comparable al sistema conjuntivo de los animales,—i que como éste comprende un gran número de tejidos notables por la diversidad de formas que adaptan, concordando, no obstante, en el carácter comun de poseer una sustancia intercelular,—no tiene un análogo directo en el reino

animal porque en las plantas no se conoce la materia conexiva o conjuntiva.

El mas comun de estos tejidos fundamentales i el que mas representacion tiene en el cuerpo vegetal es el *parenquima* ordinario. (1)

EL PARENQUIMA

I. — Carácterés jenerales. — El parenquima, — que constituye, en tallos, ramas i raíces, la médula i la corteza, i ademas la mayor parte de la masa de los tallos subterráneos, toda la carne de los frutos i el albúmen de las semillas, — se halla formado por células nunca muchas largas que anchas, esto es, mas o ménos isodiametrales, i con membrana delgada, de celulosa pura, con protoplasma abundante i mas o ménos adherentes entre sí; pero en las plantas acuáticas se separan i orijinan un gran número de meatos i lagunas que están llenas de aire, resultando así un tejido de estructura esponjosa llamado *parenquima lagunoso*, que hace el oficio de flotador (Fig. 47).

Las células parenquimáticas conservan en su interior el protoplasma vivo i cuando se encuentran cerca de la epidérmis en las hojas i tallos herbáceos, se desarrollan con frecuencia en su seno los granos de clorofilo; en las células del centro de estos órganos, donde no penetra la

(1) Las talófitas pluricelulares — cuyo aparato vejetativo se halla reducido a una masa llamada *Talo* que no ofrece separacion entre raiz, tallo i hojas — constan esclusivamente de parenquima.

luz, el clorofilo está reemplazado por los *leucoplastas* o leucitos incoloros que, como se verá mas adelante, están encargados de trasformar el azúcar en almidon. Este cuerpo (Fig. 66) se observa principalmente en los tu-

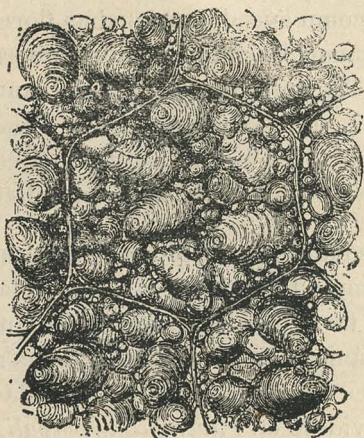


Fig. 66

Células parenquimáticas de papa repletas de Almidon

bérculos i bulbos, en el albúmen de las semillas farináceas i en la médula de muchas plantas.

Las células parenquimáticas que forman la pulpa de los frutos jugosos son ricas en azúcar, que da a éstos un sabor dulce.

A mas de estas sustancias, pueden encontrarse otros derivados protoplasmáticos que precedentemente se han mencionado en la elementalología.

Hai, en fin, parenquimas cuyas células están comple-

tamente llenas de aire, como ocurre, por ejemplo, en la médula del Sauco o *Sambucus australis*; pero tales células son muertas que no contienen protoplasma ni jugo celular. Cuando éste existe, suele ser trasparente o estar teñido con una sustancia colorante azul, morada o de otros tintes, como sucede en muchas flores.

El tejido conocido con el nombre jeneral de parenquima es de mucha importancia para la planta, pues, como veremos en fisiología, sus células son órganos de asimilacion, i muchas veces están destinadas a contener sustancias de reserva en los órganos de vida latente.

II.—Variedades de tejido parenquimático.— El parenquima cumple todavía otros fines en la planta, como ser el de dar firmeza a los órganos, evitando así la destruccion mecánica, i por esto afecta varias modificaciones. Pueden citarse entre sus diversas variedades, el *Clorenquima* (subdividido en *Parenquima empalizado* i *Neumasquenquima*), el *Esclerenquima* i el *Colenquima*.

Pasaremos a dar una breve idea de cada una de estas variedades del parenquima fundamental.

1—**EL CLORENQUIMA.**—Para estudiar este tejido se hace un corte trasversal por la lámina de una hoja i se coloca sobre el porta-objetos de un microscopio de fuerte aumento. La seccion trasversa deja ver: 1) dos capas de *epidérmis*, correspondientes a la cara superior e inferior de la hoja, 2) varios *nervios* que pertenecen al *sistema fibro-vasal* i se encuentran rodeados por una capa de células parenquimáticas que constituyen su *vaina*; i 3) un *tejido verde* que llena el espacio entre los elementos his-

tológicos mencionados (Fig. 67). Este tejido fundamental es el *clorenuima*. Se llama tambien *tejido verde de las hojas* i consta jeneralmente de *dos capas* situadas en distintas rejiones. Examinémoslas:

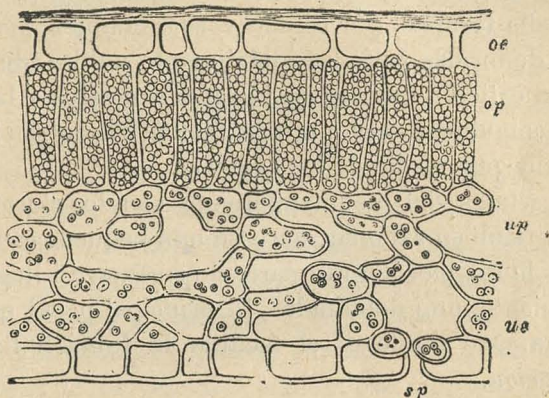


Fig. 67

Corte vertical de una hoja: *ae*, epidérmis superior; *op*, palizadas; *up*, neumatenuima; i *sp*, estoma

a) El *Clorenquima empalizado*.—Ocupa la parte superior de la hoja (Fig. 67-*op*) i consiste en una, dos o tres filas de células mucho mas largas que anchas, dispuestas perpendicularmente a la superficie de la hoja i unidas de modo que dejan entre sí pequeños intervalos; en la segunda i tercera fila de *palizadas*, las células son mas cortas.

Todas las células del clorenuima empalizado o en estacada contienen un gran número de granos de clorofilo,

razon por la que esta capa clorenquimática representa la parte esencialmente asimiladora.

b) El *Neumatenquima*.— Esta capa de clorenquima, conocida tambien con el nombre de *tejido esponjoso de las hojas*, está inmediatamente debajo de las palizadas, esto es, ocupa la rejion inferior de la hoja (Fig. 67-up).

Se halla formado por células verdes tambien, pero mas cortas, de formas variadas i débilmente unidas, de modo que dan oriĝen a numerosos i grandes meatos i lagunas que se comunican mas o ménos fácilmente entre sí i con el exterior por medio de los estomas.

Las células del neumatenquima siendo clorofilicas, pueden tambien asimilar, pero en mui pequeña cantidad, porque la luz pierde gran parte de su fuerza i llega, por consiguiente, mui debilitada. El principal papel que desempeña este tejido es el facilitar la funcion llamada *traspiracion*.

—Por lo espuesto se ve que las células del clorenquima empalizado son mucho mas ricas en granos de clorofilo que las del neumatenquima. De aquí que las hojas presenten su cara superior de un verde mas intenso que la inferior.

En algunas hojas el clorenquima tiene gran espesor (*Aloe*); en otras está mui reducido (*Zoostera*) i aun puede desaparecer, quedando la lámina reducida a las capas epidérmicas i los nervios (*Elodea*).

2—El **ESCLERENQUIMA**.—Está formado por células resistentes gracias al engruesamiento de las membranas celulares en toda su estension.

Las células de este tejido adquieren mayor solidez i dureza por la *lignificacion* de la celulosa de sus paredes, en cuyo caso los engruesamientos leñosos o de lignina muestran una disposicion por capas concéntricas que, siguiendo un desarrollo centripeto, es decir, de afuera hácia adentro, dejan a veces el lúmen reducido a un pequeño punto (Fig. 52).

El esclerenquima está mui desarrollado en las plantas terrestres derechas, encontrándose en abundancia alrededor del sistema fibro-vasal o en la corteza, ya en forma de *cordones* (Saucu o *Sambucus Australis*), ya de este modo i como *estuches cilíndricos* mas o ménos gruesos (Cardoncillo o *Eringium paniculatum*). En su forma típica de esclerenquima lignificado constituye tambien la cáscara de la nuez i almendra i los cuescos de la guinda, ciruela, durazno i en jeneral forma todas aquellas rejiones duras de los vegetales, hallándose representado en la pera por las llamadas *células pétreas*.

La esclerenquima es uno de los principales *tejidos mecánicos* que comunica especial elasticidad de flexion (tallos derechos que sostienen un peso considerable de ramas, hojas, flores i frutos) i resistencia contra la compresion (endocarpio de frutos que no deben ser dijericos por animales frujívoros).

3—El COLENQUIMA.—Es otro *tejido mecánico* compuesto de células cuyas paredes presentan engruesamientos de celulosa pura i que primero se limitan a los rincones (Fig. 68), pudiendo tomar despues proporciones tales que casi concluyen por hacer desaparecer el lúmen.

Se encuentra este tejido, cuyas células conservan su protoplasma vivo, teniendo a veces clorofilo, en la periferia de muchos tallos, inmediatamente debajo de la epi-

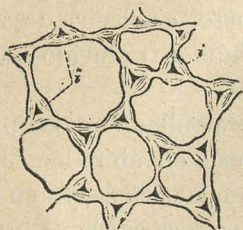


Fig. 68

Colenquima: *b*, engruesamiento de celulosa pura

dérmis i especialmente en el peciolo de las hojas, contribuyendo a dar resistencia a estos órganos para que no se quiebren bajo la influencia de los agentes exteriores.

C.—SISTEMA FIBRO-VASAL

El sistema Fibro-vasal o *Fibroso-vascular* tiene por representantes a los elementos histológicos conocidos con el nombre de *haces fibro-vasales* o *fascículos vasculares*, que constituyen el armazon o esqueleto de la planta i permiten i facilitan la circulacion de las sustancias alimenticias.

Al entrar en el estudio de estos haces, procederemos alterando un poco el orden de las materias, en obsequio de la brevedad.

LOS HACES FIBRO-VASALES

I.—**Distribucion.**—Los haces fibro-vasales están de ordinario dispuestos en cordones i se hallan en comunicacion, como las arterias i venas de los animales, formando un sistema que recorre todas las partes del cuerpo de la planta, desde las raíces mas finas hasta las hojas, flores i frutos.

Los haces verdaderos, que sólo existen en las Fanerógamas i Teridófitas o Criptógamas Vasculares (1), se en-

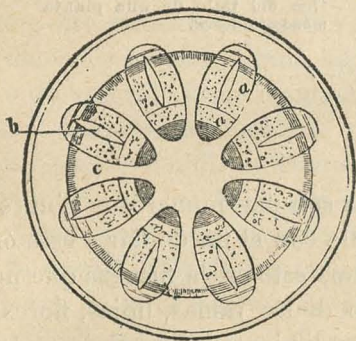


Fig. 69

Sección transversal esquemática del tallo de una planta dicotilidónea.

cuentran distribuidos diferentemente en cada órgano de la planta.

1.—En los *tallos* los haces están colocados en la periferia, dispuestos en las fanerógamas con arreglo a dos tipos, uno que corresponde a las dicotilidóneas i otro a

(1) En algunas *Plantas Celulares* (musgos) sólo se encuentran rudimientos de haces, representados por cordones de fibras.

las monocotilidóneas. En los cortes trasversales de las primeras aparecen orientados paralelamente al eje del tallo i distribuidos en un anillo o en varios anillos concéntricos (Fig. 69), i en las monocotilidóneas se presentan esparcidos con poco orden en el disco del tejido parenquimático (Fig. 70).

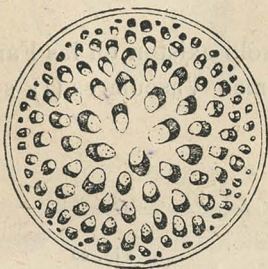


Fig. 70

Sección trasversal esquemática del tallo de una planta monocotilidónea.

En ámbos casos los haces son mas numerosos i juntos en la circunferencia del tallo con el fin de dar a este órgano la elasticidad de flexion, esto es, la firmeza que necesita para soportar el peso de las ramas, hojas, flores i frutos, i para resistir los sacudimientos causados por los fuertes vientos i lluvias.

2.—En las *raíces*, por el contrario, los haces están agrupados en el centro, donde se confunden, formando un macizo *cordon central*, porque tales órganos no necesitan elasticidad de flexion sino de traccion o resistencia que tienen que oponer contra el estiramiento cuando la parte aérea de la planta es sacudida. Las necesidades

mecánicas se satisfacen, pues, en este caso, teniendo las raíces la estructura i firmeza de un cable.

En cuanto al número de haces que constituyen el cor-don central, varia segun la especie de planta, existiendo raíces que constan de dos, tres, cuatro i mas de los mis-mos, en cuyo caso reciben los nombres de *diarcas*, *triar-cas*, *tetrarcas* i *poliarcas*, respectivamente.

3.—En las *hojas* los haces se estienden por la capa in-ferior del tejido fundamental i pasan del tallo (en número de uno que en la base de la hoja abre en varios, o mu-chos que corren a lo largo de la lámina) mediante el peciolo o directamente si aquellas son sésiles, constituyendo los llamados *nervios* i *venas*, segun consten de varios ha-ces o de uno sólo i que mantienen tensa la lámina i faci-litan el paso de los jugos.

La *nervadura* o disposicion de los haces fibro-vasales varia mucho en las diferentes hojas, pero a veces es bas-tante constante para caracterizar una clase de plantas. Así la mayor parte de las monocotilidóneas ofrecen de ordinario hojas de nervadura *paralela*, miéntras que las dicotilidóneas tienen casi siempre los nervios de las lá-minas dispuestos en forma de red, pudiendo variar esta nervadura *reticulada* del siguiente modo: 1) habiendo un nervio medio i otros secundarios que se desprenden de aquél como las barbas de una pluma (hoja *penninervia*), 2) existiendo desde la base del peciolo varios nervios principales que diverjen como los dedos de la mano (hoja *palminervia*).

II.—**Estructura o composicion.**—Los haces fibro-vasales, vistos de frente en los cortes trasversales de los tallos *dicotilidóneos* (Fig. 69), aparecen bajo una forma ovalar i compuestos de dos partes jenerales o porciones de células distintas: 1) el *xilema* o *parte vasal* que corresponde al *leño* i es agusada i mira hácia el centro i 2) el *floema* o *parte cribral* o cribal que corresponde al *líber* i es redondeada i mira a la circunsferencia del tallo.

En las hojas la parte vasal mira hácia arriba i la cribal hácia abajo, disposicion que fácilmente se esplica si se toma en cuenta que la nervadura representa siempre la continuacion de los haces fibro-vasales caulomáticos dirijidos hácia afuera, cuyo xilema, interior en el tallo, pasa a ser superior en la hoja, i cuya floema, exterior en aquel órgano, pasa a ser inferior en la última.

En la raiz el xilema i el floema se hallan el uno al lado del otro i la comunicacion entre los haces de este órgano con los de la raiz se efectúa mediante una rejion transitoria llamada *hipocotil*, en el cual los fascículos vasculares tienen una disposicion intermedia, apareciendo tanto mas próximo al centro cuanto mas abajo se hallan, pues los haces sufren la torcion necesaria para dar a sus elementos la orientacion que caracteriza la estructura del radicomia i cauloma.

Estudiemos particularmente las propiedades de cada parte.

I.—El Xilema

Esta *parte vasal* de los haces, se caracteriza por estar formada de elementos anatómicos de *paredes lignificadas* i lo componen *vasos leñosos*, *fibras leñosas* i *parenquima leñoso*.

1.—LOS VASOS LEÑOSOS.—O tubos largos que se forman por la fusion en sentido de su eje, de numerosas células: colocadas éstas unas sobre otras, se ponen en co-

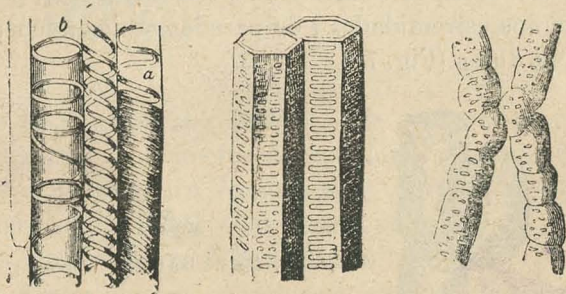


Fig. 71

Forma de vasos: a la izquierda, *espirales*, en el medio, *escaleriformes* i a la derecha, *punteados*

municacion mútua por desaparicion de los tabiques transversales que las separan.

Se distinguen diversas clases o formas de vasos, atendiendo al carácter de los engruesamientos parietales que contribuyen a darles mayor firmeza. Los principales son

los *espirales*, los *anulares*, los *reticulados*, los *escaleriformes* i los *punteados* (1) (F. 71).

Todas estas diferentes clases de vasos pueden estar en un mismo haz; en tal caso los vasos espirales i anulares son los mas delgados i están situados en el lado interior; los vasos punteados, recticulares i los escaleriformes son los mas anchos i se hallan hácia afuera.

Estos derivados celulares están destinados al transporte del agua i sustancias minerales tomadas del suelo por los pelos radicales.

2.—LAS FIBRAS LEÑOSAS.—Son células flexibles, muy alargadas, de aspecto fusiforme o terminadas en puntas por sus dos estremidades i de paredes muy condensadas, espesas i duras (Fig. 72).



Fig. 72

Seccion de las fibras leñosas

Las fibras se continúan extremo con extremo, superponiéndose además unas con otras, de modo que forman

(1) Los vasos con *puntos areolados* que constituyen la madera de las Coníferas, presentan en sus lados unos círculos dobles o puntuaciones formadas por una membrana delgada a través de la cual filtra el contenido de las células.

grupos o cuerpos fibrosos dotados de gran tenacidad (Fig. 73).

Por lo demas, ya se ha hecho mencion (páj. 142) de las fibras téxtiles que sirven para la fabricacion de telas i cuerdas.



Fig. 73

Fibras leñosas cortadas transversalmente: se ve que se superponen de manera que forman haces rijidos.

3.—EL PARENQUIMA LEÑOSO.—Se compone de células mas o ménos isodiametrales parecidas a las que constituyen el parenquima fundamental, pero, como dijimos, sus paredes son lignificadas i tienen un color café o rojizo; representa, pues, un esclerenquima.

Su mision especial se reduce a guardar durante el invierno el almidon que se pone en reserva para utilizarse en el verano.

II.—El Floema

Esta *parte cribal* de los haces consta de elementos anatómicos de *paredes de celulosa pura*, i en ella se distinguen los *tubos cribosos*, las *fibras liberianas* i el *parenquima blando*.

1.—LOS TUBOS CRIBROSOS.—Se parecen por su forma a los vasos leñosos, pero se componen de células cuyos tabiques transversales se han destruido sólo por partes, de modo que se presentan agujereados como una criba.

Estas células, comunicadas por agujeritos abiertos en los tabiques transversales, que por regla jeneral son oblicuos, contienen sustancia protoplasmática que circula a traves de los poros (Fig. 74).

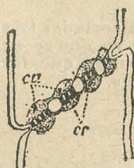


Fig. 74

Seccion longitudinal de un tubo cribroso: en invierno los poros o cribas *cr* se hallan cerrados por la sustancia que forma el tallo.

En cuanto al papel que desempeñan estos tubos cribrosos, parece que sirven para conducir la sávia elaborada en las hojas.

2.—LAS FIBRAS LIBERIANAS.—Las fibras liberianas o del líber son prolongadas i puntiagudas como las leñosas i sólo se distinguen de éstas por el carácter celulósico de sus paredes, las cuales aumentan tanto en grosor que el lúmen disminuye mas i mas hasta desaparecer por completo en ocasiones.

3.—EL PARENQUIMA BLANDO.—Se halla formado por células cortas cuyas cualidades corresponden al calificativo. Estas células están en contacto con los tubos cribrosos, llenando los insterticios que quedan, del mismo

modo que, en la parte vasal, lo hacen las células del parenquima leñoso.

Nada se sabe de positivo sobre su importancia fisiológica en la vida de las plantas.

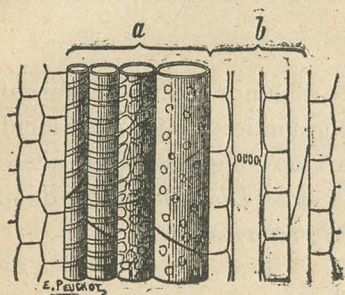


Fig. 75

Corte longitudinal de un haz fibro-vascular del tallo:

a) madera;

b) líber.

La figura 75, adjunta a esta descripción de cada elemento, da una idea de la estructura general de los haces fibro-vasculares estudiados.

III.—**Haces cerrados i haces abiertos.**—No todos los haces son iguales en cuanto a las partes de que se componen.

Cuando se examina la sección transversal de un tallo dicotilidóneo, se nota que en cada haz existe entre la porción vascular i la cribral una zona delgada compuesta de células alargadas, de paredes finas, abundantes en protoplasma i que tienen la propiedad de dividirse tangencialmente, esto es, por tabiques paralelos a la superficie del tallo.

Esta capa de *tejido meristemático*, que se presenta blanda i viscosa en la primavera i el verano, i seca i apenas

distinta en el invierno, recibe el nombre de *cambium*. Dicho cambium falta por completo en los haces fibro-vasales de las plantas monocotilidóneas, i su ausencia hace que tales elementos histológicos se distingan bien, razon por la que se llaman haces *cerrados*, i los de las dicotilidóneas, *abiertos*.

—Como aplicacion a cuanto dejamos espuesto referente a los sistemas de tejidos, i siguiendo el plan establecido en los programas, consignaremos algunas ideas acerca de la *Capa Cambial de los Troncos Dicotilidóneos* i de los *Tubos Lactecentes* i *Canales Secretorios*.

I

El Cambium de los Troncos Dicotilidóneos i los Tejidos que de él se derivan

La presencia del cambium en cada haz fibro-vasal hace modificar la estructura de los tallos dicotilidóneos, porque se forman *nuevos Elementos Secundarios* que, como luego veremos, determinan en estos órganos un crecimiento en grosor.

Para que mejor se comprendan estos cambios, es necesario que conozcamos primero las partes que ofrece el tallo ántes de la aparicion de las nuevas formaciones, o sea su estructura primaria.

I.—**Estructura primaria.**—La presentan los tallos dicotilidóneos anuales i las ramas de las plantas leñosas que no cuentan mas de un año de vejetacion.

Al examinar con el microscopio el corte trasversal de estos tallos, se ve que desde luego muestran tres regiones jenerales: la *epidérmis*, la *corteza* i el *cilindro central*.

Tratemos rápidamente de la composicion de estas partes.

1.—LA EPIDÉRMIS consiste en una o varias capas de células desprovistas de clorofilo, con su pared esterna *cutinizada* i sus paredes laterales relacionadas entre sí mediante ondulaciones i cuya continuidad está interrumpida por los *estomas*. La epidérmis puede presentar tricomas.

2.—LA CORTEZA.—En esta parte encontramos, yendo de afuera hácia adentro: a) la *corteza esterna*, o mejor, parenquima cortical o exterior, compuesto de parenquima fundamental ordinario i cuyas células exteriores son con frecuencia verdosas (*envoltura herbácea*), i b) el *endodérmis*, llamado tambien *vaina de almidon* por componerse de una capa de células repletas de granos de dicha sustancia i que separa la corteza del cilindro central.

3.—EL CILINDRO CENTRAL.—Muestra esta region situada al interior del endodérmis: a) los *haces* del sistema *fibro-vascular* que componen la *madera*, constituida por el conjunto de las partes vasales de todos los haces, i el *líber*, formado por las partes cribrales de los haces, debiendo su nombre a la facilidad con que sus capas delgadas se separan en hojas parecidas a las de un libro; el límite entre una i otra de estas partes, madera i líber, lo representa i ocupa el *cambium*;—b) el *Parenquima fundamental*, que forma: 1) la *médula* central, sin clorofilo; 2) el *Periciclo*, hácia afuera de los haces, i que se com-

pone jeneralmente de dos porciones, una exterior de células delgadas i otra interior de células lignificadas (esclerenquima); i 3) los *Rayos medulares* o porciones mas o ménos estrechas de parenquima que quedan entre cada dos haces i sirven para establecer la comunicacion entre la médula i la corteza.

Estudiada la composicion de los tallos dicotilidóneos anuales, estamos ya en el caso de dar una sumaria idea de la estructura secundaria de los troncos.

II.—**Estructura secundaria.**—Si los tallos i ramas de las plantas dicotilidóneas tienen mas de un año, esperimentan modificaciones por efecto de la actividad: 1) del *cambium* o *zona jeneratriz interna* que da oríjen a *formaciones secundarias* en el cilindro central, i 2) de la *zona jeneratriz esterna* o *felôjena* situada en el espesor de la corteza i que da oríjen a nuevos tejidos por el mismo mecanismo que el *cambium*. Veamos esto.

1.—**EN EL CILINDRO CENTRAL.**—El tejido cambial, limitado al principio a cada haz (= *cambium fascicular*), aparece luego en forma de una zona o capa circular porque el parenquima de los rayos medulares da oríjen, mediante la division de sus células, a nuevas capas cambiales (= *cambium interfascicular*) que se reunen a las ya existentes. Ahora bien, las células de este *anillo cambial cerrado* así formado, no tardan en iniciar un fraccionamiento activo, seccionándose por medio de tabiques tanjenciales: multiplicándose de esta manera dichas células cambiformes i trasformándose en elementos de la parte vasal i cribral, producen *nuevas capas de madera*

por su cara interna, i *nuevas capas de liber* hácia afuera, de modo que la mas vieja queda mas cerca de la circunsferencia. Por la inspeccion de la figura número 76 puede

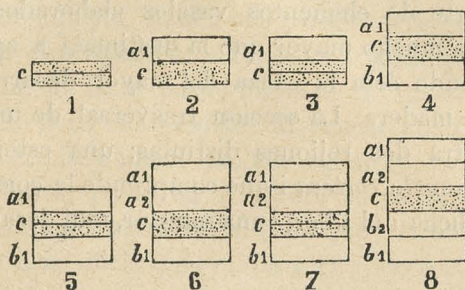


Fig. 76

Funcionamiento del Cambium: *c*, célula generatriz;—*a*₁, *a*₂, las dos primeras células que se desprenden de su cara esterna;—*b*₁, *b*₂, las dos primeras células que se desprenden de su cara interna.

verse que las células cambiales de la parte esterna van a dar origen a las capas de *liber secundario* *a*₁, *a*₂, de las cuales la mas vieja es *a*₁ i la mas jóven *a*₂, i que del mismo modo las células de la parte interna dan las capas de *madera secundaria* *b*₁ *b*₂, de las cuales la mas vieja es *b*₁ i la mas jóven *b*₂. El cambium produce, pues, *liber secundario* afuera i *madera secundaria* adentro.

Por lo demas, pueden presentarse dos casos en el funcionamiento del cambium (Fig. 77). 1.º Esta zona generatriz no da madera i *liber* mas que en la rejion de los haces, produciendo en los intervalos parenquima no diferenciado que constituye los *rayos medulares secundarios*; i 2.º El cambium da madera i *liber* en toda su es-

tension, resultando un *anillo libero-leñoso continuo*. Algunas veces, sin embargo, el parenquima no se diversifica de trecho en trecho i da origen a delgados rayos medulares secundarios.

—La parte de elementos vasales elaborados por el cambium es mucho mayor que la destinada a agregarse al líber, siendo ésta la causa del mayor desarrollo que presenta la madera. La seccion trasversal de un *Tronco viejo* muestra dos rejiones distintas: una esterna, mui delgada, llamada *corteza* i que comprende la corteza propiamente dicha i el líber; i una interior, mui desarrollada,

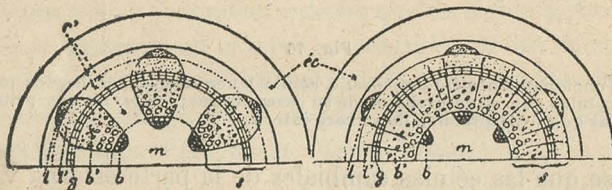


Fig. 77

Dibujo esquemático que deja ver los dos casos que se presentan en el funcionamiento de la zona generatriz interna: en el *semi-círculo* de la *izquierda* el cambium forma madera *b'*, i líber *l'*, secundarios sólo en la rejion de los haces;—en el de la *derecha* el cambium produce una *capa continua* de madera i líber;—*m*, médula;—*b*, madera primaria;—*l*, líber primario;—*c*, corteza;—*b'*, leño secundario;—*l'*, líber secundario;—*g*, capa cambial;—*r'*, radio medular formado por el parenquima secundario no diferenciado;—*s*, grueso de las formaciones secundarias del tronco.

la *madera* o *leño*. El cuerpo de ésta aparece a su vez dividido en dos zonas mui distintas: la *estérior*, blanca o amarillenta, blanda i compuesta de varias capas mas nuevas, se llama *albura*, i la *interior*, de color oscuro i dura,

que es muerta i resiste a la putrefaccion, se denomina *corazon*.

Ninguna diferencia de estructura distingue a la albura del corazon, a no ser que las células de éste, mas viejas que las de aquélla, tienen sus paredes mas gruesas e incrustadas de sustancias colorantes i antisépticas que le comunican su tinte pardo i aumentan su dureza i conservacion. Pero si no existe diferencia anatómica entre las zonas de la madera, hai, sin embargo, diferencia en sus funciones, pues, en la albura se verifica la circulacion del líquido nutritivo, al paso que el corazon no desempeña mas oficio que el de servir de sostén al tallo. Así se esplica que muchos árboles agujereados, con el corazon destruido, continúan viviendo como si no les hubiera sucedido nada.

—De cuanto acabamos de esponer se deduce que, por efecto de la formacion de nuevos elementos en los haces, el grosor de los árboles aumenta en sucesivas vejetaciones. Este aumento lateral, producido por la actividad del meristema especial llamado *cambium*, se denomina *Crecimiento Secundario* de los troncos, para distinguirlo del *Crecimiento Primario*, que es propio de los puntos de vejetacion i orijinado por los meristemas que se encuentran en los mismos.

—Para completar el estudio somero que hemos hecho de la madera, nos falta añadir algunos datos sobre los **anillos anuales** o *cercos anuarios*.—Todos los árboles dicotilidóneos que viven en las rejiones del globo, donde hai una diferencia notable de temperatura en dos épocas del año, ofrecen en su seccion trasversal, en la parte

que corresponde a la madera, anillos concéntricos que se llaman *anuales* porque, por regla jeneral, se forma uno cada año.

El hecho de que los diferentes anillos o cercos correspondientes a los distintos años tengan límites visibles, se debe a las variaciones en la actividad del cambium segun las estaciones. Espliquemos esto: en la primavera i el verano la planta dispone de gran cantidad de sustancias alimenticias cuya circulacion es mui rápida i por esto

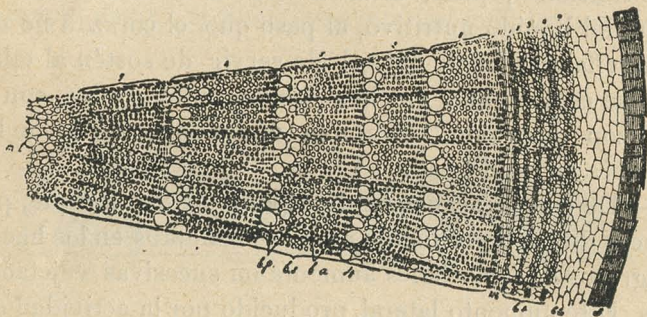


Fig. 78

Fragmento de tronco de castaño de cinco años en corte trasversal: *m l*, médula;—*b s*, madera secundaria con los *cercos anuales* 1, 2, 3, 4 i 5;—*b p*, madera primaveral;—*b a*, madera otoñal;—*m*, cambium;—*l s*, liber secundario, con sus *cercos anuales* 1, 2, 3, 4 i 5;—*c*, corteza;—*s*, corcho o suber.

el cambium produce elementos grandes, formándose en esta época cálida la *Madera Primaveral*, que es de color blanquizco, blanda i mui porosa (Fig. 78-*b p*). Hacia la terminacion del verano i durante el otoño la circulacion de los jugos decae, i los elementos secundarios son, por consiguiente, mas pequeños, de donde resulta la

Madera Otoñal, ménos abundante, pero mas dura i apretada i de color oscuro (Fig. 78-b a). En cada año siguiente vuelve a repetirse esto mismo, de modo que los elementos grandes de la zona blanca se encuentran al lado de los pequeños de la zona oscura.

Formándose dos capas de madera en cada año, se comprende que el número de ellas, claramente visibles en la seccion de un tallo viejo, permite contar la edad de la planta.

2 —EN LA CORTEZA.—Los tejidos secundarios que se forman en el cilindro central, al producir un crecimiento en grosor del tallo, ensanchan la corteza i la epidérmis.

El círculo epidérmico, incapaz de poder seguir el aumento que adquiere el tallo despues de algun tiempo, se rasga, se seca i se destruye al fin, formándose en su lugar i con el objeto de proteger la planta, el tejido llamado *corcho* o *suber* hácia afuera, al mismo tiempo que hácia adentro se produce el *feloderma* o *corteza secundaria*. El conjunto del corcho i del feloderma se llama *Periderma*.

—El **corcho** es un tejido elástico e impermeable, compuesto de células tableadas, llenas de aire i con paredes gruesas i opacas (Fig. 79), que debe su oríjen, lo mismo que el feloderma, a una *zona jeneratriz esterna* especial llamada *felójena*, la cual se forma por la division de las primeras capas de parenquima cortical o sub-epidérmico. Las células de este meristemo parecido al cambium, entran en multiplicacion mediante tabiques tanjenciales, formándose dos capas: la mas esterna se suberiza

i la interna se alimenta, crece i vuelve a fraccionarse, i la repetición prolongada de este fenómeno en las capas siguientes de la corteza primaria produce un aumento en espesor de la zona de corcho, que, recibiendo cada año

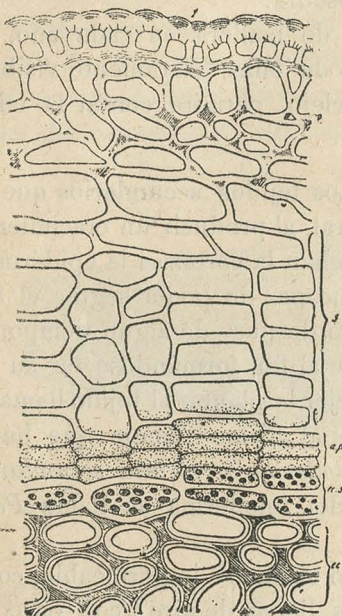


Fig. 79

Corte transversal de la corteza del *grosellero*, que deja ver la formación de la capa suberosa o corcho:

e c, corteza;

ap, capa felógena;

s, corcho;

e c, s. corteza secundaria;

ep, epidérmis.

presiones del interior por la aparición de nuevas partes vasales i cribales en el cilindro central, se rasga i disocia, motivando el aspecto característico que muestran las cortezas de las plantas leñosas.

La capa de corcho alcanza un espesor considerable en ciertas Cupulíferas, especialmente en el *Alcornoque* o *Quercus suber*, L., árbol de 10 a 13 metros de alto que

se cria en el sur de Europa. El primer corcho, o *corcho macho*, se saca al cabo de 15 años i es de mala calidad. Despues, cada 10 u 8 años, se saca el *corcho hembra*, que es mas elástico i, por consiguiente, mas buscado en la industria. El mismo árbol puede dar corcho durante 150 años, sin perjuicio alguno para la planta, si se tiene cuidado de no herir la parte interior de la corteza.

—Formada la capa impermeable de corcho, todos los tejidos situados al exterior de ella perecen, por cuanto, aislados de la parte viva, no reciben ya sustancias alimenticias. Aplícase el nombre de **cáscara** a la masa constituida por los tejidos muertos que rodean el tallo. El espesor de la cáscara puede ser grande i como es incapaz de ensancharse concluye: a) por rasgarse, como en el álamo, peral, tilo, acacia, etc., pudiendo finalmente b) desprenderse de un modo espontáneo; muchos árboles suministran abundantes ejemplos de esto, en algunos el desprendimiento se verifica: 1.º por pedazos o listones longitudinales, a veces de gran tamaño, como se observa en el eucalipto, por ejemplo, razon por la que dichas plantas nunca sirven de apoyo a las enredaderas; en otros la esfoliacion, por decir así, se hace; 2.º por laminillas delgadas o cintas anulares, como en el atedul, en el guindo i en el cerezo.

—Al llegar a este punto conviene dar a conocer las **Lenticelas i su servicio**.—Por efecto de la presencia de la capa suberosa impermeable, la comunicacion de la parte viva de la planta con el aire atmosférico seria imposible, si no aparecieran las lenticelas que, por regla

jeneral, se producen en el lugar de los estomas, los cuales, segun ya se ha indicado, establecen esta relacion con el exterior en la planta nueva.

Veamos como se orijinan las lenticelas: en las rejiones en que se forman, la capa felójena existe, pero sus células, al concluir su desarrollo, no se suberizan ni quedan ajustadas sino separadas unas de otras, de modo que dejan anchos espacios intercelulares; ademas las células, dividiéndose activamente, empujan la epidérmis i las primeras capas de la corteza en determinados puntos, de donde resulta que cada lenticela se proyecta al exterior i hácia dentro como si fuera una lente biconvexa (Fig. 80). Los

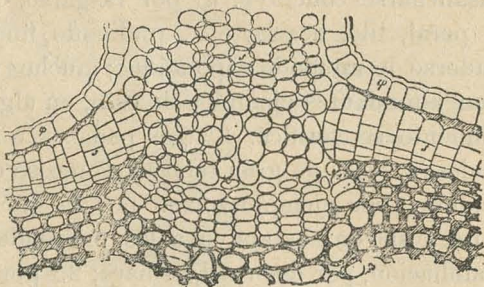


Fig. 80

Corte trasversal de una *lenticela*: el corcho *s* ha empujado la epidérmis, cerrando el agujero formado por el agrietamiento;—*ep*, epidérmis.—Se ve que las células parenquimáticas que forman la lenticela, dejan meatos que establecen la comunicacion entre el interior del tronco i la atmósfera.

espacios intercelulares o meatos constituyen la formacion especial llamada lenticela, por cuyo medio se hace posible

el cambio de gases necesarios a los tejidos vivos de la planta leñosa.

Digamos ahora, para terminar este capítulo, algunas palabras acerca del

Crecimiento Secundario de las Liliáceas arbóreas

La seccion trasversal del tallo de las monocotilidóneas presenta, como disposicion jeneral, *a*) un círculo de epidermis que envuelve *b*) un disco de parenquima atravesado por *c*) los haces fibro-vasales que están dispersos i carecen de cambium. Faltando esta zona celular, dichos haces no se aumentan por la agregacion de nuevos elementos de las partes, i por esto los tallos de las plantas supramencionadas no tienen un crecimiento secundario; pero las liliáceas arbóreas (*Dracaena*, *Yucca*, etc.) aumentan de grosor a favor de un tejido meristemático que se forma en el parenquima periférico, en la parte que corresponde a la corteza: dividiéndose por tabiques tanjenciales las células de la *zona jeneratriz*, que es el nombre que se da a la capa de tejido embrionario, el tallo va adquiriendo paulatinamente un diámetro mayor, porque mientras las exteriores se desarrollan i llegan a su completa diferenciacion, las interiores se trasforman en un parenquima en cuyo seno nacen i se organizan nuevos haces fibro-vasales. Gracias a la actividad constante de la zona jeneratriz el tronco de los Dragoneros o *Dracaena* puede alcanzar un grueso considerable. Buena prueba de este aserto nos proporciona el ejemplar que hasta hace poco existia cerca

de Orotava (Tenerife): el tallo de este árbol, que destruyó la borrasca de 1868 i cuya edad se ha calculado en mas de *cinco mil años*, tenia en 1830 una circunsferencia de 16,50 metros en la parte inferior.

Observaciones sobre la Palma Chilena o Jubea spectabilis.— De una monografía del señor doctor don Federico Johow, estractamos las dos observaciones que esponemos en seguida:

1.—El tallo de este *Árbol Monocotilidóneo* de nuestro pais, no tiene un crecimiento secundario propiamente dicho, pero en el año que sigue al del desprendimiento del primer grupo de hojas, experimenta un aumento en grosor. Este aumento se debe a la separacion de los elementos anatómicos: se apartan los haces i dejan entre sí espacios que se llenan de aire, siendo tambien la causa de la estructura esponjosa que muestra el tallo, carácter éste que lo hace apto para resistir al calor.

2.—En una palma vieja el tronco se presenta mas delgado en su parte terminal. En este caso el árbol tiene mas de 60 años: al cumplir la edad apuntada, la planta fructifica i entónces casi toda la savia que ántes se destinaba al desarrollo del tallo i de las hojas, se tiene que utilizar en la formacion del fruto.

RESÚMEN

La Inspeccion de los cuadros siguientes ayudarán a recordar lo dicho sobre la Estructura Primaria i Secundaria del Tallo Dicotilidóneo.

I.—Estructura Primaria del Tallo

Un corte trasversal muestra tres rejiones jenerales: la *Epidérmis*, la *Corteza* i el *Cilindro central*.

Estructura Primaria	1.º	{	Una (rara vez varias) capa de células sin clorofilo.
	<i>Epidérmis</i>		Paredes celulares con contornos ondulados i esteriormente <i>cutinizadas</i> . Tricomas i Estomas.
	2.º	{	Corteza esterna o <i>cubierta herbácea</i> , con clorofilo.
	<i>Corteza</i>		Corteza interna, sin clorofilo. <i>Endodérmis</i> , compuesta de células repletas de almidon.
	3.º	{	<i>Haces fibro-vasales</i> ...
	<i>Cilindro Central</i>		{ Madera, hácia adentro. Líber, hácia afuera.
		{	Médula.
	<i>Parenquima fundamental</i>		Periciclo.
			Rayos medulares.

II.—Estructura Secundaria del Tallo

La existencia de dos Zonas Jeneratrices, interna i esterna, produce el *Crecimiento Secundario del Tronco*, dando orijen a *Nuevos tejidos* o *Formaciones Secundarias*.

Estructura Secundaria	1.º	Líber Secundario, hácia afuera. Madera Secundaria, hácia adentro. Madera Primavera: blanquizca, blanda, porosa. } <i>Anillos</i> Madera Otoñal: oscura dura i } <i>Anuales</i> apretada.
	<i>Capa Jeneratriz Interna</i> (=en el Cilindro Central) o <i>Cambium</i>. En un <i>Tronco Viejo</i> se distingue:	(La <i>Corteza</i> (=Corteza p. d. + líber). La <i>Albura</i>: conduce la savia. El <i>Corazon</i>: tejidos muertos.) } <i>Leño</i>
	2.º	<i>Capa Jeneratriz Esterna</i> (=en la Corteza) o <i>Felójena</i>. <i>Corcho</i> hácia afuera.—Lenticelas. Corteza Secundaria o <i>Feloderma</i> hácia adentro. } <i>Periderma</i>

II

Los Tubos Lactecentes i los Canales Secretorios

Al estudiar los sistemas integumental, fundamental i fibro-vasal, no hemos comprendido estas dos clases de elementos histológicos que se hallan en cierto número de plantas. Damos una sumaria idea sobre sus caractéres jenerales.

I.—**Los tubos lactecentes.**—Son tubos simples o ramificados, de paredes delgadas, transparentes i de celulosa pura, que encierran protoplasma, muchos núcleos i una materia líquida emulsiva llamada jugo lactecente o *latex* (Fig. 50).

Los tubos lactecentes resultan del alargamiento extraordinario de una simple célula o de series de células superpuestas, cuyos tabiques contiguos se destruyen; los tubos que de esta manera se orijinan comunican unos con otros, formando un conjunto reticulado que puede ser bastante tupido (*Scorzonera*).

Se presentan en una planta ya bajo la corteza, ya diseminados por entre los haces fibro-vasales de las hojas, hallándose los intersticios de la red vascular ocupados por tejidos de naturaleza diversa, segun las rejiones.

Los tubos o vasos lactecentes son de dos clases: *articulados* i *no articulados*.

a) **TUBOS LACTECENTES ARTICULADOS.**—Se llaman así por estar compuestos de un gran número de células, cu-

yos límites muchos veces persisten, aunque de ordinario adquieren un contorno derecho, no presentando entón-ces marcas o señales en su superficie, de modo que seria imposible comprobar su formacion pluricelular si no fue-
ra por la existencia de numerosos núcleos.

Los tubos lactecentes articulados abundan mucho en las *Compuestas Ligulifloras* o *Achicoriáceas*, como el *Nil-güe* o *Sonchus oleráceus*, en las *Papaveráceas*, como la *Amapola* o *Papaver somniferum*, en las *Lobeliáceas*, como la *Tupa* o *Tupa salicifolia* i en ciertas *Convolvuláceas*.

b) TUBOS LACTECENTES INARTICULADOS. — Proceden de la prolongacion considerable de una o pocas células que emiten ramificaciones a todos los órganos, como se ve en la *Pichoa* o *Euphorbia portulacóides*, siendo los re-presentantes de los elementos anatómicos mas grandes conocidos en el cuerpo vegetal.

Los tubos lactecentes inarticulados o no articulados se encuentran sólo en algunas familias, tales como las *Asclepiadáceas*, v. gr.: el *Jazmin de Tucuman* o *Arauja albens*, las *Euforbiáceas*, cuyo ejemplo principal es el *Coliguai* o *Colliguaya odorifera*, ademas de la *Pichoa* ya citada, i las *Artocarpáceas* como la *Higuera comun* o *Ficus carica*, mui conocida por sus frutos que maduran dos veces al año (*brevas* e *higos*).

—El JUGO LACTECENTE es un líquido de color blanco, amarillento o rojizo, formado de diversas sustancias, que contienen en suspension pequeños granitos sólidos (1)

(1) Estos granitos son caucho, resinas, etc. A veces el jugo contiene almidon (*Euforbiáceas*).

que le dan un aspecto lechoso. Esta emulsion lechosa brota en abundancia de las heridas de los tallos i de las hojas, porque las células de los tejidos vivos tienden a dilatarse, de modo que tan pronto como se abre el tubo a causa de la incision, las células vecinas la comprimen fuertemente i lo obligan a espulsar su contenido.

Antiguamente el profesor aleman Schultz, creyendo ver en esto un movimiento circulatorio especial del jugo, atribuyó al mismo tanta importancia, que llegó a compararlo con la sangre de los animales; pero la presencia de dicho líquido en un número relativamente reducido de plantas i su variada composicion química, prueban que indudablemente no tiene influencia en la vida vegetal.

Segun los fisiólogos modernos, los servicios que las secreciones lechosas prestan a la planta en que se hallan, se reducen a constituir un medio de defensa eficaz, siendo a veces venenosas o de mal olor i a ayudar a la cicatrizacion de las heridas en los tallos i hojas, formando, en contacto con el aire atmosférico, una especie de pasta que impide que penetren en el organismo sustancias nocivas.

Si este jugo no es, como parece, de grande utilidad para la planta, en cambio representa a veces el objeto de un activo comercio. Basta para comprobar esta afirmacion recordar el *Caucho* o goma elástica, que se obtiene de varias plantas, especialmente de la *Siphonia elastica*, árbol del Brasil, sin mas trabajo que el de hacer incisiones en su tallo, i la *Gutapercha*, mui parecida al caucho, pero ménos elástica i que es el jugo lechoso es-

pesado del árbol *Isonandra gutta*, que se encuentra en las Islas de Malesia.

Las plantas lechosas tienen tambien mucha importancia en la farmacia por el empleo médico que puede hacerse de los principios medicinales que el jugo contiene (*opio* en la Amapola i *lactucario* en la Lechuga), etc.

Finalmente, puede añadirse que el líquido lechoso es a veces comestible, como el que suministra el árbol venezolano llamado *Palo de Vaca* o *Galactodendron utile*.

II.—**Los canales secretorios.**—Consisten en tubos alargados que ocupan el lugar de los espacios intercelu-

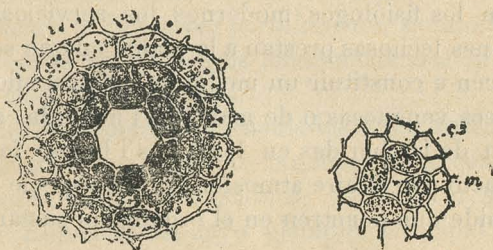


Fig. 81

Cortes transversales de canales secretorios de una conifera (*Pinus silvestris*).—El de la derecha se está formando todavía: las células es que constituyen sus paredes vierten su contenido en el canal *m*.—El de la izquierda ha concluido su desarrollo: se ve que el canal está rodeado por muchas células secretorias.

lares. No tienen, por consiguiente, paredes propias, hallándose rodeados en toda su estension de células secretorias, mas pequeñas que las comunes de parenquima i que vierten en ellos su contenido (Fig. 81).

Estos canales aumentan de tamaño por efecto de la destruccion de las células productoras que forman sus paredes.

La composicion de la sustancia segregada que se deposita en los canales varía mucho. Así, es resina en las plantas pertenecientes a la familia de las Coínferas, goma en las Cicadáceas i aceites esenciales en las Umbelíferas, como el Apio o *Apium graveolens*, i en las Araliáceas, como la Yedra o *Hedera helix*, etc.

Estos productos de secrecion parecen ser inútiles para la planta, aunque algunos fisiólogos admiten la idea de que sirven como un medio protector contra la infeccion en ciertos casos i como defensa contra el ataque de los animales herbívoros en otros.



FISIOLOGÍA

A.—LA NUTRICION

I

LOS ALIMENTOS EN JENERAL

Elementos Constitutivos del Organismo Vegetal

Antes de entrar en el estudio de las funciones de la nutricion vegetal, haremos constar aquí algunas particularidades de carácter jeneral que se refieren a los alimentos de las plantas.

Los materiales de nutricion indispensables para la vida de los vegetales ordinarios, suman diez cuerpos simples o elementos químicos que podemos agrupar en dos líneas:

C, H, O, N, S, P.
K, Ca, Mg, Fe, Cl, Si.

De estos *elementos constitutivos del organismo vegetal* los seis primeros nombrados entran directamente a formar parte de la sustancia protoplasmática i los restantes son útiles sólo para su elaboracion, pareciendo que la presencia del cloro, el silicio i otros cuerpos que se agregan no es siempre necesaria para el desarrollo de las plantas.

Veamos la *importancia* i mision que estos elementos químicos tienen en el organismo vegetal.

Basta sólo recordar que el *Carbono* entra en la composicion del protoplasma de la celulosa, del almidon i demas combinaciones, sin escepcion, para darse cuenta de su importancia en la vida vegetal.

El *Hidrógeno*, en combinacion con el oxígeno, forma el *agua*, la cual desempeña en la planta una funcion química i fisiológica que consiste *a)* en ser el disolvente de las sustancias minerales contenidas en el suelo, *b)* en ser el vehículo con el que penetran en el interior del organismo los materiales nutritivos i *c)* en servir por sí mismo de alimento a las plantas, entrando en gran cantidad en su constitucion esencial.

El *Oxígeno* no sólo es necesario en combinacion con el hidrógeno sino tambien en su estado elemental; de la necesidad de la absorcion de este cuerpo se formará idea cuando tratemos de la respiracion.

El *Ázoe* forma parte de las sustancias albuminosas que, junto con el agua, sirven de base al protoplasma, sin el cual no hai vida posible.

El *Azufre* i el *Fósforo* se presentan en la materia celular viva, siendo imposible la existencia del protoplasma sin la presencia de estos cuerpos que en pequenísimas proporcion entran en su masa.

El *Potasio*, interviene en el proceso de la asimilacion que se verifica en las hojas verdes: el clorofilo seria incapaz de descomponer el ácido carbónico si no existiera algun compuesto del cuerpo mencionado.

Respecto al *Calcio* i *Magnesio*, parece que son indis-

pensables para que el almidon formado se haga soluble trasformándose en azúcar, lo que es en absoluto indispensable, pues, si este cambio no tuviera lugar aquella sustancia se acumularia en las células verdes i entorpeceria la funcion clorofílica.

Por fin, si la planta no está provista de *Hierro* el clorofilo no se desarrolla i, por lo tanto, la asimilacion que suministra el material de nutricion, no tiene lugar.

—Pasemos ahora a indicar cuál es la *fuerza de que proceden* los elementos constitutivos, anotando la forma o el estado químico en que se ofrecen para que la planta prospere.

El *Carbono* proviene del ácido carbónico que del aire atmosférico absorben directamente las hojas verdes.

El *Hidrógeno* lo toman las plantas principalmente del agua que hai en el suelo o de una sal ácida.

El *Oxígeno* lo sustraen del agua en la que se encuentra en estado de combinacion con el hidrógeno, del aire en estado elemental, del ácido carbónico descompuesto durante el proceso de la asimilacion i de las sales oxigenadas del suelo.

El *Ázoe* lo suministran los nitratos, nitritos i compuestos amoniacales, siendo las plantas incapaces de tomar i utilizar la abundante cantidad de N atmosférico, con escepcion de las leguminosas que tienen la curiosa propiedad de absorber el *Ázoe* elemental que forma parte del aire contenido en el suelo, gracias a la existencia en sus raíces de un bacterio simbiótico (= *Rhizobium leguminosarum*).

El *Azufre* procede de compuestos sulfurados contenidos en el suelo.

El *Fósforo* penetra en estado de fosfatos, fosfitos, etc.

El *Potasio* es tomado en forma de sulfato o sulfito, nitrato o nitrito i fosfato o fosfito.

Los demas elementos químicos se encuentran en todos los suelos i son tomados por la planta de mui diversos modos, como compuestos del N, S i P.

—En este punto es preciso decir algo acerca de los *Abonos* o enmiendas químicas del suelo.

Sabido es que en los terrenos agrícolas se encuentran todos los materiales de nutricion necesarios para la vida de las plantas, pero se comprende que el cultivo continuado del mismo vegetal producirá el agotamiento o disminucion de la fertilidad del suelo si periódicamente se corta i recoge la cosecha.

Entre los diez elementos, cuyo conjunto constituye todas las plantas, hai dos principalmente que el agricultor debe tener en cuenta para volver a poner el exhausto terreno que cultiva en el caso de dar otra cosecha análoga. Estos dos cuerpos de imperiosa necesidad para la planta, que mas a menudo hacen falta en el suelo por las cantidades considerables que la recoleccion le quita, son el nitrógeno i el fósforo i de aquí el gran valor que, como abono, tienen las sales azoadas (*salitre de Chile*, Na Az O_3) i las combinaciones del fósforo (*guano del Perú*, mui rico en fosfatos i sales amoniacales). Con todo, hai que hacer constar que los terrenos sembrados de leguminosas no necesitan reposiciones nitrogenadas, porque, como ya di-

jimos, estas plantas tienen en unas hinchazones de sus raíces el bacterio *Ryzobium leguminosarum*, que se alimenta del nitrógeno atmosférico i cede en seguida este ázoe a la planta bajo una forma asimilable.

Con ventajas se agrega, en ciertos casos, otras sustancias al suelo pobre para hacerlo mas fértil, como, por ejemplo, la harina de huesos.

Tambien se puede devolver a las tierras arables gastadas sus elementos fertilizantes, dejándolas descansar o abonándolas con las aguas de regadío, que contiene gran cantidad de sales en disolucion i suspension.

En el primer caso, mueren las plantas donde nacen i, al podrirse, devuelven al terreno lo que de él arrancan.

Tenemos una prueba patente de la eficacia que como abono poseen las aguas de la cordillera andina, en el hecho de que el llano de Maipo era, hace 70 años, un campo en extremo estéril i ahora, gracias a las aguas del rio de este nombre, convenientemente distribuidas por el sistema de regadío, se cuenta entre las porciones mas fértiles del suelo de la República.

—Para terminar con todo lo relativo a los materiales de nutricion, debemos hacer presente que los alimentos hasta ahora considerados son todas sustancias *inorgánicas* i corresponden, por consiguiente, a las plantas denominadas **Autótrofas**. En oposicion a éste, el grupo de las **Senótrofas**, se caracteriza por comprender vegetales que tienen aptitudes para obtener su alimento de sustancias *orgánicas*. Al estudiar los *Grupos Biolójicos*, o sea la clasificacion de los vegetales segun su modo de vivir, i

con ocasion de describir las glándulas dijestivas hemos dicho lo suficiente respecto a las plantas senótrofas, que reciben el nombre de *a) Parásitas* cuando toman materias orgánicas a seres vivos, de *b) Saprófitas* si se desarrollan sobre sustancias procedentes de la descomposicion de los organismos, i de *c) Carnívoras* en caso de que dispongan de un aparato especial para capturar los insectos que les sirven en parte de alimento.

II

FUNCIONES DE NUTRICION

Las funciones o actos de nutricion en las plantas, son la *absorcion*—*asimilacion*—*circulacion*—*traspiracion*—i *respiracion*.

1.—Mediante la **absorcion** se introducen en el cuerpo de la planta los materiales de nutricion contenidos en la atmósfera i en el suelo, constituyendo en el interior de la misma un líquido conocido con el nombre de *savia* o *jugo nutricio vegetal*.

Este material alimenticio de las plantas, es en parte gaseoso i en parte líquido i sólido.

—El *alimento gaseoso* consiste en anhídrido carbónico i es absorbido por las hojas verdes, pero hai algunas plantas, como las Cactáceas i las Casuarinas, por ejemplo, que la toman por el tallo, i ciertas Orquídeas epífitas, por la raiz.

—El *alimento líquido* i *sólido*, o sea el agua i las sustancias minerales disueltas en ella, i los cuerpos insolu-

bles, como los carbonatos de calcio i de magnesio i el fosfato de calcio, lo sacan las plantas directamente del suelo absorbiéndolos por medio de las raíces, si bien las Bromeliáceas epífitas, como la Peluca o *Tillandsia usneoides*, toman el agua por sus hojas.

Al estudiar los *pelos radicales* dijimos que la absorcion del alimento líquido se verifica esclusivamente por la zona de dichas células pilíferas. Para demostrarlo se toman tres plantitas idénticas que se colocan en vasos diferentes que contienen agua con sustancias nutritivas en disolucion, como sales o azúcar, de modo que de la primera se sumerje únicamente el capecete, de la segunda la parte de la raíz comprendida entre los pelos radicales i el nacimiento del tallo, i de la tercera sólo la region de los pelos radicales: una capa de aceite impide en cada caso que el agua se evapore i que penetre en la planta en estado de vapor. Al cabo de algunas horas se ve que la primera i la segunda planta se marchitan i mueren mientras que la tercera prospera como si toda su raíz estuviera sumerjida en el medio nutritivo. (Fig. 82).

—Se puede demostrar que los pelos radicales tienen la propiedad de digerir, por decir así, ciertas sales *sólidas* e insolubles, tal como el carbonato de calcio, tomando una lámina de mármol que se cubre de arena, sobre la cual se siembran porotos. Si al cabo de algunos dias de jermiacion se quita la arena, se observa sobre la superficie de la lámina las señales en hueco que dejan los pelos por la corrosion del mármol mediante una secrecion ácida de los mismos.

—Para formarse una idea exacta del mecanismo con

que los líquidos penetran en la sustancia de los tejidos, es necesario conocer el fenómeno de la *osmósis* que se pone en evidencia por medio de un aparatito, mui conocido en los gabinetes de física, i denominado *osmómetro*, el cual consiste en un vaso de vidrio cerrado en su parte superior por un tapon provisto de un tubo vertical largo, i cubierto en la base por una membrana orgánica (un fragmento de vejiga de cerdo o una película vejetal

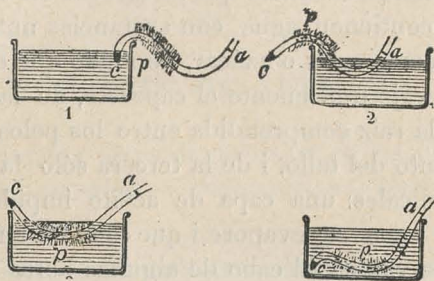


Fig. 82

Experiencia que muestra que la absorcion de los líquidos se hace sólo por los pelos radicales: *c*, capecete;—*p*, pelos radicales;—*a*, nacimiento del tallo.

en cualquiera) como se ve en la figura 82 (m). Si se pone agua azucarada o engomada en el vaso, i se coloca éste en un depósito de agua pura, se observa que el último líquido se eleva en el tubo a una altura considerable, porque el agua ha atravesado la membrana del exterior al interior (*endosmósis*). Por otro lado, si se examina el agua del depósito, se nota que se ha hecho algo azucarada, lo que prueba que el líquido del vaso interior ha

pasado a la vasija de afuera (*exosmósis*), pero en menor cantidad.

Del mismo modo, el fenómeno de absorcion de los líquidos ejercida por las raíces, se hace por osmósis al traves de las paredes de los pelos radicales, como en la esperiencia del osmómetro, pero con una diferencia, i es que miéntras el agua del suelo que contiene las sales pasa con toda facilidad al pelo radical, el protoplasma no atraviesa la membrana osmótica, quedándose en el interior del mismo (1).

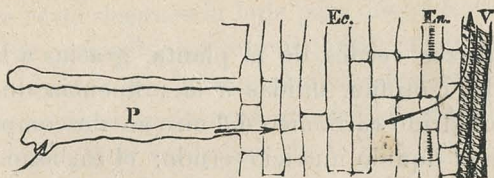


Fig. 83

Camino que sigue la savia bruta en la raíz

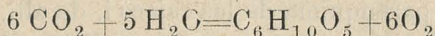
2.—El alimento líquido bruto o *savia no elaborada* procedente del suelo, pasa de los pelos radicales que lo absorben al parenquima de las raíces i, de allí, al cordon central de haces que hai en cada una de éstas (Fig. 83).

(1) Atendiendo a sus propiedades osmóticas, se dividen los cuerpos en dos categorías: 1.^o los *Cristalóides*, que tienen la propiedad de cristalizar i son los que atraviesan fácilmente las membranas (sales minerales, azúcar, etc.); i 2.^o los *Colóides* que son incapaces de cristalizar i de pasar a traves de las membranas osmóticas (albúmina, jelatina, etc.) Segun esto puede decirse que la absorcion en las raíces es una osmósis de sustancias cristalóideas a traves de las paredes del pelo radical.

La savia no elaborada, llamada tambien *cruda* o *ascendente*, sube en seguida por el sistema fibro-vasal de los tallos dentro de los vasos de la parte leñosa de los hacillos hasta las hojas, donde se encuentra en contacto con los gases atmosféricos.

Es fácil constatar que la sávia cruda toma el camino indicado. Para esto se sumerge una raiz en un líquido coloreado, en una solucion de carmin, por ejemplo, viéndose entónces, cuando se corta el órgano, que sólo los vasos leñosos de su cilindro central se tiñen, es decir, únicamente ellos contienen en su interior el reactivo colorante.

En las partes verdes de la planta, gracias a las propiedades del clorofilo, unidas a la influencia de la luz solar, el anhídrido carbónico del aire se descompone, lo mismo que el líquido nutricio crudo: el carbono puesto en libertad se une con el oxígeno i el hidrógeno del agua para formar *almidon*, mientras el oxígeno sobrante es entregado a la atmósfera, como lo indica la siguiente ecuacion:



Vése, por lo espuesto, que el almidon es el producto primario del procedimiento natural de la **asimilacion**, o sea la *operacion química en virtud de la cual se descomponen las sustancias inorgánicas tomadas por la planta de la atmósfera i del suelo, i se transforma en sustancias orgánicas.*

—De un modo experimental se puede hacer ver que el concurso de la luz es indispensable para el cumplimiento de la FUNCION CLOROFÍLICA, demostrando que sus productos, el Almidon i el Oxígeno, no se forman en la oscuridad, como sigue:

1.^{er} *Esperimento*.—FORMACION DEL ALMIDON.—A este fin, se pega con goma en una hoja de Higuierilla o Palmacristi, un pedazo de papel negro que tape sólo una parte de la misma, teniendo cuidado de hacer esto al amanecer de un día de sol. Si se deja así el papel hasta la noche i se corta despues la hoja para descolorarla con alcohol i hacer permeable su cutícula, introduciéndola en una solucion diluida de potasa cáutica, despues de haberla lavado en agua, se observa que, tratada por el iodo, toda la superficie, con escepcion de la parte que estaba cubierta, se pone azul, de donde es necesario deducir que el concurso de la luz solar es indispensable para que en las partes verdes se forme el producto primario de la asimilacion.

2.^o *Esperimento*.—DESPRENDIMIENTO DEL OXÍGENO.—Con este objeto se llena con agua una probeta i se coloca una rama con hojas de la planta acuática llamada *Luchecillo* o *Elodea chilensis* que se sujeta con un hilo atado a una piedra para que no flote, esponiéndolo todo a la luz fuerte del sol (1). Bien pronto se observará el des-

(1) Las plantas terrestres no se prestan para esta experiencia, pues sus hojas están rodeadas de aire i el oxígeno no se ve como en el desprendimiento en forma de burbujas en las plantas acuáticas.

prendimiento de burbujas de la rama, las cuales se componen de oxígeno casi puro que procede del ácido carbónico contenido en el agua. Si después se lleva el aparato a la sombra, se ve que el desprendimiento se debilita, pues se reduce el número de burbujas por minuto, anulándose por completo si se repite el experimento en una pieza oscura: no se forman entonces las burbujas gaseosas aunque se deje la probeta por mucho tiempo, lo que prueba que sin la luz no tiene lugar la asimilación (Fig. 84).

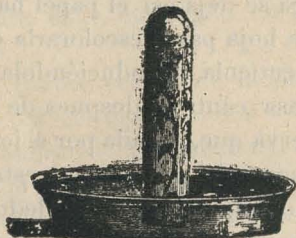


Fig. 84

Experimento que sirve para demostrar por el desprendimiento de oxígeno que para que se verifique la asimilación se necesita el concurso de la luz.

—Es curioso observar que no todos los rayos del *espectro solar* (1) tienen igual eficacia en el fenómeno de la asimilación, pues, operando con rayos de distintos colores se ve que sólo los rayos amarillos, los anaranjados i los verdes, tienen una influencia marcada en la función clorofilica, siendo la planta verdaderamente insensible para los restantes o sean los azules, los morados i los ultra-morados.

(1) Imájen con los siete colores del arco iris (rojo, amarillo, anaranjado, verde, azul, morado i ultra-morado), producido por la descomposición de la luz al cruzar ésta por un prisma triangular.

Se comprueba esto por el *método de las pantallas absorbentes*, que consiste en encerrar una planta en campanas de vidrios de colores o transparentes de doble forro cuyo espacio comprendido entre sus dos paredes puede llenarse con líquidos coloreados capaces de absorber determinadas radiaciones (Fig 85). Entre los líquidos empleados con este objeto figuran el *Bicromato de potasio* que deja



Fig. 85

Campana de doble pared, cuyo espacio puede llenarse con un líquido coloreado.

pasar los cuatro primeros rayos del espectro, desde el rojo hasta el verde, absorbiendo la otra mitad del mismo, i el *Óxido de cobre amoniacal*, sal azul que tiene la propiedad de dejar pasar sólo los rayos azules i morados hasta su último estremo, atajando los restantes.

3.—El almidon formado en las hojas bajo la influencia de la luz, desaparece en la noche que sigue al dia en que se ha producido, quedando los órganos verdes completamente vacíos, porque aquella sustancia se hace soluble, trasformándose en azúcar, mediante el fermento llamado *diastasa* que existe en todas las células activas: bajo esa forma asimilable el almidon sale de las hojas por las vainas que rodean los haces i se dirijen a los puntos de

consumo (puntos de vejecacion), o va a depositarse en determinados órganos (tallos subterráneos, etc.), convirtiéndolos en almacenes alimenticios de reserva, para ser utilizados mas tarde en la formacion de nuevas células. Al depositarse el almidon, tiene lugar la trasformacion del azúcar en aquella sustancia mediante la intervencion de los leucitos incoloros o leucoplastas (Fig. 86).

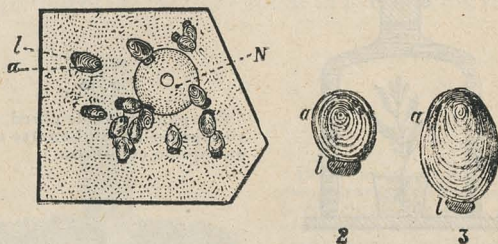


Fig. 86

Formacion del almidon;—*l*, célula entera con algunos granos de almidon en formacion;—2 i 3, granos aislados;—*N*, núcleo de la célula;—*l*, Leucoplasta

Dentro de las mismas hojas se forman las sustancias albuminosas, que son esenciales para producir el desarrollo. Para esto se emplea el azúcar, concurriendo sales minerales que contienen S i P, elementos que son indispensables para la existencia misma del protoplasma. El producto mas importante de esta síntesis de las materias, es la *asparajina*, que representa la forma soluble i trasportable de las sustancias albuminosas, siendo así respecto a éstas, lo que el azúcar al almidon. Créese por los fisiólogos modernos que esta asparajina no toma el mismo camino que el azúcar, pues mientras que

ésta circula por la vaina de los haces, aquella sustancia corre por dentro de los vasos acribillados de la parte liberiana de los haces fibro-vasales.

El alimento bruto o *savia ascendente* modificada en las hojas mediante los fenómenos de la asimilacion, es la nutritiva i baja despues constituyendo la *savia elaborada* o *descendente* (= agua, azúcar i asparajina) la cual llega hasta las raíces i, en jeneral, se difunde tanto hácia abajo como hácia arriba por todas las partes donde su presencia es necesaria.

Para demostrar que la savia elaborada no corre por el leño sino por los tejidos situados hácia afuera del *cam-bium* por la porcion cribal de los haces i su vaina, se separa parcialmente la corteza, comprendiendo el liber, para lo cual se sacan dos anillos de estas capas en una rama de árbol con hojas i susceptible de formar frutos, uno encima i el otro debajo de ésta. Se vé entónces, despues de cierto tiempo, que se producen dos rebordes salientes de cicatrizacion, uno encima del anillo inferior i otro debajo del superior, lo cual prueba que el liber, i no otra capa, trasporta la savia elaborada que sirve para formar estos tejidos nuevos. Por otra parte, si se comparan los frutos cuajados en la rama herida con los de las otras ramas vecinas, se observa que los primeros son mucho mas voluminosos, pues la savia en lugar de repartirse por toda la planta, es atajada por la incision circular, recibiendo aquella parte un alimento mas abundante que se destina a la formacion de los frutos. Como al mismo tiempo aumenta el número de éstos, cuando se emplea dicho procedimiento se practica a veces la opera-

cion del «descortizamiento anular» en los árboles frutales para obtener muchas frutas, i éstas grandes i buenas.

El doble movimiento jeneral de la savia dado a conocer ha recibido el nombre de **circulacion**.

La circulacion de los jugos no es en los detalles siempre ascendente o descendente sino reticulada puesto que ademas de las corrientes de ascenso i descenso existen otras laterales: resulta, pues, que los términos de savia ascendente i savia descende sólo pueden emplearse para designar el fenómeno en conjunto.

La inspeccion de la figura 87 permite comprender mejor la circulacion jeneral de los líquidos en el interior de la planta.

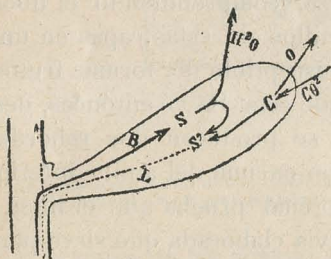


Fig. 87

Figura teórica para mostrar la circulacion i la trasformacion de la savia bruta en savia elaborada en la hoja:

B, madera;

L, liber;

S, savia bruta;

S', savia elaborada.

—En cuanto a las fuerzas que contribuyen a hacer subir la savia contra su propio peso, no están todavía satisfactoriamente determinadas, atribuyéndose el movimiento de dicho jugo a la *capilaridad* de los vasos leñosos, a la *presion radical* o empuje de las raíces i a la *aspiracion* debida al fenómeno traspiratorio o *evaporacion del agua* contenida en el tejido de las hojas.

De la atraccion particular llamada *capilaridad* porque

se ejerce principalmente en los tubos delgados como un cabello (*capillus*), no nos ocuparemos, pues su estudio pertenece a las obras de Física.

La fuerza de presión ejercida por las raíces que obliga a la savia ascendente a subir con notable empuje, como

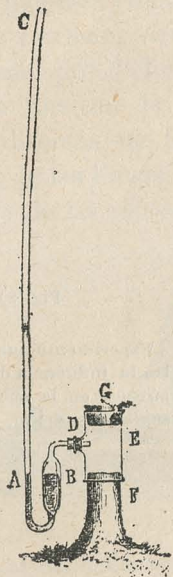


Fig. 88

Experimento destinado a comprobar la *presión radical*: el tubo de vidrio *E*, que se aplica al tronco cortado en la parte inferior, está provisto del tapón *G* i sostiene el manómetro de aire libre *A*, *B* i *C*.

se observa en la primavera en las parras podadas (*lloro de la vid*) por ejemplo, es representada por la fuerza osmótica de las células vivas que rodean los haces i puede apreciarse i medirse fácilmente. Basta cortar un tallo leñoso en su base i poner en la sección horizontal un tubo de vidrio comunicado con un manómetro de aire libre (Fig. 88): no tardará en notarse que el mercurio cam-

bia de nivel, acusando un aumento de presión, percibiéndose la savia que corre por el tubo.

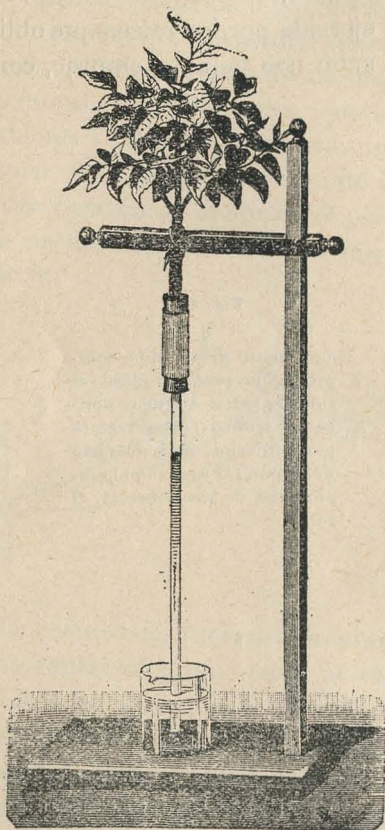


Fig. 89

Experimento que demuestra la influencia de la *transpiración* en la subida de la savia ascendente.

La evaporación del agua contenida en el tejido de las hojas es una condición necesaria para la salida del agua,

dando orígen a una fuerza de carácter aspirante o absorbente, o en otros términos, en los vasos leñosos se forman vacíos que obran por atraccion, de modo que se llenan del líquido ascendente. Un experimento sumamente sencillo prueba esto con toda evidencia: si se fija una rama con hojas en el estremo de un tubo (Fig. 89) de vidrio que está colocado dentro de un vaso con agua por su otro estremo, bien pronto se vé que el líquido sube mas i mas por dicho tubo.

Para finalizar lo concerniente a la ascencion de la savia, diremos que la traspiracion puede compararse a la accion de las llaves de una cañería de agua potable, i el empuje de las raíces a la presion de la misma.

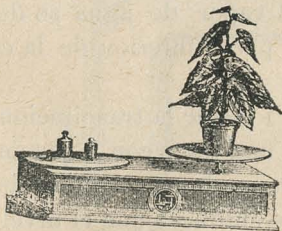


Fig. 90

Indica el modo de demostrar la *traspiracion*: a la derecha la planta, rodeada de aire libre, pierde una parte de su peso por efecto de la traspiracion, razon por la que el platillo que la contiene sube; a la izquierda el peso permanece el mismo, i la balanza conserva el equilibrio porque la campana impide el escape del agua evaporada.

4. — Con diverso concepto i estension es considerada la funcion denominada **traspiracion** o *eliminacion del vapor de agua* i muchas veces del *agua líquida* por toda la superficie de las hojas i principalmente por medio de los *estomas aeríferos* i *acuíferos* (=en estado líquido).

La traspiracion, que tiene lugar principalmente en las hojas por los estomas, puede constatarse i medirse experimentalmente por medio de una balanza sensible (Fig. 90).

Con este objeto, se coloca en uno de los platillos una planta de hojas grandes que esté en un macetero barnizado, cuya superficie libre de la tierra se tapa con un disco de vidrio para impedir la evaporacion i se establece el equilibrio, poniendo en el otro platillo tantas pesas como sean necesarias. Hecho esto, podrá notarse, al cabo de una hora, que el platillo de la planta se alivia, teniendo que agregar al mismo un cierto número de gramos para volver a establecer la posicion normal. Este número de gramos representa la disminucion de peso experimentada por la planta por efecto de la pérdida de agua traspirada por las hojas: para convencerse de ello bastará repetir el experimento, teniendo cuidado de colocar la planta debajo de una campana de vidrio, en cuyo caso se percibe que el vapor de agua se deposita en forma de gotas en la pared interior de la campana que impide su escape.

Se puede tambien constatar i medir la traspiracion de otro modo, a saber: colocando una rama con hojas en un tubo en U lleno de agua i prolongado en otro tubo horizontal i capilar (Fig. 91). Se vé entónces que el nivel del agua se retira de *a* hácia *b*. Esta cantidad de agua *ab* ha sido absorbida por la planta para reemplazar el agua traspirada. Para probar que la cantidad de agua absorbida es igual a la cantidad de agua traspirada, basta pesar la rama antes i despues de la experiencia, en cuyo caso se observa que el peso de la misma no ha cambiado.

La traspiracion varía segun las especies de plantas, siendo mayor en las yerbas que en los árboles de hojas

caedizas, los cuales traspiran mas que los árboles siempre verdes.

En una misma planta, la traspiracion varía segun las diferentes horas del dia. Así el máximo de agua traspirado se produce a las 2 P. M., i el mínimo, hácia las 6 de la mañana.

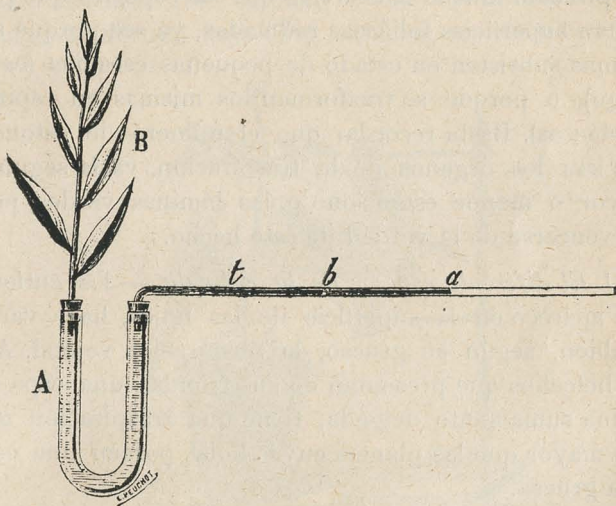


Fig. 91

Experiencia destinada a construir i medir la traspiracion

Las circunstancias que influyen en la traspiracion se dividen en dos categorías, unas dependientes de la naturaleza de la planta i otras estrañas a ella.

I.—Circunstancias dependientes de la planta

Entre éstas se cuentan las dos siguientes:

a) *La mayor o menor superficie de las hojas.* — Las plantas cuyas hojas son grandes i numerosas, tienen una traspiracion mucho mas activa que las especies que presentan superficies foliáceas reducidas, ya sea porque sus filomas subsisten en estado de pequeñas escamas (espárrago), o porque se trasforman los mismas en espinas (cactáceas). Basta recordar que el número de estomas, que son los órganos de la traspiracion, varía segun la mayor o menor estension de las láminas verdes, para convencerse de la verdad de este hecho.

b) *El diferente espesor de la cutícula.* — La cutícula que aparece en la superficie de las hojas, hace variar tambien, segun su grueso, la traspiracion vegetal. Así, los helechos que presentan en sus frondas una capa de cutina sumamente delgada, tiene una traspiracion mucho mayor que las plantas cuyas hojas poseen una cutícula gruesa.

II.—Circunstancias estrañas a la planta

La traspiracion, aunque es una funcion vital, depende de condiciones exteriores, influyendo mucho en ella la *temperatura del aire i su estado hidrométrico*: es mayor la pérdida del vapor de agua en una atmósfera seca i caliente que en una fria o saturada de humedad. En este último caso frecuentemente la planta entrega al me-

dio ambiente el excedente de agua, exhalándolo en estado líquido por poros especiales de las hojas, denominados *estomas acuíferos* o de *agua*.

—En cuanto al *mecanismo de la traspiracion*, se sabe que el vapor de agua puede escaparse por toda la superficie de las hojas, pero son, sobre todo, son los estomas los que sirven para el cumplimiento de esta funcion. Se demuestra, colocando una campana de vidrio sobre cada una de las caras de una hoja (Fig. 92) despues de poner en el

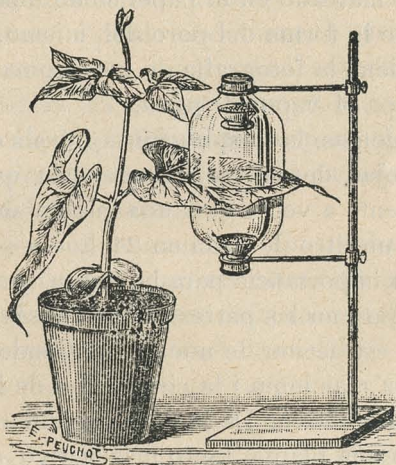


Fig. 92

Experiencia destinada a hacer ver el papel de los estomas en la traspiracion

interior de aquéllas, una cápsula con cloruro de calcio que absorbe el vapor de agua. Se constata entónces que la cápsula de la campana inferior aumenta de peso, mién-

tras que la superior casi no varía. Es, pues, la cara inferior de la hoja la que da el vapor de agua, i como los estomas se encuentran casi esclusivamente en la misma, se deduce que es por estos orificios por los cuales la traspiracion se efectúa.

Se puede probar tambien la efectividad de esto si se coloca una hoja sobre un pedazo de papel impregnado de cloruro doble de paladio i de fierro que tiene la propiedad de ennegrecerse por el vapor de agua, viéndose cada estoma marcado en el papel como una mancha negra que tiene la forma del poro del mismo, o por mejor decir, se obtiene la fotografia de los estomas, porque por ellos se escapa el vapor de agua.

—Por lo demas, la traspiracion—que sin cesar se efectúa en las hojas, desde que nacen hasta que mueren, i tan rápidamente a veces que una planta de jirasol, por ejemplo, da un litro de agua en 24 horas—, es una funcion de gran importancia para la planta, pues si el agua no se evaporara en las partes verdes, la sávia no se concentraria, la estraccion de nuevas cantidades de sales de la tierra seria mas lenta i la circulacion de los jugos nutritivos, ménos activa. De lo dicho se infiere que cuanto mas transpire una planta, tanto mas activo será su crecimiento que es el resultado de la nutricion.

5.—Lo mismo que los animales, no pueden las plantas vivir sin la funcion de nutricion llamada **respiracion**.

El fenómeno respiratorio, correspondiente a un acto comburente o de combustion, tiene el doble carácter de jeneralidad i continuidad: durante toda la vida,

las hojas, lo mismo que las demas partes de la planta, absorben oxígeno i desprenden ácido carbónico de un modo continuo, de noche como de dia, si bien por efecto de la accion del clorofilo, que descompone el ácido carbónico, la exhalacion de este gas no se observa en los órganos verdes cuando están bajo la influencia de la luz solar.

El oxígeno lo toman las plantas del medio en que viven (las terrestres de la atmósfera i las acuáticas del aire disuelto en el agua) i del ácido carbónico descompuesto durante la asimilacion, obrando el elemento naciente que procede de esta funcion, con mucho mas enerjía que el oxígeno de la atmósfera. El principal cuerpo combustible de la planta es el azúcar, pudiendo servir para la operacion química, cuando dicha sustancia falta en las células, otros cuerpos ternarios o cuaternarios.

Nada mas fácil como demostrar experimentalmente el fenómeno de la respiracion que, en último término, no es sino la oxidacion mas o ménos enérgica que tiene lugar en el protoplasma vivo. Basta colocar debajo de una campana de vidrio llena de aire que no pueda renovarse, una planta viva i a su lado una copa que contenga agua de cal o de barita (Fig. 93). Bien pronto se observa que el líquido se enturbia, apareciendo luego una gruesa capa de carbonato de calcio o de barita.

Si al lado de esta campana se coloca otra que encierre sólo una copa con agua de cal o barita, apénas se constata la formacion de una delgada película de carbonato de calcio o barita, lo que prueba que la produccion de la gran cantidad de Co_2 que ha suministrado, en la prime-

ra campana, un abundante precipitado, se debe sólo a la actividad respiratoria de la planta.

De otro lado, analizando la atmósfera que queda, se notará que la proporcion de oxígeno es menor que al principiar la operacion, lo que prueba que la planta ha absorbido este cuerpo simple.

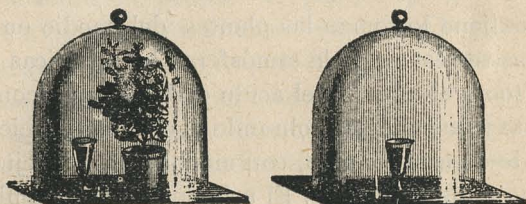


Fig. 93

Modo de probar la *funcion respiratoria*: en la campana de la izquierda, que contiene la planta viva, el agua de cal de la copita se blanquea mucho; en la de la derecha se enturbia tambien, pero mui poco, porque el aire encerrado no rodea la planta.

Para lograr este efecto, si la planta empleada tiene partes verdes, habrá que preservarla de la luz, porque bajo la influencia de este agente lumínico, se efectúa la asimilacion que haria variar el resultado.

Cuando se quiere demostrar la efectividad de la respiracion por su producto principal, o sea el Co_2 , se puede tambien hacer el esperimento de otro modo, a saber: llenando la tercera parte de una botella de dos litros de capacidad i que tenga boca ancha i tapon esmerilado, con callampas, flores o semillas—habas por ejemplo—en jermiacion. Si despues de un tiempo mayor o menor, se destapa la botella i se pone en la boca una vela

encendida, se verá que la luz se apaga por la presencia del ácido carbónico que contiene el aire encerrado.

De una manera evidente puede comprobarse que durante la respiracion ocurre una elevacion en la temperatura del aire que rodea los órganos vegetales. Con este objeto se introduce en la botella llena de callampas i flores i tapada con algodón—tomando especiales precauciones—un termómetro bastante delicado i se compara con otro que esté en el ambiente. Este aumento de la temperatura del medio en que la planta se coloca, no se nota en el aire libre porque el calor es neutralizado por el frio que produce la traspiracion, funcion que, como se sabe, tiene lugar en las partes verdes (1).

Estudiando la relacion $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}}$ del volúmen de anhídrido carbónico desprendido, al volúmen de oxígeno absorbido, se ha constatado que es independiente de la temperatura, de la presion i de la luz, pero varía mucho segun las diversas especies i sobre todo segun el estado del desarrollo de cada planta, pues unos vegetales respiran mas que otros, así como hai épocas en que las oxidaciones son mas enérgicas, como ocurre en la *antésis* o acto de expansion de las flores i en la *germinacion* de las semillas, la cual puede comprobarse por la elevacion de temperatura que produce la cebada durante la operacion de prepararla para la fabricacion de la cerveza.

La respiracion es tan necesaria que sin ella no se con-

(1) Empleando, como se ha hecho, órganos vegetales desprovistos de clorofilo, la funcion traspiratoria no se verifica i, por lo tanto, se hace bastante sensible el calor desarrollado durante el desprendimiento del ácido carbónico.

cibe la vida de la materia orgánica, pues, si falta el oxígeno no se verifican los procesos químicos indispensables para la función nutritiva, ni se desenvuelve la energía acumulada en los elementos anatómicos.

A la necesidad de la respiración no escapa ninguna célula viva: ahora bien, los órganos desprendidos de la planta (semillas, papas, etc.) no tienen como proporcionarse el combustible indispensable, i las células que lo constituyen se ven obligadas a quemar su propio protoplasma, muriendo cuando éste se ha agotado por completo. Esta es la razón por qué las semillas que se guardan por mucho tiempo pierden al fin su facultad de germinar. Entre las semillas de gran longevidad se encuentran las de las gramíneas, pretendiéndose a este respecto, que el trigo puede conservar su vitalidad por miles de años porque se han encontrado en las sepulturas de Egipto granos de este cereal que, sembrados, germinaron después; pero tales noticias referentes al trigo momificado no tienen autenticidad ninguna.

Hai seres que pueden vivir sin oxígeno libre i respiran estrayendo el comburente que necesitan de las sustancias orgánicas en que se encuentran. Pertenecen principalmente a la categoría de los bacterios i se denominan *anaerobios*, organismos que, adaptados a la *Respiración Intramolecular*, no solamente pueden subsistir en un medio privado de oxígeno libre, sino que no soportan el contacto del aire. Al contrario, son *aeróbios* los seres que necesitan de una cierta cantidad de oxígeno libre, que toman del aire o del agua en que viven, i forman la mayoría de la naturaleza actual.

B. — EL CRECIMIENTO

I

CONSIDERACIONES PREVIAS

No es tan sencillo fijar el concepto de crecimiento como podria parecer a primera vista. Desde luego, se cree jeneralmente que consiste en el aumento de peso, siendo que en realidad una planta puede crecer tambien, perdiendo una parte del mismo. Para asegurarse de la verdad del hecho, basta colocar una papa en un cajon bien cerrado i dejarla así por algun tiempo, pues, no se tardará en observar que echa brotes, los cuales, por falta de luz, no tienen clorofilo i, por lo tanto, no pueden asimilar: ahora bien, la papa, que suministra el material de crecimiento necesario para la formacion de los brotes, exhala vapor de agua i ácido carbónico resultantes de la traspiracion i respiracion, i la pérdida de estos cuerpos produce en el tubérculo una disminucion de peso, lo que no obsta para que tenga lugar un fenómeno de crecimiento.

Del mismo modo, si se cuelga un quisco al aire libre por medio de un alambre, seguirá creciendo por algun tiempo hasta dar flores i frutos, pero evidentemente per-

derá una parte de su peso porque la gran cantidad de agua que traspira no la puede recuperar del suelo.

De lo espuesto se deduce que no hai que hacer intervenir el peso en la nocion de crecimiento, entendiéndose bajo esta denominacion *el aumento de volúmen acompañado de cambios de la forma esterna i de la estructura interna de las plantas.*

II

PERÍODOS DE CRECIMIENTO DE LOS ÓRGANOS

El crecimiento de las plantas superiores o fanerógamas se distingue del de los animales en que es *indefinido* i no tiene lugar indistintamente en toda la estension del cuerpo vegetal sino en los *puntos de vejetacion*.

La esplicacion de que las plantas crecen durante toda su vida, aunque ésta alcance a 4 o 5,000 años, está en que, no teniendo los vejetales locomocion como los animales, necesitan estenderse continuamente para obligar a sus raíces a ponerse en contacto con nuevas partículas de tierra i sacar de ellas las sustancias alimenticias.

Como el crecimiento se basa en *a)* la formacion de nuevas células, en *b)* el desenvolvimiento de los elementos anatómicos existentes i *c)* en la condensacion de sus paredes, todo órgano vejetal, ya sea *caudoma*, *radicoma* o *filoma*, pasa en su desarrollo por tres diferentes períodos, que son: período *meristemático*, de *estension* i de *perfeccionamiento interior*.

1.—*Período meristemático o embrional.*—Se caracteriza por efectuarse durante él la division celular. Los órganos vegetales constan en este período de *meristema* primitivo, tejido compuesto de células diminutas, todas semejantes, de paredes delgadas, de protoplasma compacto, íntimamente unidas i siempre dispuestas a fraccionarse.

Los *puntos de vegetacion*, el *cambium* i la *capa felójena*, lo mismo que las *dilataciones motoras* o partes basales hinchadas de los pecíolos de las leguminosas i el *callo* que se forma por division de las células vecinas a las heridas inferidas con instrumento cortante, como v. gr. en las estacas, son porciones de tejido embrionario del cuerpo vegetal. El estudio que en otro lugar se hace de estas formaciones de tejido meristemático, nos dispensa de entrar en mas largos detalles del mismo.

Concluyendo las células de seccionarse, principia el segundo estado, o sea el

2.—*Período de estension.*—Durante este período las células continúan creciendo en superficie sin dividirse, adquiriendo poco a poco sus dimensiones i formas exteriores definitivas, de donde resulta que el órgano entero en que esto se verifica aumenta en todos sentidos. El aumento de volumen es considerable, alcanzando a menudo el órgano un tamaño cien veces mayor.

Esta dilacion producida por los elementos anatómicos del tejido tierno o meristemático, se denomina *crecimiento intercalar* por ser resultado del aumento de células ya formadas.

3. — *Período de perfeccionamiento interior.*—En este período las células, que tienen ya su tamaño i forma definitivas, se hacen mas ríjidas, adquiriendo sus engruesamientos característicos i esperimentando las modificaciones químicas correspondientes.

Los elementos anatómicos que se convierten en vasos se proveen de anillos, cintas en espiral o dispuestas como red, etc., las células alargadas destinadas a ser fibras, engruesan en toda la estension de su pared; las que forman el parenquima quedan con sus tabiques delgados; por último, hai algunas células que conservan su protoplasma para formar los *tejidos vivos* i otros que la pierden para formar los *tejidos muertos*. Resulta, pues, que en este estado durable o permanente, no sufre alteracion alguna la forma esterna e interna de los órganos, los cuales se distinguen entre sí por el resultado del crecimiento en las diferentes direcciones. Así, los tallos i raíces tienen un crecimiento *apical ilimitado*, es decir, sus puntos de vejetacion permanecen siempre en estado embrional, hallándose la parte que sigue a la punta en el segundo período i siendo la siguiente una zona en que los elementos anatómicos se perfeccionan mas i mas hasta llegar a la rejion adulta del tallo o de la raiz. En las hojas, por el contrario, el crecimiento es *basal i limitado*, porque la parte que permanece mas tiempo en estado meristemático es la base i, con escepcion de las frondas de los helechos i otras, una vez desarrolladas, cesan de crecer.

Así como el crecimiento no se estiende uniformemente por todo el largo del órgano, tampoco es igual en

todo el contorno de éste. El resultado de tal desigualdad del crecimiento longitudinal en las distintas jeneratrices de la superficie del órgano vegetal es el encorvamiento del mismo hácia las diferentes partes del desarrollo.

Este movimiento, localizado en la zona de crecimiento i en virtud del cual el tallo i las ramas describen en el espacio una serie de curvas cuya forma recuerda la de una hélice, puesto que el extremo del órgano se levanta al mismo tiempo en el aire, ha recibido el nombre jeneral de *nutacion*, i el de movimiento de *circumnutacion* cuando se refiere especialmente al cauloma.

El vértice de los tallos de las enredaderas volubles, tales como el *Poroto* o *Phaseolus vulgaris* (= *dextrorsum volubilis*) i el *Oblon* o *Humulus lupulus* (= *Sinistrorsum volubilis*) circumnutan de un modo notable, siendo en este caso mui útil dicho movimiento, por cuanto da lugar a que la planta encuentre sostenes estraños i el tallo se arrolle alrededor de los mismos.

Las raíces tienen igualmente circumnutacion, pero la amplitud de sus movimientos no es mui grande por la resistencia que les opone la tierra i conforme con que sólo una pequeñísima zona del punto de vejetacion está en vías de crecimiento. Mediante este movimiento de circumnutacion, la raíz penetra en el suelo a modo de barrena o tirabuzon. Finalmente, nutan tambien las hojas, describiendo, a causa de la mayor velocidad del crecimiento de su lado superior, una especie de trayectoria que hace cambiar su posicion inicial que tiene en el boton, por la posicion durable o permanente, de ordinario perpendicular al tallo i ménos frecuentemente en sentido

inverso del primitivo. Se vé esta misma nutacion en las frondas de los helechos que, como se sabe, tienen prefoliacion circinada.

III

INFLUENCIAS MODIFICADORAS DEL CRECIMIENTO

El crecimiento depende de varias causas exteriores, entre las cuales haremos mencion especial de la *luz*, el *calor* i la *gravedad*.

1.—Los cambios de la *luz* hacen variar tambien el crecimiento vegetal. De esto tenemos completa evidencia cuando consideramos que el desarrollo de las plantas es mas activo de noche que de dia, i mas tambien por la mañana que por la tarde (1). La luz retarda, pues, el crecimiento, pero si este agente es perjudicial al mismo de un modo directo, lo favorece indirectamente porque sin la luz no se desarrolla el clorofilo ni se verifica la asimilacion que suministra los materiales necesarios para el desenvolvimiento.

Con todo, si una planta permanece largo tiempo en la oscuridad despues de los primeros dias en que ha crecido rápidamente, contrae una enfermedad que se llama *étiole-*

(1) Despues de la puesta del sol, el crecimiento es mui lento porque los efectos de la luz se dejan sentir todavía; sólo a media noche alcanza el crecimiento su máximo de velocidad i esta es mayor en las noches calientes porque entónces se combinan los factores principales: la oscuridad i el calor.

ment en frances i *ahilo* en castellano: las hojas en este caso se ponen pálidas, las ramas se alargan considerablemente i pierden su consistencia, porque sus elementos anatómicos no se lignifican.

Este fenómeno de ahilamiento se puede observar en las papas que se mantienen en bodegas oscuras i en las plantas que el hortelano tapa para que queden mas blancas, jugosas i tiernas, como el espárrago, el apio i la achicoria.

En la naturaleza el *étiolement* no puede producirse porque no hai lugar de la superficie de la tierra que no goce del cambio del dia i de la noche, si bien es cierto que en las rejiones circumpolares se prolonga esta a varios meses, pero la vejetacion es allí casi nula. En las rejiones templadas i tropicales los únicos lugares que permanecen siempre oscuros son las grutas i cavernas donde se ven plantas medio etioladas, cuyas semillas han llegado a su interior trasportadas por animales (la *Gruta del Guácharo*, en Venezuela, visitada por Humboldt i la *Caverna del Mammoth*, en los Estados Unidos, la mas vasta del mundo).

2.—Basta recordar que el desarrollo de las plantas difiere segun la época del año, para darse cuenta de la influencia que sobre el crecimiento ejerce el *calor*. En efecto, miéntras que en las plantas leñosas está suspendido el crecimiento en las partes aéreas (1) durante el

(1) Dada la corta duracion de los pelos radicales, resulta que las raíces, para poder alimentar la planta, tienen que crecer constantemente para dar lugar así a la formacion de nuevas células pilíferas que están encargadas de la absorcion.

invierno, se acelera en la primavera i el verano a medida que se eleva la temperatura, i disminuye nuevamente poco a poco hasta pararse por completo hácia el final del otoño. Recuérdese, a este respecto, la formacion de los *anillos anuales* o capas alternativas de madera de primavera i de madera de otoño.

Por lo demas, cada planta tiene un máximo i un mínimo de temperatura para su desarrollo i estos puntos extremos, excedidos los cuales el crecimiento sufre un retardo, varía de una especie a otra conforme con el clima del lugar.

3.— La *gravedad* modifica asimismo el crecimiento. Sabido es, en efecto, que en las hojas ordinarias se distingue el lado superior con su parenquima empalizado, rico en granos de clorofilo, i el lado inferior, ocupado por el tejido esponjoso o neumatenquima. Esta desigualdad la determina, sin duda alguna, la gravedad, ya que si se mantiene accidentalmente la hoja en una situacion vertical se observa que desaparece la diferencia que acabamos de señalar, i por otra parte, se observa tambien que las hojas que, como las del jacinto i el eucalipto, tienen naturalmente su lámina levantada, ofrecen sus dos caras semejantes. Désígnanse con la denominacion de *dorsi-ventrales* a los órganos que, como las hojas i tallos horizontales (1) muestran un haz i un enves, para distinguir-

(1) El mismo carácter dorsivental presentan los tallos que se aprietan contra los apoyos, v. gr.: rizoma de *Polypodium* i *Sarmienta*.

los de los *radiales* que no tienen esta particularidad (hojas i tallos ordinarios).

IV

VELOCIDAD DEL CRECIMIENTO

Para medir el crecimiento se hace uso del aparato especial denominado *auxanómetro*. Ha recibido éste di-

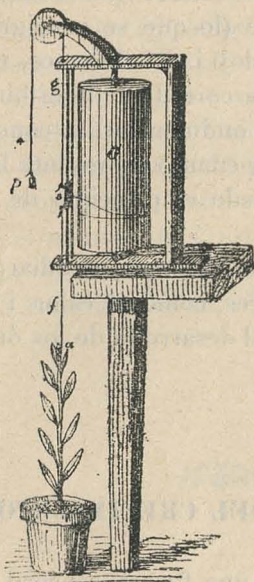


Fig. 91

Auxanómetro:

t, tallo en cuyo ápice (*a*) se amarra la cuerda que pasa por la polea i termina en un peso (*p*) destinado a mantener tenso el hilo;

s, corredera móvil entre dos surcos;

g, lleva una punta que se aplica contra la superficie del cilindro ahumado *G* para anotar el crecimiento del tallo.

ferentes modificaciones, pero esencialmente se compone de dos partes: 1) de un *cilindro* metálico, envuelto por

un papel ahumado i que puede moverse alrededor de un eje vertical, i 2) de una *cuerda*, colocada a lo largo i a corta distancia de una de las jeneratrices del cilindro: esta cuerda está arrollada en una polea i sostiene una *corredera* que lleva una *punta* que se aplica contra la superficie del cilindro ennegrecido (Fig. 94).

Cuando se quiere medir el crecimiento del tallo, se amarra el extremo inferior de la cuerda en la parte terminal de este órgano i en el extremo contrario se aplica un peso para mantener tenso el hilo. Si el cilindro da vuelta con velocidad uniforme (lo que se consigue por medio de un mecanismo de reloj) i el tallo crece, el contrapeso bajará i la punta de la corredera describirá una curva cuya altura o distancia ondular dará a conocer la velocidad del crecimiento, por cuanto representa la prolongacion real del órgano desde el principio de la observacion.

El auxanómetro nos permite, ademas, estudiar la influencia de las causas exteriores, como el calor i la humedad, sobre el nacimiento i el desarrollo de los órganos vegetales.

V

CAUSA MECÁNICA DEL CRECIMIENTO

El crecimiento es debido a una fuerza especial llamada *turgescencia*, o sea la tendencia de dilatacion o expansion en que se halla el contenido celular gracias al considerable poder osmótico del protoplasma i a la exis-

tencia en su interior de sustancias fuertemente atraeyentes i fijadoras de agua.

La turjescencia de las células no es siempre la misma en toda la estension de un órgano. Así, en un entrenudo o pedúnculo, por ejemplo, los elementos anatómicos interiores se hallan bajo una actividad protoplasmática mayor que los exteriores, lo que puede verse mui bien haciendo cortes longitudinales de los mismos, en cuyo caso, de un modo inmediato, las secciones se enroscan en espiral hácia afuera, porque la parte del centro se dilata mas que la superficial. Los pedúnculos del *diente de leon* o *Taraxacum officinale* i los pecíolos gruesos de las Umbelíferas, como el *Apio comun* o *Apium graveolens* i el *Apio chileno* o *Apium australe*,—que tanto alivio dió a los descubridores de Chile atacados del escorbuto, al pasar por el Estrecho de Magallanes,—son excelentes objetos de demostracion para el estudio de esto que se conoce con el nombre de *Tension de los tejidos* i que es el resultado de la desigual turjescencia de los tejidos periféricos i centrales de un órgano.



C.—LA IRRITABILIDAD

Antiguamente se buscaba en la sensibilidad o irritabilidad la diferencia entre los dos reinos orgánicos, considerando que los fenómenos de este orden eran característicos i propios de los animales; pero un estudio mas profundo de la materia ha demostrado que la facultad de recibir impresiones por la influencia de los agentes exteriores, pertenece tambien a las plantas.

Los vegetales tienen, en efecto, una *irritabilidad* especial, comparable a la *irritabilidad nerviosa* de los animales, ya que en los dos casos se puede suprimir la sensibilidad i el movimiento por el uso de los anestésicos, como el cloroformo; pero hai que saber que mientras en los últimos nombrados hai elementos anatómicos que se encargan esclusivamente de la sensibilidad nerviosa, para lo cual han adquirido diferenciaciones correspondientes a su mision, no existe en las plantas division del trabajo fisiológico.

El protoplasma vegetal de las células puede ser irritable por las mismas i casi todas las causas exteriores que irritan los nervios; es decir, las plantas son irritables ya por la luz (vista), o por el contacto o choque con un cuerpo extraño sólido (tacto), ya por las sustan-

cias químicas líquidas (gusto) i gaseosas (olfato); si bien no descubrimos en ningun vegetal algo que corresponda al oído. Vemos, pues, que a las plantas les falta una de las modificaciones de la sensibilidad mas comun a los animales, la irritabilidad auditiva, pero si carecen de ésta poseen en cambio la irritabilidad por la gravedad que es propia del Reino Vegetal.

Examinaremos lijaramente cada una de las especies de irritabilidad, dispuestas para funcionar bajo escitantes diferentes, agrupadas como sigue: 1.º *Irritabilidad por la luz o Fototropismo*;—2.º *Irritabilidad por el contacto de cuerpos sólidos*;—3.º *Irritabilidad por sustancias químicas líquidas i gaseosas o Quimotropismo*; i 4.º *Irritabilidad por la gravedad o Geotropismo*.

I

Irritabilidad por la Luz

(Fototropismo)

Los órganos vegetales verdes responden a la influencia de los rayos luminosos con ciertos movimientos que tienden a colocar las partes asimiladoras en una posicion adecuada para que aprovechen la cantidad suficiente de luz que se necesitan para el cumplimiento de la funcion clorofílica.

Estos movimientos orijinados por la irritabilidad luminosa son de dos clases, unos de traslacion i otros de encurvamiento.

1.—*Movimientos de traslacion.*—En todas partes, tanto en las *Criptógamas* como en las *Fanerógamas*, es fácil observar la *locomotibilidad* o facultad de poderse trasladar de un lugar a otro.

a) Para principiar con las *Criptógamas*, las *zoosporas* de ciertas Algas están dotadas de movimientos de traslacion gracias a la presencia de cilios o apéndices protoplasmáticos que las rodean por completo o se localizan en una parte de su superficie. Para demostrar que en realidad la luz ejerce una accion directiva sobre estos cuerpos protoplasmáticos desnudos se coloca en un vaso de vidrio agua en que naden zoosporas despues de ennegrecer esteriormente el utensilio, dejando sólo una abertura por donde pase la luz: bien pronto se ve que el líquido se aclara en la zona oscura porque los órganos reproductores nombrados se acumulan en la rejion del líquido en que da la luz, despues de seguir una marcha complicada.

De un modo análogo se comporta, con respecto a la luz, la *Euglena viridis*, pequeño organismo verde de los suelos encharcados, apénas diferente de una zoospora verdadera, pero con un punto rojo que es considerado como ocelo fotoscópico, pues su movimiento, al parecer voluntario, va siempre dirijido a un objeto.

b) Si de las *Criptógamas* pasamos a considerar las *Fanerógamas*, encontramos un excelente ejemplo de órganos dotados de una irritabilidad óptica mui marcada en los *granos de clorofilo*, que tienen movimientos independientes por completo de los del protoplasma debidos a la accion de la luz. En efecto, si se examinan las célu-

las verdes de las hojas, se observa que los granos de clorofilo ejecutan movimientos para ocupar dos posiciones distintas segun la mayor o menor intensidad luminosa: a la luz fuerte del sol los corpúsculos clorofílicos se colocan en las paredes laterales (*posicion de perfil*), i si la luz es difusa se trasladan a los costados horizontales para gozar de la plenitud lumínica, presentando el mayor plano posible (*posicion de frente*) (Fig. 95).

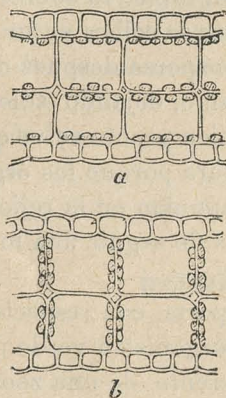


Fig. 95

Diferentes posiciones de los Granos de Clorofilo en una hoja de Lenteja de Agua:

a, cuando reciben luz débil;

b, cuando reciben luz fuerte.

Las hojas de los musgos i los protalos de los helechos, son excelentes tipos para este estudio, pues están constituidas por una sola fila o de un plano de células que pueden examinarse sin quitar la vida al órgano de que forman parte.

Conviene saber que estos movimientos internos de traslacion no son exclusivos de los granos de clorofilo que forman parte de un vegetal superior, pues si se con-

sidera una alga filamentosa, como el *Mesocarpus*, por ejemplo, cuyas células contienen un sólo cuerpo clorofílico en forma de placa, se ve que a la luz débil ésta se coloca de manera que los rayos luminosos la toquen de frente, i si se espone a la luz fuerte, de un modo inmediato da vuelta sobre su eje para presentarse de perfil.

Vése, por todo lo espuesto, que si los cuerpos protoplasmáticos son desnudos i libres, experimentan, bajo la accion de la luz, cambios de lugar en conjunto, i que cuando los mismos están encerrados en membranas celulares, el fototropismo se manifiesta sólo por ciertas dislocaciones de las inclusiones del protoplasma.

2.—*Movimientos de encorvamiento*.—Los mas conocidos son el *heliotropismo* i el *nictitropismo*, que se observan en los órganos en vías de crecimiento i en aquellos que, habiendo concluido su desarrollo, conservan las porciones de tejido meristemático llamadas dilataciones motoras o cojinetes.

a) El *Heliotropismo*.—Así se designan los movimientos, favorables siempre al crecimiento, que tienden a buscar la claridad o huir de ella.

Los movimientos o curvaturas heliotrópicas, que no se producen sino en la zona de crecimiento (Fig. 96) difieren segun los órganos de la planta. Así los tallos se inclinan hácia la parte mas iluminada, buscan la luz i se dice, por esto, que gozan de *heliotropismo positivo*. Las raíces, por el contrario, huyen de la claridad o poseen *heliotropismo negativo*, i en cuanto a las hojas son *trassalmente heliotrópicas*, pues ejecutan movimientos para

colocar sus láminas en un plano perpendicular a los rayos solares, dirigiendo su haz hacia el cielo i su envés a la tierra.

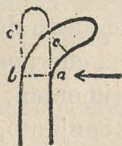


Fig. 96

Rejion creciente de un tallo bajo la influencia de la luz: la rejion *a c*, que está iluminada, crece ménos que la *b c'*, razon por la que se encorva el órgano hácia la claridad.

b) El Nictitropismo o Sueño de las plantas.—Metafóricamente así se llama la distinta posicion de las hojas i flores segun el dia i la noche o la mayor o menor intensidad de la luz.

1.—*En las Hojas.*—Los movimientos nictitrópicos de estos órganos, que efectúan despues de terminado su crecimiento, se observan en muchas plantas, especialmente en las Papilionáceas como la acacia, por ejemplo, cuyas hojas pinadas permanecen abiertas durante el dia (*=posicion diurna o de vijilia*) miéntras que en la noche se doblan las pinas de las mismas sobre el pecíolo primario, de modo que se aplican las unas contra las otras (*=posicion nocturna o de sueño*). Estos movimientos tienen mucha importancia para la planta, por cuanto, disminuyendo la superficie total del aparato filomático, se evita la pérdida de calor i se resguardan las hojas del frio nocturno.

A la luz difusa las hojas no tienen tampoco la misma posicion que a la luz del sol, notándose que en el primer

caso están las pinas abiertas i que se cierran éstas cuando la intensidad luminosa aumenta: de esta manera la planta regula la cantidad de luz que necesita, protejiendo a las hojas contra una luz demasiado viva que destruiria el clorofilo.

Es curioso observar que este sueño de la siesta lleva a las pinas a buscar una posicion contraria a la de la noche, levantándose hácia arriba cuando durante ésta se encorvan hácia abajo.

Los movimientos nictitrópicos de las hojas son ocasionados por las *dilataciones motoras* o hinchazones situadas en la base de los pecíolos, compuestas de tejido meristemático i cuyo aspecto cambia sensiblemente cuando la hoja pasa de una a otra posicion (Fig. 97); el me-

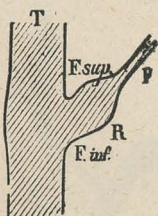


Fig. 97

Dilatacion motora de la base de una hoja:

T, tallo;

P, pecíolo;

R, dilatacion motora;

F. sup., faz superior;

F. inf., faz inferior.

cismo consiste en la variacion de la turjescencia, que aumenta en un lado i disminuye en el otro por las alternativas repentinas del aflujo i la salida de considerable cantidad de agua i sustancias azucaradas en las células de las dilataciones

2.—*En las Flores.*—Las hojas florales ejecutan tam-

bien, en ausencia de la luz, movimientos especiales, cuyo objeto no es tanto el procurar que las flores queden al abrigo del frío nocturno i cerradas para impedir la visita de insectos que no le corresponden, como el evitar la formacion en su interior del rocío que mojaría el pólen i echaría a perder el néctar, aguándolo.

Así como existen flores que se cierran de noche, tambien las hai que se cierran de día, pudiendo entónces decirse que las diurnas tienen nictitropismo negativo i que las nocturnas son positivamente nictitrópicas.

Habiendo flores que se abren con regularidad en horas i períodos mensuales determinados, se comprende que pueden formar el *Reloj de Flora* i el *Calendario Floral*. Los nombres de *Don Diego de la Noche*, *Flor de un día*, *Primavera*, etc., etc., corresponden a épocas diversas de expansion de las flores.

II

Irritabilidad táctil

Los movimientos orijinados por la irritabilidad táctil, esto es, por el contacto de un órgano con un cuerpo extraño sólido, se manifiestan en alto grado en algunas plantas de organizacion superior, ya sea en su rejion vegetativa o en su rejion floral.

A.—Ejemplos de *Irritabilidad Táctil en la Rejion Vejetativa* tenemos en las Enredaderas Trepadoras, en la Sen-

sitiva i en las Plantas Carnívoras. Examinémoslas brevemente:

1.—*Las Enredaderas Trepadoras*.—El caso mas conocido en la naturaleza de irritabilidad táctil en la rejion vejjetativa de las plantas, es el que se observa en las enredaderas trepadoras que suben por medio de zarcillos.

Estos órganos filiformes, que representan hojas o ramas trasformadas, se arrollan en espiral alrededor de los



Fig. 98

Representa un zarcillo cuyo extremo *v'* se enrosca en la rama *b*, para formar luego una hélice en su parte libre.

sostenes estraños, i esta propiedad es causada por la presion o por los choques ejercidos en la zona de crecimiento del mismo: cuando mediante nutaciones el zarcillo encuentra un apoyo, su estremidad ejecuta inmediatamente el encorvamiento, siendo éste la consecuencia de que el lado opuesto al del contacto crece mas lijero; luego

otro punto del cordón llega a tocar el sostén i la repetición prolongada de este fenómeno motiva el que la mayor parte del zarcillo se ensortije, llamando la atención que la parte libre del órgano también se tuerce en hélice (Fig. 98). Esta curva, destinada a acortar la longitud del zarcillo para que la planta se acerque más al cuerpo extraño, se produce por la transmisión de la irritabilidad a través de los tejidos.

Para terminar diremos que como el mecanismo del movimiento de los zarcillos se funda en una desigualdad del crecimiento, estos órganos poseen la irritabilidad táctil mientras crecen únicamente i, sobre todo, cuando han alcanzado los dos tercios de su longitud.

2.—La *Sensitiva* o *Mimosa pudica* es una plantita leguminosa originaria del Brasil, cuyo nombre alude a la facilidad con que dobla sus hojas compuestas bipinadas bajo la impresión de un cuerpo exterior cualquiera.

En efecto, el más pequeño contacto motiva el que los pecíolos comunes se inclinen hacia abajo, los secundarios se dirijan hacia la parte anterior i las pinas se doblen hasta juntarse las de un lado con las del otro. Según la intensidad del golpe o sacudida, el movimiento puede ser local o jeneral.

En cuanto al mecanismo de los movimientos, es el mismo que en el nictitropismo, pero, por lo ménos respecto al pecíolo primario, tienen aquellos su asiento sólo en la cara inferior del cojinete, pues, si se desprende con un escalpelo fino la mitad de abajo de la hinchazón,

el pecíolo pierde su sensibilidad al contacto, lo que no ocurre cuando se corta la mitad superior.

Por lo demas, el cambio de estado de las dilataciones se esplica admitiendo que sus células pueden absorber mucha agua i cuando están repletas de este líquido adquieren considerable rijidez i dureza porque sus células se hallan en estado de turjescencia, por cuya circunstancia conservan las hojas su posicion normal; pero si los cojinetes pierden el agua o pierden su turgor, lo que pasa en el momento del choque, se aflojan i entónces no pueden sostener los órganos foliáceos, que bajan por su propio peso; respecto al exceso de agua espulsada por el protoplasma, pasa a traves de las membranas hasta los tejidos vecinos, para entrar en los haces fibro-vasales, lo que puede comprobarse haciendo una incision que alcance hasta los vasos, inmediatamente despues del movimiento, en cuyo caso se vé que, en el acto, sale una gota de agua.

Es interesante saber que los movimientos en la Sensitiva no sólo son producidos por golpes mecánicos sino tambien por el calor i la electricidad i que se suprimen por la anestesia cuando se deja la planta bajo una campana de vidrio, colocando a su lado una esponja empapada en cloroformo.

Por lo demas, los movimientos dados a conocer constituyen un medio de defensa eficaz contra los animales herbívoros.

3.—*Las Plantas Carnívoras.*—Fenómenos de irritabi-

lidad táctil se observan tambien en nuestra carnívora de los pantanos del Sur, la *Droosera uniflora*.

Como ya se dijo (páj. 172), esta especie, como otras de la familia de las Droseráceas i Nepentáceas, etc., se llaman carnívoras porque el atrapamiento de insectos —mediante tentáculos, hojas que se doblan al contacto o utrículo,—está relacionado con la propiedad de digerir los tejidos por el líquido gástrico secretado por el aparato atrapador.

B.—Como ejemplos de *Irritabilidad Táctil en la Region Floral*, podemos citar el Michai o *Berberis chilensis* i la Flor del minero o *Centaurea chilensis*, plantas de especial interes biológico por el mecanismo curioso que tienen para impedir la fecundacion propia i conseguir el cruzamiento: cuando los insectos o un cuerpo excitante cualquiera toca la base de los filamentos de sus estambres, los órganos sexuales masculinos ejecutan movimientos que favorecen enormemente el acto importantísimo del empolvoramiento ajeno.

III

Irritabilidad por Sustancias Químicas

(Quimotropismo)

Esta especie de irritabilidad, que corresponde a la sensibilidad gustativa i olfatoria de los animales, puede estudiarse en los espermatozoides de los helechos i musgos,

en la fecundacion de las fanerógamas i en los pelos radicales de todas las plantas.

1.—Tratando de averiguar un fisiólogo aleman la influencia que ejercen las sustancias químicas en los movimientos de los *Espermatozoides de los Helechos*, vino a dar, de esperimento en esperimento, en la causa o fuerza que empuja a los jérmenes masculinos i guia a los mismos para que encuentren a los arquegonios.

Entre los numerosos ensayos realizados con este objeto, se cita uno mui sencillo: en un vaso con agua se coloca una gran cantidad de espermatozoides estraidos de los protalos de los helechos i se introduce en seguida un tubo capilar lleno de ácido málico: sacando este tubo despues de un tiempo mayor o menor i examinando su contenido con un microscopio de suficiente aumento, se observa que aparecen en él los espermatozoides, en tanto que en el agua del vaso no se evidencian; lo que quiere decir que el ácido málico ejerce una influencia directriz sobre los espermatozoides, i siendo así, bien puede admitirse que los arquegonios secretan esta sustancia u otra de propiedades análogas, esto es, capaz de solicitar a los elementos masculinos móviles a dirigirse hácia los órganos sexuales femeninos.

—En cuanto a la fuerza que guia a los espermatozoides de los musgos para buscar la oósfera, se ha podido comprobar que es tambien cierta irritabilidad que tienen por el azúcar secretada por las células del cuello del arquegonio.

Es interesante saber en seguida que últimamente se

ha constatado que los espermatozoides de las distintas formas de helechos i musgos se comportan diferentemente, correspondiendo a la atraccion del ácido málico i el azúcar a diversas concentraciones, lo que esplica el hecho de que las especies no se confunden.

2.—En las plantas desprovistas de espermatozoides debe pasar una cosa parecida en la funcion llamada *Fecundacion*. Sabido es, en efecto, que en las fanerógamas anjospermas la oósfera, colocada en el saco embrionario del óvulo, se fecunda por el grano de pólen, cuya intina se prolonga, formando el *tubo polínico* que rompe el estigma, penetra a traves del estilo hasta llegar a la abertura del ovario i en seguida a la micropile del óvulo para atravesar despues el nucelo i conseguir así que su núcleo se fusione con el de la oósfera. ¿De qué manera ahora el tubo polínico encuentra su camino? ¿qué es lo que lo guia en su trayecto? Es asunto este que no está todavía esplicado satisfactoriamente, pero probablemente se trata de un caso de irritabilidad del protoplasma por cierta sustancia química secretada por las células.

3.—Réstanos sólo, para terminar estas rápidas anotaciones de los fenómenos de quimotropismo, decir que en el modo como las raíces de las plantas se apoderan de los alimentos, créese ver otro caso de irritabilidad por sustancias químicas, pues no de otra manera puede esplicarse la curiosa propiedad de los *Pelos Radicales* que en otro lugar se ha dado a conocer con el nombre de *libertad electoral* de los mismos.

IV

Irritabilidad por la gravedad

(*Jeotropismo*)

Ademas de la accion jeneral que la pesantez ejerce sobre todos los cuerpos, tiene sobre los órganos vejetales una influencia directriz especial, conocida con el nombre de *Jeotropismo* o irritabilidad por la gravedad.

Los fenómenos jeotrópicos no se manifiestan mas que en la zona de crecimiento de los órganos.

Asi, cuando un tallo se coloca horizontal, las partes que ya han concluido su desarrollo conservan esta posicion, al paso que las rejiones terminales nuevas que se forman, se levantan siguiendo la direccion de la vertical. Como en este caso la influencia terrestre produce un movimiento del órgano en sentido opuesto al de la pesantez, se dice que el tallo tiene *jeotropismo negativo*, para diferenciarlo del *jeotropismo positivo* de las raíces.

A un *jeotropismo trasversal* hai que referir la direccion de las hojas cuyas láminas, en vez de tomar una posicion vertical como los órganos precitados, se colocan mas o ménos horizontalmente.

El jeotropismo es ménos marcado en las ramificaciones de primer órden del tallo i en las raíces secundarias.

En cuanto a las ramificaciones de otros órdenes i a las raicillas, suelen no tener irritabilidad jeotrópica, ya

que toman una direccion cualquiera e independiente de la accion de la gravedad.

Para demostrar la irritabilidad geotrópica puede repetirse el experimento llamado del *macetero invertido*, sembrando semillas en la superficie de uno derecho que se da vuelta despues de cubrir su boca con una redecilla

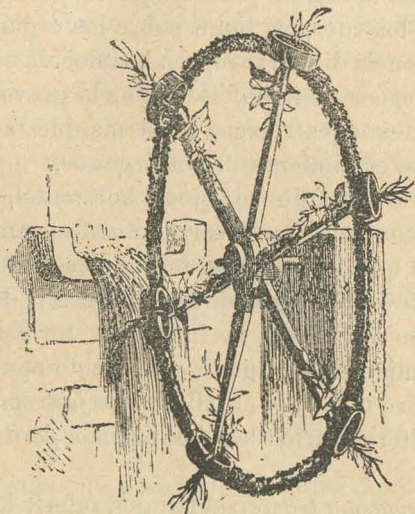


Fig. 99

Experimento de Knight: se ven seis plantitas fijas a una rueda que puede moverse con velocidad uniforme por medio de una corriente de agua.

de alambres para impedir la caída de la tierra. Se ve entónces que la raíz se desarrolla *verticalmente* i de arri-

ba *hacia abajo*, en el aire i a la luz, mientras que el tallo se dirige *verticalmente* i *de abajo hacia arriba*, en la tierra i en la oscuridad, si bien es cierto que las plantas nuevas, sometidas a tales condiciones anormales de vida, bien pronto se marchitan i mueren.

—Mui demostrativo es tambien el clásico *experimento de Knight* (Fig. 99) que, fundándose en la eliminacion de la gravedad i en la sustitucion de ésta por la fuerza centrífuga, consiste en fijar plantitas en jermiacion sobre una rueda que jira uniformemente en torno de un eje horizontal.

La figura 100 basta para hacer comprender ámpliamente la esperiencia de Knight:

1.—*Figura 100-A.*—Si el movimiento se efectúa con una velocidad suficiente para anular la influencia terrestre, se observa que los tallos i las raíces toman una direccion cualquiera o, mejor dicho, conservan la que se les dió en el aparato, porque en tales condiciones la planta se encuentra equilibrada respecto de la gravedad.

Se logra este efecto cuando la rueda de 20 cm. de diámetro, demora 20 minutos en dar una vuelta.

2.—*Figura 100-B.*—Si la rueda se mueve con gran rapidez, la planta sufre la accion de la fuerza centrífuga que se desarrolla, observándose en este caso que la direccion de los órganos, hasta entónces indiferente, se modifica: las estremidades de los mismos se dirijen en el sentido de los radios, aproximándose el ápice de los tallos al eje de rotacion i alejándose de éste el vértice de

las raíces en el sentido de la fuerza centrífuga que marca la flecha.—Siendo, pues, la fuerza centrífuga capaz de dirigir los tallos i raíces de la manera señalada, por razon

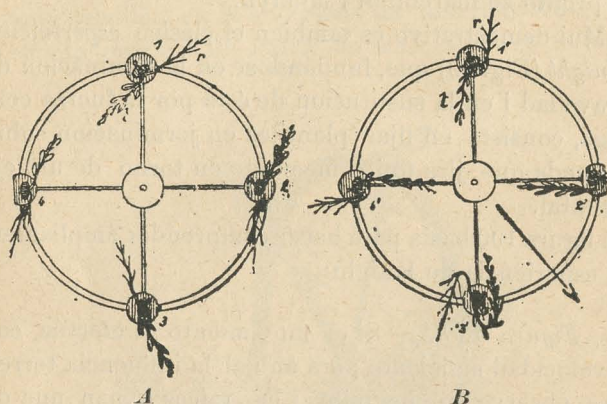


Fig. 100

Dibujos que, mui a las claras, dejan ver la influencia que la tierra ejerce sobre los órganos vegetales.—En *A*, el movimiento de la rueda de 20 cm. de diámetro es *lento* (una vuelta por 20 minutos) i por esto los tallos i raíces de las plantas sujetas en la circunsferencia, toman una direccion cualquiera.—En *B*, el movimiento de la rueda es *mui rápido*: esto hace que las plantitas sufran la accion de la fuerza centrífuga que se desarrolla en el aparato en razon directa de la velocidad que se le comunica, observándose que los tallos i las raíces toman entónces la direccion de los radios, aproximándose el extremo de los primeros órganos nombrados del centro de la rueda i alejándose del mismo el ápice de las raíces.

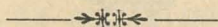
de analogía puede inferirse tambien la accion directiva de la gravedad sobre los órganos vegetales en vías de crecimiento.

—Basta sólo recordar que la influencia de la pesantez tiende a facilitar la penetracion de la raiz en la tierra i

la esposicion de los demas órganos en el aire—con el objeto de asegurar la fijacion de la parte subterránea i la absorcion de las sustancias alimenticias, tanto por esta rejion como por las hojas,—para darse cuenta de la importancia que tiene el jeotropismo para la planta.



APÉNDICE

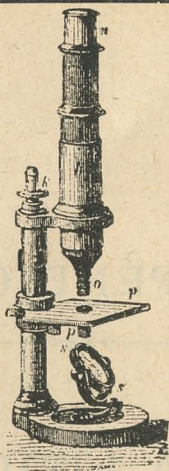


TÉCNICA HISTOLÓGICA

MANIPULACIONES



Fig. I



EL MICROSCOPIO

I.—SUS PARTES ACCESORIAS, que forman la armadura metálica, son:

1.º El *pie horizontal*, que es generalmente en forma de *U*, circular o tri-radial;—2.º La *columna*, que se prolonga hacia arriba en una pieza prismática en torno de la cual resbala un estuche que mediante un resorte se echa siempre hacia arriba i para bajarla hai que mover el *tornillo micrométrico* (*k*);—3.º La *mesa del microscopio* (*pp*) que está unida a la columna en la mitad de su altura i tiene una abertura redondeada en su parte media, por la cual penetran los rayos luminosos que deben alumbrar el objeto que se trata de examinar;—4.º El *espejo* de dos caras, una cóncava i la otra plana, que está suspendido a la columna o fijo en el pie mediante un sistema de tres palancas que permite moverlo de derecha a izquierda, de arriba hacia abajo i de adelante a atras (*ss*);—5.º El *gran estuche vertical* (*b*) unido con el estuche de la columna mediante una pieza horizontal i colocado arriba i frente a frente de la abertura de la mesa. Dentro de este segundo estuche corre el *tubo del microscopio*, que lleva:

II.—SUS PARTES ESENCIALES, indispensables para la vision, consisten en dos piezas ópticas o lentes converjentes: 1.º El *objetivo*, de foco corto i llamado así por estar vuelto hacia el objeto que se quiere observar (*o*), i 2.º El *ocular*, ménos converjente, i que ha recibido tal calificación porque está cerca del ojo del observador (*a*).

Los INSTRUMENTOS sencillos i de uso jeneral para hacer preparaciones microscópicas son: una navaja de afeitar con una cara plana, varios *escalpelo*s, una *tijera* i unas *pinzas*, dos o tres *agujas de preparacion*, esto es, fuertes i fijas en un mango largo especial, una *espátula*, algunos *vidrios de reloj* i *recipientes de porcelana*, cierto número de *pinceles delicados*, *papel de filtro* i ademas los llamados *porta-objetos*, o sea piezas de vidrio ordinario de forma frecuentemente rectangular, i los *ubre-objetos* o vidrios mas delgados, de tamaño menor i de figura cuadrangular.

TÉCNICA HISTOLÓGICA (1)

1.^a Seccion:—LA CÉLULA

A.—LA CÉLULA ANIMAL

1.^a Manipulacion

La Sangre

(Sangre Humana i Sangre de la Rana)

1.— Despues de picarse a sí mismo con una aguja bien fina en el *extremo del Dedo Medio o del Anular de la Mano Izquierda* i de comprimirlo para hacer salir una gota de sangre de tamaño mas que regular, con toda lijereza se estiende ésta por parejo sobre el porta-objetos i al instante se tapa con el cubre-objetos para no darle tiempo que se modifique en contacto con el aire.

Se examina bajo el campo de un MICROSCOPIO (Fig. I) que aumente por lo ménos 300 o 400 diámetros.

(1) BOHM (A.) ET OPPEL (A.)—*Manuel de Technique Microscopique*, traduit de l'allemand par Etienne de Rouville, Paris, 1903.

BOLLES LEE (A.)—*The Microtometist's vade-mecum, a handbook of the methods of Microscopic Anatomy*, London, 1885.

Se facilita el hallazgo de los glóbulos blancos agregando un poco de ácido acético a la gota de sangre.

Para observar los movimientos amiboideos de estos glóbulos, es necesario someter la preparacion a una temperatura equivalente a la de nuestro cuerpo.

Cuando se desea obtener los glóbulos en su disposicion en pilas, debe tomarse una gota de sangre mucho mas grande.

—Si se demora un poco en poner el cubre-objetos, los glóbulos sanguíneos toman un aspecto esférico i muchos de los mismos presentan deformaciones.

Agregando un poco de agua, las deformaciones se hacen mas notables i los glóbulos rojos pierden su materia colorante.

Si se abandona la preparacion se ve que se producen filamentos refrinjentes, constituidos por la fibrina coagulada.

Se puede, sin embargo, fijar los glóbulos sin reactivos por un procedimiento bien sencillo, que consiste en calentar un porta-objetos para estender con cuidado en su superficie una gota de sangre: la mayoría de los glóbulos, disecados así bruscamente, conservan su forma i sus dimensiones que le conocemos.

2.—De la misma manera se prepara la *Sangre de la Rana* o *Calyptocephalus gayi*, cortando el *Dedo de una de sus Patas*; pero hai que tener cuidado de estender la gota de sangre junto con un poco de humor acuoso del

BOLLES LEE (A.) ET HENNEGUI.—*Traité des méthodes techniques de l'Anatomie Microscopique*, Paris, 1902.

BOUTAN (L.)—*Dissections et Manipulations de Zoologie*, Paris 1897.

COLOMB (G.)—*Dissections et Manipulations de Botanique*, Paris, 1897.

mismo animal, que se obtiene agujereando la esclerótica. Así se ven mejor los glóbulos (Fig. 3).

A causa del enorme desarrollo de sus *Sacos Linfáticos*, la Rana se presta, mas que otro animal, para el estudio

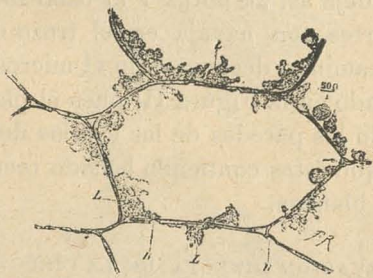


Fig. II

Una célula de la médula de *Sapo* que ha permanecido 24 horas en el saco linfático de la *Rana*.—L, células linfáticas (glóbulos blancos);—B, pared celular.

de los *Glóbulos Blancos* o células linfáticas, cuyo *Movimiento Amiboideo* puede constatarse a la temperatura ordinaria. Para esto basta cortar la piel sobre el dorso del animal, con lo que se consigue llegar a un vasto saco lleno de linfa. Pero como ésta se la encuentra siempre mezclada con muchos corpúsculos rojos, es menes-

DUVAL (M.).—*Précis de technique microscopique et histologique*, Paris, 1878;—*Précis d'Histologie*, Masson et Cie, Paris 1897.

RAMON i CAJAL (S.).—*Tratado de Histología*, Ed. española.

RANVIER (L.).—*Traité Technique D'Histologie*, Paris, 1889.

RENAUT (J.).—*Traité d'Histologie Pratique*, Paris, 1899.

STOHR (Ph.).—*Manuel Technique D'Histologie*, Paris, 1904.

ter aislar los glóbulos blancos, para lo cual se puede repetir el *Esperimento de RANVIER* que, fundándose en la propiedad que tienen los mismos de penetrar los cuerpos porosos, consiste en introducir en el saco linfático dorsal de la rana viva un fragmento de *Médula de Sauco*. Si se deja así 24 horas i al cabo de este tiempo se hacen cortes con navaja en el trozo de médula de sauco i se examinan despues bajo el microscopio, se vé lo representado en la Figura II; pues el plasma linfático ha atravesado las paredes de las células del tejido veje-tal i el aire que éstas contienen ha sido reemplazado por los glóbulos blancos.

3.—OBSERVACION DIRECTA DE LA CIRCULACION DE LA SANGRE.—La *Rana* es el animal en cuyo cuerpo se puede estudiar mejor la circulación de la sangre por ser trasparente la fina *Membrana de sus piés natatorios* i mui grandes los glóbulos sanguíneos. Basta al efecto separar bien los dedos de los piés i examinar la membrana con distintos aumentos, despues de haberla fijado estendida frente a una escotadura en forma de V que se practica en un pedazo de carton.

—«Examinando la membrana con el objetivo número 1, se ven: (*) (Fig. IIf).

Las *Células Pigmentarias* negras de la piel, que son mas o ménos irregularmente ramificadas.

(*) Descripcion de HUXLEY i H. N. MARTIN (= *Cours élémentaire et pratique de biologie*, par H. Huxley i H. N. Martin, traduit par F. Prieur).

La *Red de Vasos Sanguíneos* que se encuentran debajo de la capa de células pigmentarias.

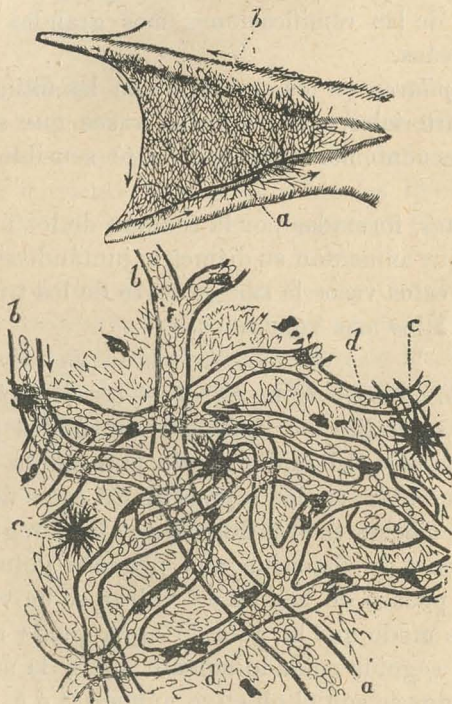


Fig. III

Arriba, dos dedos del pié de una Rana, con la tela intermedia ligeramente aumentada;—*a*, venas;—*b*, arterias unidas entre sí por una red de capilares.—Abajo, un pedacito de la red aumentado;—*a* *b*, son venas pequeñas, i *d* capilares, llenos todos de grandes corpúsculos ovales de sangre, que se mueven en la dirección indicada por las flechas;—*c*, manchas de color o cromatóforos en la piel de la Rana (Segun HUXLEY i YOUMANS).

Las *Arterias*, que en su inmensa mayoría se dirijen hácia el borde libre de la membrana i que disminuyen de diámetro a medida que se ramifican; la sangre corre partiendo de las ramificaciones mas grandes hácia las mas pequeñas.

Los *Capilares*, en los que terminan las últimas ramificaciones arteriales; son pequeños vasos que se anastomosan frecuentemente sin que varíe sensiblemente su diámetro.

Las *Venas*, formadas por la reunion de los últimos capilares i que aumentan su diámetro, juntándose unas con otras. En estos vasos la sangre corre de los troncos mas pequeños a los mas voluminosos.

—La *Circulacion de la Sangre*.—La direccion de la corriente se indica por los cuerpos sólidos (glóbulos) conducidos por el líquido, siendo mui rápida en las arterias i mui lenta en los capilares. En estos últimos vasos, la circulacion es al mismo tiempo mas regular.

Si despues de depositar una pequeña gota de agua sobre un pedazo de lámina de vidrio, se da vuelta esta lámina de modo que la gota de agua quede abajo, i se coloca en seguida cuidadosamente sobre la membrana, para examinarla con el objetivo número 2 o 5, se ven:

Las paredes de las arterias, de las capilares i de las venas;

Las paredes arteriales, bastante gruesas, aparecen a cada lado de la corriente sanguínea como fajas claras, netamente definidas;

Las paredes de las capilares, mucho mas difícil de ver,

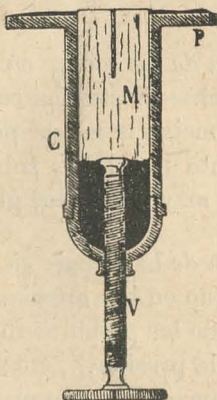
aparecen como simples líneas transparentes que limitan esta corriente;

Las paredes de las venas, se parecen grandemente a las de las arterias;

—La *Circulacion de la sangre en las pequeñas arterias de la membrana*.—Existe una corriente rápida central que arrastra consigo la mayor parte de los glóbulos rojos; i una corriente mas lenta sobre los bordes (capa inerte) que lleva la mayoría de los glóbulos blancos.

—La *Circulacion de la Sangre en los Capilares*.—Es mucho mas lenta que en las arterias; se observa la disposicion frecuente de los glóbulos rojos en los capilares a consecuencia de la presion..., etc.; su elasticidad que hace que inmediatamente recobren su forma cuando la causa que las ha contraido cesa de obrar; la manera cómo los glóbulos blancos se arrastran a lo largo de las paredes del capilar i su tendencia a arrimarse a las mismas.

Fig. IV



EL MICRÓTOMO DE RANVIER

Se compone de un *Cilindro metálico hueco*, destinado a contener el objeto (C) que termina en su parte superior en una ancha *Placa* (P) i cuyo fondo sirve de tuerca a un *Tornillo Micrométrico* (V) que sirve para elevar la preparacion.

Una vez fijo el objeto en la cavidad del micrótomó, se hacen los cortes con la mano, paseando la navaja por la placa superior del instrumento. Despues de cada corte, se eleva el objeto por medio del tornillo sobre el nivel del plano en que se mueve la navaja hasta la altura correspondiente al espesor que se quiere obtener, i de esta manera es fácil sacar numerosas tajadas finas i de grueso uniforme de una misma preparacion.

B.—LA CÉLULA VEJETAL

2.^a Manipulacion

Las Diferentes Partes de la Célula

(*Pelos de Magnesia*)

Cuando se desprende un *Pelo Estaminal* de *Magnesia* o *Tradescantia virginica* i se examina en una gota de agua pura puesta sobre el porta-objetos, sin mas preparacion, hai ocasion de observar:

1.—Todas las *Partes constitutivas* de la célula vejetal (la membrana, el protoplasma i el núcleo).

2.—Los diversos *Estados de la vida celular*, i con esto el *Jugo Celular* de las *Vacuolas*, teñido de morado por la *Antosiana*.

3.—El *Movimiento de Circulacion del Protoplasma*, constatándose, en las células adultas o un poco avanzadas en edad, que los microsomas, o granitos de protoplasma, se mueven con una velocidad apreciable de 0,8 mm. por minuto, i que esta velocidad aumenta sensiblemente si se calienta un poco la preparacion (Fig. V).

3.^a Manipulacion

Las Inclusiones del Protoplasma

(*Musgos, Helechos, Spirogyra, Papa, Higuierilla, Magnesia*)

Colocando simplemente en una gota de agua una *Hoja de un Musgo* como la *Funaria hygrometrica* o un *Protalo de un Helecho* como el *Aspidium rivolorum*, se distingue bajo el microscopio el *Clorofilo* en granos de forma circular.

—Cuando se examina un filamento del *Talo* de la *Alga clorofícea* llamada *Spirogyra nitida*, se puede constatar que el *Clorofilo* se presenta bajo la forma de una banda o *cinta espiral*.

—Si se hacen cortes delgados en una torreja de *Papa* o *Solanum tuberosum* aparecen las células repletas de *Granos de Almidon* que se distinguen claramente del continente celular cuando se agrega a la preparacion una gotita de una disolucion alcohólica de yodo, gracias a la propiedad que tienen de colorarse de azul en contacto de esta sustancia (Fig. VI).

—Haciendo un corte fino en el albúmen de la *Semilla* de la *Higuierilla*, *Palmaeristi* o *Ricinus communis* o en los cotilidones del *Poroto* o *Phaseolus vulgaris*, i observándolo en una gota de glicerina pura i espesa, inmediatamente se presentan a la vista numerosos *Granos* ovoídeos de *Aleurona*, en los cuales se distinguen sus tres

partes constitutivas (envoltura albuminosa amorfa) globoides i cristaloides) si se tiene el cuidado de calentar ligeramente la preparacion (Fig. 55).

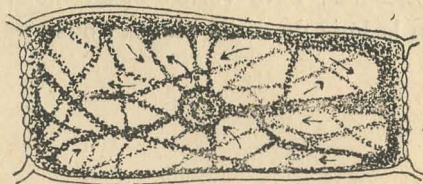


Fig. V
Célula de un Pelo Estaminal de *Tradescantia virginica*.
Circulacion del Protoplasma

—Se pueden observar *Rafidios* o *Paquetes de Aguja* de *Oxalato cálcico*, haciendo un corte en la hoja de la

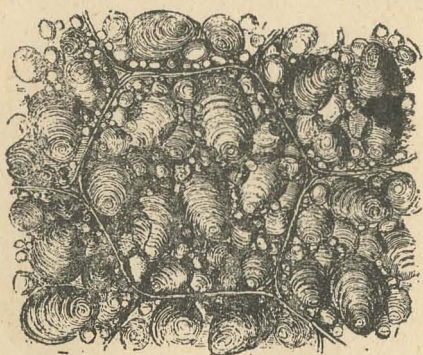
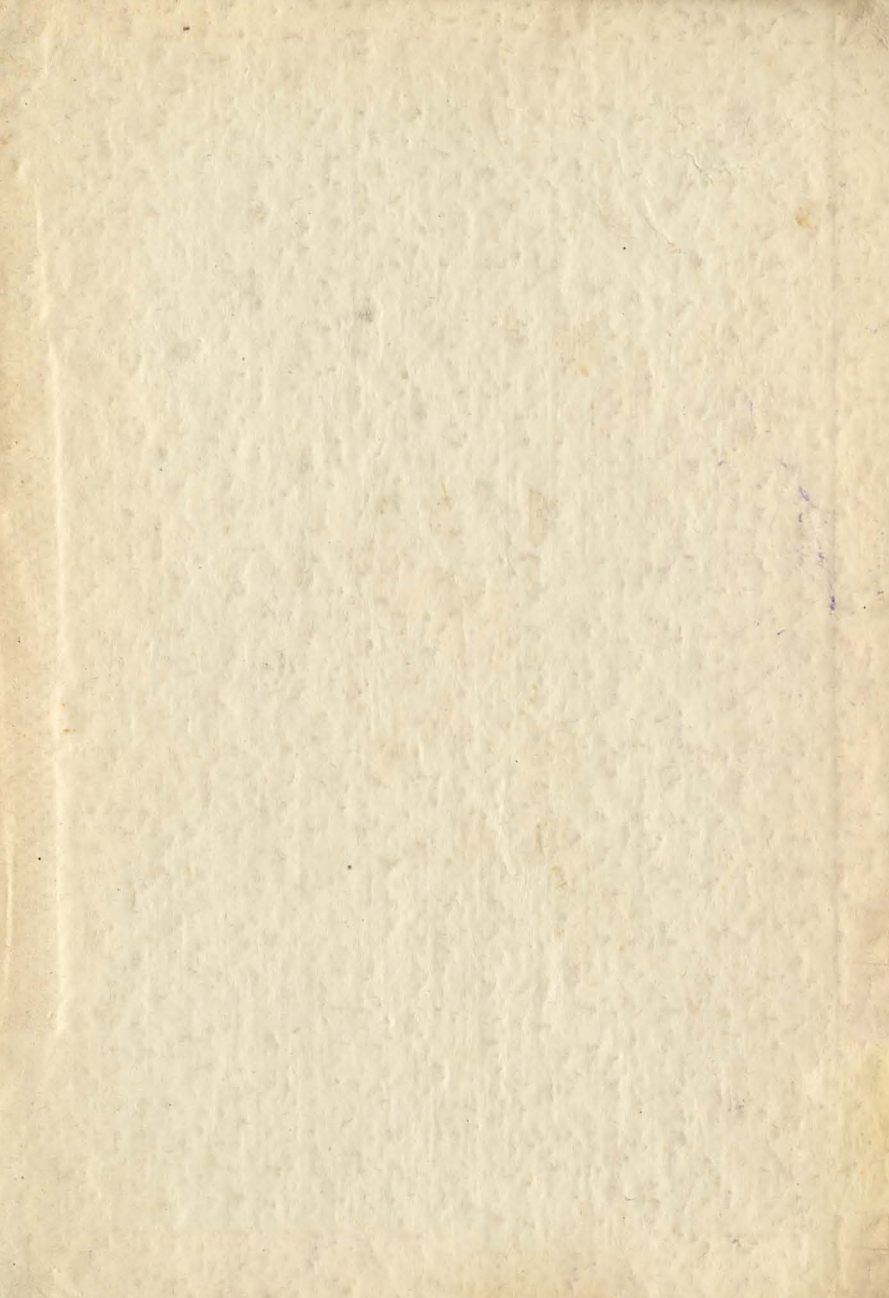


Fig. VI
Células parenquimáticas de papa repletas de Almidon

Magnesia o *Tradescantia virginica* ya citada, i depositando el mismo en una gota de glicerina (Fig. 57).

—Las grandes células parenquimáticas de las *Hojas de las Higuera indica* o *Ficus elastica*, Roxb, situadas inmediatamente debajo de la epidérmis superior contienen hermosos *Cistolitos*. Para verlos basta hacer un corte trasversal en la hoja de dicha planta i observarlo en glicerina.



TESTOS DE CIENCIAS NATURALES

REDACTADOS POR

Bernardino QUIJADA B.

La Teoría de la Evolucion.—1 tomo en 8.º de 180 páginas, con el retrato de Charles Darwin, en rústica. \$ 2.00

Zoología Práctica, basada sobre el análisis de 25 Animales Chilenos i Estrangeros de Interes Jeneral.
—1 tomo de 212 páginas i 62 fotograbados..... » 2.50

Lecciones de Botánica.—1 tomo de 296 páginas, 100 figuras i «Hojas en blanco» que pueden desprenderse i pegarse en el cuerpo del libro (2.ª Edicion). » 2.50

Elementos de Anatomía i Fisiología Vegetales.—
1 tomo en 8.º de 168 páginas i muchos grabados (Edicion A)..... » 1.50

Elementos de Anatomía Microscópica i Ontojenia de los Animales.—1 tomo en 8.º de 152 páginas, con 61 grabados en tinte, empastado..... » 1.50

Estos dos últimos trabajos, publicados por partes desde 1906, no contienen el Programa desarrollado de Manipulaciones i Prácticas de Laboratorio.

La Edicion A, agotada rápidamente, está comprendida en la 2.ª Parte del:

Curso de Biología Jeneral con principios de Técnica Histológica.—1 tomo en 8.º, de 313 páginas..... » 2.00

El Guia del Estudiante en los Ejercicios Prácticos,
se vende separadamente en un folleto, a la rústica. » 0.60

Por mayor: descuento de 15 a 20 por ciento

Órdenes al autor:—SANTIAGO.—251, Avenida Matucana, 251