

cuerpo (extremidades y cola) de cada lado por medio de venas aferentes (venas advehentes) (fig. 74) El sistema de la vena cava inferior se completa todavía más por la aparición de las venas alantoideas (venas umbilicales) en las que desaguan venas de la pared abdominal, y por el desarrollo de una vena abdominal (*vena epigástrica*), que recoge la sangre de la vejiga urinaria y de las extremidades posteriores. En los mamíferos que, como los pájaros, no tienen sistema de la vena porta renal, la vena cava inferior se une con el tronco de las venas umbilicales, de las cuales la del lado derecho desaparece pronto. En el extremo posterior de la vena cava desembocan, después de la regresión de las venas cardinales, las venas de la cola, de los miembros posteriores y de la pelvis, y más adelante por arriba las venas intercostales de la región lumbar y las venas renales.

En los vertebrados la sangre y el quilo difieren entre sí esencialmente por el color y la constitución química, y existe un sistema especial de *vasos quilíferos* y *linfáticos* que empiezan en forma de lagunas, sin paredes, entre los tejidos, y reconstituyen la sangre mediante la absorción del líquido nutritivo (quilo) proveniente del intestino y de los jugos (linfa) trasudados en el tejido por los capilares. Los espacios, revestidos de endotelio, del interior, como las cavidades abdominal y torácica, pueden ser considerados como cavidades interpuestas en el sistema vascular linfático, y de aquí que estrictamente hablando no se puede asegurar que el sistema vascular sanguíneo esté completamente cerrado en los vertebrados. Los órganos glandulares interpuestos en el trayecto de las vías linfáticas y quilíferas, en los cuales la linfa pura recibe sus elementos figurados (corpúsculos del quilo, células blancas de la sangre), son conocidos con el nombre de glándulas linfáticas (bazo, glándulas vasculares sanguíneas).

ÓRGANOS DE LA RESPIRACIÓN

Además de la renovación constante sostenida por el ingreso de jugos nutritivos, necesita la sangre para sostener sus cualidades el flujo continuado de un gas, el *oxígeno*, á cuya absorción va unida la eliminación simultánea de *ácido carbónico* y vapor de agua.

El cambio de ambos gases entre la sangre del cuerpo animal y el medio exterior es el proceso esencial de la respiración externa, y se ejecuta por órganos adecuados para respirar en el aire ó en el agua. En la forma más sencilla, toda la cubierta exterior del cuerpo ejecuta el cambio de ambos gases, y aun en los seres dotados de órganos respiratorios especiales contribuye la piel á la respiración. En ella pueden también tomar parte algunas superficies internas, como algunas porciones de la pared intestinal.

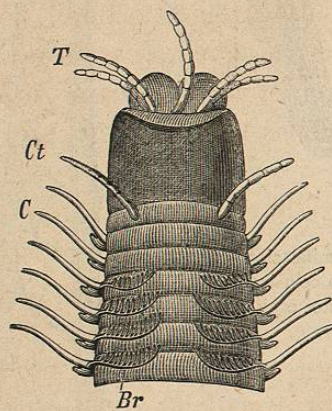


Fig. 79. - Cabeza y segmentos anteriores del cuerpo de un *eunice*, visto por el dorso. *T*, tentáculos ó antenas del lóbulo frontal; *Ct*, cirros tentaculares; *C*, cirros de los parapodios; *Br*, apéndices branquiales de los parapodios.

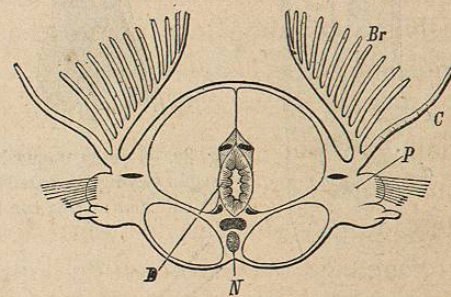


Fig. 80. - Corte transversal de un segmento del cuerpo de un *eunice*. *Br*, apéndices branquiales; *C*, cirros; *P*, parapodios con haces de filamentos sedosos; *D*, intestino; *N*, sistema nervioso.

La respiración en el agua es naturalmente más desfavorable para la absorción de oxígeno que la respiración directa en el aire, porque sólo puede utilizar las pequeñas cantidades de oxígeno que se hallan disueltas en el agua. Por eso esta forma de respiración se encuentra en animales de nutrición poco vigorosa y de vida inferior (anélidos, moluscos, decápodos, peces). Los órganos de la respiración acuática son apéndices exteriores, de forma lo más aplanaada posible, que se componen de tubos simples en forma de borla ó de ramificación dentrítica (figs. 79 y 80), ó de hojillas lanceoladas íntimamente próximas entre sí y que forman una extensa superficie (fig. 81). Los órganos de la respiración aérea se desarrollan á manera de invaginaciones en el interior del cuerpo, y ofrecen

también las condiciones de una acción superficial considerable para el cambio endosmótico entre el aire y los gases de la sangre. Son unas veces *pulmones* y otras *tráqueas*. En el primer caso son sa-

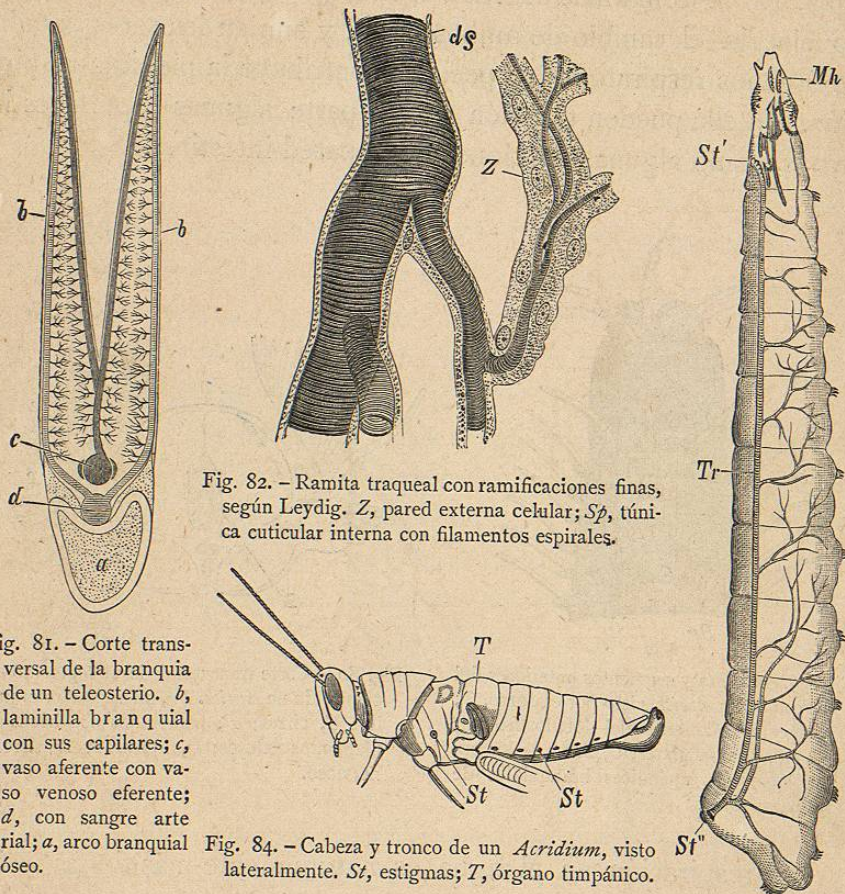


Fig. 81. - Corte transversal de la branquia de un teleostero. *b*, laminilla branquial con sus capilares; *c*, vaso aferente con vaso venoso eferente; *d*, con sangre arterial; *a*, arco branquial óseo.

Fig. 82. - Ramita traqueal con ramificaciones finas, según Leydig. *Z*, pared externa celular; *Sp*, túnica cuticular interna con filamentos espirales.

Fig. 84. - Cabeza y tronco de un *Acridium*, visto lateralmente. *St*, estigmas; *T*, órgano timpánico.

cos espaciosos (vertebrados) con paredes alveolares ó esponjosas entrecruzadas de numerosos tabiques ó trabéculas, que sostienen una red extremadamente rica en capilares.

Las *tráqueas* (fig. 82) forman un sistema de conductos ramificados por todo el cuerpo, que conducen el aire á todos los órganos. En los pulmones la respiración está localizada; en las tráqueas, por el contrario, se extiende á todos los tejidos y órganos del cuerpo. La respiración externa, ó sea el ingreso del oxígeno en la sangre, va unida

Fig. 83. - Sistema traqueal de una larva de mosca. *Tr*, tronco longitudinal del lado derecho con los hacecillos de los segmentos; *St'* y *St''*, estigmas anterior y posterior; *Mh*, ganchos bucales.

á la respiración interna, ó respiración en los tejidos que están envueltos en finísimas redes traqueales. Las tráqueas se acercan á los pulmones en la modificación llamada *tráqueas en forma de abanico*

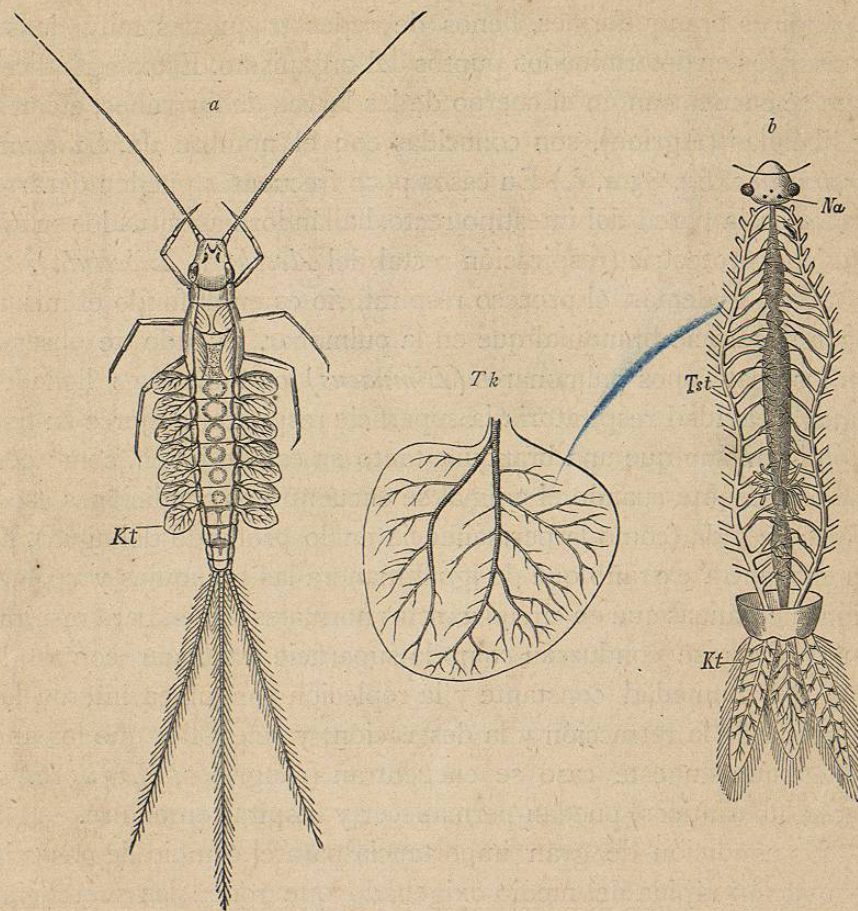


Fig. 85. - *a*, larva de Efémera con siete pares de branquias traqueales; *Kt*, vista con lente de aumento; *Tk*, branquia traqueal aislada, á grande aumento (sin laminillas accesorias). - *b*, sistema traqueal de una larva de agrión, según L. Dufour; *Tst*, troncos traqueales á los lados del tubo digestivo; *Kt*, tráqueas branquiales; *Na*, los tres puntos oculares.

(arañas), en las que los tubos, sin formar ramificaciones, se amplían formando láminas huecas. Los órganos de la respiración aérea comunican con el exterior por medio de aberturas de la pared del cuerpo, que en las tráqueas se repiten en gran número y simétricamente pareados á los lados del cuerpo (estigmas de los insectos, arañas) (figs. 83 y 84), y en los pulmones de los vertebrados son en

número limitado, y empiezan en cavidades avanzadas y dispuestas para muchos trabajos accesorios (fosas nasales). Los insectos que viven en el agua pueden, no obstante, carecer de aberturas de entrada en las tráqueas, y entonces reciben el oxígeno del agua por apéndices branquiformes, llenos de redes traqueales muy densas y situados en determinados puntos del organismo. Estos apéndices, que se encuentran en el cuerpo de las larvas de farigánea, efémera y libélulas (*Agrion*), son conocidas con el nombre de *branquias traqueales* (fig. 85 a, b.) En casos poco frecuentes pueden desarrollarse en la pared del intestino recto, hallándose así situados en una cavidad protectriz (respiración rectal del *Aeschna*, *Libellula*).

Por lo demás, el proceso respiratorio es en el fondo el mismo en la superficie branquial que en la pulmonar. Cuando se observa en los gasterópos pulmonares (*Limnaeus*) que una vez llena de agua la cavidad respiratoria la superficie respiratoria ejerce su función lo mismo que una branquia, tanto en estado joven, como permanentemente cuando el animal se encuentra en condiciones especiales de vida (como la permanencia en lo profundo del agua), no se encuentra extraño que de igual manera las branquias y vegetaciones cutáneas que en circunstancias normales sirven para respirar en el agua se conduzcan como la superficie pulmonar, con tal de que una humedad constante y la repleción sanguínea interna las defiendan de la retracción y la desecación, y se explica que los animales que en este caso se encuentran (cangrejos, *Birgus latro*, peces laberínticos) puedan permanecer y respirar en el aire.

Es condición de gran importancia para el cambio de gases la renovación rápida del medio oxigenado que rodea las superficies respiratorias. Por eso encontramos disposiciones especiales destinadas á alejar el aire ó el agua cuyo oxígeno ha sido ya utilizado y está saturado de ácido carbónico, á la vez que á procurar el acceso de nuevas cantidades del medio respiratorio que contengan oxígeno y estén exentas de ácido carbónico. En el caso más sencillo se puede efectuar, aunque incompletamente, esta renovación por el solo movimiento del cuerpo, ó por las continuas oscilaciones de los apéndices branquiales; cuando las superficies respiratorias están próximas á la boca, estos movimientos pueden contribuir á atraer las substancias alimenticias. De esta manera sirven de órganos

respiratorios los tentáculos de algunos animales sedentarios (briozoos, braquiópodos, tubícolas, etc.). Con mucha frecuencia aparecen las branquias como apéndices de los órganos de locomoción, como las nadaderas ó las patas (crustáceos, anélidos), cuyos movimientos sostienen la renovación del medio respiratorio en las superficies branquiales. Los movimientos se hacen más complicados cuando las branquias están alojadas en cavidades especiales (peces, decápodos) ó cuando los órganos respiratorios, como sucede con las tráqueas y pulmones, están situados en el interior del cuerpo, y por medio de movimientos de respiración más ó menos uniformemente repetidos se llenan de aire puro. En uno y otro caso la renovación del medio respiratorio está regulada por ciertos movimientos llamados movimientos respiratorios, que rítmicamente amplían ó reducen la capacidad del ámbito aéreo. A estos movimientos, visibles en los animales que respiran en el aire, es á los que se aplica preferentemente el nombre de *respiración*, que se hace extensivo secundariamente al proceso endosmótico de absorción y consumo de oxígeno dependiente de la entrada y salida del aire, y tomado en este sentido estricto resulta menos adecuado cuando se habla de los movimientos respiratorios de animales provistos de branquias, pues que en ellos es cuestión de entrada y salida de agua.

En los animales superiores de sangre roja es tan notable la diferencia de cualidades de la sangre antes y después de su paso por los órganos respiratorios, que por solo el color se conoce la sangre, que contiene ácido carbónico y la que contiene oxígeno. La primera es de un color rojo oscuro y se le da indebidamente el nombre de sangre venosa; la que sale de las branquias ó pulmones tiene un color rojo claro intenso y la llamamos sangre arterial. Así como en sentido anatómico se emplean los adjetivos *venoso* y *arterial* para designar la naturaleza de los vasos, según que llevan la sangre al corazón ó la reciben de este órgano, empleamos los mismos calificativos en el sentido fisiológico para designar las dos clases de sangre, antes y después de su paso por los órganos respiratorios; pero como éstos pueden estar intercalados entre vasos venosos ó arteriales, ha de haber necesariamente en el primer caso vasos venosos que conduzcan sangre arterial (moluscos, ver-

tebrados), y en el segundo vasos arteriales que conduzcan sangre venosa.

La intensidad de la respiración está en razón directa con la energía de la nutrición. Los animales que tienen respiración branquial y absorben escasa cantidad de oxígeno no están en situación de quemar grandes cantidades de substancias orgánicas, y no pueden transformar en fuerza viva más que una corta cantidad de fuerzas en tensión. Por esta razón sólo producen una cantidad relativamente escasa de trabajo muscular y nervioso, y desarrollan en reducida escala los movimientos moleculares que se manifiestan en forma de calor. Los animales que producen poco calor, cuya fuente está en la actividad de los tejidos y no en los órganos respiratorios, como se creía antes equivocadamente, no pueden conservar su calor propio independientemente de la influencia de la temperatura del medio exterior. Otro tanto puede decirse de los animales de respiración aérea, que por más que tengan una nutrición enérgica y una calorificación abundante, por razón de su escasa magnitud, ofrecen una gran superficie á la irradiación del calor (insectos). En el cambio constante de calor entre el cuerpo animal y el medio ambiente, la temperatura de éste regula en los animales á que nos referimos la del cuerpo animal, y éste sube y baja según que sube ó baja la temperatura exterior. En razón de esta variabilidad se da á la mayor parte de los animales inferiores el nombre de *animales de temperatura variable* (1), ó más impropriamente el de *animales de sangre fría*. Los animales superiores que gracias al considerable desarrollo de sus órganos respiratorios y á su enérgica nutrición producen una gran cantidad de calor, y están defendidos de una irradiación rápida por la magnitud de su cuerpo, y por los pelos ó plumas que cubren su piel, pueden conservar una parte del calor producido independientemente de la elevación ó descenso de la temperatura del medio ambiente; son, en una palabra, animales de *temperatura constante*. Como para que los fenómenos vitales se ejecuten normalmente, y para que la vida se sostenga, es condición necesaria en estos animales que

(1) Véase Bergmann, *Ueber die Verhältnisse de Warmeökonomie der Thiere, zu ihrer Grösse*, Göttinger Studien, 1847; y Bergmann y Leuckart, *Anatomische-physiologische Uebersicht des Thierreiches*, Stuttgart, 1852.

tengan una temperatura propia elevada y sólo variable en reducidos límites, es necesario que el organismo tenga en sí mismo una serie de reguladores que al elevarse la temperatura del medio ambiente pueda disminuir la producción del calor propio (moderando la nutrición) ó aumentar la irradiación del calor (evaporación de las secreciones de las glándulas sudoríparas, refrigeración en el agua) para rebajar su temperatura, ó á la inversa, cuando baja la temperatura exterior aumentar la producción térmica (mayor actividad nutritiva por el aumento de ingestión de substancias nutritivas, movimiento) ó desarrollo de medios protectores para disminuir la pérdida de calor. Cuando faltan las condiciones para que estos reguladores sean eficaces (escasez de alimentación, pequeña magnitud del cuerpo sin salvaguardia protectora), hallamos un correctivo para la conservación de la vida en el sueño invernal (sueño estival) y cuando el organismo no soporta un descenso temporal de la actividad asimilativa en los notables fenómenos de la emigración (pájaros emigrantes).

Los órganos respiratorios ocupan un término medio entre los órganos de la nutrición y los de la excreción, puesto que absorben oxígeno y eliminan ácido carbónico. Además de este gas son eliminadas un cierto número de substancias excrementicias que desde todos los puntos del cuerpo pasan á la sangre, y salen de ella casi siempre en forma líquida. De esta función están encargados los *órganos excretorios*, glándulas de estructura simple ó complicada que, formada por invaginaciones de la piel exterior ó de la pared intestinal, ó procedentes del mesodermo, pueden referirse á la forma de tubos simples ó ramificados.

Organos urinarios. — Entre las múltiples substancias que son eliminadas de la sangre con el auxilio del revestimiento epitelial de las paredes glandulares, y á veces se aplican á funciones accesorias, tienen particular importancia los productos nitrogenados de descomposición. Los órganos encargados de eliminar estos últimos productos del cambio de materiales en el organismo son los *órganos urinarios* ó *riñones*. Representados en su grado mínimo por la vacuola pulsatoria, aparecen sustituidos en los celenterados por grupos de células endodérmicas, en que se depositan concreciones que más tarde quedan en libertad. Estos grupos celulares están