

gue entonces una aurícula derecha y otra izquierda, cuyo tabique separatorio queda incompleto, excepto en los batracios, á causa de la existencia de lagunas. Del tronco de la aorta salen cuatro arcos vasculares, de los cuales los tres anteriores conducen á las branquias, y el posterior da como ramificaciones los vasos pulmonares aferentes (arterias pulmonares) y por regla general pierde la relación con la respiración branquial.

Al desaparecer las branquias, como sucede durante las metamorfosis de los salamandrinios y batracios, adquieren las arterias pulmonares un calibre más considerable y se convierten en prolongación del arco vascular inferior, al paso que los trozos terminales del mismo que terminan en la aorta descendente se quedan reducidos á conductos accesorios subalternos (*conducto de Botal*) ó se obliteran. Al propio tiempo la formación de un repliegue en la luz de la aorta ascendente establece un tabique de separación entre el arco vascular inferior, que conduce á los pulmones por el ventrículo la sangre venosa de la aurícula derecha, y el sistema superior de arcos vasculares que, como vasos cefálicos y arcos aórticos, conducen la sangre arterial de la aurícula izquierda (en realidad mezclada con sangre venosa en el ventrículo) (fig. 74).

En los reptiles, cuyos arcos vasculares se pueden reducir á tres pares, por más que en el embrión, como en todos los amniotas, se pueden comprobar los rudimentos de seis pares, se hace más completa la separación de las dos clases de sangre á causa de que en el ventrículo se desarrolla un tabique divisorio, siquiera sea incompleto, que prepara la separación de dos recintos ventriculares, uno derecho y otro izquierdo. La formación simultánea de pliegues en la luz del tronco aórtico determina la división de éste en tres, de los cuales uno comunica con el ventrículo izquierdo y se convierte en arco derecho de la aorta, juntamente con los vasos cefálicos (carótidas), al paso que el tronco arterial que conduce al arco izquierdo, así como el tronco de las arterias pulmonares, sólo recibe sangre venosa del ventrículo derecho (fig. 75). El tabique interventricular, y la consiguiente separación entre los ventrículos derecho é izquierdo, no es completa hasta los cocodrilos, en los cuales el arco arterial derecho sale también del ventrículo izquierdo. Pero la separación de las dos clases de sangre tampoco se hace por com-

pleto, primero porque en el tabique de los troncos aórticos derecho é izquierdo hay una perforación (*foramen Panizzae*) que permite

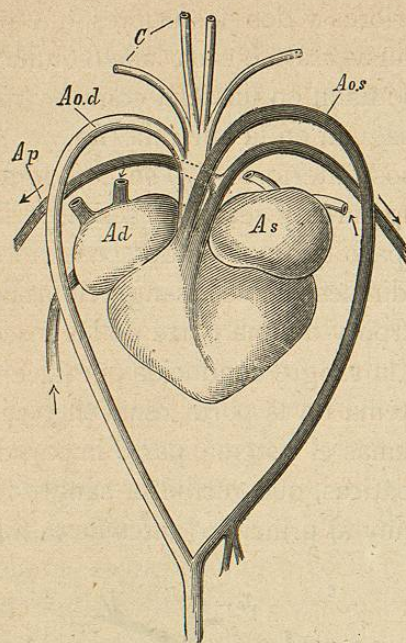


Fig. 75. - Corazón y troncos vasculares de una tortuga. *Ad*, aurícula derecha; *As*, aurícula izquierda; *Ao.d*, arco aórtico derecho; *Ao.s*, arco aórtico izquierdo; *Ao*, aorta descendente; *C*, vasos cefálicos; *Ap*, arterias pulmonares.

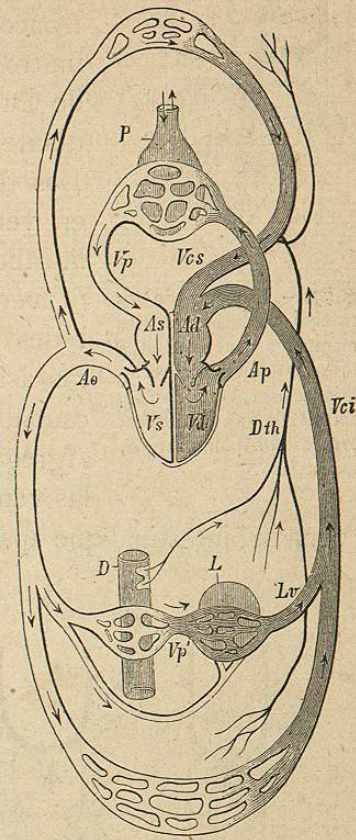


Fig. 76. - Representación esquemática del corazón completamente dividida en derecha é izquierda, y de la doble circulación, según Huxley. *Ad*, aurícula derecha, con las venas cava superior é inferior, *Ves*, *Vei*; *Dth*, conducto torácico como tronco principal de los vasos linfáticos y quilíferos; *Vd*, ventrículo derecho; *Ap*, arteria pulmonar; *P*, pulmón; *Vp*, vena pulmonar; *As*, aurícula izquierda; *Vs*, ventrículo izquierdo; *Ao*, aorta; *D*, intestino; *L*, hígado; *Vp'*, vena porta; *Lv*, vena hepática.

la comunicación, y después por la reunión de los arcos aórticos derecho é izquierdo en la aorta descendente.

Sólo en los pájaros y mamíferos, cuyo corazón está, como el de los cocodrilos, dividido en dos porciones, derecha é izquierda (fig. 76), aparece completamente realizada la separación de las dos clases de sangre. En los pájaros persiste el arco aórtico derecho, en tanto que el izquierdo se atrofia; en los mamíferos, por el contrario, es el izquierdo el que subsiste y se convierte en aorta descendente (fig. 77).

El sistema venoso que trae al corazón la sangre de retroceso es par en su esbozo embrionario y se compone (en los peces durante toda la vida) de dos troncos anteriores y dos posteriores, que por un tronco transversal de cada lado (conducto de Cuvier) se unen en un seno común y mediante él desaguan en la aurícula (fig. 78, a). Los dos vasos anteriores (*J*) se convierten en venas yugulares y recogen la sangre de la cabeza, al paso que por las dos posteriores (*c*) venas cardinales vuelve la sangre de las paredes del cuerpo y de una parte de las vísceras, así como la sangre conducida por la vena caudal al sistema de la porta renal (fig. 72). Agrégase además el sistema, par ó impar, de las venas hepáticas, que recibe la sangre de

Fig. 77. - Esquema de los troncos vasculares de los mamíferos con relación á los seis arcos vasculares embrionarios. *c*, carótidas; *A*, aorta; *Aa*, cayado aórtico; *Ap*, arteria pulmonar; *S*, subclavias.

la vena subintestinal que aparece muy al principio (antes de la for-

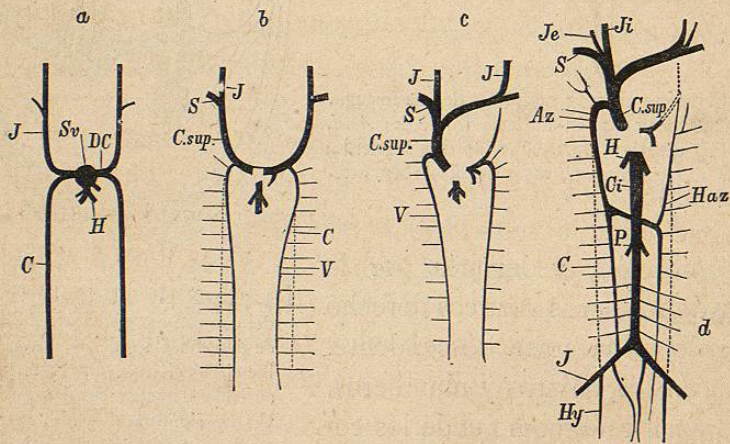


Fig. 78. - *a*, esquema del sistema venoso embrionario; *J*, vena yugular; *C*, vena cardinal; *DC*, conducto de Cuvier; *H*, venas hepáticas; *Sv*, seno venoso. - *b*, esquema de las venas pares primitivas en los mamíferos; *C.s.*, vena cava superior; *S*, vena subclavia. - *c*, esquema de las venas pares primitivas de los mamíferos en su grado más avanzado de desarrollo. - *d*, esquema de los troncos principales del sistema venoso del hombre. La vena yugular izquierda está en comunicación con la derecha por un tronco transversal; *Ji*, vena yugular interna; *Je*, vena yugular externa; *Ci*, vena cava inferior; *H*, vena hepática; *Az*, vena ázigos; *Haz*, vena semiázigos; *R*, vena renal; *J*, vena iliaca; *Hy*, vena hipogástrica (según Gegenbaur).

mación de las venas cardinales, amphioxus), en unión con los vasos onfalo-mesentéricos y con las de la vena porta hepática procedentes de las anteriores.

En los anfibios, reptiles y pájaros, el sistema de las venas cardinales retrograda en proporción variable, hasta quedar reducido á venas tenues que desaguan en las yugulares del lado correspondiente. Más tarde la sangre de las venas del lado izquierdo pasa por una anastomosis á las del derecho, y cesa la unión con la vena yugular izquierda. Las prolongaciones de las dos venas yugulares, después de recibir las *subclavias* que vienen de los miembros anteriores forman las venas cavas superiores. En los mamíferos se reducen del mismo modo las venas cardinales posteriores en beneficio del sistema de la vena cava inferior. Las venas cardinales posteriores no parecen ser más que ramificaciones de las venas cavas superiores procedentes de las venas yugulares y de los conductos de Cuvier (fig. 78 *b*). En la mayoría de los placentarios, la sangre de la vena superior izquierda pasa por una anastomosis transversal á la derecha, que es la única que persiste como vena cava superior, al paso que la izquierda sufre una reducción muy considerable (figura 78 *c*; y en último extremo, cuando la sangre de la vena cardinal izquierda (*vena semiázigos*) desagua en la derecha (*vena ázigos*) por un conducto transversal (fig. 78 *d*), queda reducida al seno de la vena coronaria del corazón (primatos).

En los amniotas, y ya en los anfibios, experimenta un desarrollo considerable el sistema venoso impar, que recibe principalmente la circulación de la vena porta hepática. En esto consiste la diferencia principal del sistema venoso de los anfibios y vertebrados superiores respecto del de los peces. En lugar de la vena hepática que en éstos desagua en el seno venoso común de la aurícula, aparece una vena cava inferior que como continuación de las venas renales eferentes (venas renales revehentes) recibe la sangre de las venas suprahepáticas y la conduce al seno venoso del corazón (figura 74). La vena en cuestión tiene origen independiente en su porción anterior, al paso que la parte posterior resulta de la fusión de la porción renal primitiva en las dos venas cardinales. En los mamíferos es únicamente la porción venal primitiva de la vena cardinal derecha la que llega á formar la parte posterior de la vena cava inferior. En los peces existe un sistema de la vena porta renal, que se presenta también en los anfibios y reptiles (exceptuando la tortuga) y recibe la sangre de la región posterior del

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 nutricional (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 nutricios, necesita la sangre para sostener sus cualidades el aflujo 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.

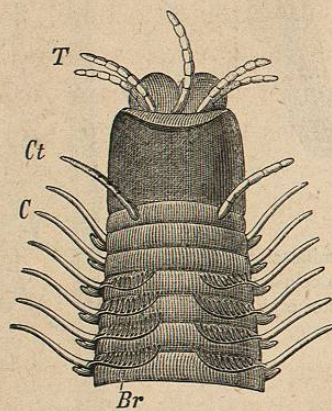


Fig. 79. - Cabeza y segmentos anteriores del cuerpo de un *eunice*, visto por el dorso. *T*, tentáculos ó antenas del lóbulo frontal; *Ct*, cirros tentaculares; *C*, cirros de los parapodios; *Br*, apéndices branquiales de los parapodios.

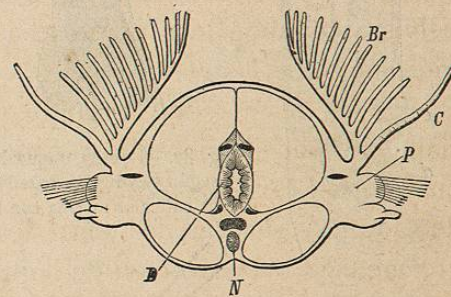


Fig. 80. - Corte transversal de un segmento del cuerpo de un *eunice*. *Br*, apéndices branquiales; *C*, cirros; *P*, parapodios con haces de filamentos sedosos; *D*, intestino; *N*, sistema nervioso.

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