

como, al contrario, es el mismo tronco arterial el que se introduce en el espesor de la parte en donde debe ramificarse.

Estas disposiciones, por medio de las cuales se modera la impetuosidad de la corriente de la sangre en ciertos puntos del aparato circulatorio, se notan principalmente en las arterias encargadas de llevar este líquido á los órganos cuya estructura es de las más delicadas y más importantes sus funciones, al cerebro, por ejemplo.

Por lo demás, la previsora naturaleza no se limita á estas precauciones para asegurar la llegada de una cantidad conveniente de sangre á cada una de las partes del cuerpo. Concíbese fácilmente que, por la compresión y por otras causas, puede encontrarse obliterada una arteria en un punto de su extensión, y que no pudiendo la sangre llegar en este caso al órgano en que se distribuye este vaso, sería inevitable la muerte de dicho órgano; pero esto no ocurre, porque la mayor parte de las arterias tienen unas con otras frecuentes comunicaciones, llamadas *anastomosis*, por medio de las cuales pueden estos vasos recibir sangre de una arteria próxima, aun en el caso que no comuniquen más directamente con el corazón.

§ 104. **Circulación de la sangre venosa.** — Ya hemos visto que la sangre va de las arterias á las venas pasando por los vasos capilares: la impulsión que determina la progresión de dicho líquido en los primeros de estos vasos es también la causa de su movimiento en las venas. Así, en todo el trayecto de la circulación mayor, las contracciones del ventrículo izquierdo del corazón y la compresión de las paredes arteriales son las que determinan esencialmente la marcha de la sangre.

En efecto, si se interrumpe el paso de la sangre en una arteria, y se abre la vena correspondiente, dicho líquido continuará saliendo de este último vaso mientras la arteria, contrayéndose, no haya expulsado toda la sangre que la dilata; pero en seguida cesa la hemorragia, aunque la vena esté aun llena de sangre, y la salida del líquido comenzará de nuevo desde que se restablezca la circulación en la arteria.

Mas otras circunstancias, que tienden á favorecer dicho movimiento, merecen también mencionarse. Así, en las venas de los miembros y de varias otras partes del cuerpo (fig. 58, *a*) la membrana que cubre dichos vasos forma muchos repliegues ó *válvulas* (*b*) que dejan el paso libre cuando la sangre las impulsa de las extremidades hacia el corazón, y lo cierran, al contrario, cuando el expresado líquido tiende á volver del corazón hacia las extremidades. Ahora bien, esta disposición impide á la sangre de refluir hacia los capilares, y contribuye así de una manera

activa á facilitar su marcha en la dirección del corazón; porque, cada vez que, por los movimientos de las partes próximas, la vena se encuentra comprimida, la sangre es impulsada hacia adelante, y cuando la compresión cesa, no puede retroceder, pero es reemplazada por una nueva cantidad de líquido que viene de la parte inferior de la vena. *Toda compresión intermitente de estos vasos contribuye, pues, á la vuelta de la sangre hacia el corazón.*

§ 105. La dilatación del pecho producida por los movimientos respiratorios, al aspirar este líquido á manera de una bomba, facilita también la llegada de la sangre venosa á las cavidades del corazón¹.

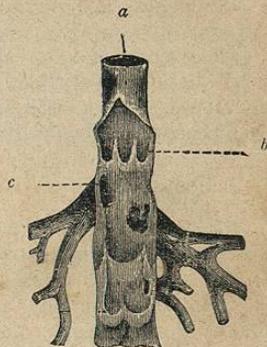


Fig. 58. — Vena abierta.

Sin embargo, la sangre corre con mucha menos velocidad en las venas que en las arterias, y la naturaleza ha multiplicado los medios para impedir que la obstrucción de uno de dichos vasos detenga la vuelta del líquido referido hacia el corazón. En efecto, por lo general, existen varias venas destinadas á llenar una misma función, y estos vasos se hallan en comunicación por numerosas anastomosis.

§ 106. El paso de la sangre á través de las cavidades del lado derecho del corazón se verifica de la misma manera que de la aurícula izquierda al ventrículo del mismo lado.

Cuando la aurícula derecha se dilata, la sangre afluye á ella de las dos venas cavas, y cuando en seguida se contrae esta cavidad, la mayor parte de dicho líquido pasa al ventrículo, porque existe en el borde de la abertura de aquellos vasos una válvula destinada á oponerse al reflujó de la sangre en la vena cava inferior (fig. 56), y, á causa de su propio peso, debe este líquido tender necesariamente á caer en la cavidad ventricular más bien que á subir por la vena cava superior.

La abertura por donde comunica el ventrículo derecho con la aurícula (fig. 55) tiene una válvula, llamada *válvula tricúspide*, análoga á la del ventrículo izquierdo. Esta cavidad impulsa con

¹ Los movimientos de espiración suspenden, al contrario, de una manera momentánea la marcha de la sangre en las venas gruesas y la aceleran en las arterias que entonces se encuentran comprimidas.

Á estos dos fenómenos debe atribuirse la hinchazón de las venas (sobre todo las de la cabeza y cuello) que se verifica al hacer una espiración gran-

sus contracciones la sangre en la arteria pulmonar, levantando otras válvulas que rodean la entrada de dicha arteria (fig. 56, 5), y que impiden al líquido contenido en su interior entrar en el corazón.

Finalmente, la sangre pasa de las arterias pulmonares á las venas del mismo nombre, atravesando los vasos capilares de los pulmones, y entra en la aurícula izquierda del mismo modo que se mueve en los canales de la circulación mayor.

CIRCULACIÓN DE LA SANGRE EN LOS DIVERSOS ANIMALES.

§ 107. **Mamíferos y aves.** — La circulación de la sangre se efectúa del mismo modo en el hombre, en los demás mamíferos y en las aves. En todos estos animales (fig. 59) se compone el corazón de dos mitades perfectamente distintas, dividida cada una en dos cavidades: una aurícula y un ventrículo. La sangre arterial llena las cavidades izquierdas del corazón y pasa del ventrículo á la aorta y sus dependencias; este sistema de arterias la conduce á todas las partes del cuerpo, en donde atraviesa los vasos capilares y se transforma en sangre venosa. Las venas de la circulación mayor reciben entonces este líquido y lo conducen á la aurícula derecha del corazón. Esta cavidad vierte en seguida la sangre en el ventrículo derecho, y el ventrículo la impulsa á la arteria pulmonar. La sangre venosa llega de este modo á los pulmones, y, atravesando los vasos capilares que terminan las arterias pulmonares, recibe el contacto del aire y se vuelve sangre arterial. En conclusión, la sangre así revivificada pasa á las venas pulmonares, que la vierten en la aurícula izquierda del corazón, y esta aurícula la impulsa en seguida al ventrículo izquierdo, de donde sale de nuevo para volver á hacer el mismo trayecto que acabamos de indicar.

Vese, pues, que en los mamíferos y en las aves, al dar una vuelta la sangre al aparato circulatorio, pasa dos veces por el corazón y atraviesa dos sistemas de vasos capilares, que sirven, uno para la nutrición del cuerpo y otro para la respiración: es lo que se expresa diciendo que, en dichos animales, *es doble la circulación*. También debe notarse que en estas dos clases de animales *es completa la circulación*, es decir, que toda la sangre venosa es conducida al aparato respiratorio y transformada en sangre arterial, antes de volver á los órganos que debe nutrir.

En el feto, cuando el aire no dilata aún los pulmones, no se

de. En el interior del cráneo es tan marcada esta hinchazón, que á cada movimiento respiratorio, los vasos situados debajo de la base del cerebro elevan esta viscera y producen una especie de pulsación.

efectúa la circulación de la misma manera que en el resto de la vida. Existe entonces una abertura (*agujero de Botal*) que pone en comunicación la aurícula derecha con la aurícula izquierda, y uno ó más vasos se dirigen directamente del ventrículo derecho á la arteria aorta, de modo que la sangre que viene de las diversas partes del cuerpo puede llegar á esta arteria sin atravesar el sistema pulmonar. Pero cuando el ser comienza á respirar, no tardan en obliterarse estas comunicaciones entre el sistema venoso y el arterial, y la circulación se verifica del modo indicado más arriba.

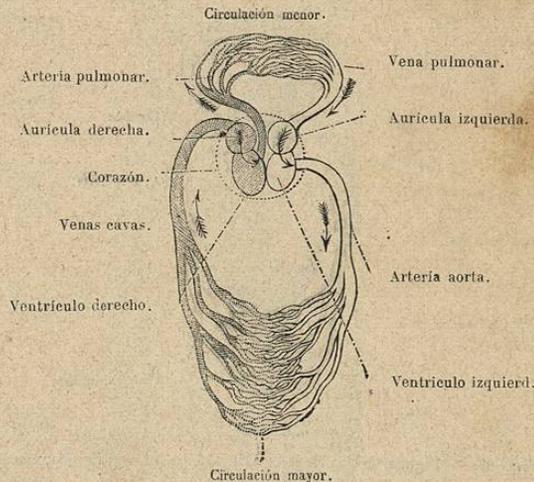


Fig. 59. — Figura teórica de la circulación en los mamíferos y aves.

§ 108. **Reptiles.** — En la clase de los reptiles, no es completa la circulación como en los mamíferos y en las aves; una parte más ó menos considerable de sangre venosa se mezcla á la sangre arterial antes de llegar á los pulmones, y por consiguiente el líquido nutricio que atraviesa los órganos se halla imperfectamente revivificado. Por lo general, se efectúa esta mezcla en el corazón, no teniendo este órgano sino tres cavidades, á saber: dos aurículas y un solo ventrículo (fig. teórica, núm. 60); la sangre venosa que viene de las diversas partes del cuerpo se vierte

¹ En esta figura teórica y las siguientes, las partes sombreadas indican las cavidades en donde se halla la sangre venosa; y las no sombreadas la parte del aparato circulatorio que contiene sangre arterial. El corazón está representado por un círculo de puntos.

por la aurícula derecha en el ventrículo único, que también recibe la sangre que viene de los pulmones contenida en la aurícula izquierda; una parte de esta mezcla de sangre arterial y de sangre venosa vuelve á los pulmones, y el resto se dirige, por las arterias, á los órganos que debe nutrir. Esta conformación del aparato circulatorio se parece un poco á la que existe en los mamíferos y aves en la vida fetal, cuando comunican una con otra las dos mitades del corazón.

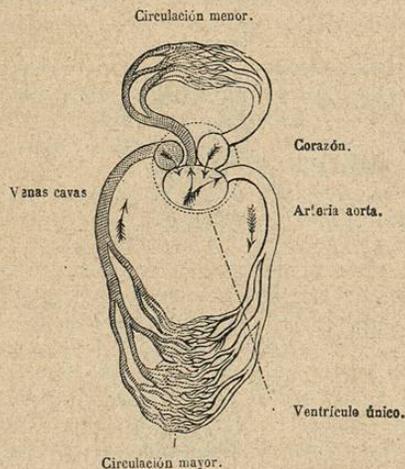


Fig. 60. — Figura teórica de la circulación en los reptiles comunes.

En cuanto al trayecto de los vasos sanguíneos, también difiere poco del que hemos visto en los mamíferos. Debe solamente observarse que parten dos aortas del corazón, que, después de formar cada una un cayado dirigido, uno á la izquierda, como en los mamíferos, y otro á la derecha, se unen para constituir un tronco único (fig. 61).

En algunos reptiles, los cocodrilos por ejemplo, se verifica la circulación de una manera algo diferente, como veremos al tratar especialmente de estos animales.

§ 109. **Peces.** — En los peces es aún más sencillo el aparato circulatorio. El corazón no presenta sino dos cavidades¹, una aurícula y un ventrículo, y no recibe sino sangre venosa (fig. 63);

¹ En estos animales, lo mismo que en los batracios, existe además una pequeña cavidad contráctil llamada *bulbo*, á la entrada del sistema arterial.

por sus funciones, corresponde por consiguiente á la mitad derecha del corazón de los animales superiores. La sangre que parte

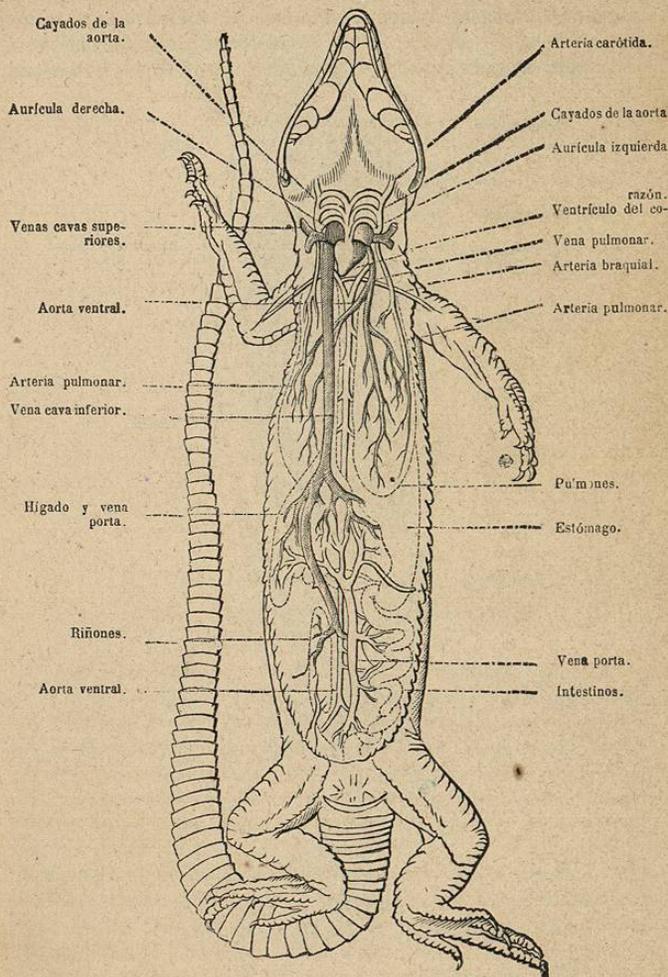


Fig. 61. — Aparato circulatorio de un lagarto.

de él se dirige al aparato respiratorio; y después de experimentar

la influencia vivificante del aire, pasa directamente á los vasos arteriales destinados á transportarla á todas las partes del cuerpo; finalmente, después de haber servido este líquido para la nutrición

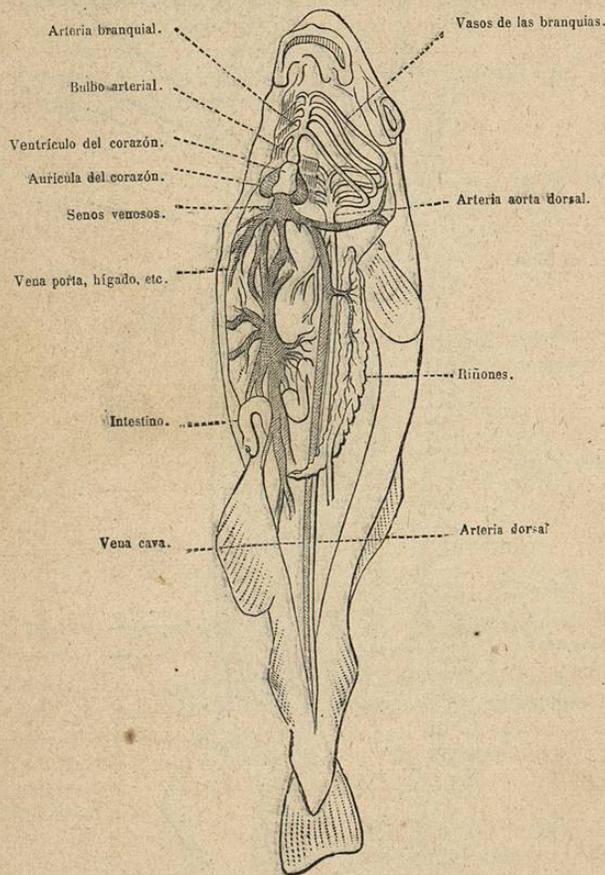


Fig. 62. — Aparato circulatorio de un pez.

de los órganos, vuelve por las venas á la aurícula del corazón, que la vierte en el ventrículo, de donde sale para volver de nuevo al aparato respiratorio (fig. 62).

Vese pues que, en los peces, al dar la sangre la vuelta circulatoria, no pasa sino una sola vez por el corazón, y esto en estado venoso. Pero la circulación es aún incompleta: pues toda la masa de la sangre venosa pasa al aparato respiratorio, y se transforma en sangre arterial antes de volver á los órganos.

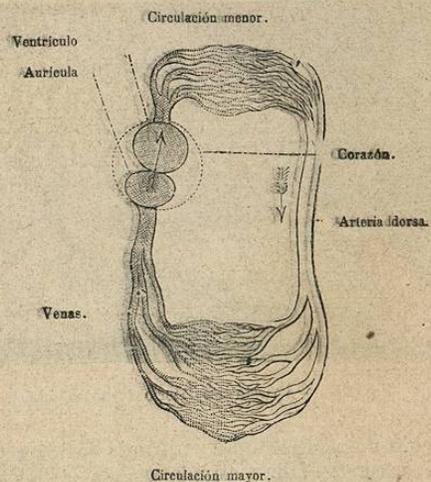


Fig. 63. — Figura teórica de la circulación en los peces.

§ 110. **Moluscos.** — En la mayor parte de los moluscos se verifica la circulación casi como en los peces, con la diferencia, sin embargo, de que el corazón es *aórtico* en vez de ser *pulmonar*, es decir, que se encuentra en el trayecto de la sangre que va del aparato respiratorio á las diversas partes del cuerpo, y que el sistema venoso es más ó menos incompleto. El corazón de estos animales se compone ordinariamente de un ventrículo (fig. 64, *h*), de donde nacen las arterias (*i*), y de una ó de dos aurículas que comunican con los vasos (*o*) que llevan á él la sangre arterial del aparato respiratorio (*d*), al cual llega este líquido directamente por canales venosos más ó menos completos (*n*). Así sucede en los caracoles, en las ostras y en todos los demás moluscos de la clase de los gasterópodos y de la clase de los acéfalos; pero algunas veces no existen aurículas bien constituidas y se encuentran una especie de corazones venosos completamente distintos del ventrículo aórtico y situados en la

base de los órganos de la respiración, como se ve en los pulpos, sepias y otros cefalópodos. Como quiera que sea, en todos los animales pasa la sangre arterial por el corazón, va luego á todas las partes del cuerpo, y se dirige en seguida hacia el aparato respiratorio. Mas, en esta última parte de su trayecto, no se

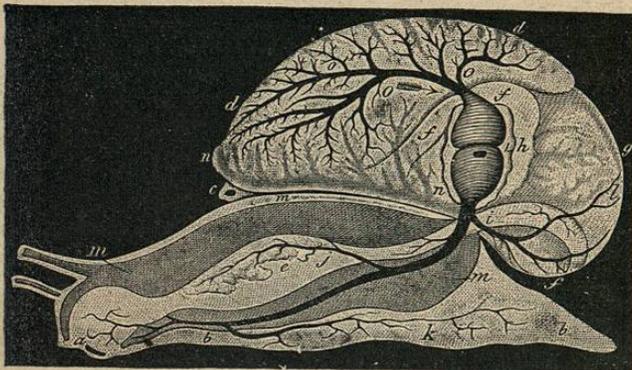


Fig. 64. — Aparato circulatorio de un molusco¹.

halla el fluido nutritivo siempre encerrado en vasos propiamente dichos. En ocasiones faltan completamente las venas, y hacen sus veces cavidades ó espacios comprendidos entre los diversos órganos; otras veces existen venas en algunas partes del cuerpo, mientras que en las demás están desprovistos de paredes propias los canales venosos y no consisten sino en las lagunas interorgánicas ó grandes cavidades del cuerpo, la cavidad abdominal, por ejemplo (*m*, fig. 64). En conclusión, después de haber sufrido la sangre la influencia del aire, vuelve de nuevo al corazón para empezar el mismo trayecto.

§ 111. **Crustáceos.** — En los cangrejos y demás animales de la clase de los crustáceos, sigue la sangre la misma marcha que en los moluscos; pero el corazón, destinado á distribuirla por todas las partes del cuerpo, no se compone sino de un ven-

¹ Anatomía del caracol: — *a*, boca; — *bb*, pie; — *c* ano; — *dd*, pulmón; — *e*, estómago, cubierto por la parte superior con las glándulas salivares; — *ff*, intestino; — *g*, hígado; — *h*, corazón; — *i*, arteria aorta; — *j*, arteria gástrica; — *l*, arteria hepática; — *k*, arteria del pie; — *mm*, cavidad abdominal que hace las funciones de un seno venoso; — *nn*, canal irregular en comunicación con la cavidad abdominal y que lleva la sangre al pulmón; — *oo*, vasos que llevan la sangre arterial del pulmón al corazón.

trículo, y las venas se hallan reemplazadas en todos los puntos por cavidades irregulares que no presentan forma de vasos, y que constituyen en las proximidades de las branquias, especies de depósitos llamados *senos venosos* (fig 65). La sangre venosa

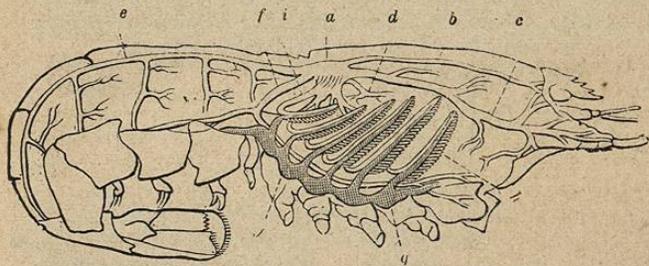


Fig. 65. — Aparato circulatorio de la langosta de mar¹.

baña también todos los órganos; pero el fluido nutritivo se halla de nuevo encerrado en los tubos cuando va de las branquias al corazón. La circulación es por consiguiente semivascular y semilagunosa (fig. 66).

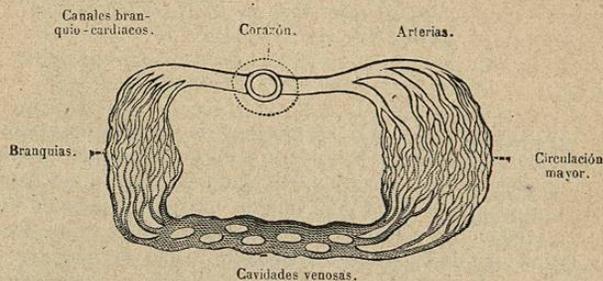


Fig. 66. — Figura teórica de la circulación de los crustáceos.

§ 112. **Insectos.** — En los insectos no está la sangre encerrada en un sistema de vasos especiales; no existen arterias ni venas, y el fluido nutritivo se halla extendido en los intersticios

¹ *a*, corazón; — *b*, arteria oftálmica; — *c*, arteria antenaria; — *d*, arteria hepática; — *e*, arteria abdominal superior; — *f*, arteria esternal; — *gg*, senos venosos que reciben la sangre que viene de las diversas partes del cuerpo y la envían al aparato respiratorio (las branquias, *h*); de donde vuelve al corazón por los vasos branquio-cardiacos, *i*.

que hay entre los diversos órganos; pero no obstante se halla animado de un movimiento circulatorio, y el agente principal de esta circulación vaga é incompleta es un vaso dorsal situado en la línea media del cuerpo, por encima del tubo digestivo (fig. 67). Más adelante veremos la marcha que sigue la sangre en el organismo de los animales de aparato circulatorio lagunoso.

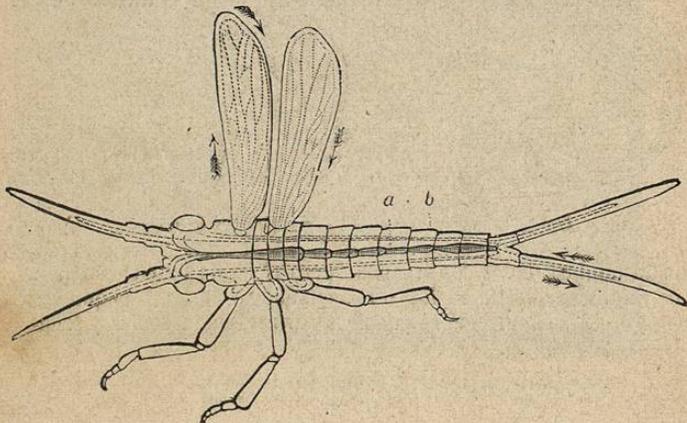


Fig. 67. — Circulación en los insectos¹.

§ 113. **Gusanos.** — En los gusanos de la clase de los anélidos (como la sanguijuela y la lombriz de tierra), existe al contrario un aparato vascular completo; pero, en general, no tienen corazón propiamente dicho, y el líquido nutricio se pone en movimiento sólo por las contracciones de los principales vasos. También la marcha de la sangre es bastante menos regular que en los diversos animales de que acabamos de hablar y á menudo no es constante la dirección de la corriente.

§ 114. **Zoófitos.** — Finalmente, existe una especie de circulación aun más imperfecta en diversos zoófitos, como en ciertos pólipos, en los cuales el líquido nutricio, extendido en la gran cavidad que existe en el cuerpo de estos animales, se mueve con bastante velocidad, bajo la influencia de pequeños filamentos, llamados *pestañas vibrátiles*, que existen en las paredes de esta cavidad y que agitan el líquido como lo harían remos ó pa-

¹ Las flechas indican la dirección de las corrientes: — a, vaso dorsal en el cual se dirige la sangre de atrás hacia delante; — b, principales corrientes laterales.

letas. Esta cavidad, que á la vez hace de estomago, es algunas veces simple; pero otras se extiende por las partes del cuerpo más distantes en forma de canales ramificados.

§ 115. Tales son las principales modificaciones que se observan en la manera como se efectúa la circulación del fluido nutricio en los diversos animales. Estudiemos ahora los fenómenos que se verifican mientras recorre del modo expresado el sistema vascular.

RESPIRACIÓN.

§ 116. Hemos visto que la sangre arterial, por su acción sobre los tejidos, pierde las cualidades que la hacían propia para la conservación de la vida, y que después de ser modificada de este modo, vuelve á tomar sus propiedades primeras por el contacto del aire: este contacto es, pues, necesario para la existencia de los seres vivos. Y en efecto, si se pone un animal bajo la campana de una máquina neumática en la cual se hace el vacío, ó bien se le priva del aire por cualquier otro medio, sobreviene grandísimo desarreglo en las diversas funciones; en seguida se interrumpe la acción de todos los órganos, la vida cesa de manifestarse, y el animal cae en estado de *asfixia* ó de muerte aparente; finalmente la vida se extingue por completo.

Este fenómeno es uno de los más generales de la naturaleza orgánica: la influencia del aire es indispensable á todos los animales, como lo es á todos los vegetales; y cuando se priva de ella durante cierto tiempo á un ser animado, es segura su muerte. Casi en todo donde la vida existe, es necesario el aire.

A primera vista, podría creerse que los animales que viven siempre debajo de agua, como los peces, no necesitan de la influencia del aire y forman, por consiguiente, una excepción de la ley de que acabamos de hablar; pero no es así, pues el líquido en el cual están sumergidos absorbe y tiene en disolución cierta cantidad de aire que fácilmente pueden ellos separar, y que basta para la conservación de sus vidas; les es imposible existir en agua que no contenga aire, y se les ve asfixiarse y morir en ella como perecen los mamíferos ó las aves que sus traemos á la acción del aire atmosférico bajo su forma ordinaria.

Las relaciones del aire con los seres orgánicos forman una de las partes más notables de su historia fisiológica, y la serie de fenómenos que de ello resulta constituye el acto de la RESPIRACIÓN.

§ 117. Hemos dicho que el aire es necesario á la vida de todos