

§ 132. **Organos de la respiración acuática.** — La forma de las BRANQUIAS varía mucho: algunas no consisten sino en tubérculos ó prolongaciones foliáceas, de textura algo más de-

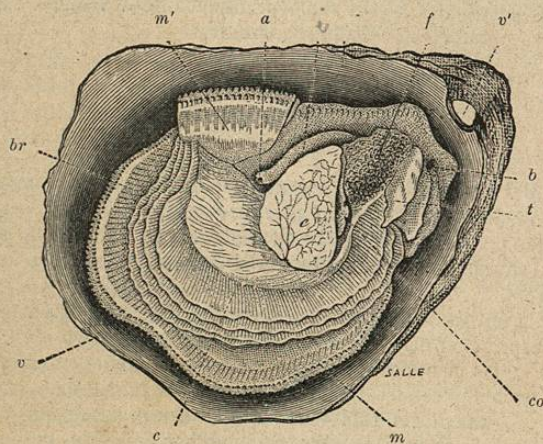


Fig. 68. — Anatomía de la ostra¹.

licada que la del resto de la piel y que reciben mayor can-

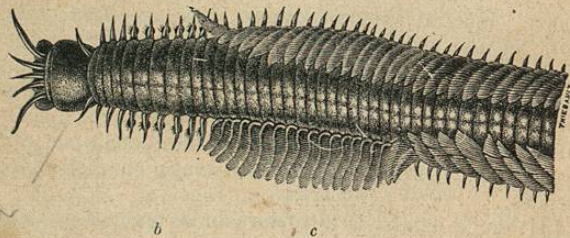


Fig. 69. — Porción anterior del cuerpo de un anélido dorsibranquio del género *Eunice*².

tividad de sangre; otras veces se componen estos órganos de

¹ *v*, una de las valvas de la concha; — *v'*, charnela; — *m*, uno de los lóbulos del manto; — *m'*, porción del otro lóbulo replegado encima; — *c*, músculos de la concha; — *br*, branquias; — *b*, boca; — *t*, palpos labiales; — *f*, hígado; — *i*, intestino; — *a*, ano; — *co*, corazón.

² *a*, cabeza; — *b*, patas; — *c*, branquias.

una multitud de filamentos ramosos y se parecen á pequeños arbúsculos ó á penachos vasculares (fig. 69); otras ocasiones, en fin, están formadas por gran número de laminitas membranosas dispuestas como las hojas de un libro, ó como los dientes de un peine. La primera de estas formas de organización se encuentra en varios gusanos marinos, tales como el arenícola, tan común en nuestras costas; la segunda se ve también en diversos anélidos, lo mismo que en muchos crustáceos; finalmente la última es propia de la mayor parte de los moluscos y de los peces (figuras 68 y 70).

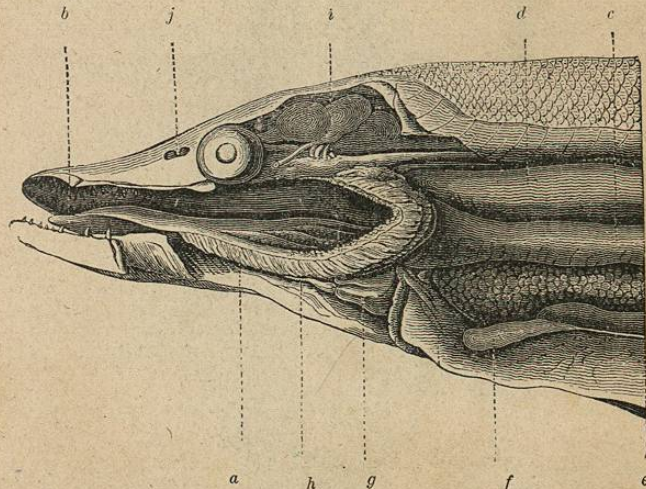


Fig. 70. — Lucio (*Esox-Lucius*)¹.

Hay igualmente que indicar que, en los animales inferiores, se hallan las branquias situadas por lo general al exterior, de modo que flotan en libertad en el agua circundante; mientras que en los animales más elevados en la serie zoológica, tales como la mayor parte de los moluscos y todos los peces, se hallan estos órganos en una cavidad que sirve para protegerlos y que está dispuesta de tal manera que puede renovarse fácilmente el agua en su interior.

¹ Lucio abierto. — *a*, branquias; — *b*, lengua; — *c*, estómago; — *d*, vejiga natatoria; — *e*, ovarios; — *f*, vesícula biliar; — *g*, corazón; — *h*, arteria branquial; — *i*, cerebro; — *j*, ventanas de la nariz.

§ 133. **Órganos de la respiración aérea.** — Las cavidades interiores que sirven para la respiración aérea presentan unas veces la forma de tráqueas y otras la de pulmones.

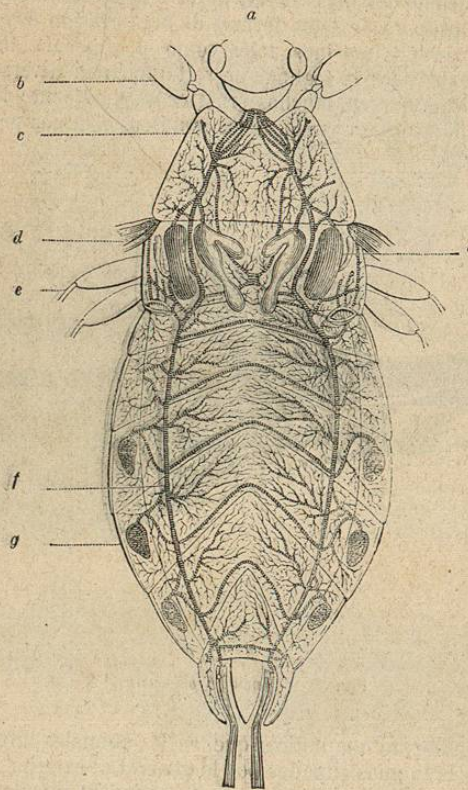


Fig. 71. — Aparato respiratorio de un insecto¹.

Las TRÁQUEAS (fig. 71, *f*) son vasos que comunican con el exterior por orificios llamados *estigmas* y se ramifican en el interior de diversos órganos. Llevan de este modo el aire, y por

¹ *a*, cabeza; — *b*, base de las patas del primer par; — *c*, primer anillo del tórax; — *d*, base de las alas; — *e*, base de las patas del segundo par; *f*, tráqueas; — *g*, estigmas; — — *h*, vesículas aéreas.

consiguiente en todas las partes del cuerpo se efectúa la respiración. Esta clase de estructura es especial de los insectos, miriápodos y algunos arácnidos.

§ 134. Los PULMONES son bolsas más ó menos subdivididas en células, que reciben igualmente el aire en su interior, y cuyas paredes están cruzadas por vasos que contienen la sangre que debe someterse á la influencia vivificante del oxígeno.

Existen pulmones (pero en estado de sencillez extrema) en la mayor parte de los arácnidos, y en algunos moluscos, tales como los caracoles. Los reptiles, aves y mamíferos están igualmente provistos de ellos.

§ 135. En el hombre (lo mismo que en los demás mamíferos) los pulmones se hallan en una cavidad llamada *tórax*, que ocupa la parte superior del tronco (fig. 44, pág. 32). Estos órganos se encuentran, por decirlo así, suspendidos en dicha cavidad, y están envueltos en una membrana delgada y muy compacta que cubre igualmente las paredes del tórax y que se llama *pleura*². Los pulmones son dos, colocados de cada lado del cuerpo y comunican con el exterior por un tubo, la *traquearteria* (*b*, fig. 72), que sube á lo largo de la parte anterior del cuello y desemboca en la laringe.

Este conducto está formado por una serie de tiras de cartílago colocadas al través, que presentan la forma de anillos incompletos posteriormente; hállase entapizado por una membrana mucosa,

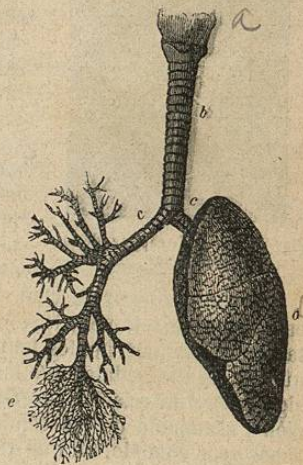


Fig. 72. — Pulmones y tráquea del hombre¹.

¹ Uno de los pulmones se ha dejado intacto (*d*); pero en el otro se han descubierto las ramificaciones de los bronquios (*e*) destruyendo la sustancia del pulmón.

a, laringe y extremidad superior de la traquearteria; — *b*, tráquea; — *c*, divisiones de los bronquios; — *e*, ramúsculos bronquiales; — *d*, uno de los pulmones.

² La disposición de la *pleura* es análoga á la de las demás membranas serosas de las cuales ya hemos hablado (pág. 73).

que es de la misma naturaleza que la de la boca¹. En fin, la traquearteria se divide por su parte inferior en dos tubos que toman el nombre de *bronquios* y que se ramifican en el interior de cada pulmón, como las raíces de un árbol en la tierra (c, e, fig. 72).

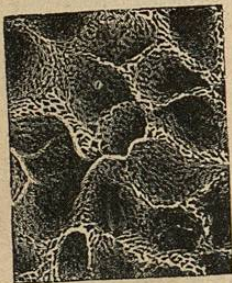


Fig. 73. — Red capilar de los pulmones.

La superficie por la cual se opera la respiración será, pues, en un mismo volumen, tanto mayor, y la sangre recibirá el contacto del aire por puntos tanto más numerosos, cuanto más pequeñas sean las células que forman los pulmones. Existe, por consiguiente, una relación inversa entre la actividad de la respiración y el tamaño de las células pulmonares; y en efecto, en las ranas, por ejemplo, en que dicha función se verifica de una manera débil y lenta, los pulmones tienen la forma de bolsas divididas solamente por algunos tabiques, mientras que en los mamíferos y las aves, en los cuales es más activa la respiración, se hallan divididos los referidos órganos en células tan pequeñas que es difícil percibir las á simple vista (fig. 73).

§ 137. En el hombre y en los demás mamíferos, los bronquios terminan en las células pulmonares y éstas concluyen siempre en fondo de saco; de lo que resulta que el aire que entra en los pulmones de estos animales no pasa á otra parte. Pero en las

¹ Es digno de notarse que la membrana mucosa que cubre la tráquea y los bronquios posee una especie de vellosidades microscópicas y que cada una de éstas está animada de movimiento oscilatorio rapidísimo; este movimiento *vibrátil* determina en el líquido que está en contacto con esta superficie corrientes á menudo muy rápidas, y persiste por cierto tiempo después que la membrana en que se efectúa se ha separado del cuerpo del animal; de suerte que puede fácilmente estudiarse el expresado movimiento con un microscopio poderoso. La dirección de la corriente así producida parece ser del exterior hacia el interior del aparato respiratorio, y un movimiento semejante se observa en la superficie de la membrana que tapiza la primera porción de las vías aéreas, es decir las fosas nasales; pero, por lo general, nada análogo se percibe en la laringe.

aves, en las cuales es más activa aún la respiración, algunos de los canales citados atraviesan los pulmones de parte á parte y van á desembocar en grandes bolsas membranosas que se adelantan hasta la base de los miembros, y conducen el aire á cavidades abiertas en la sustancia de la mayor parte de los huesos. Resulta de lo dicho que la respiración no se halla limitada á los pulmones, sino que se opera también á distancia en el interior de la economía.

§ 138. **Mecanismo de la respiración en el hombre.** — Según lo que hemos dicho de las alteraciones que experimenta el aire por la respiración, es evidente que este fluido debe ser renovado sin cesar en el interior de los pulmones; así se verifica por medio de los movimientos de inspiración que ejecutamos alternativamente, y estos movimientos, á su vez, dependen de los de las paredes de la cavidad torácica en que se hallan situados los pulmones.

Sencilísimo es el mecanismo por el cual se atrae el aire á los pulmones ó es expulsado; parece completamente al juego de un fuelle, si no fuera que, en los pulmones, el fluido penetra en el órgano y se escapa de él por un mismo conducto. En efecto, las paredes del tórax son móviles, su cavidad puede alternativamente aumentar y disminuir, y los pulmones hacen los mismos movimientos. Así, en el primer caso, oprimido el aire por todo el peso de la atmósfera, se precipita en el pecho por la cavidad de la boca ó de las fosas nasales y la traquearteria y va á llenar las células pulmonares, del mismo modo que el agua sube en el cuerpo de una bomba al elevar el émbolo. En el segundo caso, es decir, en el instante de espirar, se comprime al contrario el aire contenido en los pulmones y se escapa por la vía que ya ha servido para la entrada de dicho fluido.

Para comprender cómo se dilata y se contrae el tórax del hombre, es indispensable examinar su estructura.

Esta cavidad (fig. 74) tiene la forma de un conoide con el vértice hacia arriba y la base hacia abajo y sus paredes están formadas en su mayor parte por una especie de jaula ósea, resultado de la unión de las *costillas* (c) con una porción de la *columna vertebral* (ó espina dorsal) por detrás (a) y con el *hueso esternón* (b) por delante. Los espacios que quedan entre unas y otras costillas están cubiertos por músculos (e) que se extienden entre éstas; también son músculos los que van de la primera costilla á la porción cervical de la columna vertebral (a); en conclusión, la pared inferior del pecho está formada por el *músculo diafragma* (g), especie de tabique carnoso que se inserta en el borde inferior de la armadura de que acabamos de hablar

§ 139. La *dilatación del tórax* puede efectuarse de dos maneras: por la contracción del diafragma ó por la elevación de las costillas.

En efecto, cuando el diafragma está en estado de reposo, forma una bóveda elevada que sube por el interior del pecho (*g*), y es fácil de comprender que la contracción de este músculo debe disminuir la curvatura de dicha bóveda, y que cuanto menor sea ésta, mayor será la cavidad del tórax.

El juego de las costillas es algo más complicado. Estos huesos (*c* y *e*), doce de cada lado, describen cada uno una curvatura cuya convexidad se halla hacia

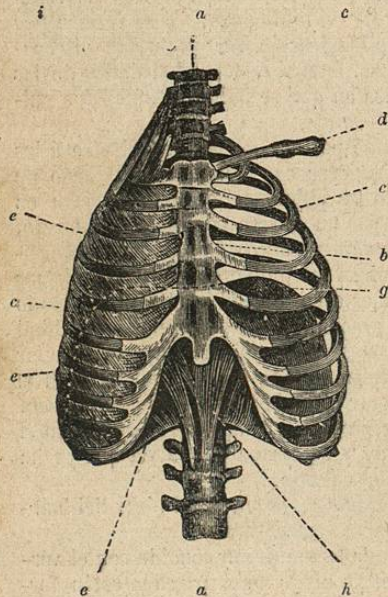


Fig. 74. — Tórax del hombre.

fuera y un poco inclinada hacia abajo; su extremidad anterior, que está unida al esternón (*b*) por medio de cartílagos intermedarios, es mucho menos elevada que su extremidad posterior, y la articulación de ésta con la columna vertebral le permite moverse como una bisagra. Su elevación se determina por la contracción de los músculos de la base del cuello (*i*). Ahora bien, cuando las costillas se elevan del modo indicado, tienden á ponerse en una línea horizontal; pues á la vez que sube su extremidad anterior arrastrando consigo al esternón, giran un poco sobre sí mismas, de modo que la curvatura que antes miraba hacia abajo se presenta hacia fuera; de lo cual resulta que las paredes laterales y anteriores del tórax se alejan entonces de la columna vertebral y se aumenta la cavidad del pecho.

¹ Se han quitado los músculos del lado izquierdo, mientras que del opuesto se han dejado en su lugar. La bóveda formada en el interior del tórax por el diafragma (*g*) se ve á la izquierda, y su continuación se indica en el lado derecho con una línea de puntos; — *h*, pilares del diafragma que se insertan en las vértebras lumbares; — *i*, músculos elevadores de las costillas; — *d*, clavícula.

§ 140. En el movimiento de espiración, se contraen los pulmones á causa de la elasticidad de sus tejidos, el diafragma se afloja, y este tabique muscular asciende en forma de bóveda. Cuando los músculos que han producido la elevación de las costillas y del esternón cesan de contraerse, su peso y la tracción ejercida por la elasticidad de los pulmones determinan también el descendimiento de dichos huesos; pero hay igualmente otras fuerzas que pueden contribuir á determinar la disminución de la cavidad del tórax y la expulsión del aire de los pulmones: tal es la contracción de los músculos que forman las paredes del vientre, y que se fijan en la parte inferior del pecho.

§ 141. Nótese varios grados en la extensión de dichos movimientos, y en la respiración ordinaria la cantidad de aire aspirado por el tórax ó echado de los pulmones no excede mucho de la que pueden contener dichos órganos. Valúase en unos 4,580 centímetros cúbicos la cantidad de aire contenida ordinariamente en los pulmones, y en 555 centímetros cúbicos la que entra en el pecho ó sale á cada aspiración ó espiración; pero, por término medio, esta última cantidad no parece que pase de la tercera parte de un litro.

El número de los movimientos respiratorios varía según los individuos y las edades: en los niños son más frecuentes que en los adultos, y en estos últimos se cuentan por lo general diez y seis aspiraciones por minuto.

Vese, pues, que, en el estado ordinario, deben entrar en los pulmones de un hombre cosa de cinco litros y medio de aire por minuto, lo que hace, en una hora, unos 330 litros, y por día 7 ú 8 metros cúbicos poco más ó menos.

§ 142. El *suspiro*, el *bostezo*, la *risa* y el *sollozo* son sólo modificaciones de los movimientos ordinarios de la respiración. El *suspiro* es una larga y profunda aspiración en la cual entra poco á poco en los pulmones una gran cantidad de aire: por esto no depende solamente dicho fenómeno de las afecciones morales, que son su causa más frecuente, y la necesidad de suspirar se hace sentir siempre que el trabajo respiratorio no se efectúa con la rapidez necesaria.

El *bostezo* es una aspiración aun más profunda, que se acompaña de una contracción casi involuntaria y espasmódica de los músculos de la mandíbula y del velo del paladar.

La *risa* consiste en una sucesión de pequeños movimientos de espiración bruscos y más ó menos frecuentes, que dependen en su mayor parte de contracciones casi convulsivas del diafragma. Finalmente, el mecanismo del *sollozo* difiere poco del de la risa, aunque este fenómeno expresa afecciones del alma del todo diferentes.

§ 143. **Mecanismo de la respiración en los demás animales.** — El mecanismo de la respiración es esencialmente igual en todos los mamíferos, en las aves y en la mayor parte de los reptiles; sólo que, en estas dos últimas clases, falta más ó menos completamente el músculo diafragma, y, por consiguiente es atraído el aire á los pulmones por el juego de las costillas en primer lugar; pero en las tortugas y batracios (es decir ranas, salamandras, etc.), el tórax no se halla dispuesto de manera que pueda dilatarse activamente y obrar como una bomba aspirante; por esto se verifica la respiración de dichos animales de distinto modo: en parte por movimientos de deglución introducen el aire en sus pulmones.

EXHALACIÓN Y SECRECIONES.

§ 144. Acabamos de estudiar los medios por los cuales las materias extrañas necesarias al mantenimiento de la vida se introducen en el cuerpo de los animales y van á mezclarse con la sangre que las distribuye por todas las partes de la economía. Ahora debemos ocuparnos en una serie de fenómenos de orden inverso, y examinar cómo las sustancias contenidas en la masa general de los humores, y encerradas con ellos en los vasos sanguíneos, pueden salir, ya para penetrar en las cavidades interiores del cuerpo, ya para escapar al exterior.

§ 145. Hemos visto que se efectúa de dos maneras la introducción de las materias extrañas necesarias para la nutrición: tan pronto por absorción simplemente y sin que tales materias pasen por previa modificación, como por efecto del trabajo digestivo, que separa dichas materias de las demás sustancias con las cuales se hallan mezcladas, las prepara de cierta manera y les da la forma más conveniente antes de hacerlas penetrar en el interior de la economía. El primero de estos actos, que se ejerce por la superficie pulmonar, por la piel ó por cualquiera otra vía, es un fenómeno de cierta manera mecánico; mientras que el segundo, mucho más complicado, es resultado de un trabajo químico.

Para librarse de las materias inútiles contenidas en un cuerpo viviente y para expulsarlas hacia fuera, emplea también la naturaleza dos procedimientos análogos, á saber: la *exhalación* y la *secreción*. La exhalación es una consecuencia de la permeabilidad de los tejidos y puede efectuarse en todos los puntos; no cambia la naturaleza de los fluidos cuya expulsión trae, y puede considerarse, lo mismo que la absorción, como un fenómeno casi enteramente físico. La secreción, al contrario, no consiste sólo

en la salida de los líquidos de que están embebidos los tejidos; toma de la sangre ciertos principios con preferencia á otros, los separa, los modifica á veces en su naturaleza íntima, dando así lugar á la formación de humores especiales: en fin, no puede de ordinario efectuarse sino por intermedio de ciertos órganos determinados, y, bajo todos sus aspectos, es á la simple exhalación lo que la digestión es á la absorción.

EXHALACIÓN.

§ 146. Ya hemos visto que las paredes de los vasos sanguíneos son permeables á los líquidos. De esto resulta que el agua, y las demás materias fluidas contenidas en los vasos referidos, no pueden estar completamente encerradas y deben poder escaparse con más ó menos facilidad para esparcirse al rededor; esta especie de filtración del interior de los vasos sanguíneos hacia el exterior se verifica efectivamente, y á este fenómeno se le ha dado el nombre de *exhalación*.

En algunas circunstancias, una parte de la sangre misma se escapa de los vasos con todas sus partes constituyentes, y puede suceder que este *derrame sanguíneo* se efectúe sin que las paredes de los vasos presenten aberturas que establezcan comunicación directa de dentro afuera. En este caso la sangre se rezuma por los tejidos que componen dichas paredes, pero este fenómeno es raro, y por lo general, los vasos no dejan salir de su interior los glóbulos sólidos que la sangre arrastra, mientras que las paredes de estos conductos oponen barrera más ó menos incompleta al paso de las partes más fluidas del líquido nutricio. El agua, contenida en tan grande abundancia en la sangre, puede por esto salir al exterior, no arrastrando con ella sino pequeña cantidad de sales y otras materias solubles del suero. Los gases disueltos en la sangre pueden desprenderse de la misma manera, y esto, sólo á causa de las propiedades físicas de las paredes vasculares.

Para hacer este fenómeno palpable, por decirlo así, basta inyectar en las venas de un animal vivo ciertas sustancias que no se encuentran naturalmente en la sangre, pero que se disuelvan bien en ella y sean fáciles de reconocer; al cabo de cierto tiempo se descubrirán trazas de las dichas materias extrañas en todos los líquidos que se encuentran en las diferentes cavidades del cuerpo, producidas por exhalación. Así es que, cuando se inyecta prusiato de potasa (ó cianuro de potasio) en las venas de un perro, no tarda en encontrarse esta sal en el líquido acuoso que