

## CAPÍTULO XX.

### INTERCAMBIO DE GASES EN ANIMALES.

El oxígeno elemento básico en la respiración, tiene como función oxidar los alimentos para que de ellos obtengan energía los organismos. Habitando infinidad de ambientes, los animales han adaptado un sistema respiratorio que les permita obtener del medio la suficiente cantidad de oxígeno mediante simples o complicadas estructuras.

#### 20-1 RESPIRACIÓN DIRECTA E INDIRECTA.

El intercambio de gases, es funcionalmente poco complicado en los pequeños animales acuáticos como el paramecium o la hidra. El oxígeno disuelto en el agua de la laguna en que viven se difunde hacia su interior, a la vez que circula en sentido opuesto, de dentro afuera, el bióxido de carbono. Así estos seres no necesitan un aparato respiratorio especial. Este intercambio de gases se llama *respiración directa*, pues las células dejan pasar oxígeno y bióxido de carbono directamente del medio ambiente a su intimidad y viceversa.

En el curso de la evolución, los animales se convierten en formas superiores, más complejas, haciendo imposible que cada célula intercambie gases directamente con el exterior. Se hizo necesario, pues, alguna forma de *respiración indirecta* a la que se dedicarán ciertos tejidos del organismo especializados en esta función. Su aparato tenía forzosamente que ser de paredes finas (las membranas parietales deberían ser semipermeables), para lograr que la difusión fuera fácil, y a la vez húmedas, para que los gases se disolvieran en agua.

También se requería que el aparato estuviese provisto de intenso riego sanguíneo. Para la respiración indirecta, los peces, crustáceos y otros animales acuáticos crearon las branquias, en tanto los vertebrados superiores, reptiles, aves y mamíferos, recurrieron a los pulmones. La lombriz de tierra se vale de su piel húmeda, en tanto los insectos están provistos de tubos traqueales, conductos que se arborizan por el organismo del animal a partir de poros abiertos al medio externo.

En la respiración indirecta se pueden distinguir una fase externa y una interna en lo que se refiere al intercambio de gases. En la *respiración externa* estos gases se difunden desde el medio a la sangre circulante gracias a un órgano respiratorio especializado, como el pulmón de los mamíferos. La *respiración interna* es el intercambio de gases entre la sangre y las células del organismo. Entre estas fases los gases son acarreados por el sistema circulatorio.

Explique la diferencia entre respiración directa, indirecta, externa e interna.

---

---

---

---

---

---

---

---

#### 20-2 ESTRUCTURAS RESPIRATORIAS EN ANIMALES.

La estructura respiratoria de la lombriz de tierra es la piel, la cual debe mantenerse húmeda todo el tiempo para que se pueda efectuar el intercambio gaseoso. Una gran cantidad de vasos capilares se encuentran inmediatamente debajo

de la piel, son los encargados de recibir y distribuir el oxígeno del medio ambiente que pasa a través de la piel, a todas las células del cuerpo, y del mismo modo acarrea el anhídrido carbónico en sentido contrario al oxígeno.

La condición necesaria para la realización de este mecanismo respiratorio llamado "RESPIRACIÓN CUTÁNEA", es que la piel se conserve todo el tiempo húmeda, lográndose esto gracias a las glándulas mucosas que se encuentran bajo la piel y a la humedad ambiental.

*Respiración en saltamontes.* Los insectos respiran a través de espiráculos, en el saltamontes existen 20 pares situados entre los segmentos del tórax y del abdomen. Los espiráculos son la entrada del aire que llega a otra serie de tubos llamados tráqueas, revestidos de una cutícula anillada en espiral, los cuales están extendidos en todo el cuerpo del animal para la perfecta distribución del oxígeno.

Cuatro de los diez espiráculos realizan la inspiración, y los seis restantes, la expiración. Al entrar el aire es filtrado por placas cribosas y cojinetes para evitar el paso de impurezas y parásitos; ya el aire en las tráqueas, éstas se ensanchan mediante músculos especiales formando sacos aéreos, luego se comprimen y se distribuye a todos los tubos donde se encuentra un líquido que facilita la absorción del oxígeno y la difusión del mismo a todas las células del organismo.

*Respiración en peces.* Las estructuras respiratorias en los peces son las branquias; se localizan a los lados de la cabeza, protegidos por una cubierta llamada opérculo. Son cuatro bajo cada cubierta, rojas por la intensa irrigación sanguínea y constan de tres partes cada una: un arco óseo en forma de bóveda, rastrillos bronquiales en la parte anterior y una superficie exterior plumosa de branquias filamentosas. Los filamentos se componen de miles de proyecciones llamadas lamelas que aumentan considerablemente la superficie de las

branquias ampliándose por la misma razón, la superficie de intercambio gaseoso.

Durante la respiración se realizan dos mecanismos; la inhalación, donde la boca del pez se abre y los opérculos se levantan para que pase el agua a las branquias donde se realiza el intercambio de gases. En la exhalación, la boca se cierra y la sangre de los capilares de las lamelas viajan en sentidos opuestos facilitando el intercambio gaseoso, ya que si fueran en el mismo sentido sería menor el intercambio.

*Respiración pulmonar.* Los vertebrados terrestres (anfibios, aves y mamíferos), los dos pulmones son los órganos de intercambio gaseoso. En la rana los pulmones son sacos de paredes tenues, suspendidos en la cavidad del cuerpo y unidos con la cavidad bucal mediante un orificio denominado glotis (fig. 20-1). La superficie de los pulmones se amplifica mediante un sistema de compartimientos internos irrigados con abundantes vasos capilares sanguíneos. Para henchir los pulmones la rana debe, en primer lugar, llenar la boca de aire mediante la apertura de sus dos ventanas nasales y luego haciendo descender el piso de la boca. (A veces con esta sola acción puede la rana satisfacer sus necesidades de oxígeno. Las paredes de la cavidad bucal están también irrigadas con abundantes capilares sanguíneos y puede servir como órgano de intercambio gaseoso). Luego, la rana cierra los orificios internos que conducen hacia las ventanas nasales, abre su glotis, y eleva el piso de la cavidad bucal. Esta acción impele el aire de la boca hacia los pulmones, los que entonces se inflan. La rana puede impulsar hacia los pulmones tal cantidad de aire que estos llenen completamente la cavidad del cuerpo.

El oxígeno contenido en el aire se disuelve en la lámina de humedad presente en la superficie de las células epiteliales de los pulmones. Luego, el oxígeno se difunde a través de las células epiteliales y de allí en los diminutos vasos sanguíneos denominados capilares. Una vez en la sangre, la mayor parte del oxígeno se incorpora a los millares de glóbulos rojos sanguíneos en forma oval. Estas células flotantes contienen el pigmento hemoglobina. Bajo las condiciones pre-

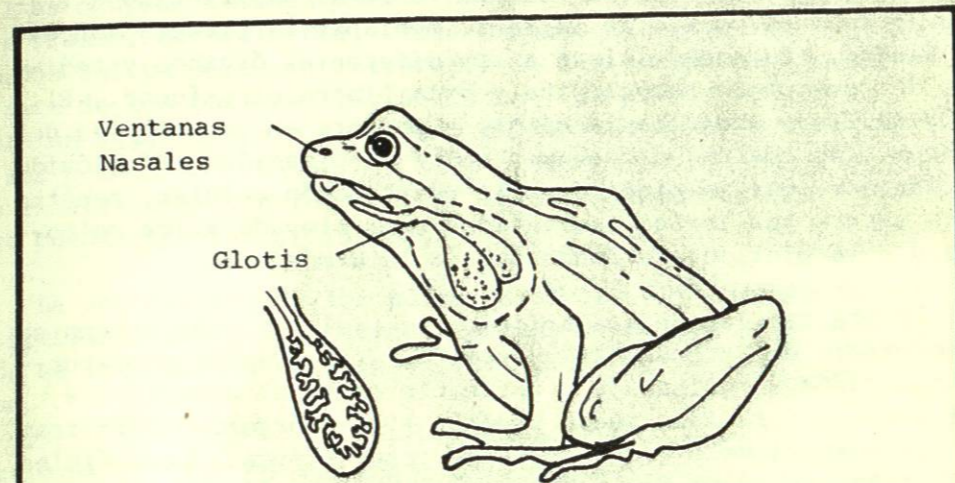


Fig. 20-1 Sistema respiratorio en rana.

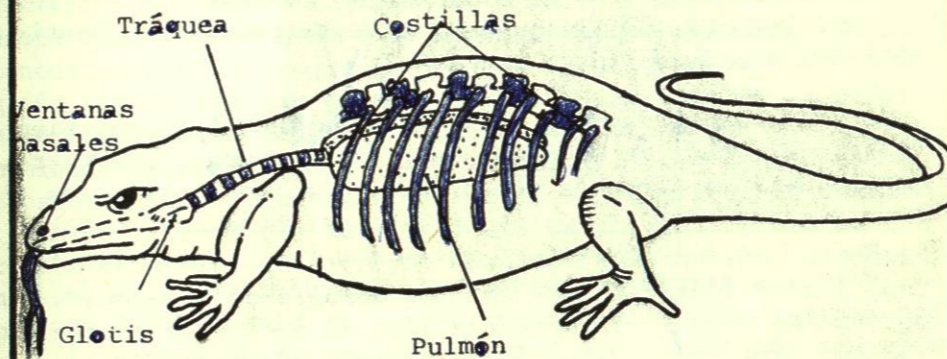


Fig. 20-2. Los pulmones del lagarto se inflan ampliando la cavidad torácica.

dominantes en los pulmones, la hemoglobina se combina químicamente con el oxígeno. El oxígeno es luego distribuido a través de todo el cuerpo de la rana, mediante la circulación de la sangre. La sangre lleva a los diferentes órganos y tejidos del cuerpo la hemoglobina y ésta libera el oxígeno. El oxígeno libre abandona la sangre y penetra en las células del cuerpo, las cuales lo consumen en la respiración. El bióxido de carbono, que se produce en la respiración celular, penetra a la sangre que irriga los tejidos y es llevado a los pulmones y a la piel, desde donde sale a la atmósfera.

En la mayoría de los anfibios la piel sirve de órgano suplementario de intercambio gaseoso. Está irrigada con abundantes vasos sanguíneos y es permeable tanto al agua como a los gases. Pero sólo puede funcionar como órgano de intercambio gaseoso siempre y cuando se mantenga húmeda. Las células secretoras de mucus de la piel contribuyen a llenar esta condición, pero no son suficientemente adecuadas para contrarrestar el efecto desecante del aire, cuando la humedad es baja. Por ello la mayoría de los anfibios están confiados a vivir en lugares húmedos, tales como estanques, pantanos, sue los húmedos, etc. Esta es también una de las razones por las cuales no pueden considerarse organismos terrestres en sentido estricto.

Los reptiles poseen una piel escamosa seca. Es más bien impermeable al agua, de modo que es poca la humedad que pierden estos animales a través de la piel. Debido a ello, los reptiles no están confinados a localidades húmedas; no obstante, muchos de ellos viven en tales lugares. Tanto los lagartos como las serpientes abundan en los desiertos, es decir, en los habitats más secos que existen. Si bien la piel escamosa es una adaptación que permite la exposición segura al aire seco, por otro lado inhabilita la piel para que pueda desempeñar la función de órgano de intercambio gaseoso. Esta función en los reptiles no sólo tienen relativamente una mayor superficie que los pulmones de los anfibios, sino que además la ventilación de los pulmones es mucho más eficiente. Los pulmones están rodeados por una capa ósea constituida por las costillas (fig. 20-2). Estas pueden expandirse y luego retraerse por medio de músculos de acción inversa. Cuando las costillas se expanden, el volumen del tórax aumenta. Esta

expansión produce un vacío parcial dentro de los pulmones, el cual es ocupado inmediatamente por una corriente de aire. El aire fresco, naturalmente, lleva oxígeno fresco a los tejidos húmedos del pulmón. La retracción de las costillas impulsa el aire de los pulmones hacia afuera. El aire exhalado es pobre en oxígeno, pero contiene bióxido de carbono liberado en los pulmones. Cuando han sido perturbadas algunas serpientes exhalan con gran fuerza. El ruido silbarne que ello produce puede espantar al intruso.

La ventilación de los pulmones de las aves ocurre de modo similar a la de los pulmones de los reptiles, pero esta acción se intensifica durante el vuelo, con el batir de las alas.

A diferencia de los reptiles, las aves son homeotérmicas (de sangre caliente). Mantienen una temperatura constante del cuerpo (por lo general cerca de 104°F) a pesar de las fluctuaciones amplias de la temperatura del medio externo. Las aves logran mantener constante la temperatura de su cuerpo, principalmente debido al calor que produce su actividad muscular. La actividad muscular, a la vez, depende de la energía que se libera durante la respiración celular. No es entonces sorprendente que la demanda de oxígeno de una ave de pequeño tamaño sea muy grande. Las aves satisfacen la mayor demanda de oxígeno mediante ensanchamientos de los pulmones, denominados sacos aéreos. (fig. 20-3). Si bien en los sacos aéreos no ocurre intercambio gaseoso, su distribución anatómica permite incrementar la eficiencia de la ventilación pulmonar, por cuanto el aire fresco pasa a través de los pulmones tanto durante la inhalación como durante la exhalación. Los sacos aéreos también contribuyen a reducir el peso del cuerpo; el aire que contiene reemplaza en muchas regiones del cuerpo los tejidos o fluidos. Por ejemplo, algunos de los huesos de las aves son huecos y contienen sacos aéreos.

a).- Describa los espiáculos.

---

---

---

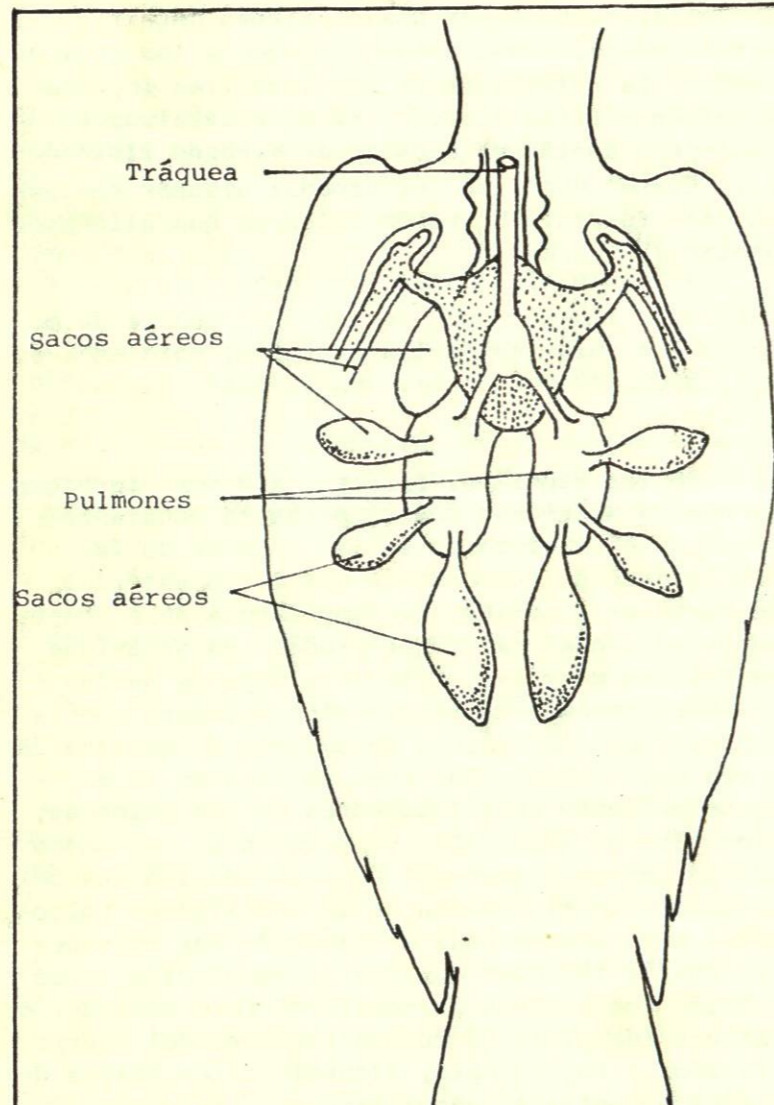


Fig. 20-3 "Sistema respiratorio de Aves"

b).- Explique el intercambio gaseoso en las branquias de los peces.

---



---



---



---

c).- Explique la respiración en anfibios y reptiles.

---



---



---



---



---

20-3 RESPIRACIÓN EN EL HOMBRE.

El aparato respiratorio del hombre y de otros vertebrados de respiración aérea, está formado por los pulmones y unos conductos por cuyo interior circula el aire que llega a los mismos (fig. 20-4). Este aire penetra en el organismo por las *ventanas de la nariz*, las que se abren en la *cavidad nasal*, extensa y situada encima de la boca y debajo de la caja craneal. Esta cavidad donde se encierran los órganos del sentido del olfato está tapizada de un epitelio secretor de moco. Al circular por la misma, el aire se purifica y calienta si sus capilares se dilatan y el moco se secreta en exceso, la nariz queda obstruida, síntoma característico del catarro.

El aire sigue adelante y penetra en la faringe por las *coanas*, ventanas posteriores de la cavidad nasal. En la *faringe* se entrecruzan los conductos de los aparatos digestivo y respiratorio. Los alimentos pasan de la faringe al estóma-

llevados por el esófago, en tanto el aire va a los pulmones por el camino de la laringe y la tráquea.

Con el fin de evitar que los alimentos penetren en estos conductos (lo cual motivaría la lesión del delicado epitelio que los recubre) siempre que se deglute se aplica al orificio superior de la laringe una especie de válvula llamada *epiglotis*; este movimiento es reflejo, es decir, no tenemos que acordarnos de cerrar la epiglotis cada vez que deglutimos. Por excepción este mecanismo automático no funciona a la perfección y se despierta entonces un acceso de tos, debido a que las sustancias sólidas han seguido un camino erróneo.

La *laringe*, o caja de voz, cuyo contorno se percibe desde fuera lo que se llama la "nuez" o "bocado de Adán", contiene las cuerdas vocales, repliegues de epitelio que vibran al pasar el aire entre ellas, con producción consecuente de sonidos. Unos músculos regulan la tensión de las cuerdas, para que a voluntad varíe el tono. La *tráquea*, se distingue perfectamente del esófago en que está protegida por anillos de cartílagos encajados en sus paredes, con el fin de que la luz traqueal esté siempre abierta; durante la inspiración la presión del aire en la tráquea es inferior a la atmosférica y de no haber anillos rígidos, el tubo se aplastaría.

A la altura de la primera costilla la tráquea se divide en dos *bronquios* cartilagosos, cada uno dirigido a un pulmón. En el interior de éste, cada bronquio se subdivide en bronquiolos, los cuales a su vez se vuelven a dividir en conductos cada vez de diámetro más reducido, hasta las cavidades finales, llamadas *sacos aéreos*. En las paredes de los vasos más pequeños y de los sacos aéreos se encuentran unas cavidades diminutas en forma de copa, conocidas como *alveolos*, por fuera de las cuales se disponen tupidas redes de capilares sanguíneos (Fig. 20-5). Las moléculas de oxígeno y de bióxido de carbono pasan con facilidad a través de las paredes tenues y húmedas de los alveolos. La superficie alveolar total por donde los gases pueden difundirse es de 93 metros cuadrados, más de 50 veces el área de la piel.

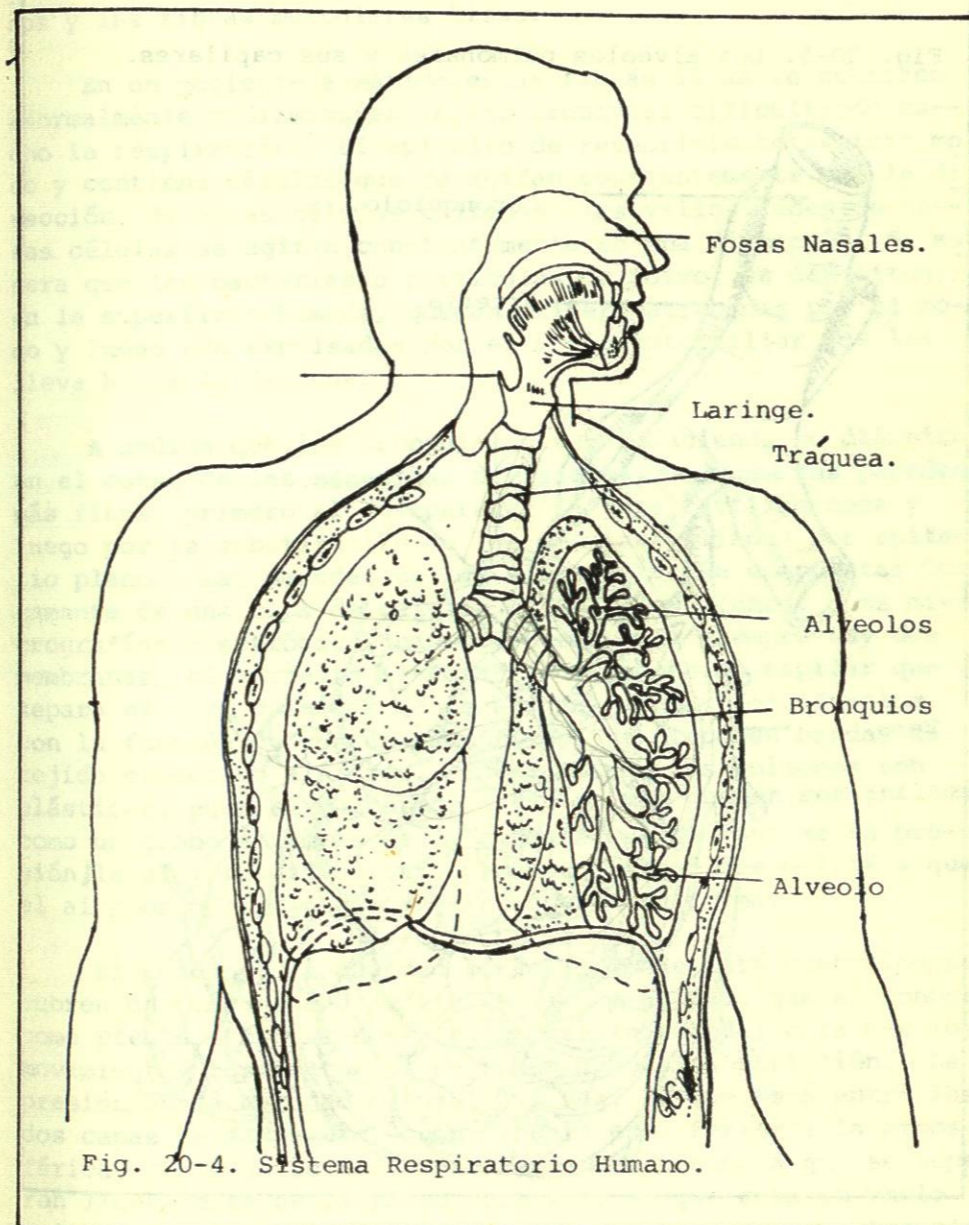


Fig. 20-4. Sistema Respiratorio Humano.