

Esquema que representa la participación del sistema respiratorio en la función de nutrición.

■ A partir de la información de esta página y de la siguiente, respondan a estas preguntas:

- ¿Cuál es el aporte del sistema respiratorio a la nutrición del organismo?
- ¿Qué condiciones se consideran necesarias para que el sistema respiratorio cumpla con su función?
- ¿Con qué diferentes procesos que ocurren en el organismo se relaciona el término "respiración"?

■ El dibujo incluye uno de los órganos del sistema digestivo: el esófago. ¿Qué ubicación posee con respecto a la tráquea?

## Sistema respiratorio

Por medio de la nutrición, el organismo obtiene, además de materia, la energía necesaria para realizar sus actividades. Esa obtención de energía ocurre en el interior de cada una de las células del cuerpo a través del proceso de respiración celular. Para llevar a cabo dicho proceso, las células necesitan glucosa y oxígeno. Esta última sustancia entra en el organismo formando parte del aire y pasa al sistema circulatorio, que la transporta hasta las células. Como resultado del proceso de respiración celular, se produce dióxido de carbono, que pasa de las células a la sangre y es eliminado al exterior. El sistema respiratorio es el que permite tanto la entrada del oxígeno en el organismo como la eliminación del dióxido de carbono.

## Órganos y funciones del sistema respiratorio

Como los pulmones están ubicados muy internamente en el cuerpo, el aire del ambiente es conducido hasta ellos a través de un conjunto de estructuras denominadas "vías respiratorias". Esas estructuras son las fosas nasales, la faringe, la laringe, la tráquea y los bronquios. Después de la llegada del aire del ambiente a los pulmones, se produce en esos órganos el intercambio de oxígeno y de dióxido de carbono entre el aire contenido en su interior y la sangre que circula dentro de los capilares sanguíneos (conductos muy delgados que envuelven a los alvéolos). Finalmente, los pulmones eliminan al exterior su contenido de aire cargado de dióxido de carbono a través de las vías respiratorias.

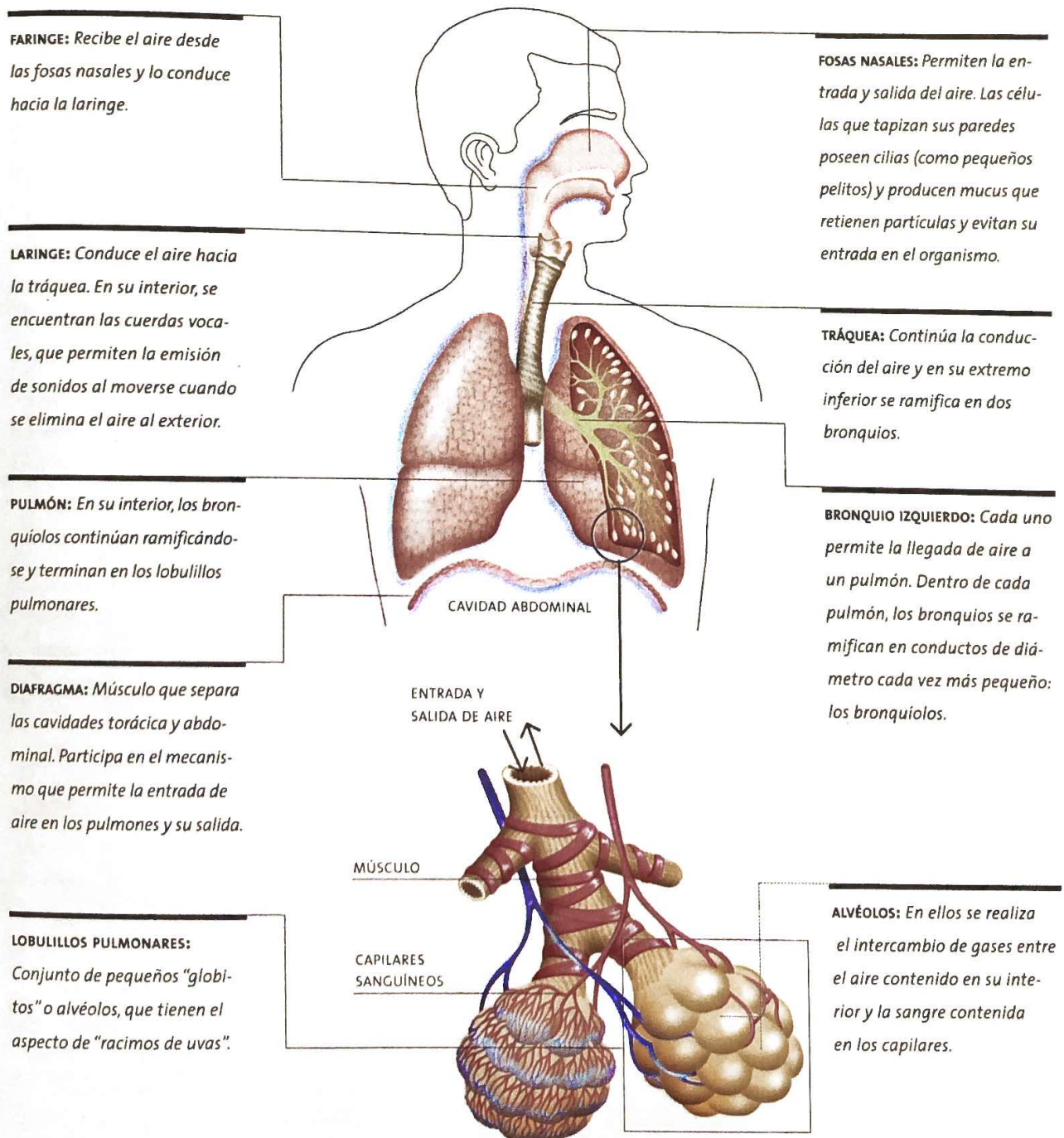
El funcionamiento adecuado del sistema respiratorio se relaciona con dos condiciones básicas. La primera es la renovación periódica del aire dentro de los pulmones, lo que asegura que ese aire contenga en todo momento una buena concentración de oxígeno. La segunda es el aporte de sangre a los pulmones a través de una enorme cantidad de capilares sanguíneos. Sólo si se cumplen satisfactoriamente ambas condiciones puede llevarse a cabo el intercambio de oxígeno y de dióxido de carbono entre el aire contenido en los pulmones y la sangre.

El oxígeno, entonces, está involucrado en varios procesos que ocurren dentro del organismo y todos ellos se asocian con el término "respiración":

- La ventilación pulmonar: entrada del aire en los pulmones y su salida.
- La respiración externa: intercambio de oxígeno y de dióxido de carbono entre el aire contenido en los pulmones y la sangre.
- La respiración interna: intercambio de oxígeno y dióxido de carbono entre la sangre y las células.
- La respiración celular: reacción química entre la glucosa y el oxígeno, que ocurre dentro de las células y que permite la obtención de energía.

## SISTEMA RESPIRATORIO

La tráquea, los bronquios y los pulmones se ubican en la cavidad torácica, separada de la cavidad abdominal por el diafragma. En el dibujo, se representa el interior del pulmón izquierdo para interpretar cómo se ramifican los bronquios. El sector ampliado representa los lobulillos pulmonares, estructuras en las que se produce el intercambio de sustancias entre el aire contenido en los pulmones y la sangre





## El aire que respiramos

El aire es una mezcla de gases que forma parte de la atmósfera que rodea la Tierra. Sólo la zona o capa de la atmósfera en contacto con la superficie terrestre presenta aire y permite el desarrollo de los seres vivos. Los gases que constituyen el aire son el oxígeno (21%), el nitrógeno (78%), el dióxido de carbono (0,03%) y una muy pequeña proporción de otros gases (0,001%). El aire también puede contener proporciones variables de vapor de agua, que le otorgan a la atmósfera sus diferentes condiciones de humedad.

La idea de "aire puro" se relaciona con la mencionada composición del aire. Pero esa mezcla de gases puede contener otros componentes. Como resultado de las actividades humanas, se producen algunas sustancias que pasan al aire. El monóxido de carbono que se elimina por el escape de los autos y otras sustancias que despiden las chimeneas de las fábricas son ejemplos de sustancias que se mezclan con el aire. Dichas sustancias también llegan a los pulmones cuando respiramos. Algunas de ellas pueden pasar a la sangre y llegar a las células, afectando de diferentes maneras sus funciones. El aire también contiene partículas de polvo que pueden quedar retenidas en los pulmones o en las vías respiratorias impidiendo el buen funcionamiento del sistema respiratorio. Se debe considerar, además, la posible presencia en el aire de microorganismos, que también pueden instalarse en los pulmones o las vías respiratorias ocasionando enfermedades.

La fuerza que ejerce el aire de la atmósfera sobre la superficie terrestre y todo lo que en ella se encuentra se denomina "presión atmosférica", cuyo valor normal a nivel del mar es de 760 milímetros de mercurio (mm Hg). Las diferencias en los valores de la presión atmosférica determinan que el aire se desplace de los lugares en los que la presión es mayor hacia lugares con menos presión. Estos desplazamientos del aire, que en el ambiente se manifiestan como viento, también determinan la entrada del aire en los pulmones y su salida, por diferencias de presión entre el aire atmosférico y el aire contenido en dichos órganos.

Al hacer referencia a la absorción de alimentos y nutrientes en el intestino, se analizó el fenómeno de difusión, que consiste en el desplazamiento neto de moléculas desde regiones en las que se encuentran más concentradas hacia regiones en las que se hallan en menor concentración. Esta idea también permite interpretar el intercambio de oxígeno y de dióxido de carbono entre el aire pulmonar y la sangre.

COMPOSICIÓN DEL AIRE	PORCENTAJE (%)	PRESIÓN PARCIAL (mm Hg)
OXÍGENO	21,00	159,0
DIÓXIDO DE CARBONO	0,03	22,8
NITRÓGENO	78,00	592,0

Como el aire es una mezcla de gases, se considera que su presión es el resultado de la suma de las presiones que ejercen los diferentes gases que lo constituyen. La presión de cada gas presente en el aire se denomina "presión parcial" y es

proporcional a su concentración en la mezcla. Así, por ejemplo, si la proporción de oxígeno en el aire es de un 21%, la presión parcial de este gas corresponde al 21% de la presión total del aire (760 mm Hg), es decir, 159 mm Hg.

El texto hace referencia a algunas características del aire y su relación con el sistema respiratorio.

¿Qué fenómenos físicos permiten interpretar la entrada del aire en los pulmones y su salida, y el intercambio de sustancias entre el aire contenido en dichos órganos y la sangre?

¿A qué se debe que el aire no se considere "puro"? ¿Cómo pueden influir esas impurezas en el organismo?

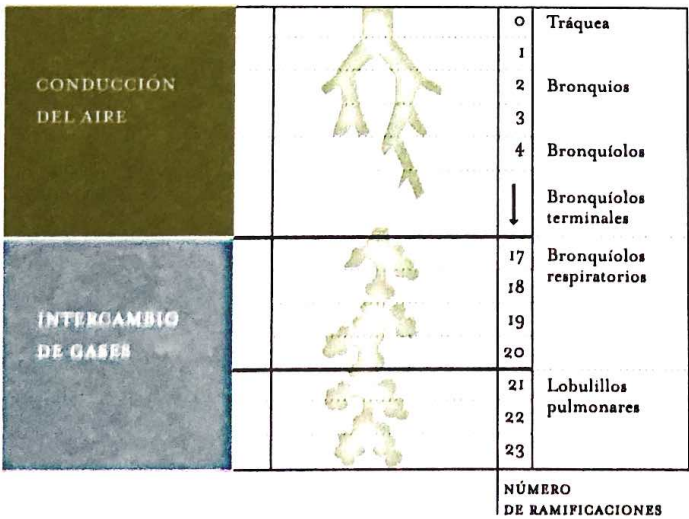
## Las vías respiratorias: el camino hacia los pulmones

Las vías respiratorias son recorridas por el aire en dos sentidos. Al inspirar, el aire presente en el ambiente exterior al cuerpo recorre las vías respiratorias hasta los pulmones. Al espirar, el aire realiza el camino inverso, es decir, desde de los pulmones hacia el ambiente.

La ramificación de la tráquea en dos bronquios inicia la formación de un sistema de conductos muy ramificado, que se distribuye en el interior de cada pulmón formando millones de delgadísimos conductos: los bronquíolos terminales. Todos estos conductos distribuyen el aire en el interior de los pulmones. Es importante, entonces, que dichos conductos no se obstruyan, porque impedirían la circulación del aire. Sus paredes poseen cartilago, un tejido cuya dureza evita su aplastamiento.

A continuación de los bronquíolos terminales, se encuentran dos tipos de estructuras: los bronquíolos respiratorios y los lobulillos pulmonares. Las paredes de dichas estructuras son extremadamente delgadas y carecen de cartilago. Estas características permiten que el oxígeno y el dióxido de carbono pasen a través de esas paredes durante el intercambio entre el aire y la sangre.

Como se mencionó, las impurezas que puede contener el aire entran con él en el sistema respiratorio. Esas impurezas pueden obstruir parcialmente las vías respiratorias, afectando la circulación del aire hacia los pulmones. Un efecto similar lo ocasiona la producción de ciertas sustancias en el interior del sistema respiratorio. Es el caso, por ejemplo, de la formación de catarro como consecuencia de la instalación de algún microorganismo, por ejemplo las bacterias, que también puede dificultar la circulación de aire y, por lo tanto, la posibilidad de intercambio de oxígeno y dióxido de carbono.



Representación esquemática de la formación del sistema de conductos por el que llega el aire a los pulmones. Las ramificaciones que se forman a partir de los bronquíolos terminales presentan pequeños globitos en sus paredes y en sus terminaciones. Esos globitos son los

alvéolos pulmonares, que en conjunto tienen el aspecto de racimos de uvas denominados "lobulillos pulmonares". En estas estructuras se produce el intercambio de oxígeno y dióxido de carbono entre el aire y la sangre

El texto hace referencia a las estructuras que permiten la entrada de aire en los pulmones y su salida.

■ ¿Se puede considerar la existencia de "vías respiratorias" dentro de los pulmones? ¿Por qué?

■ Algunos conductos respiratorios poseen cartilago en sus paredes y otros no. ¿Cuál es la importancia de esta característica en relación con la función de dichos conductos?

■ Se estima que en el interior de los pulmones existen millones de conductos ramificados. Analicen la información que aporta el esquema para interpretar cómo se llega a un valor tan grande.



### Mecánica respiratoria: cómo llega el aire a los pulmones

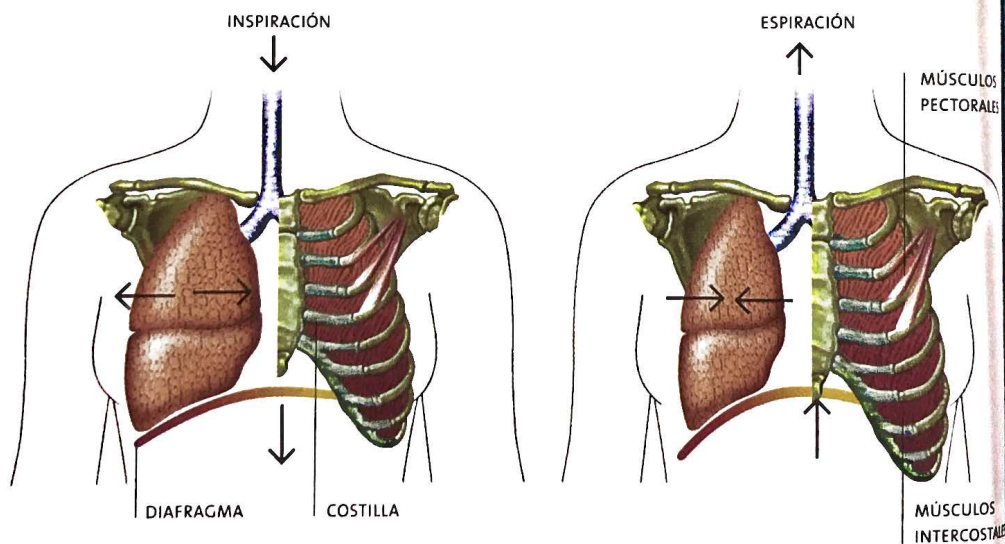
Como se mencionó, las diferencias en la presión del aire determinan que éste se desplace desde un lugar en donde hay mayor presión hacia un lugar en donde la presión es menor. Esto determina que en el organismo se generen condiciones que permitan la entrada del aire en el sistema respiratorio y su salida. Es decir, si la presión del aire en el ambiente es de 760 mm Hg, la presión dentro de los pulmones debe ser menor, para que el aire ingrese en ellos. Por el contrario, la presión dentro de los pulmones debe ser mayor que la presión exterior para que el aire salga de esos órganos.

Los cambios en la presión del aire contenido en los pulmones se interpretan como el resultado de cambios en el tamaño de la cavidad torácica, donde se ubican dichos órganos. Esa cavidad está limitada lateralmente por una serie de huesos denominados "costillas" (entre los cuales se encuentran los músculos intercostales) y en su parte inferior por el músculo diafragma. El trabajo coordinado de las costillas y los músculos determina el aumento y la disminución del tamaño de la cavidad torácica.

Durante la inspiración, la contracción del diafragma y de los músculos intercostales provoca el aumento de tamaño de la cavidad torácica. Ese aumento trae como consecuencia una disminución de la presión dentro de los pulmones y, por lo tanto, la entra-

■ Observen el dibujo que representa los momentos de la mecánica respiratoria y contesten las siguientes preguntas:

- ¿Qué representan las flechas?
- ¿Cómo se relaciona el tamaño de la cavidad torácica con la entrada y la salida de aire?



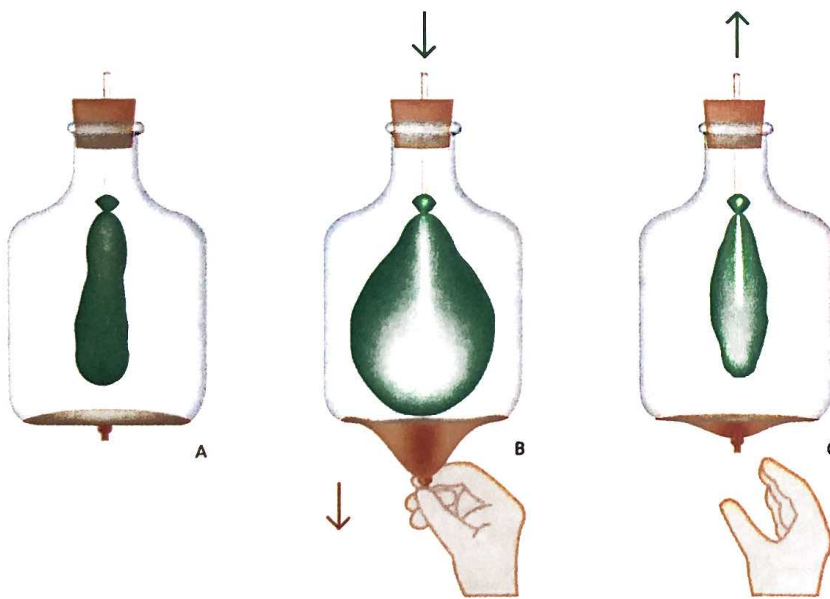
*Representación de los dos momentos de la mecánica respiratoria: inspiración y espiración. En la mitad izquierda de ambos dibujos, se omitieron las costillas y los músculos intercostales para representar las modificaciones de*

*los pulmones en su interior. Los músculos pectorales, al acortarse durante su contracción, también contribuyen a elevar las costillas y ampliar la cavidad torácica.*

da en ellos del aire del ambiente (que se encuentra a mayor presión). Durante la espiración, en cambio, el diafragma y los músculos intercostales se relajan, la cavidad torácica disminuye de tamaño y sus paredes presionan sobre los pulmones. Esto aumenta la presión del aire contenido en su interior, el cual es eliminado al exterior.

Es posible detectar fácilmente los cambios de tamaño de la cavidad torácica durante la respiración. Una manera de hacerlo es colocar las manos a los lados del tórax y realizar una inspiración profunda seguida de una espiración. Otra forma consiste en rodear con una cinta métrica la caja torácica y medir su contorno al inspirar y espirar.

El mecanismo analizado, denominado “mecánica respiratoria”, determina un ciclo completo de inspiración y espiración que se sucede a intervalos regulares. El número de veces que ese ciclo se repite por minuto se denomina “ritmo respiratorio” y en un adulto en reposo es de quince a veinte veces por minuto. Este mecanismo es el que permite la ventilación pulmonar, es decir, la renovación permanente del aire contenido en los pulmones. Las espiraciones profundas resultan más adecuadas para eliminar la mayor cantidad de aire pulmonar. Así, al inspirar profundamente, los pulmones incorporan mayor cantidad de aire “nuevo”, con alta concentración de oxígeno para pasar a la sangre.



Un modelo simple para interpretar la mecánica respiratoria puede confeccionarse con un frasco al que se le retira la base y se la reemplaza por una membrana elástica (un trozo de globo). El modelo se completa con un tapón atravesado por un tubo, uno de cuyos extremos está abierto

y otro en el que se ajusta un globo (A). La utilización del modelo muestra que al tirar hacia abajo la membrana inferior, el globo en el interior del frasco se infla (B). Por el contrario, al soltar la membrana y recuperar ésta su posición inicial, el globo se desinfla (C).

El modelo utilizado para interpretar la mecánica respiratoria está armado con elementos que representan diferentes estructuras.

■ ¿Qué representan el tubo, el globo, el frasco y la membrana?

■ ¿Qué diferencia se puede plan-  
tear entre el funcionamiento del  
frasco en el modelo y la estructu-  
ra que representa? ¿Qué otras di-  
ferencias pueden establecerse en-  
tre el modelo y las estructuras  
que representa?

■ El término “respiración” se aplica  
a diferentes procesos. ¿Cuáles de  
ellos se relacionan con la mecáni-  
ca respiratoria?



## Intercambio de sustancias entre el aire y la sangre

Para interpretar el intercambio de sustancias que ocurre en los pulmones, se deben tener en cuenta algunos aspectos: las características estructurales de los alvéolos y de los capilares que los recubren, las concentraciones de oxígeno y de dióxido de carbono tanto en el aire alveolar como en la sangre, y la función de la hemoglobina (una proteína contenida en los glóbulos rojos de la sangre).

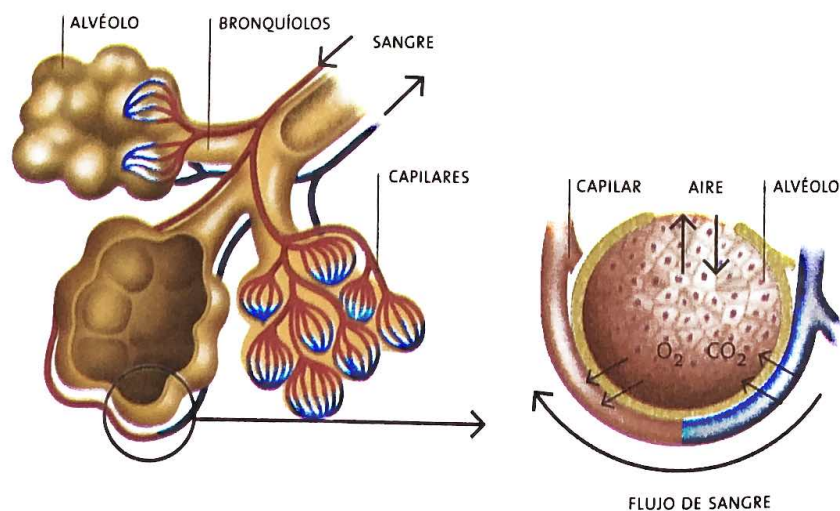
Las paredes de los alvéolos y los capilares son muy delgadas, ya que están formadas por una sola capa de células. Esta característica permite que las pequeñas moléculas de oxígeno y de dióxido de carbono atraviesen las paredes de los alvéolos fácilmente.

¿Pero qué determina el sentido en el que se desplazan dichas sustancias? En los pulmones, la sangre se carga de oxígeno, que transporta hasta las células. Éstas utilizan esa sustancia para la respiración y producen dióxido de carbono que pasa a la sangre y retorna a los pulmones. Las concentraciones de oxígeno y de dióxido de carbono en la sangre que llega al pulmón, entonces, son diferentes de las del aire contenido en los alvéolos. En ese momento, el oxígeno está más concentrado en el aire alveolar y el dióxido de carbono está más concentrado en la sangre. Estas diferencias de concentraciones determinan que, por difusión, las moléculas de oxígeno y dióxido de carbono tengan un desplazamiento neto desde el lugar en donde están más concentradas hacia el lugar en el que se encuentran en menor concentración. Así, el oxígeno pasa del aire a la sangre y el dióxido de carbono pasa de la sangre al aire.

■ ¿Cómo se interpreta, en el dibujo, la doble flecha relacionada con la palabra "aire"?

■ ¿Qué características de los alvéolos y los capilares sanguíneos hacen posible el intercambio de oxígeno y dióxido de carbono en los pulmones?

■ ¿Qué condiciones en el aire alveolar y en la sangre determinan el sentido en el que se mueven las moléculas de oxígeno y de dióxido de carbono durante el intercambio? ¿Cómo se representan esos movimientos en el dibujo?



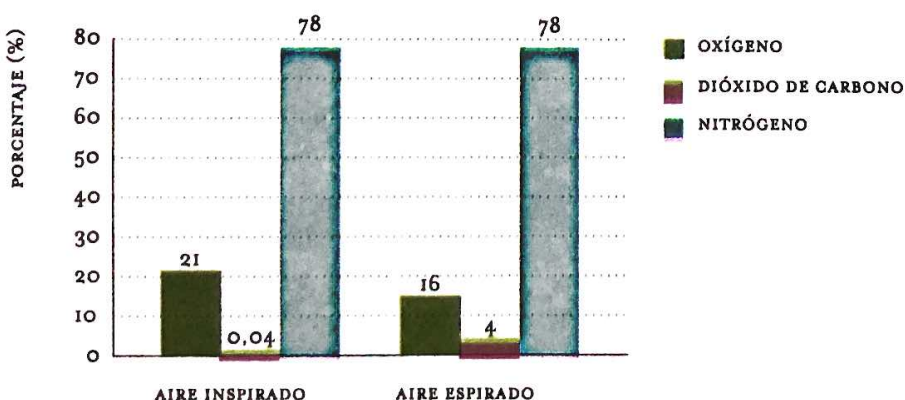
El dibujo representa tres conjuntos de alvéolos pulmonares rodeados por capilares sanguíneos. El conjunto central se representa con un corte a lo largo para mostrar sus cavidades interiores. En el sector ampliado, se muestra el interior de un alvéolo (con las células que forman su pared) y los intercambios de sustancias que ocurren entre el aire contenido en el alvéolo y la sangre que circula por un capilar que lo rodea.

La hemoglobina participa en el transporte del oxígeno y del dióxido de carbono. Las moléculas de la hemoglobina tienen la capacidad de unirse transitoriamente con las moléculas de oxígeno y de dióxido de carbono. Esto significa que, por ejemplo, las moléculas de oxígeno se unen en un momento a la hemoglobina y se separan de ella en otro momento. Durante el intercambio en los pulmones, entonces, el dióxido de carbono se separa de la hemoglobina y pasa al alvéolo. El oxígeno, por su parte, pasa del alvéolo a la sangre, se une a la hemoglobina y es transportado a las células. Del mismo modo que los vagones de un tren de carga, la hemoglobina "carga" tanto oxígeno como dióxido de carbono. Por lo tanto, la cantidad de hemoglobina en la sangre es una característica importante en relación con la cantidad de oxígeno y de dióxido de carbono que se puede transportar.

El análisis del aire espirado indica que posee más concentración de dióxido de carbono y menos concentración de oxígeno, en comparación con el aire atmosférico que se inspira. Estas variaciones se deben a los intercambios que ocurren entre el aire y la sangre en los alvéolos pulmonares. Pero, contrariamente a lo que se puede suponer, el aire espirado aún contiene una importante proporción de oxígeno. El organismo incorpora sólo un 5% de esta sustancia durante el intercambio en los pulmones. Esta cantidad parece resultar suficiente para las necesidades de las células. Si por alguna razón el contenido de oxígeno en el aire atmosférico disminuye, también disminuirá su aporte a las células. Esto puede ocurrir al permanecer en ambientes cerrados, con poca ventilación, que no permitan la renovación del aire con adecuada proporción de oxígeno.

Es importante tener en cuenta que ciertas sustancias que se inhalan, al igual que algunos contaminantes del aire, llegan a los pulmones, pasan a la sangre y se transportan a las células. Algunas de esas sustancias, como los solventes que forman parte de las pinturas o los pegamentos, provocan importantes daños a células como las del hígado y el cerebro.

■ ¿De qué manera participan los glóbulos rojos en el transporte del oxígeno y del dióxido de carbono en el organismo?



A diferencia de lo que sucede con el oxígeno y el dióxido de carbono, la concentración de nitrógeno en el aire inspirado y espirado es la misma. En condiciones de presión atmosférica normal (760 mm Hg), no parece haber un desplazamiento neto de moléculas de nitrógeno entre el aire contenido en los alvéolos y la sangre.