

APUNTS BLOC 05

---

# Estructura del cos humà

---

**Estructura del cos humà** | 1r. Grau d'Infermeria | prof. **Dr Enric Macarulla**

Alumne | **Ariadna Miguel**

Continguts |

- **Aparell respiratori**

**Bonesvenes.com**



UNIVERSITAT  
A MANRESA

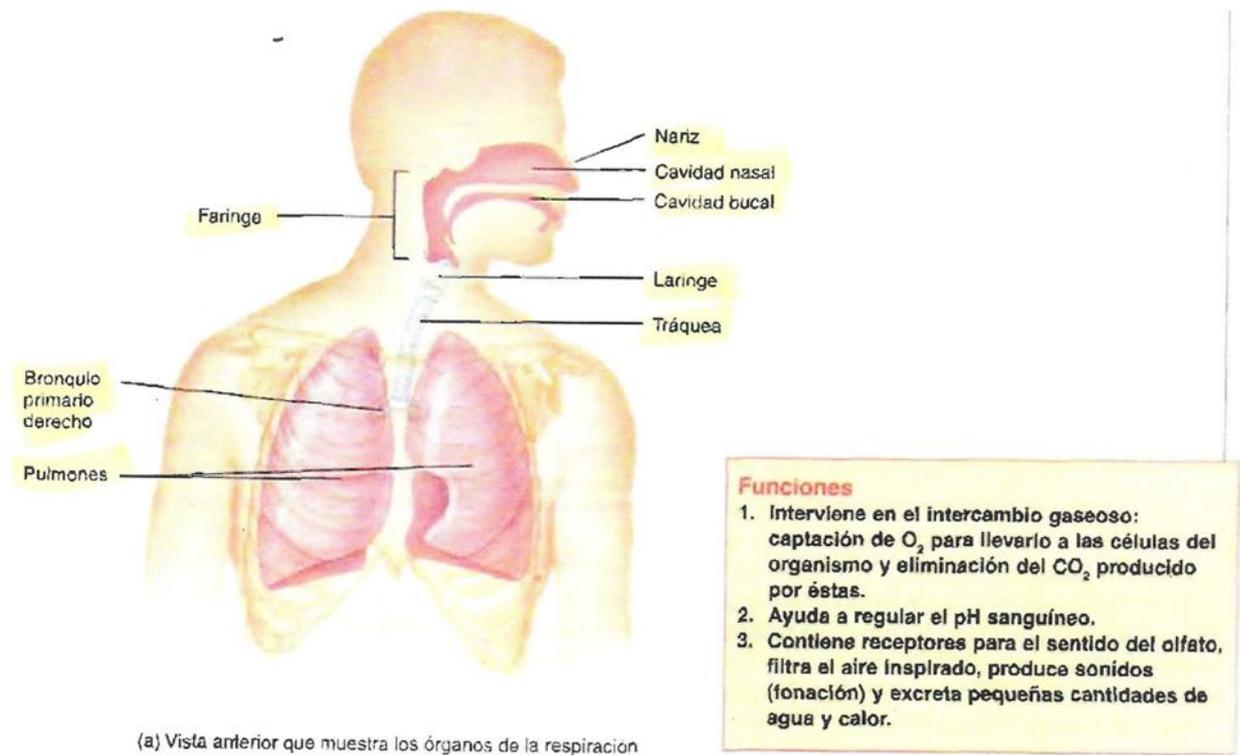
## Anatomía del aparato respiratorio

El aparato respiratorio comprende la nariz, la faringe, la laringe, la tráquea, los bronquios y los pulmones. De acuerdo con su estructura, el aparato respiratorio consta de dos partes:

- 1) **El aparato respiratorio superior** abarca la nariz, la faringe y las estructuras asociadas.
- 2) **El aparato respiratorio inferior** incluye la laringe, la tráquea, los bronquios y los pulmones.

La otorrinolaringología es la rama de la medicina que se encarga del diagnóstico y el tratamiento de las enfermedades de los oídos, la nariz y la garganta.

El neumólogo es el especialista en el diagnóstico y el tratamiento de las enfermedades de los pulmones.



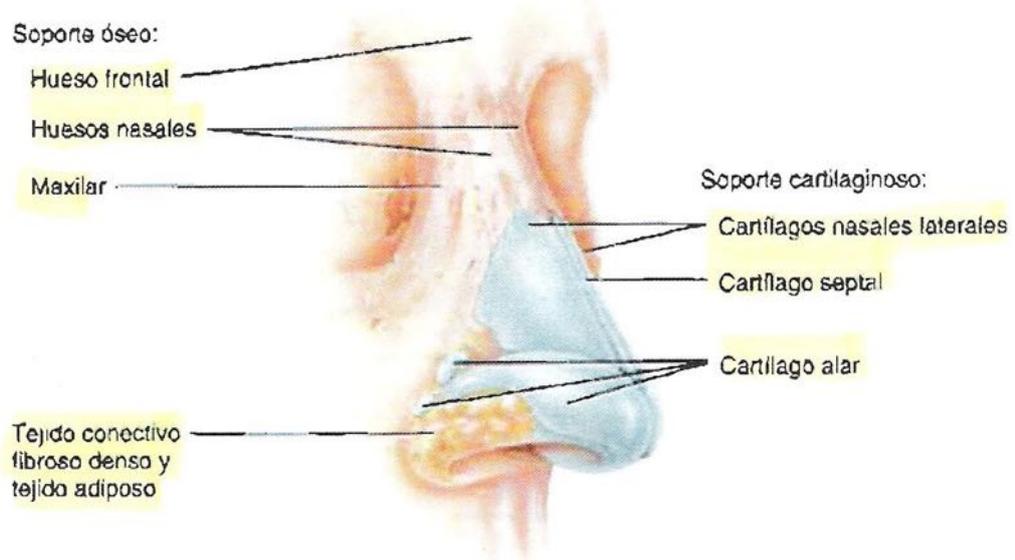
### Nariz

La **nariz** se puede dividir en una porción interna y otra externa.

- La porción externa consiste en un armazón de soporte óseo y de cartílago hialino cubierto con músculo y piel y revestido por una mucosa. En la estructura ósea de la porción externa de la nariz participan los huesos frontales, los huesos nasales y el maxilar.

La estructura cartilaginosa consiste en el cartílago septal o del tabique nasal que forma la porción anterior del tabique nasal; los cartílagos nasales laterales inferiores con respecto a los huesos nasales y los cartílagos alares,

que representan una porción de las paredes de las fosas nasales. Como está compuesto por cartílago hialino, el soporte cartilaginoso de la porción externa de la nariz es flexible. En la parte inferior de la nariz externa hay dos aberturas llamadas narinas u orificios nasales.



(a) Vista anterolateral de la porción externa de la nariz que muestra sus estructuras cartilaginosas y óseas

La nariz externa tiene un soporte cartilaginoso y un soporte óseo



Vista anterior

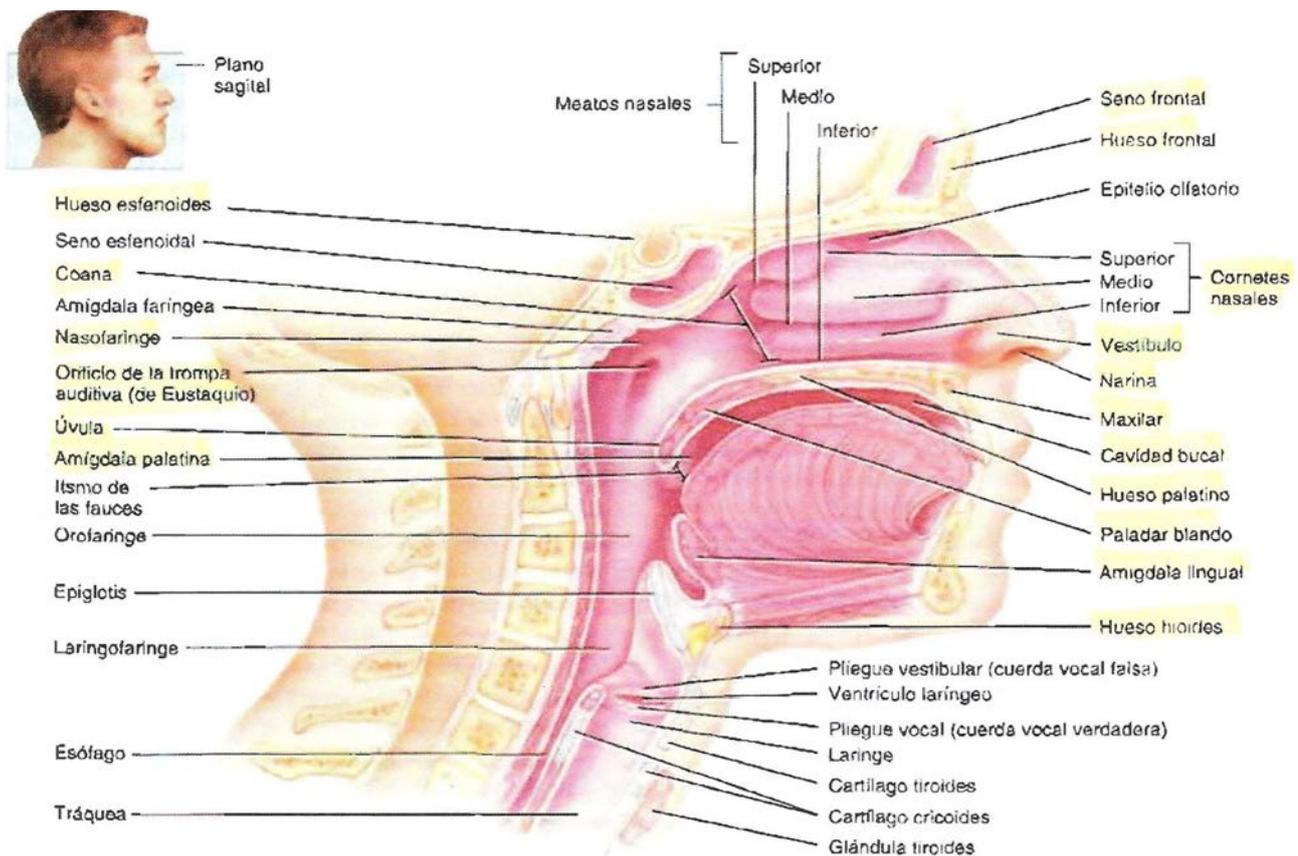
1. Raíz: Unión superior de la nariz al hueso frontal
2. Ápex o vértice: Punta de la nariz
3. Puente: Soporte óseo de la nariz formado por los huesos nasales
4. Ventana de la nariz: Apertura externa de la cavidad nasal o narina

- La nariz interna es una gran cavidad en la parte anterior del cráneo que se dispone en posición inferior con respecto al hueso nasal y superior en relación con la boca: está cubierta por músculo y por mucosa. En su parte anterior, la nariz interna emerge con la nariz externa y en su parte posterior se comunica con la faringe a través de dos aberturas llamadas coanas. Los conductos de los senos paranasales y los conductos nasolagrimales también se abren en la nariz interna.

Los senos paranasales son cavidades en ciertos huesos craneales y faciales cubiertos por mucosa que se continúan con el revestimiento de la cavidad nasal. Los huesos del cráneo que contienen senos paranasales son: el frontal, el esfenoides, el etmoides y el maxilar.

Las paredes laterales de la nariz interna están formadas por el etmoides, el maxilar, el lagrimal, el palatino y los cornetes nasales inferiores: el hueso etmoides también forma el techo. Los huesos palatinos y las apófisis palatinas del maxilar, que constituyen en conjunto el paladar duro, forman el techo de la nariz interna.

El espacio dentro de la nariz interna se llama cavidad nasal. La porción anterior de la cavidad nasal justo por dentro de las fosas nasales, denominada vestíbulo, está rodeada de hueso. Una división vertical, el tabique nasal, divide la cavidad nasal en los lados derecho e izquierdo. La porción anterior del tabique está constituida fundamentalmente por cartílago hialino: el resto está formado por el vómer, la lámina perpendicular del etmoides, el maxilar y los huesos palatinos.



(b) Corte sagital del lado izquierdo de la cabeza y cuello que muestra la localización de las estructuras respiratorias

## Faringe

**La faringe o garganta**, es un conducto con forma de embudo de unos 13 cm de largo que comienza en las fosas nasales internas y se extiende hasta el nivel del cartílago cricoides, el más inferior de la laringe. Es posterior a las cavidades bucal y nasal, y anterior a la columna cervical. Su pared está formada por músculo esquelético y revestida por una membrana mucosa. Constituye un conducto para el paso del aire y los alimentos, provee una cámara de resonancia para los sonidos del habla, y alberga a las amígdalas, que participan en las reacciones inmunitarias contra los invasores externos.

La faringe se puede dividir en 3 regiones anatómicas:

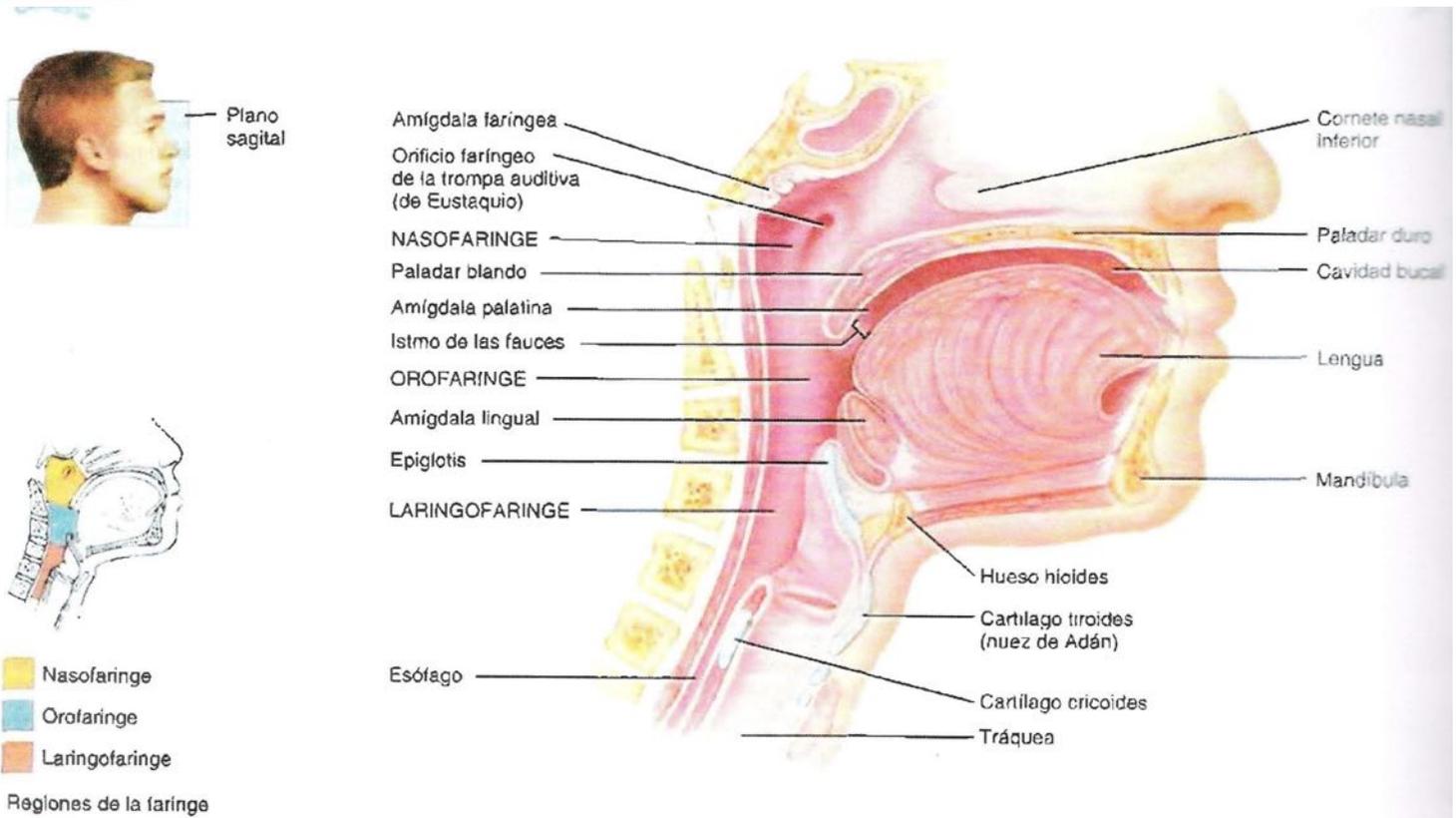
- 1) **La nasofaringe**
- 2) **La orofaringe**
- 3) **La laringofaringe**

Los músculos de toda la faringe están dispuestos en dos capas, una capa externa circular y una capa interna longitudinal.

La porción superior de la faringe, llamada nasofaringe, se encuentra por detrás de la cavidad nasal y se extiende hasta el paladar blando. Su pared tiene cinco aberturas: dos fosas nasales internas, dos orificios que se comunican con las trompas auditivas (faringotimpánicas) conocidas como trompas de Eustaquio y la abertura hacia la orofaringe. La pared posterior también contiene a la amígdala faríngea. A través de las fosas nasales internas, la nasofaringe recibe el aire desde la cavidad nasal junto con grumos de moco cargado de polvo. La nasofaringe está cubierta con epitelio cilíndrico pseudoestratificado ciliado, y los cilios mueven el moco hacia la parte más baja de la faringe.

La porción intermedia de la faringe, la orofaringe, yace por detrás de la cavidad bucal y se extiende desde el paladar blando en dirección inferior hasta el nivel del hueso hioides. Tiene una sola abertura, el istmo de la fauces, que es el paso desde la boca. En la orofaringe se encuentran dos pares de amígdalas, las palatinas y las linguales.

La porción inferior de la faringe, la larofaringe o hipofaringe, comienza a nivel del hueso hioides. Se abre hacia el esófago en su parte posterior y hacia la laringe en su parte anterior. Está revestida de epitelio pavimentoso estratificado no queratinizado.



## Laringe

**La laringe** es un pasaje corto que conecta la laringofaringe con la tráquea. Se encuentra en la línea media del cuello por delante del esófago y las vértebras cervicales cuarta a sexta (CIV-CVI).

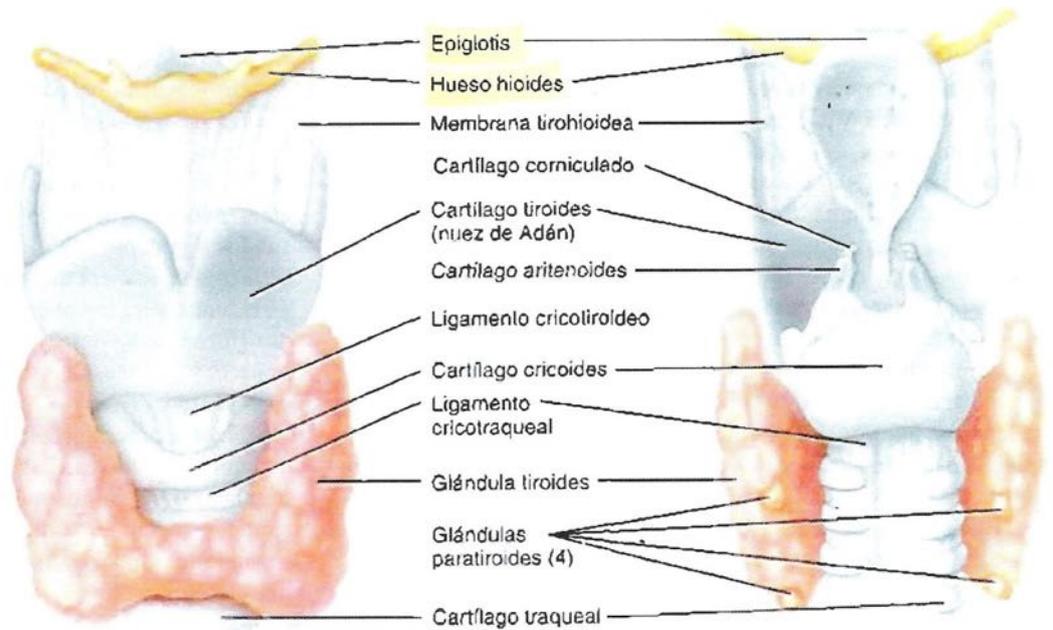
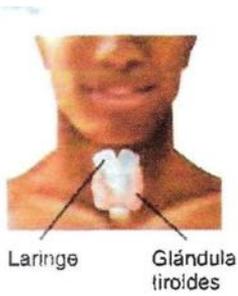
La pared de la faringe está compuesta por nueve piezas de cartílago. Tres son impares (cartílago tiroides, epiglotis y cartílago cricoides) y tres son pares (cartílagos aritenoides, cuneiformes y corniculados).

Los músculos extrínsecos de la laringe conectan a los cartílagos con otras estructuras de la tráquea: los músculos intrínsecos unen a los cartílagos entre sí.

El cartílago tiroides (nuez de Adán): consta de dos láminas de cartílago hialino fusionado que forma la pared anterior de la laringe y le dan una forma triangular. Está presente tanto en hombre como en mujeres, pero en hombres es mayor debido a la influencia de las hormonas sexuales masculinas durante la pubertad. El ligamento que une al cartílago tiroides con el hueso hioides se llama membrana tirohioidea.

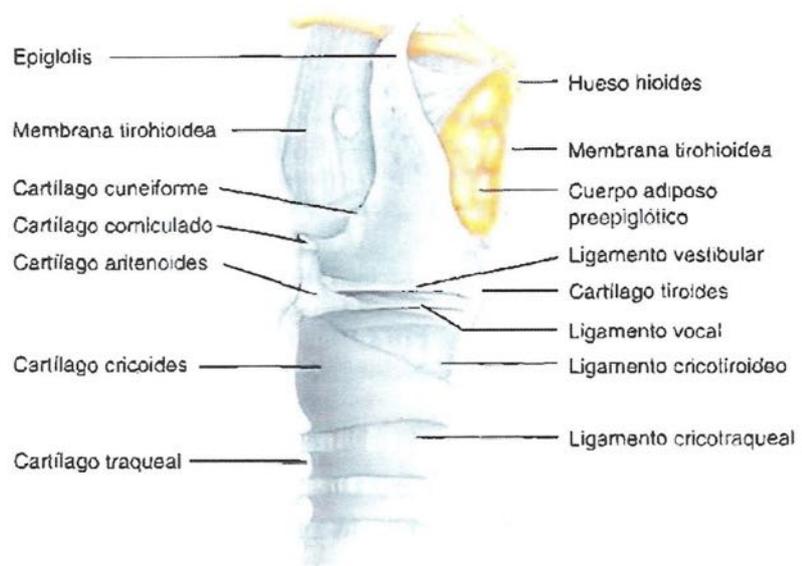
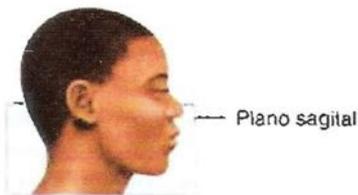
La epiglotis es un cartílago elástico grande con forma de hoja, cubierto de epitelio. El “tallo” de ésta está unido al borde anterior del cartílago tiroides y al hueso hioides. La parte superior de la “hoja” de la epiglotis es libre y puede moverse hacia arriba y hacia abajo como una puerta trampa. Al tragar la faringe y la laringe ascienden. Cuando esta última asciende hace que la epiglotis se mueva hacia abajo y cubra a la glotis. La glotis consiste en un par de pliegues de membrana mucosa,

los pliegues vocales en la laringe, y el espacio entre éstas es llamado la rima o hendidura glótica.



(a) Vista anterior

(b) Vista posterior



(c) Corte sagital

El cartílago cricoides es un anillo de cartílago hialino que forma la pared inferior de la laringe. Está unido al primer anillo cartilaginoso de la tráquea por el ligamento cricotraqueal. El cartílago tiroides está unido al cartílago cricoides por el ligamento cricotiroides. Éste cartílago es la referencia para una vía aérea de emergencia.

Los cartílagos aritenoides pares son dos piezas triangulares de cartílago predominantemente hialino localizado en el borde posteriosuperior del cartílago cricoides. Se unen a los pliegues vocales y a los músculos faríngeos intrínsecos.

Los cartílagos corniculados son dos piezas con forma de cuerno de cartílago clástico, situados en el vértice de cada cartílago aritenoides. Son estructuras de sostén para la epiglotis.

Los cartílagos cuneiformes son dos y son elásticos con forma de cuña, localizados por delante de los cartílagos corniculados, que sostienen a los pliegues vocales y las caras laterales de la epiglotis.

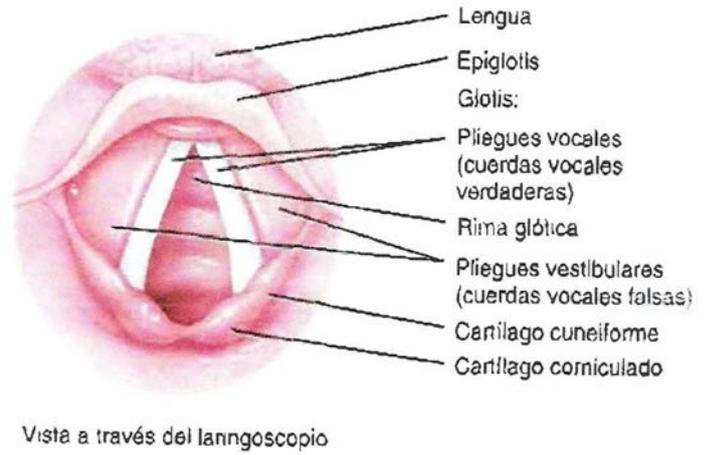
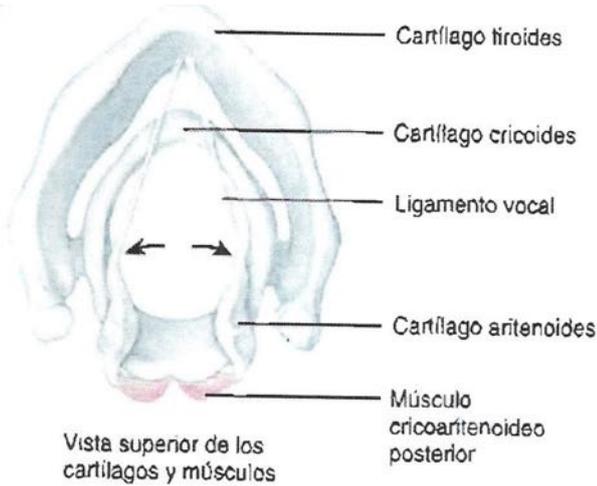
El revestimiento de la laringe superior hasta las cuerdas vocales está formado por epitelio plano o pavimentoso estratificado no queratinizado. El de la laringe inferior hasta las cuerdas vocales es epitelio cilíndrico pseudoestratificado ciliado que presenta células cilíndricas ciliadas, células calciformes y células basales.

### Las estructuras que generan la voz

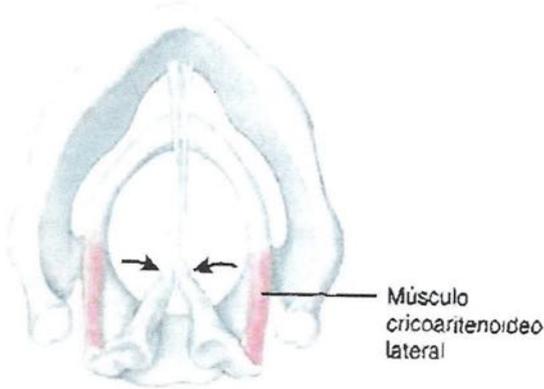
La mucosa de la laringe forma dos pares de pliegues: un par superior llamado pliegues vestibulares (cuerdas vocales falsas) y un par inferior llamado pliegues vocales (cuerdas vocales verdaderas). El espacio entre los pliegues vestibulares es conocido como la rima o hendidura vestibular o hendidura del vestíbulo de la laringe.

El ventrículo laríngeo o (seno laríngeo) es una expansión lateral de la porción media de la cavidad laríngea por debajo de los pliegues vestibulares y por arriba de los pliegues vocales.

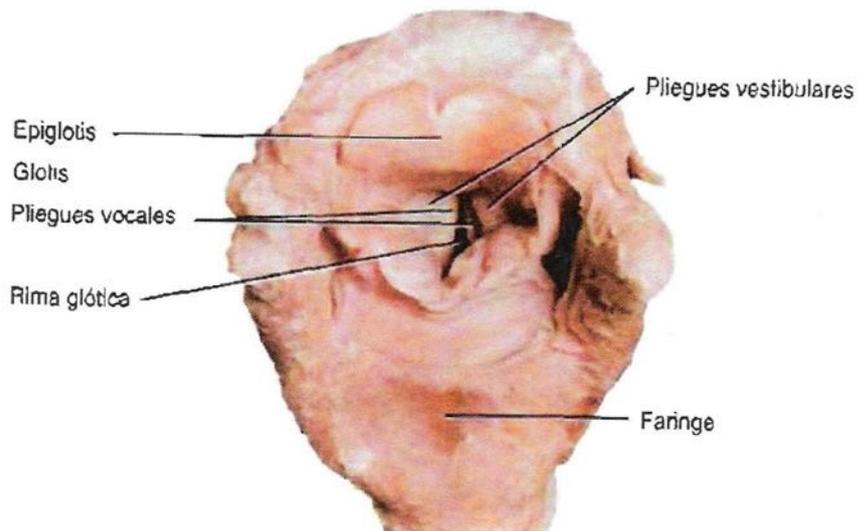
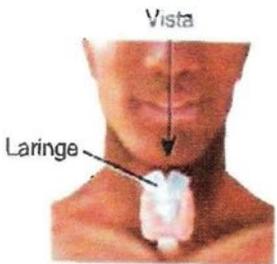
Profundamente con respecto a la mucosa de los pliegues vocales, que está tapizada por epitelio pavimentoso estratificado no queratinizado, se encuentran handas de ligamentos elásticos que se encuentran estirados entre piezas de cartílago rígido. Los músculos intrínsecos de la laringe se insertan en el cartílago rígido como a los pliegues vocales.



(a) Movimiento de las cuerdas vocales hacia afuera (abducción)



(b) Movimiento de las cuerdas vocales hacia adentro (aducción)



(c) Vista superior

## Tráquea

La **tráquea** es un conducto aéreo tubular.

**Mide aproximadamente:** 12 cm de largo y 2,5 cm de diámetro.

Se localiza por delante del esófago y se extiende desde la laringe hasta el borde superior de la quinta vértebra torácica, donde se divide en los bronquios primarios derecho e izquierdo.

La pared de la tráquea está compuesta por las capas siguientes, de la más profunda a la más superficial:

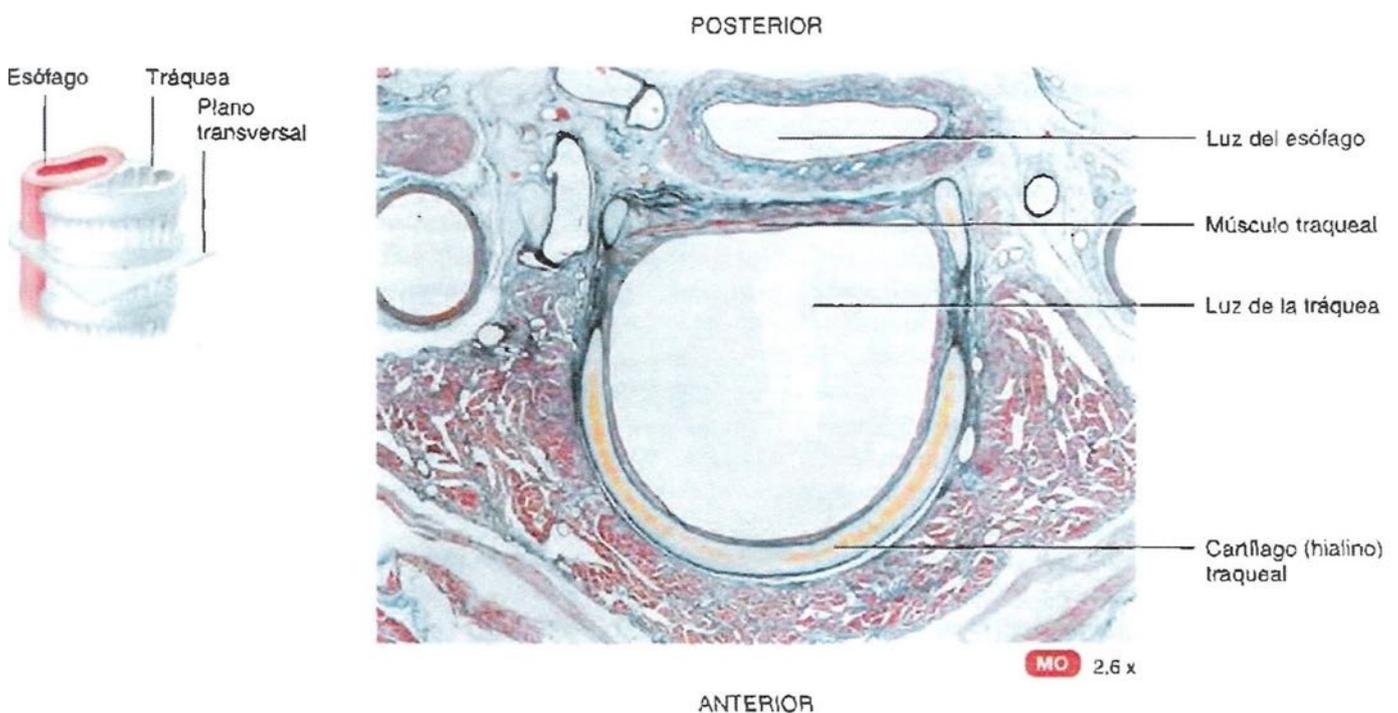
- 1) **Mucosa**
- 2) **Submucosa**
- 3) **Cartilago hialino**
- 4) **Adventicia** (formada por tejido conectivo)

La **mucosa** de la tráquea consiste en una capa de epitelio cilíndrico ciliado pseudoestratificado y una capa subyacente de lámina propia que contiene fibras elásticas y reticulares. El epitelio ciliado pseudoestratificado presenta células cilíndricas ciliadas y células caliciformes que llegan a la superficie luminal, además de células basales, que no lo hacen.

La **submucosa** está constituida por tejido conectivo areolar que contiene glándulas seromucosas y sus conductos.

Los 16 a 20 anillos incompletos de **cartilago hialino** se pueden percibir a través de la piel por debajo de la laringe. La parte abierta de cada anillo cartilaginoso mira al esófago. Las fibras musculares lisas transversales, llamadas **músculo traqueal**, y el tejido conectivo elástico estabilizan los extremos abiertos de los anillos.

La **adventicia** consiste en tejido conectivo que une la tráquea a los tejidos circundantes.



Corte transversal de la tráquea y el esófago

## Bronquios

Tráquea

Bronquio primario derecho

Bronquios secundarios

Bronquiolos segmentarios

En el borde superior de la quinta vértebra torácica, la tráquea se divide en un bronquio primario derecho, que va hacia el pulmón derecho, y un bronquio primario izquierdo, que va hacia el pulmón izquierdo. El bronquio primario derecho es más vertical, más corto y más ancho que el izquierdo. Al igual que la tráquea los bronquios primarios tienen anillos incompletos de cartílago y están cubiertos por epitelio cilíndrico ciliado pseudoestratificado.

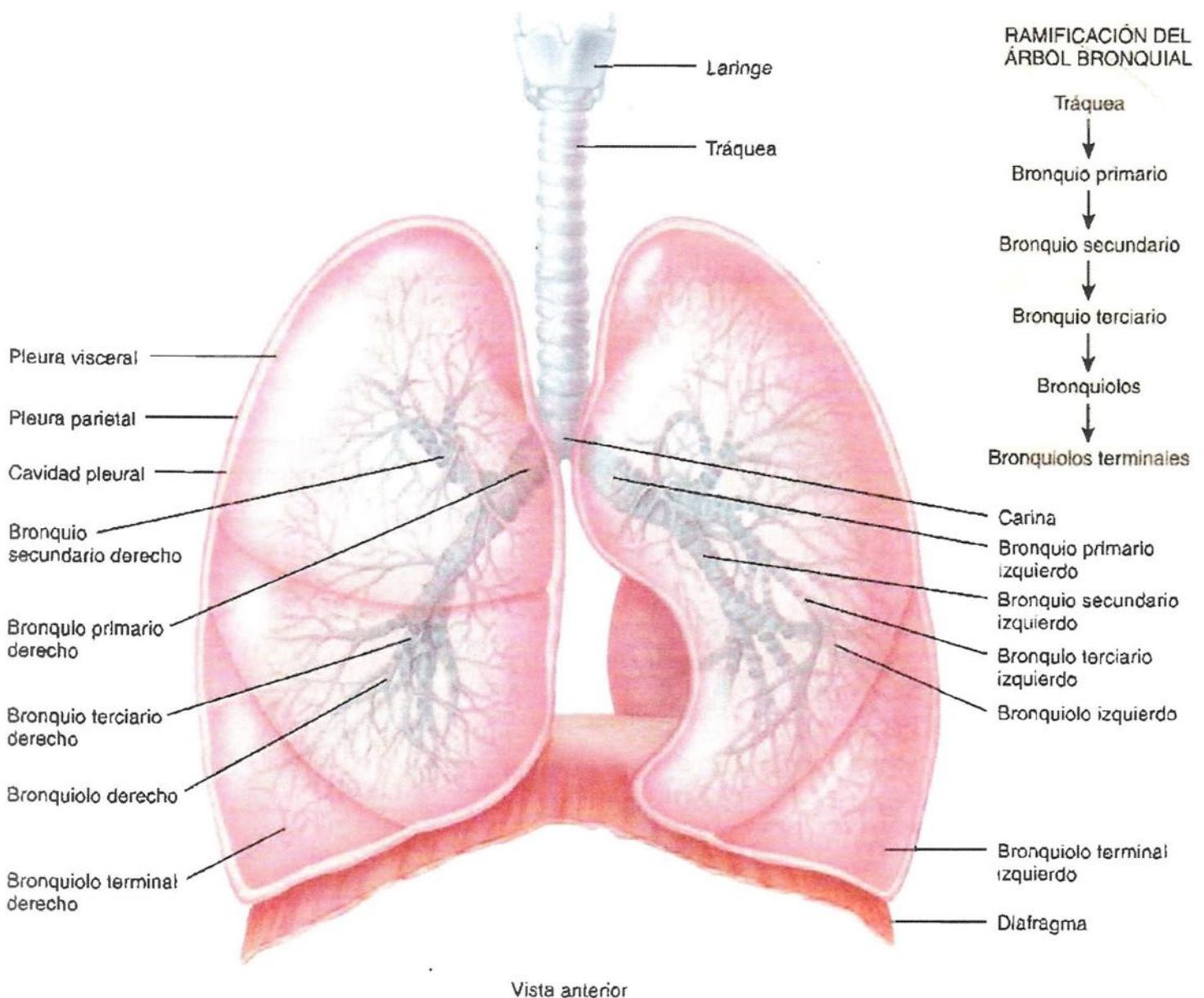
En el punto en el que la tráquea se divide en los bronquios primarios derecho e izquierdo se forma una cresta interna llamada la carina.

En la entrada de los pulmones, los bronquios primarios se dividen para formar bronquios más pequeños, los bronquios secundarios (lobulares), uno para cada lóbulo del pulmón (el pulmón derecho tiene tres lóbulos y el pulmón izquierdo tiene dos). Los bronquios secundarios (lobulares), uno para cada lóbulo de pulmón (el pulmón derecho tiene tres lóbulos y el pulmón izquierdo tiene dos). Los bronquios secundarios continúan ramificándose y dan lugar a bronquios aún más pequeños, llamados bronquiolos segmentarios, que se dividen en bronquiolos. Los bronquiolos, a su vez, se ramifican repetidamente, y los más pequeños se ramifican en tubos todavía de menor calibre, denominados bronquiolos terminales. Esta ramificación extensa a partir de la tráquea se asemeja a un árbol invertido, por ello recibe el nombre de árbol bronquial.

A medida que la ramificación se hace más extensa en el árbol bronquial, se pueden advertir diversos cambios estructurales:

Árbol bronquial

- 1) En la mucosa del árbol bronquial, el epitelio cilíndrico ciliado pseudoestratificado en los bronquios primarios, secundarios y segmentarios se transforma en epitelio cilíndrico simple ciliado con algunas células caliciformes en los bronquiolos más grandes, en epitelio principalmente cúbico simple no ciliado sin células caliciformes en los bronquiolos más pequeños, y en epitelio cúbico simple no ciliado en los bronquiolos terminales
- 2) Placas de cartílago reemplazan gradualmente a los anillos incompletos de cartílago en los bronquios primarios y finalmente desaparecen en los bronquiolos distales.
- 3) A medida que la cantidad de cartílago disminuye, aumenta la cantidad de músculo liso. Como no hay cartílago de sostén, sin embargo, los espasmos musculares pueden obstruir las vías aéreas.



## Pulmones

**Los pulmones** son órganos pares, de forma cónica, situados en la cavidad torácica. Están separados uno del otro por el corazón y otras estructuras del mediastino, que divide a la cavidad torácica en dos compartimentos anatómicamente diferenciados.

Dos capas de serosa, llamadas en conjunto membrana pleural encierran y protegen a cada pulmón. La capa superficial, la pleura parietal, tapiza la pared de la cavidad torácica; la capa profunda, la pleura visceral, reviste a los pulmones.

Entre la pleura parietal y visceral hay un pequeño espacio, la cavidad pleural, que contiene escaso volumen de líquido lubricante secretado por las membranas.

Cavidades pleurales separadas rodean a los pulmones derecho e izquierdo.

Los pulmones se extienden desde el diafragma hasta ligeramente por encima de las clavículas y se apoyan en las costillas hacia adelante y hacia atrás. La porción ancha inferior del pulmón, la base, es cóncava y se amolda a la superficie convexa del diafragma. La porción angosta superior del pulmón es el vértice. La cara del pulmón que toma contacto con las costillas, la cara costal, concuerda con la curvatura redondeada de éstas. La cara mediastínica (medial) de cada pulmón contiene una región, el hilio, a través del cual el bronquio, los vasos sanguíneos pulmonares, los vasos linfáticos y los nervios entran y salen del órgano. Estas estructuras se mantienen unidas por la pleura y el tejido conectivo y constituyen la raíz del pulmón. En su cara medial o interna, el pulmón izquierdo también presenta una concavidad, la incisura o escotadura cardiaca, en la que descansa el corazón. Como consecuencia del espacio que ocupa el corazón, el pulmón izquierdo es un 10% más pequeño que el derecho.

Los pulmones llenan casi por completo el tórax. El vértice pulmonar excede por arriba el tercio interno de las clavículas, y es la única área donde pueden ser palpados. Las caras anterior, lateral y posterior de los pulmones descansan sobre las costillas. La base de los pulmones se extiende desde el sexto cartílago costal por delante hasta la apófisis espinosa de la décima vértebra torácica por detrás.

La pleura se extiende cerca de 5cm por debajo de la base, desde el sexto cartílago costal anteriormente hasta la duodécima costilla posteriormente. Los pulmones, por lo tanto, no ocupan por completo la cavidad pleural en esta zona.

### Lóbulos y fisuras

1 o 2 fisuras dividen a cada pulmón en lóbulos. Ambos pulmones tienen una fisura oblicua, que se extiende inferior y anteriormente: el pulmón derecho también tiene una fisura horizontal. La fisura oblicua del pulmón izquierdo separa al lóbulo superior del lóbulo inferior. En el pulmón derecho, la parte superior de la fisura oblicua separa al lóbulo superior del lóbulo inferior: la parte inferior de la fisura oblicua separa al lóbulo inferior del lóbulo medio, que está rodeado en su parte superior por la fisura horizontal.

Cada lóbulo recibe su propio bronquio secundario (lobular). De esta manera el bronquio primario derecho da origen a tres bronquios secundarios (lobulares) llamados bronquios secundarios (lobulares) superior, medio e inferior, y el bronquio primario izquierdo da origen a los bronquios secundarios (lobulares) superior e inferior. Dentro del pulmón, a partir de los bronquios secundarios se forman los bronquios terciarios (segmentarios), que son iguales tanto en su origen como en su distribución: hay 10 bronquios terciarios en cada pulmón. El segmento de tejido pulmonar al cual abastece cada bronquio terciario se llama segmento broncopulmonar.

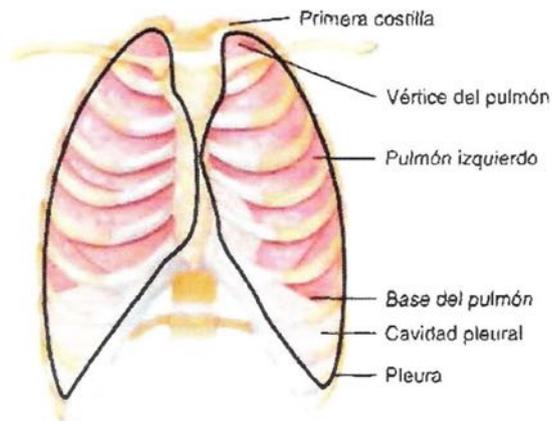
Cada segmento broncopulmonar tiene muchos compartimentos pequeños llamados lóbulillos: cada lóbulillo está envuelto en tejido conectivo elástico y contiene un vaso linfático, una arteriola, una vénula y una rama de bronquiolo terminal. Los

bronquiolos terminales se subdividen en ramas microscópicas, los bronquiolos respiratorios. A medida que penetran en los pulmones, el revestimiento epitelial cambia de cúbico simple a pavimentoso simple. Los bronquiolos respiratorios a la vez se subdividen en varios conductos alveolares.

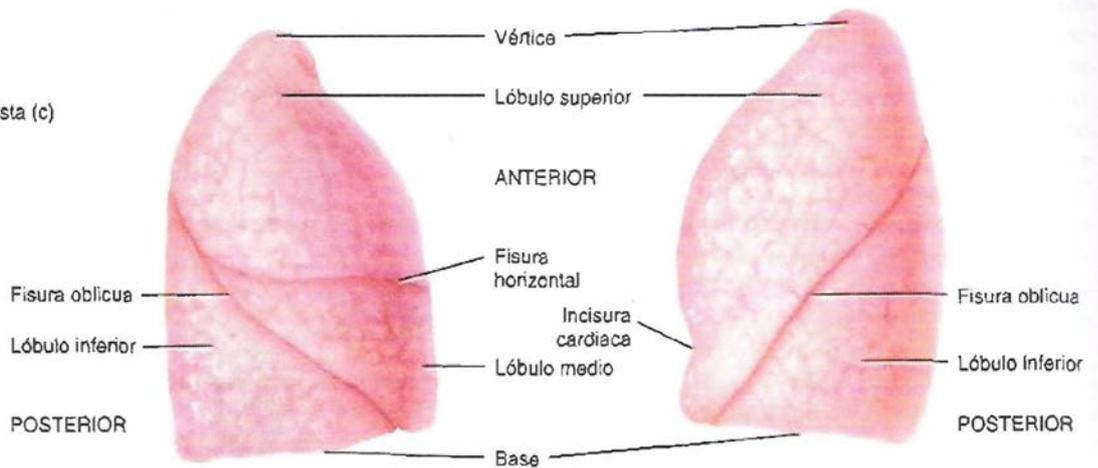
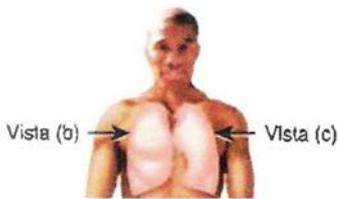
Ramificación de 1º orden: De la tráquea a bronquios primarios.

Ramificación de 2º orden: De los bronquios primarios a los bronquios secundarios.

Así sucesivamente hasta los alveolos.

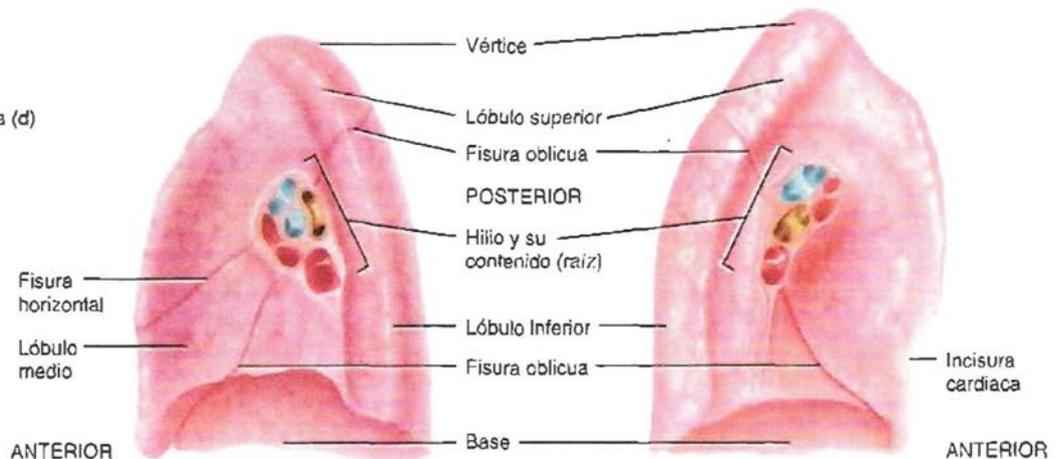
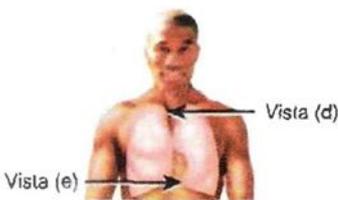


(a) Vista anterior de los pulmones y la pleura en el tórax



(b) Vista lateral del pulmón derecho

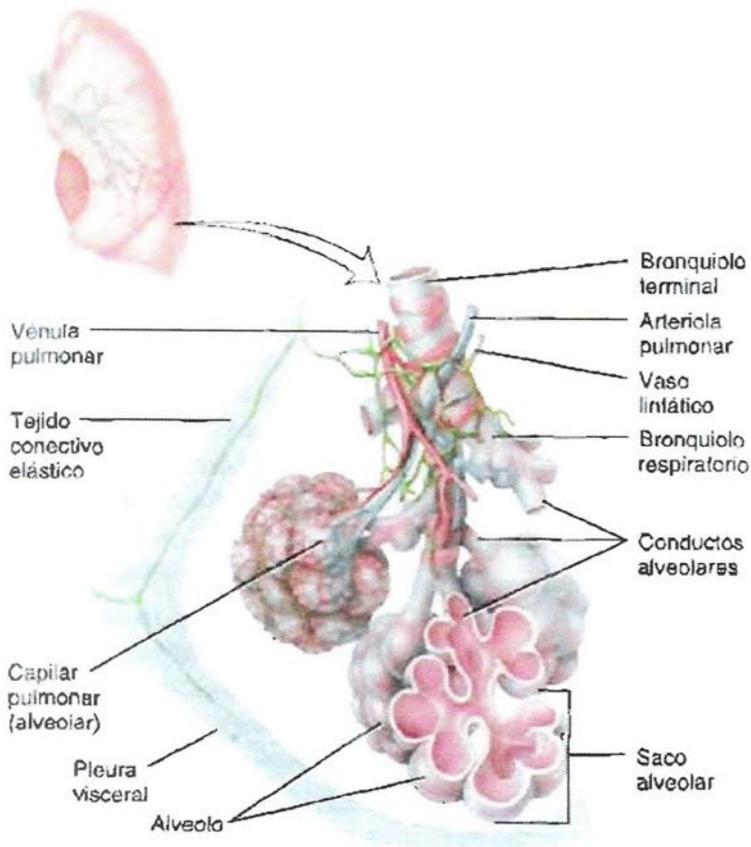
(c) Vista lateral del pulmón izquierdo



(d) Vista medial del pulmón derecho

(e) Vista medial del pulmón izquierdo

## Alveolos



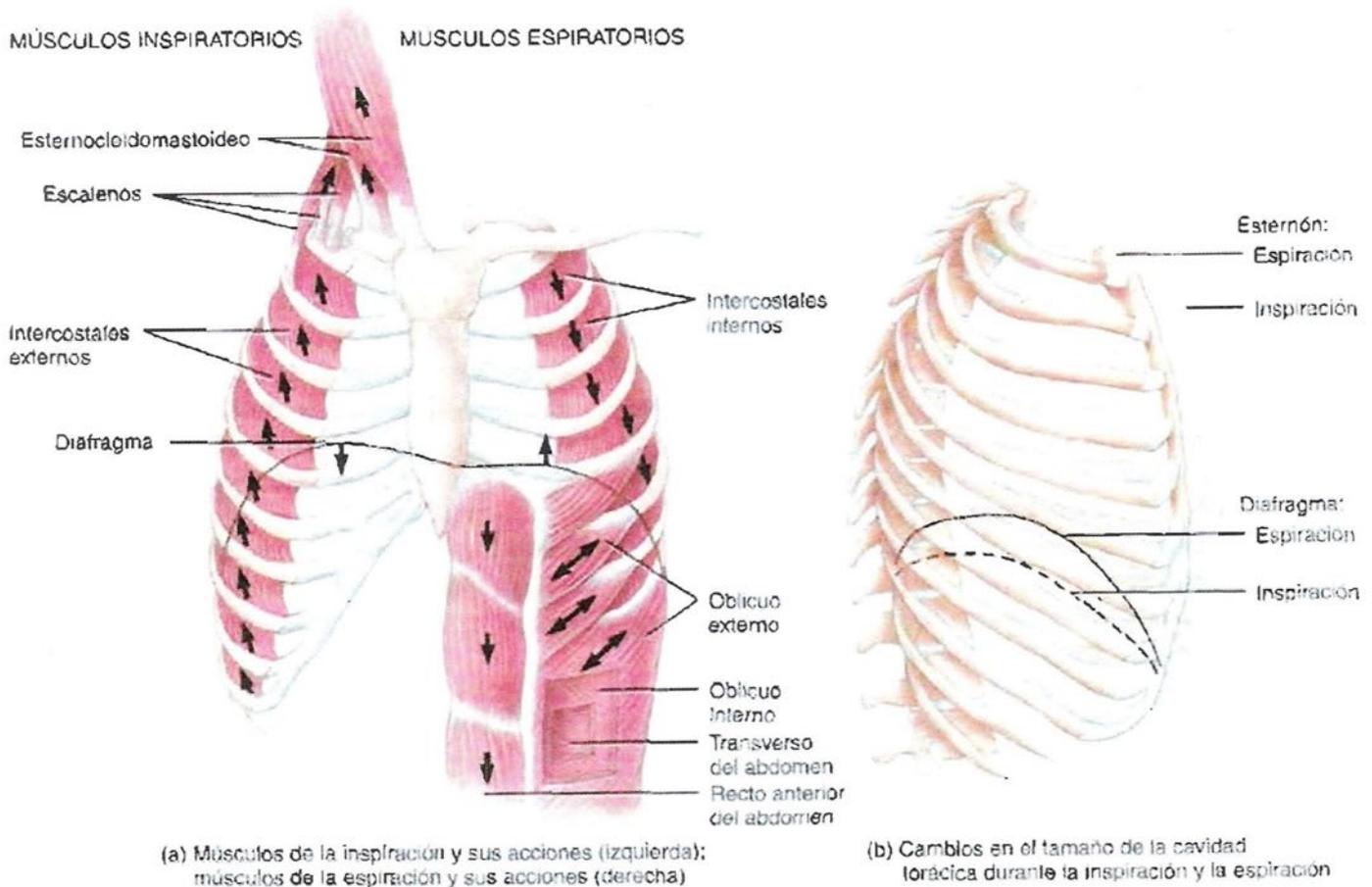
(a) Diagrama de un porción de un lobulillo pulmonar

Alrededor de la circunferencia de los conductos alveolares se encuentran numerosos alveolos y sacos alveolares. Un alveolo está recubierto por epitelio pavimentoso simple y sostenido por una membrana basal elástica fina: un saco alveolar consiste en dos o más alveolos que comparten una abertura común. Las paredes de los alveolos tienen dos tipos de células epiteliales alveolares. Las más numerosas son las células alveolares (neumonocitos) de tipo I, células epiteliales pavimentosas simples que forman un revestimiento casi continuo de la pared alveolar. Las células alveolares de tipo II también llamadas células septales, son más escasas en número y se disponen entre las células alveolares de tipo I.

## Circulación pulmonar

Los pulmones reciben sangre a través de dos grupos de arterias: las arterias pulmonares y las arterias bronquiales. La sangre desoxigenada pasa a través del tronco pulmonar, que se divide en una arteria pulmonar izquierda que entra en el pulmón izquierdo y una arteria pulmonar derecha que entra en el pulmón derecho. (Las arterias pulmonares son las únicas que del organismo que llevan sangre desoxigenada). El regreso de la sangre al corazón se cumple por las cuatro venas pulmonares, que drenan en la aurícula izquierda.

Las arterias bronquiales, que son ramas de la aorta, suministran al pulmón sangre oxigenada. Esta sangre perfunde principalmente las paredes de los bronquios y los bronquiolos. Sin embargo, existen conexiones entre las ramas de las arterias bronquiales y las ramas de la pulmonar, aunque la mayor parte de la sangre retorna al corazón por las venas pulmonares. Parte de la sangre, sin embargo, drena en las venas bronquiales y vuelve al corazón por la vena cava superior.



## GUIA DE ESTUDIO

### ANATOMÍA DEL APARATO RESPIRATORIO (p. 853)

1. El aparato respiratorio está constituido por la nariz, la faringe, la laringe, la tráquea, los bronquios y los pulmones. Actúa con el aparato cardiovascular para proveer oxígeno ( $O_2$ ) y eliminar el dióxido de carbono ( $CO_2$ ) de la sangre.
2. La porción externa de la nariz está formada por cartílago y piel y se halla revestida interiormente por una mucosa. Las aberturas externas son las narinas.
3. La porción interna de la nariz se comunica con los senos paranasales y la nasofaringe a través de las coanas.
4. La cavidad nasal está dividida por un tabique. La porción anterior de la cavidad se llama vestíbulo. La nariz calienta, humecta y filtra el aire, e interviene en la olfacción y el habla.
5. La faringe (garganta) es un tubo muscular cubierto por mucosa. Las regiones anatómicas son la nasofaringe, la orofaringe y la laringofaringe.
6. La nasofaringe participa en la respiración. La orofaringe y la laringofaringe tienen funciones tanto digestivas como respiratorias.
7. La laringe es un órgano tubular que conecta la faringe con la tráquea. Contiene el cartílago tiroides (nuez de Adán); la epiglotis, que evita que los alimentos entren en la laringe; el cartílago cricoides, que vincula la laringe con la tráquea, y los cartílagos aritenoides, corniculados y cuneiformes en número par.
8. En el interior de la laringe se hallan los pliegues vocales, que producen sonidos cuando vibran. Si están tensas, los sonidos serán agudos y si están relajadas su tono será grave.
9. La tráquea se extiende desde la laringe hasta los bronquios primarios. Está formada por anillos cartilagosos en forma de C y por músculo liso y su epitelio de revestimiento es cilíndrico ciliado estratificado.
10. El árbol bronquial está constituido por la tráquea, los bronquios primarios, los bronquios secundarios, los bronquios terciarios, los bronquiolos y los bronquiolos terminales. Las paredes de los bronquios contienen an-

illos cartilaginosos; las paredes de los bronquiolos presentan placas de cartílago cada vez más pequeñas y cantidades crecientes de músculo liso.

11. Los pulmones son órganos pares situados en la cavidad torácica y envueltos por la membrana pleural. La pleura parietal es la capa superficial que reviste la cavidad torácica; la pleura visceral es la capa profunda que cubre los pulmones.
12. El pulmón derecho tiene tres lóbulos; el pulmón izquierdo tiene dos lóbulos separados por una fisura y una depresión, la incisura o escotadura cardíaca.
13. Los bronquios secundarios dan origen a ramas llamadas bronquios segmentarios, que abastecen a segmentos de tejido pulmonar denominados segmentos broncopulmonares.
14. Cada segmento broncopulmonar está dividido en lóbulillos, los cuales contienen linfáticos, arteriolas, vénulas, bronquiolos terminales, bronquiolos respiratorios, conductos alveolares, sacos alveolares y alveolos.
15. Las paredes alveolares presentan células alveolares de tipo I, células alveolares de tipo II y macrófagos asociados.
16. El intercambio gaseoso se produce a través de la membrana respiratoria (alvéolo-capilar).

### VENTILACIÓN PULMONAR (p. 869)

1. La ventilación pulmonar, o respiración, es un proceso que comprende la inspiración y la espiración.
2. El movimiento del aire hacia adentro y hacia afuera de los pulmones depende de los cambios de presión gobernados en parte por la ley de Boyle, que establece que el volumen de un gas varía inversamente con la presión, cuando la temperatura permanece constante.
3. La inspiración se produce cuando la presión alveolar disminuye por debajo de la presión atmosférica. La contracción del diafragma y de los músculos externos aumenta el diámetro del tórax y disminuye de tal modo la presión intrapleural de manera que se expanden los pulmones. La expansión de los pulmones reduce la presión alveolar de manera que el aire se desplaza siguiendo un gradiente de presión desde la atmósfera hacia los pulmones.

4. Durante la inspiración forzada se utilizan también los músculos accesorios de la inspiración (esternocleidomastoideo, escalenos y pectorales menores).
5. La espiración tiene lugar cuando la presión alveolar es mayor que la presión atmosférica. La relajación del diafragma y de los intercostales externos da como resultado la retracción elástica del tórax y los pulmones, lo cual incrementa la presión intrapleurál, de manera que el aire se mueve desde los pulmones hacia la atmósfera.
6. La espiración forzada implica la contracción de los intercostales internos y los músculos abdominales.
7. La tensión superficial ejercida por el líquido alveolar disminuye en presencia de surfactante o tensioactivo.
8. La distensibilidad (*compliance*) es la facilidad con la cual se pueden expandir los pulmones y la pared torácica.
9. Las paredes de las vías aéreas ofrecen cierta resistencia a la respiración.
10. La respiración normal se llama eupnea; otros modelos son la respiración costal y la respiración diafragmática. Los movimientos respiratorios modificados, como la tos, el estornudo, el susurro, el bostezo, el sollozo, el llanto, la risa y el hipo, se emplean para expresar emociones y para depurar las vías aéreas.

### VOLÚMENES Y CAPACIDADES PULMONARES (p. 874)

1. Los volúmenes pulmonares intercambiados durante la ventilación y la frecuencia respiratoria se miden con un espirómetro.
2. Los volúmenes pulmonares medidos por espirometría son el volumen corriente, la ventilación minuto, la ventilación alveolar, el volumen de reserva inspiratorio, el volumen de reserva espiratorio y el VEF<sub>100</sub>. Otros volúmenes pulmonares son el espacio muerto anatómico, el volumen residual y el volumen mínimo.
3. Las capacidades pulmonares, la suma de dos o más volúmenes, corresponden a las capacidades inspiratoria, funcional, residual, vital y pulmonar total.

### INTERCAMBIO DE OXÍGENO Y DIÓXIDO DE CARBONO (p. 876)

1. La presión parcial de un gas es la presión ejercida por ese gas en una mezcla de gases. Se simboliza como  $P_g$ , donde el subíndice es la fórmula química del gas.
2. De acuerdo con la ley de Dalton, en una mezcla de gases cada gas ejerce su propia presión como si todos los otros no estuvieran presentes.
3. La ley de Henry establece que el volumen de un gas que se disolverá en un líquido es proporcional a la presión parcial del gas y su solubilidad (a temperatura constante).
4. En la respiración interna y externa, el  $O_2$  y el  $CO_2$  se difunden desde áreas de presión parcial mayor hacia áreas de presión parcial menor.
5. La respiración externa o intercambio gaseoso pulmonar es el intercambio de gases entre los alveolos y los capilares sanguíneos pulmonares. Depende de las diferencias de presión parcial, una gran área de superficie para el intercambio gaseoso, una pequeña distancia de difusión a través de la membrana respiratoria y la tasa de flujo aéreo hacia adentro y afuera de los pulmones.
6. La respiración interna o intercambio gaseoso sistémico es el intercambio de gases entre los capilares sanguíneos sistémicos y las células de los tejidos corporales.

### TRANSPORTE DE OXÍGENO Y DIÓXIDO DE CARBONO (p. 879)

1. En cada 100 mL de sangre oxigenada, el 1,5% del  $O_2$  está disuelto en el plasma y el 98,5% está unido a la hemoglobina como oxihemoglobina ( $HbO_2$ ).
2. La unión del  $O_2$  a la hemoglobina es afectada por la  $P_{O_2}$ , la acidez (pH), la  $P_{CO_2}$ , la temperatura y el 2,3—bifosfoglicerato (BPG).
3. La hemoglobina fetal difiere de la hemoglobina adulta en su estructura y tiene una elevada afinidad por el  $O_2$ .
4. En cada 100 mL de sangre desoxigenada, el 7% del  $CO_2$  está disuelto en el plasma, el 23% se combina con la hemoglobina como carbaminohemoglobina ( $HbCO_2$ ) y el 70% se convierte en iones bicarbonato ( $HCO_3^-$ ).
5. En un ambiente ácido, la afinidad de la hemoglobina por el  $O_2$  es menor, y el  $O_2$  se disocia de ésta más fácilmente (efecto Bohr).
6. En presencia de  $O_2$ , se une menos  $CO_2$  a la hemoglobina (efecto Haldane).

### CONTROL DE LA RESPIRACIÓN (p. 885)

1. El centro respiratorio está constituido por el área rímica bulbar en el bulbo raquídeo y un área neumotáxica y un área apnéustica en la protuberancia o puente.
2. El área inspiratoria establece el ritmo básico de la respiración.
3. Las áreas neumotáxica y apnéustica coordinan la transición entre la inspiración y la espiración.
4. Diversos factores pueden modificar la ventilación, incluyendo las influencias corticales, el reflejo de insuflación: los estímulos químicos, como el  $O_2$  y el  $CO_2$  y los niveles de  $H^+$ ; la aferencia del propioceptor, los cambios de la presión arterial, la estimulación del sistema límbico, la temperatura; el dolor, y la irritación de las vías aéreas (véase cuadro 23-2).

### EJERCICIO Y APARATO RESPIRATORIO (p. 889)

1. La frecuencia y la profundidad de la respiración cambian en respuesta a la intensidad y a la duración del ejercicio.
2. Durante el ejercicio hay un aumento de la perfusión pulmonar y de la capacidad de difusión del  $O_2$ .
3. El aumento brusco de la ventilación al comienzo del ejercicio se debe a cambios neurales que envían impulsos excitatorios al área inspiratoria del bulbo raquídeo. El aumento más gradual de la ventilación durante el ejercicio moderado se debe a cambios químicos y físicos en el torrente sanguíneo.

### DESARROLLO DEL APARATO RESPIRATORIO (p. 890)

1. El aparato respiratorio comienza como una evaginación del endodermo llamado divertículo respiratorio.
2. El músculo liso, el cartílago y el tejido conectivo de los bronquios y los sacos pleurales se desarrollan a partir del mesodermo.

### ENVEJECIMIENTO Y APARATO RESPIRATORIO (p. 891)

1. El envejecimiento determina una disminución de la capacidad vital, del nivel sanguíneo de  $O_2$  y de la actividad macrofágica alveolar.
2. Los ancianos son más susceptibles a la neumonía, el enfisema, la bronquitis y otras enfermedades pulmonares.