

Universidad Autónoma del Estado de México  
Facultad de Ciencias



LICENCIATURA EN BIOLOGIA

Unidad de Aprendizaje:  
**SISTEMAS ANIMALES**

**MONOGRAFIA:**  
**“Sistema Respiratorio”**

Por  
Dr. Hermilo Sánchez Sánchez  
E-mail: [hss@uaemex.mx](mailto:hss@uaemex.mx)

Toluca, Méx., octubre de 2017

## INDICE DE CONTENIDO

<b>PRESENTACIÓN</b>	3
<b>OBJETIVO</b>	
<b>SECUENCIA DIDÁCTICA</b>	4
<b>INTRODUCCIÓN</b>	5
El Sistema Respiratorio	
I. Anatomía del sistema respiratorio	
1. Tracto respiratorio superior	
a) Nariz y fosas nasales	
b) Senos paranasales	7
c) Boca	8
d) Faringe	9
i) Nasofaringe	
ii) Orofaringe	10
iii) Laringofaringe	11
e) Laringe	
i) Cartílago tiroides	
ii) Cartílago cricoides	
iii) Cartílago epiglotis	
iv) Cartílagos aritenoides	12
v) Cartílagos corniculados y cuneiformes	
f) Tráquea	13
2. Tracto respiratorio inferior	14
a) Bronquios	
b) Pulmones	15
c) Bronquios	16
3. Estructuras accesorias	17
a) Pleuras	
b) Pared torácica	18
II. El proceso de respiración	19
1. Ventilación pulmonar	
2. Difusión o intercambio alvéolo-capilar	20
3. Transporte de oxígeno	21
4. Regulación o control de la respiración	22
III. Anomalías del sistema respiratorio	23
1) Asma	
2. Bronquitis	
3. Enfisema pulmonar	
4. Faringitis	
5. Neumonía	24
<b>RESUMEN</b>	25
IV. Referencias Bibliográficas	26

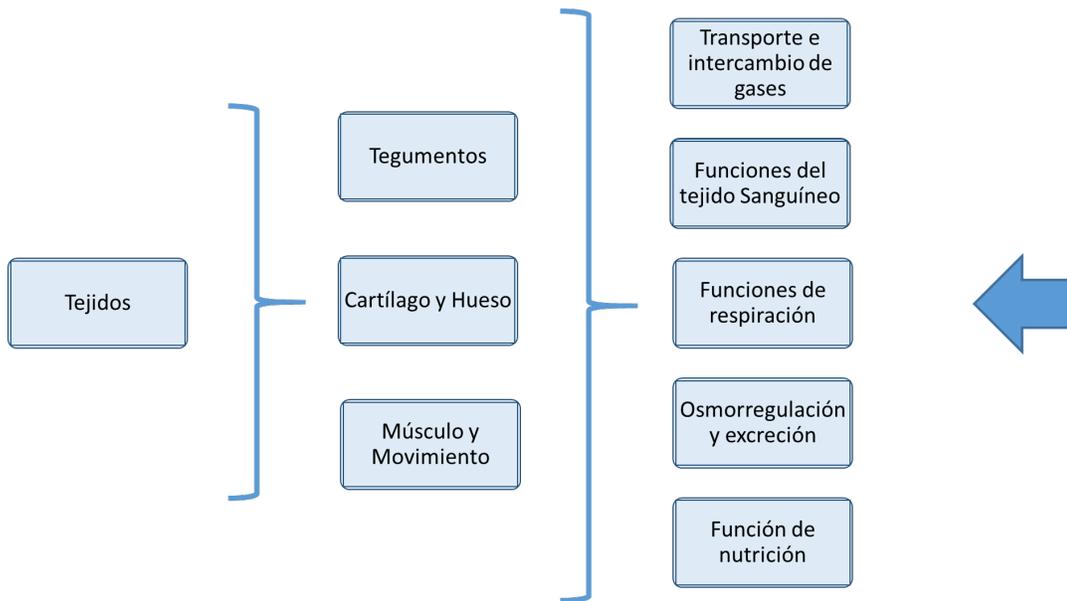
## **PRESENTACIÓN**

En la presente monografía se expone el sistema respiratorio humano como modelo general en los vertebrados. El propósito de esta monografía es el de presentar una síntesis del sistema como parte del programa de la unidad de aprendizaje “Sistemas Animales” de la Licenciatura en Biología. La monografía corresponde a una revisión bibliográfica que concentra tres temas principales; el primer tema es introductorio y corresponde a la Anatomía del sistema respiratorio, el tema dos al proceso de respiración y el tema tres a anomalías del sistema respiratorio. En general estos temas están comprendidos dentro de la unidad VII (Función Respiratoria) del programa de Sistemas Animales.

## **OBJETIVO**

Mostrar una síntesis del sistema respiratorio enfocado en el humano como un modelo en los vertebrados. El sistema respiratorio es uno de los temas fundamentales de la Unidad de aprendizaje Sistemas Animales, el cual esta relacionado con otros sistemas de los organismos.

## SECUENCIA DIDÁCTICA



## INTRODUCCIÓN

### Sistema Respiratorio

El sistema respiratorio contempla un conjunto de estructuras cuya función es la de abastecer de oxígeno al organismo mediante un proceso involuntario y automático, en que se extrae el oxígeno del aire inspirado de la atmósfera y se expulsan los gases de desecho producido por el metabolismo celular con el aire espirado. El proceso de intercambio de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> entre la sangre y la atmósfera, recibe el nombre de respiración externa, mientras que el proceso de intercambio de gases entre la sangre de los capilares y las células de los tejidos en donde se localizan esos capilares se llama respiración interna (Kardong 2014).

Algunas otras funciones del sistema respiratorio, es que interviene en la regulación del pH corporal, en la protección contra los agentes patógenos y las sustancias irritantes que son inhalados. También en la vocalización, ya que al moverse el aire a través de las cuerdas vocales, produce vibraciones que son utilizadas para hablar, cantar, gritar, etcétera (Ganong, 2004).

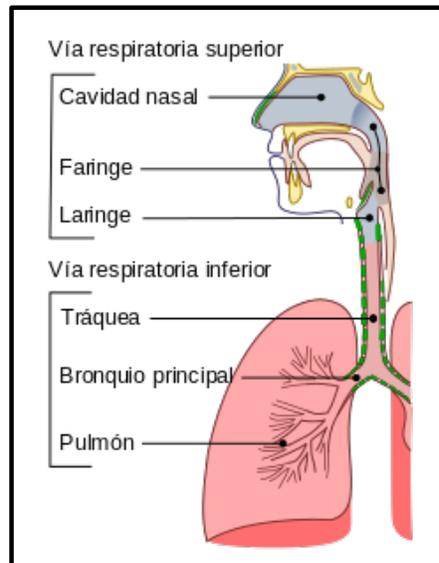
#### I. Anatomía del sistema respiratorio

Para un mejor entendimiento sobre la anatomía del sistema respiratorio, éste se puede dividir en dos partes: el tracto respiratorio superior, el tracto respiratorio inferior y estructuras accesorias (Figura 1).

##### 1. Tracto respiratorio superior

###### a) Nariz y fosas nasales

La nariz es la parte superior del sistema respiratorio y varía en tamaño y forma en diferentes personas. Se proyecta hacia adelante desde la cara, a la que está unida su raíz, por debajo de la frente, y su dorso se extiende desde la raíz hasta el vértice o punta. La principal función de la nariz es humedecer, calentar y purificar el aire inspirado.



**Figura 1. Vía superior e inferior del sistema respiratorio.**

([wikimedia.org/wiki/commons/thumb/f/f8/Illu\\_conducting\\_passages\\_es.svg/245px-Illu\\_conducting\\_passages\\_es.svg.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Illustration_of_the_human_respiratory_system.svg))

La parte superior de la nariz es ósea, se llama puente de la nariz y está compuesto por los huesos nasales, parte del maxilar superior y la parte nasal del hueso frontal. Por otra parte, la parte inferior de la nariz es cartilaginosa y se compone de cartílagos hialinos: 5 principales y otros más pequeños.

En el interior de la nariz se encuentra el tabique nasal que es parcialmente óseo y parcialmente cartilaginoso y divide a la cavidad nasal en dos partes llamadas las fosas nasales. La parte ósea del tabique está formada por parte del hueso etmoides y por el vómer y se localiza en el plano medio de las fosas nasales hasta el 7o año de vida. Después suele abombarse hacia uno de los lados, generalmente el derecho. La parte cartilaginosa está formada por cartílago hialino y se llama cartílago septal (Weichert y Presch 1989).

Las fosas nasales se abren al exterior por dos aberturas llamadas los orificios o ventanas nasales, limitados por fuera por las alas de la nariz, y se comunican con la nasofaringe por dos orificios posteriores o coanas. En cada fosa nasal se distingue un techo, una pared medial, una pared lateral y un suelo.

El techo es curvado y estrecho y está formado por 3 huesos: frontal, etmoidal y esfenoidal. El suelo es más ancho que el techo y está formado por parte de los huesos

maxilar y palatino. La pared interna está formada por el tabique nasal óseo y es lisa.

La pared externa es rugosa debido a la presencia de 3 elevaciones óseas longitudinales: los cornetes nasales superior, medio e inferior que se proyectan hacia el interior de cada fosa nasal y se curvan hacia abajo formando canales de paso de aire que se llaman meatos. Debajo del cornete superior se encuentra el meato superior en donde desembocan los senos etmoidales. Debajo del cornete medio se encuentra el meato medio en donde desembocan los senos maxilar y frontal. Debajo del cornete inferior se encuentra el meato inferior, en donde desemboca el conducto lácrimo-nasal (Nilsson, 2010).

Las fosas nasales en su parte más exterior están recubiertas por piel que contiene un cierto número de gruesos pelos cortos o vibrisas y en su parte restante, por una membrana mucosa con epitelio pseudoestratificado columnar ciliado. Las vibrisas atrapan las partículas más grandes suspendidas en el aire inspirado antes de que alcancen la mucosa nasal, mientras que el resto de partículas es atrapado por una fina capa de moco segregada por las glándulas mucosas del epitelio, que luego es propulsado por los cilios hacia la faringe para ser deglutido e inactivado en el estómago. Además, el aire inspirado al pasar por la mucosa nasal es humedecido y calentado antes de seguir su camino por las vías respiratorias.

Una tercera parte superior de la mucosa nasal, situada en el techo y la zona superior de las paredes interna y externa de las fosas nasales, es la mucosa olfatoria, ya que contiene los receptores sensitivos olfatorios.

#### b) Senos paranasales

Los senos paranasales son cavidades llenas de aire, de diferente tamaño y forma según las personas, que se originan al introducirse la mucosa de la cavidad nasal en los huesos del cráneo contiguos y, por tanto, están tapizadas por mucosa nasal, aunque más delgada y con menos vasos sanguíneos que la que recubre las fosas nasales. Los huesos que poseen cavidades aéreas son el frontal, el etmoides, el esfenoides y el maxilar superior. En el recién nacido, la mayoría de senos son rudimentarios o están ausentes y durante la infancia y la adolescencia crecen e invaden los huesos adyacentes. El crecimiento de los senos es importante porque

altera el tamaño y la forma de la cara y da resonancia a la voz. El moco secretado por las glándulas de la mucosa que los tapiza, pasa a las fosas nasales a través de los meatos (Carlson, 2001).

**Senos frontales.** Se localizan entre las tablas interna y externa del hueso frontal, por detrás de los arcos superciliares y a partir de los 7 años ya pueden ser visualizados en radiografías. Aunque es posible encontrar numerosos senos frontales, lo habitual es que haya uno derecho y otro izquierdo, que rara vez son de igual tamaño en una misma persona ya que el tabique que los separa no suele encontrarse en el plano medio. El tamaño de los senos frontales varía desde unos 5 mm hasta grandes espacios que se extienden lateralmente. Cada seno frontal comunica con la fosa nasal correspondiente a través del meato medio (Kardong, 2014).

**Senos etmoidales.** El número de cavidades aéreas en el hueso etmoides varía de 3-18 y no suelen ser visibles radiológicamente hasta los 2 años de edad. Desembocan en las fosas nasales por los meatos superiores.

**Senos esfenoidales.** Suelen ser 2, se sitúan en el hueso esfenoides, por detrás de la parte superior de las fosas nasales, están separados entre sí por un tabique óseo que habitualmente no se encuentra en el plano medio y están en relación con estructuras anatómicas importantes como son los nervios ópticos, el quiasma óptico, la hipófisis, las arterias carótidas internas y los senos cavernosos. A diferencia de los otros senos éstos desembocan en las fosas nasales por encima de los cornetes superiores.

**Senos maxilares.** Son los senos paranasales más grandes y su techo es el suelo de la órbita. En el momento del nacimiento son muy pequeños pero luego crecen lentamente hasta el momento en que salen los dientes permanentes. Desembocan en la fosa nasal correspondiente por el meato medio a través de un orificio situado en la parte superior-interna del seno, de modo que es imposible su drenaje cuando la cabeza está en posición vertical, motivo por el que se requieren maniobras especiales (Kardong, 2014).

### c) Boca

La boca es la primera parte del tubo digestivo aunque también se emplea para respirar. Está tapizada por una membrana mucosa, la mucosa oral, con epitelio

estratificado escamoso no queratinizado y limitada por las mejillas y los labios. El espacio en forma de herradura situado entre los dientes y los labios, se llama vestíbulo y el espacio situado por detrás de los dientes es la cavidad oral propiamente dicha. El techo de la cavidad oral está formado por el paladar que consiste en dos partes: una ósea llamada paladar duro, formada por parte de los huesos maxilar superior y palatinos y otra, formada por músculos pares recubiertos de mucosa, llamada el paladar blando o velo del paladar, que se inserta por delante en el paladar duro y, por detrás es libre y presenta una proyección cónica en la línea media, la úvula (Nilsson, 2010).

A cada lado del paladar blando hay dos músculos recubiertos de repliegues verticales de mucosa que constituyen los dos pilares anteriores y los dos pilares posteriores del paladar y forman el istmo de las fauces o puerta de comunicación de la cavidad oral con la parte oral de la faringe u orofaringe. Por su parte anterior la cavidad oral se comunica con el exterior por la abertura de la boca.

#### d) Faringe

La faringe es un tubo que continúa a la boca y constituye el extremo superior común de los tubos respiratorio y digestivo. En su parte superior desembocan los orificios posteriores de las fosas nasales o coanas, en su parte media desemboca el istmo de las fauces o puerta de comunicación con la cavidad oral y por su parte inferior se continúa con el esófago, de modo que conduce alimentos hacia el esófago y aire hacia la laringe y los pulmones. Para una mejor descripción se divide en 3 partes: nasofaringe, situada por detrás de la nariz y por encima del paladar blando, orofaringe, situada por detrás de la boca, y laringofaringe, situada por detrás de la laringe. Debido a que la vía para los alimentos y el aire es común en la faringe, algunas veces la comida pasa a la laringe produciendo tos y sensación de ahogo y otras veces el aire entra en el tubo digestivo acumulándose gas en el estómago y provocando eructos (Nilsson, 2010).

i) Nasofaringe. Se la considera la parte nasal de la faringe ya que es una extensión hacia atrás de las fosas nasales, está recubierta de una mucosa similar

a la mucosa nasal y tiene una función respiratoria. Hay varias colecciones de tejido linfóide llamadas amígdalas, así, en su techo y pared posterior la amígdala faríngea (llamada popularmente vegetaciones o adenoides). En su pared externa, desemboca la trompa de Eustaquio que es la comunicación entre el oído medio y la nasofaringe y por detrás de cada uno de los orificios de desembocadura se encuentran las dos amígdalas tubáricas. La infección de una adenoides puede diseminarse a una amígdala tubárica por proximidad, produciendo el cierre de la trompa correspondiente y una infección en la cavidad timpánica, lo que dará lugar a una otitis media con el peligro consiguiente de pérdida de audición temporal o permanente.

ii) Orofaringe. Es la parte oral de la faringe y tiene una función digestiva ya que es continuación de la boca a través del istmo de las fauces y está tapizada por una mucosa similar a la mucosa oral. La orofaringe está limitada por arriba por el paladar blando, por abajo por la base de la lengua, en donde se encuentra una colección de tejido linfóide llamada amígdala lingual, y por los lados por los pilares del paladar anteriores y posteriores, entre los cuales, en cada lado, se encuentra otra colección de tejido linfóide que constituye las amígdalas palatinas (que cuando se infectan son llamadas popularmente anginas) cuya parte visible no es una guía exacta de su tamaño real porque una gran porción de ellas puede estar oculta por detrás de la lengua (Liem, et al. 2001).

Las amígdalas palatinas, lingual y faríngea constituyen una banda circular de tejido linfóide situada en el istmo de las fauces llamada anillo amigdalino o anillo de Waldeyer que tiene la misión fundamental de evitar la diseminación de las infecciones desde las cavidades nasal y oral hacia los tubos respiratorio y gastrointestinal.

iii) Laringofaringe Es la parte laríngea de la faringe ya que se encuentra por detrás de la laringe. Está tapizada por una membrana mucosa con epitelio plano estratificado no queratinizado y se continúa con el esófago. Por su parte posterior se relaciona con los cuerpos de las vértebras cervicales 4a a 6a.

### e) Laringe

Es un órgano especializado que se encarga de la fonación o emisión de sonidos con la ayuda de las cuerdas vocales, situadas en su interior. Está localizada entre la laringofaringe y la tráquea y es una parte esencial de las vías aéreas ya que actúa como una válvula que impide que los alimentos deglutidos y los cuerpos extraños entren en las vías respiratorias. Está tapizada por una membrana mucosa con epitelio estratificado escamoso no queratinizado y su esqueleto está formado por 9 cartílagos unidos entre sí por diversos ligamentos. Tres cartílagos son impares: el tiroides, el cricoides y la epiglotis y tres cartílagos son pares: los aritenoides, los corniculados y los cuneiformes.

i) Cartílago tiroides. Es el más grande de los cartílagos laríngeos y está compuesto por 2 láminas cuadriláteras de cartílago hialino que se fusionan por delante en la línea media, formando la prominencia laríngea o nuez de Adán que es más marcada en los hombres porque el ángulo de unión de las láminas es mayor que en las mujeres. Por su borde superior se une al hueso hioides. El borde posterior de cada lámina se proyecta hacia arriba como cuerno superior y hacia abajo como cuerno inferior; los cuernos inferiores se articulan con el cartílago cricoides.

ii) Cartílago cricoides. Es el más inferior de los cartílagos laríngeos y tiene la forma de un anillo de sello con el sello dirigido hacia atrás. Está formado por cartílago hialino y es más pequeño que el cartílago tiroides pero más grueso y fuerte. Su borde superior se articula con el cartílago tiroides y su borde inferior con el primer anillo de la tráquea.

iii) Cartílago epiglotis. Tiene forma de raqueta, está formado por cartílago elástico y situado por detrás de la raíz de la lengua y del hueso hioides y por delante del orificio de entrada a la laringe. Su borde superior es libre y forma el borde superior del orificio laríngeo y su borde inferior está unido al cartílago tiroides.

iv) Cartílagos aritenoides. Son 2, están formados por cartílago hialino

y se articulan con el cartílago cricoides. En cada uno de ellos se inserta un ligamento que forma parte de una cuerda vocal.

v) Cartílagos corniculados y cuneiformes. También son cartílagos pares y están formados por cartílago elástico. Los cartílagos corniculados están unidos a los vértices de los aritenoides y son como una prolongación de éstos y los cartílagos cuneiformes se encuentran en los pliegues de unión de los aritenoides y la epiglotis. Estos cartílagos se aproximan cuando se cierra el orificio de entrada a la laringe en el momento de deglutir (Liem, et al. 2001).

Por otro lado, la cavidad o interior de la laringe se extiende desde el orificio de entrada a la laringe hasta el borde inferior del cartílago cricoides en donde se continúa con la tráquea, y queda dividida en 3 partes por dos pliegues superiores (o vestibulares o cuerdas vocales falsas) y dos pliegues inferiores (o cuerdas vocales verdaderas) que se proyectan hacia el interior de la laringe desde cada lado.

La parte de la cavidad laríngea situada por encima de los pliegues superiores se llama vestíbulo laríngeo, la situada entre los pliegues superiores y los inferiores se llama ventrículo laríngeo y la situada por debajo de los pliegues inferiores se llama cavidad infraglótica.

La mucosa laríngea está recubierta de epitelio estratificado escamoso no queratinizado hasta la cavidad infraglótica a partir de la cual se encuentra un epitelio pseudoestratificado columnar ciliado que ya se continúa con el de la mucosa de la tráquea.

Los pliegues superiores o vestibulares o cuerdas vocales falsas están separados entre sí por la hendidura vestibular y los pliegues inferiores o cuerdas vocales verdaderas están separados entre sí por la hendidura glótica.

La glotis incluye las cuerdas vocales verdaderas y la hendidura glótica y es, por

tanto, la parte de la cavidad laríngea más directamente relacionada con la emisión de voz. Las cuerdas vocales falsas consisten en 2 espesos pliegues de mucosa que rodean a unos ligamentos y se extienden entre los cartílagos tiroideos y aritenoides. No tienen papel en la emisión de voz sino que forman parte del mecanismo protector por el que la laringe se cierra en el momento de deglutir para evitar la entrada de alimentos u otros cuerpos extraños en las vías respiratorias (Nilsson, 2010).

Las cuerdas vocales verdaderas tienen forma de cuña con un vértice que se proyecta hacia el interior de la cavidad laríngea y una base que se apoya en el cartílago tiroideo. Cada cuerda vocal verdadera está compuesta por un ligamento, por una membrana elástica y por fibras de músculo estriado. Todo ello tapizado por una membrana mucosa con epitelio estratificado escamoso no queratinizado.

La forma de la hendidura glótica variará según la posición de las cuerdas vocales. Mientras se respira tranquilamente la hendidura glótica se estrecha y presenta forma de cuña y, en cambio, se ensancha en la inspiración intensa. Al hablar, las cuerdas vocales se aproximan mucho de modo que la hendidura glótica aparece como una línea. Los cambios en el tono de voz se deben a variaciones en la tensión y en la longitud de las cuerdas vocales, en el ancho de la hendidura glótica y en la intensidad de los esfuerzos respiratorios, así por ejemplo, los tonos bajos de la voz de los hombres se deben a la mayor longitud de sus cuerdas vocales (Ganong, 2004).

#### f) Tráquea

Es un ancho tubo que continúa a la laringe y está tapizado por una mucosa con epitelio pseudoestratificado columnar ciliado. La luz o cavidad del tubo se mantiene abierta por medio de una serie de cartílagos hialinos (16-20) en forma de C con la parte abierta hacia atrás. Los extremos abiertos de los anillos cartilagosos quedan estabilizados por fibras musculares lisas y tejido conjuntivo elástico formando una superficie posterior plana en contacto directo con el esófago, por delante del cual descende, lo que permite acomodar dentro de la tráquea las expansiones del esófago producidas al tragar. Termina a nivel del ángulo esternal y de la apófisis espinosa de

la 4a vértebra torácica, al dividirse en los bronquios principales derecho e izquierdo. El arco o cayado de la aorta en un principio es anterior a la tráquea y luego se coloca en su lado izquierdo.

## 2. Tracto respiratorio inferior

### a) Bronquios

Los bronquios principales son dos tubos formados por anillos completos de cartílago hialino, uno para cada pulmón, y se dirigen hacia abajo y afuera desde el final de la tráquea hasta los hilios pulmonares por donde penetran en los pulmones. El bronquio principal derecho es más vertical, corto y ancho que el izquierdo lo que explica que sea más probable que un objeto aspirado entre en el bronquio principal derecho. Una vez dentro de los pulmones, los bronquios se dividen continuamente, de modo que cada rama corresponde a un sector definido del pulmón.

Cada bronquio principal se divide en bronquios lobulares que son 2 en el lado izquierdo y 3 en el lado derecho, cada uno correspondiente a un lóbulo del pulmón. Cada bronquio lobular se divide, a su vez, en bronquios segmentarios que corresponden a los llamados segmentos pulmonares, cada uno de los cuales tiene sus propios bronquio, arteria y vena segmentarios. Los bronquios segmentarios, a su vez, se dividen en bronquios más pequeños o bronquíolos que se ramifican en tubos más pequeños, de un modo repetido hasta formar los bronquíolos terminales. Toda esta ramificación bronquial se parece a un árbol invertido y por ello se llama árbol bronquial (Carlson, 2001).

A medida que se produce la ramificación bronquial, el epitelio de la mucosa va cambiando. En los bronquios principales, lobulares y segmentarios la mucosa tiene epitelio pseudoestratificado columnar ciliado. En los bronquiolos más grandes pasa a tener epitelio columnar simple ciliado, en los bronquiolos más pequeños, epitelio cuboidal simple ciliado y en los bronquiolos terminales, epitelio cuboidal simple no ciliado. Además los anillos cartilagosos van desapareciendo y las fibras musculares lisas van aumentando, hasta que ya no hay cartílago y solo músculo liso en la pared

de los bronquiolos más pequeños, de modo que la contracción muscular puede cerrar la cavidad de estos bronquiolos, impidiendo la entrada de aire en los alvéolos, como sucede por ejemplo en una crisis asmática, lo que puede ser una situación amenazadora para la vida.

#### b) Pulmones

Los pulmones son los órganos esenciales de la respiración. Son ligeros, blandos, esponjosos y muy elásticos y pueden reducirse a la 1/3 parte de su tamaño cuando se abre la cavidad torácica. Durante la primera etapa de la vida son de color rosado, pero al final son oscuros y moteados debido al acúmulo de partículas de polvo inhalado que queda atrapado en los fagocitos (macrófagos) de los pulmones a lo largo de los años.

Cada pulmón tiene la forma de un semicono, está contenido dentro de su propio saco pleural en la cavidad torácica, y está separado uno del otro por el corazón y otras estructuras del mediastino. El pulmón derecho es mayor y más pesado que el izquierdo y su diámetro vertical es menor porque la cúpula derecha del diafragma es más alta, en cambio es más ancho que el izquierdo porque el corazón se abomba más hacia el lado izquierdo. El pulmón izquierdo está dividido en un lóbulo superior, que presenta la escotadura cardíaca en donde se sitúa el corazón, y un lóbulo inferior. El pulmón derecho está dividido en tres lóbulos: superior, medio e inferior (Carlson, 2001).

Cada pulmón presenta un vértice, una base y dos caras. El vértice es el polo superior redondeado de cada pulmón y se extiende a través de la abertura superior del tórax, por encima de la 1ª costilla. La base o cara diafragmática es cóncava y en forma de semiluna y se apoya en la superficie convexa del diafragma que separa al pulmón derecho del hígado y al pulmón izquierdo del hígado, estómago y bazo. La cara costal es grande, lisa y convexa y se adapta a la pared torácica y la cara interna tiene una parte vertebral que ocupa el canal a cada lado de la columna vertebral y otra mediastínica que presenta depresiones debido al corazón y los grandes vasos (Figura 2).

El hilio de cada pulmón se encuentra cerca del centro de la cara interna, está rodeado por pleura y es la zona por donde pasan las estructuras que entran y salen de cada pulmón (arterias, venas, bronquios, nervios, vasos y ganglios linfáticos) formando los pedículos pulmonares que también están rodeados por pleura. De este modo los pedículos unen la cara interna de cada pulmón al corazón y la tráquea.

Las ramas de la arteria pulmonar distribuyen sangre venosa en los pulmones para que éstos la puedan oxigenar. Acompañan a los bronquios de tal modo que hay una rama para cada lóbulo, cada segmento bronco-pulmonar y cada área funcional del pulmón. Las ramas terminales de las arterias pulmonares se ramifican en capilares que se encuentran recubriendo las paredes de los alvéolos (Nilsson, 2010).

Por su parte, las arterias bronquiales son pequeñas y transportan sangre oxigenada para irrigar los bronquios en todas sus ramificaciones.

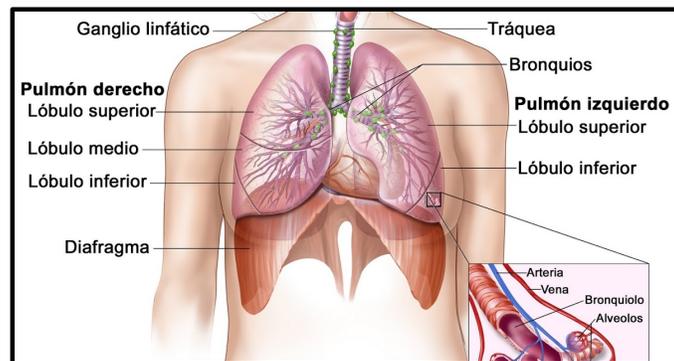
Las venas pulmonares recogen la sangre oxigenada desde los pulmones y la transportan a la aurícula izquierda del corazón.

Las venas bronquiales recogen la sangre venosa procedente de los bronquios y la llevan a la vena ácigos (la derecha) y la vena hemiacigos (la izquierda).

### c) Bronquios

Los bronquios se dividen una y otra vez hasta que su diámetro es inferior a 1 mm, después de lo cual se conocen como bronquiolos y ya no tienen en sus paredes ni glándulas mucosas ni cartílagos. Los bronquiolos se subdividen a su vez en bronquiolos terminales. Estos se subdividen hasta formar los bronquiolos respiratorios que se caracterizan porque en parte tienen estructura de bronquiolos pero en parte ya tienen alvéolos en su pared que se abren directamente en su cavidad.

La unidad respiratoria es la zona del pulmón que está aireada por un bronquiolo respiratorio. Cada bronquiolo respiratorio se divide en varias vías llamadas conductos alveolares que, a su vez, se abren a numerosos sacos alveolares y alvéolos. Cada saco alveolar está formado por varios alvéolos y cada alvéolo es una bolsa redondeada, abierta por un lado, con un diámetro medio de unas 300 micras, que tiene una pared extremadamente delicada formada por epitelio plano simple. En los 2 pulmones hay alrededor de unos 300 millones de alvéolos (Nilsson, 2010).



**Figura 2. Estructura general del sistema respiratorio.**

([especialidadenlastic.blogspot.com/2010/12/teoria-sobre-el-sistema-respiratorio.html](http://especialidadenlastic.blogspot.com/2010/12/teoria-sobre-el-sistema-respiratorio.html))

### 3. Estructuras accesorias

#### a) Pleuras

Son membranas serosas, es decir que tapizan una cavidad corporal que no está abierta al exterior y recubren los órganos que se encuentran en su interior que, en este caso, son los pulmones. Una serosa consiste en una fina capa de tejido conjuntivo laxo cubierta por una capa de epitelio escamoso simple y como el tipo de epitelio es siempre el mismo en todas las serosas, se le da el nombre genérico de mesotelio al epitelio de una serosa.

Hay dos pleuras en cada lado. Cada pulmón está cubierto completa e íntimamente por una membrana serosa, lisa y brillante llamada pleura visceral. La cavidad torácica está cubierta por otra membrana serosa llamada pleura parietal. El espacio virtual que hay entre ambas pleuras se llama cavidad pleural. Las cavidades pleurales de cada lado son 2 espacios no comunicados entre sí y cerrados herméticamente en los que existe una capa muy fina de líquido seroso lubricante secretado por el mesotelio, el líquido pleural, cuya misión es reducir el roce entre las capas parietal y visceral de cada lado para que no haya interferencias con los movimientos respiratorios (Ganong, 2004).

La pleura parietal recubre las diferentes partes de la cavidad torácica y, con propósitos descriptivos, recibe un nombre según la zona que recubre: la pleura costal es la porción más fuerte de la pleura parietal y cubre las superficies internas de la caja torácica. La pleura mediastínica cubre el mediastino, la pleura diafragmática es

delgada y cubre la superficie superior del diafragma y, por último, la cúpula pleural cubre el vértice del pulmón.

Durante la respiración tranquila existen 3 zonas de las cavidades pleurales que no son ocupadas por los pulmones y en donde dos partes de pleura parietal contactan una con la otra por sus superficies internas. Estas zonas se llaman senos pleurales y se llenan en una inspiración profunda. Los senos costodiafragmáticos derecho e izquierdo están situados entre las pleuras costal y diafragmática a cada lado y se acortan y se agrandan alternativamente a medida que los pulmones se mueven dentro y fuera de ellos durante la inspiración y la espiración y el seno costomediastínico se encuentra a nivel de la escotadura cardíaca, en donde se ponen en contacto las partes costal y mediastínica de la pleura parietal izquierda (Ganong, 2004).

#### b) Pared torácica

La pared torácica está formada por todas las estructuras anatómicas que rodean los pulmones y pleura, incluyendo los músculos intercostales, costillas y diafragma.

Cuando la pared torácica está relajada (y solo cuando está relajada), se comporta como un contenedor elástico, similar al pulmón. La diferencia de presión a través de la pared torácica,  $P_w$  (presión pleural menos presión a la superficie corporal), determina su tamaño. En ausencia de cualquier diferencia de presión ( $P_{pl}=0$  y  $P_w=0$ ), la pared torácica volverá a su volumen de reposo, el cual es aproximadamente el 75% de la Capacidad Pulmonar Total. Cuando la presión pleural está por debajo de la atmosférica ( $P_w$  negativa), la pared torácica es impulsada hacia dentro.

La presión pleural sube por encima de la presión atmosférica (la  $P_w$  es positiva), la pared torácica se abomba hacia afuera. De nuevo, es importante comprender que estas condiciones solo se mantienen cuando los músculos de la pared torácica están relajados (durante la espiración tranquila, ciertos estados de parálisis o anestesia, y cuando los músculos respiratorios son conscientemente relajados). La diferencia de presión a través de la pared torácica no tendrá ninguna relación con su tamaño si los músculos respiratorios están siendo utilizados ya sea para mover el tórax o para

mantener en él un volumen en particular (Liem, 2001).

En ciertos estados patológicos la pared torácica puede volverse rígida. En tales casos, puede producirse un defecto ventilatorio restrictivo.

## II. El proceso de respiración

El proceso de intercambio de oxígeno (O<sub>2</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) entre la sangre y la atmósfera, recibe el nombre de respiración externa. El proceso de intercambio de gases entre la sangre de los capilares y las células de los tejidos en donde se localizan esos capilares se llama respiración interna.

El proceso de la respiración externa puede dividirse en 4 etapas principales:

1. La ventilación pulmonar o intercambio del aire entre la atmósfera y los alvéolos pulmonares mediante la inspiración y la espiración.
2. La difusión de gases o paso del oxígeno y del dióxido de carbono desde los alvéolos a la sangre y viceversa, desde la sangre a los alvéolos.
3. El transporte de gases por la sangre y los líquidos corporales hasta llegar a las células y viceversa.
4. La regulación del proceso respiratorio.

### 1. Ventilación pulmonar

Es la primera etapa del proceso de la respiración y consiste en el flujo de aire hacia adentro y hacia afuera de los pulmones, es decir, en la inspiración y en la espiración.

Durante la inspiración, la contracción del diafragma y de los músculos inspiratorios da lugar a un incremento de la capacidad de la cavidad torácica, con lo que la presión intrapulmonar se hace ligeramente inferior con respecto a la atmosférica, lo que hace que el aire entre en las vías respiratorias. Durante la espiración, los músculos respiratorios se relajan y vuelven a sus posiciones de reposo. A medida que esto sucede, la capacidad de la cavidad torácica disminuye con lo que la presión intrapulmonar aumenta con respecto a la atmosférica y el aire sale de los pulmones (Ganong, 2004).

Como los pulmones son incapaces de expandirse y contraerse por sí mismos, tienen que moverse en asociación con el tórax. Los pulmones están “pegados” a la caja torácica por el líquido pleural que se encuentra entre las dos hojas pleurales, la visceral y la parietal (es lo mismo que sucedería con dos láminas de cristal unidas entre por una fina capa de líquido, es imposible separar entre sí esas dos láminas de cristal, a no ser que se deslicen una sobre otra). La presión intrapleural, del espacio intrapleural, es inferior a la atmosférica y surge durante el desarrollo, a medida que la caja torácica con su capa pleural asociada crece más rápido que el pulmón con su capa pleural asociada. Las dos hojas pleurales se mantienen juntas por el líquido pleural, de modo que los pulmones elásticos son forzados a estirarse para adaptarse al mayor volumen de la caja torácica. Al mismo tiempo, sucede que la fuerza elástica tiende a llevar a los pulmones a su posición de reposo, lejos de la caja torácica. La combinación de la fuerza de estiramiento hacia fuera de la caja torácica y la fuerza elástica de los pulmones hacia adentro, crea una presión intrapleural negativa, lo que significa que es inferior a la presión atmosférica. No hay que olvidar que la cavidad pleural está cerrada herméticamente, de modo que la presión intrapleural nunca se puede equilibrar con la presión atmosférica.

## 2. Difusión o intercambio alvéolo-capilar

Una vez que los alvéolos se han ventilado con aire nuevo, el siguiente paso en el proceso respiratorio es la difusión del oxígeno (O<sub>2</sub>) desde los alvéolos hacia la sangre y del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en dirección opuesta.

La cantidad de oxígeno y de dióxido de carbono que se disuelve en el plasma depende del gradiente de presiones y de la solubilidad del gas. Ya que la solubilidad de cada gas es constante, el principal determinante del intercambio de gases es el gradiente de la presión parcial del gas a ambos lados de la membrana alvéolo-capilar (Nilsson, 2010).

Los gases fluyen desde regiones de elevada presión parcial a regiones de baja presión parcial. La PO<sub>2</sub> normal en los alvéolos es de 100 mmHg mientras que la PO<sub>2</sub> normal en la sangre venosa que llega a los pulmones, es de 40 mmHg. Por tanto, el

oxígeno se mueve desde los alvéolos al interior de los capilares pulmonares. Lo contrario sucede con el dióxido de carbono. La  $PCO_2$  normal en los alvéolos es de 40 mmHg mientras que la  $PCO_2$  normal de la sangre venosa que llega a los pulmones es de 46 mmHg. Por tanto, el dióxido de carbono se mueve desde el plasma al interior de los alvéolos. A medida que difunde más gas de un área a otra de la membrana, la presión parcial va disminuyendo en un lado y aumentando en otro, de modo que los 2 valores se van acercando y, por tanto, la intensidad de la difusión es cada vez menor hasta que llega un momento en que las presiones a ambos lados de la membrana alvéolo-capilar se igualan y la difusión se detiene.

La cantidad de aire alveolar sustituida por aire atmosférico nuevo con cada movimiento respiratorio solo es la 1/7 parte del total, de modo que se necesitan varios movimientos respiratorios para renovar la mayor parte del aire alveolar. Con una ventilación alveolar normal se necesitan unos 17 segundos aproximadamente, para sustituir la mitad del aire alveolar y esta lentitud tiene importancia para evitar cambios bruscos en las concentraciones gaseosas de la sangre (Ganong, 2004).

### 3. Transporte de oxígeno

Una vez que el oxígeno ( $O_2$ ) ha atravesado la membrana respiratoria y llega a la sangre pulmonar, tiene que ser transportado hasta los capilares de los tejidos para que pueda difundir al interior de las células. El transporte de  $O_2$  por la sangre se realiza principalmente en combinación con la hemoglobina (Hb), aunque una pequeña parte de oxígeno se transporta también disuelto en el plasma. Como el oxígeno es poco soluble en agua, solo unos 3 ml de oxígeno pueden disolverse en 1 litro de plasma, de modo que si dependiésemos del oxígeno disuelto en plasma, solamente 15 ml de oxígeno disuelto alcanzarían los tejidos cada minuto, ya que nuestro gasto cardíaco (o volumen de sangre expulsado por el corazón en un minuto) es de unos 5 L/min. Esto resulta absolutamente insuficiente puesto que el consumo de oxígeno por nuestras células en reposo, es de unos 250 ml/min y aumenta muchísimo con el ejercicio. Así que el organismo depende del oxígeno transportado por la Hb, por lo que más del 98% del oxígeno que existe en un volumen dado de sangre, es transportado dentro de los hematíes, unido a la Hb, lo que significa que alcanza unos

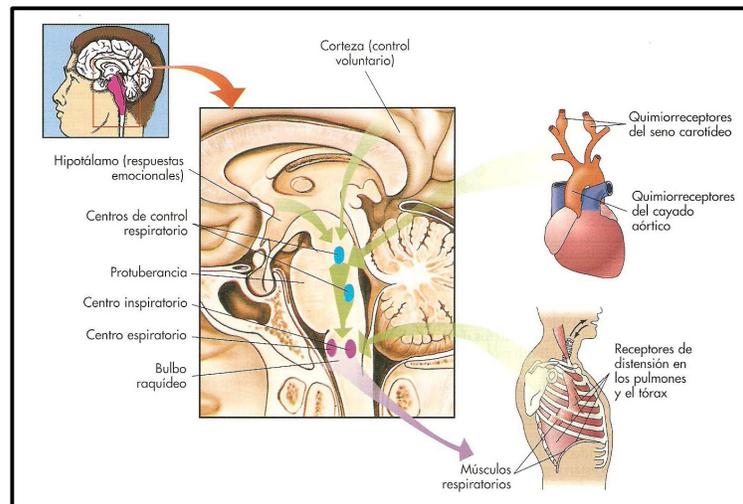
valores de unos 197 ml/litro de plasma, si se tienen niveles normales de Hb. Como el gasto cardiaco es unos 5 l/min, entonces el oxígeno disponible es de casi 1000 ml/min, lo que resulta unas 4 veces superior a la cantidad de oxígeno que es consumido por los tejidos en reposo (Ganong, 2004)

#### 4. Regulación o control de la respiración

La respiración se realiza a consecuencia de la descarga rítmica de neuronas motoras situadas en la médula espinal que se encargan de inervar los músculos inspiratorios. A su vez, estas motoneuronas espinales están controladas por 2 mecanismos nerviosos separados pero interdependientes:

(1) Sistema voluntario, localizado en la corteza cerebral, por el que el ser humano controla su frecuencia y su profundidad respiratoria voluntariamente, por ejemplo al tocar un instrumento o al cantar.

(2) Sistema involuntario, localizado en el tronco del encéfalo que ajusta la respiración a las necesidades metabólicas del organismo, es el centro respiratorio (CR) cuya actividad global es regulada por 2 mecanismos, un control químico motivado por los cambios de composición química de la sangre arterial: dióxido de carbono [CO<sub>2</sub>], oxígeno [O<sub>2</sub>] e hidrogeniones [H<sup>+</sup>] y un control no químico debido a señales provenientes de otras zonas del organismo.



**Figura 3. Control de la respiración. Centros de control de la respiración y órganos involucrados.** ([sites.google.com/site/aparatorespiratorio4cm4/regulacion-de-la-respiracio](https://sites.google.com/site/aparatorespiratorio4cm4/regulacion-de-la-respiracio))

#### III. Anomalías del sistema respiratorio

### 1) Asma

El asma es una enfermedad inflamatoria crónica de las vías aéreas que evoluciona en forma de episodios recurrentes de obstrucción bronquial, intercalados con períodos asintomáticos más o menos prolongados.

La causa más frecuente del asma es la alergia a diversas sustancias (alérgenos) que hay en el ambiente que nos rodea. Sus síntomas más comunes son:

- Sibilancias, que son pitidos característicos originados al ser espirado el aire a través de una vía aérea constreñida.
- Tos seca, irritativa y no productiva.
- Disnea, sensación de ahogamiento o falta de aire.

### 2. Bronquitis

Es la Inflamación de las vías aéreas superiores, con presencia de tos y expectoración, pero sin fiebre. La bronquitis crónica es enfermedad pulmonar obstructiva crónica, que se caracteriza por la presencia de tos productiva o expectoración durante al menos tres meses al año, durante más de dos años consecutivos.

### 3. Enfisema pulmonar

El enfisema es una condición crónica de los pulmones en la que los alvéolos, o sacos de aire pueden estar: Destruídos. Estrechados. Colapsados. Dilatados. Demasiado inflados.

La superinflación de los sacos de aire es el resultado de la desintegración en las paredes del alvéolo, y causa una disminución de la función respiratoria y dificultad al respirar. El daño en los sacos de aire es irreversible, y produce como resultado "agujeros" permanentes en los tejidos de la parte baja de los pulmones.

### 4. Faringitis

Es la Inflamación, aguda o crónica, de la mucosa faríngea. Puede tener un aspecto congestivo o eritematoso, hipertrófico o atrófico y, en este caso, suele

asociarse a una radiación del cavum o a una ocrena. La bronquitis aguda se caracteriza por fiebre, dolor torácico, tos y expectoración mucosa a las vías altas del tracto respiratorio. La bronquitis aguda puede ser infecciosa (producida por una infección viral o bacteriana), o irritativa (producida por la inhalación de polvo o vapores irritantes). La bronquitis aguda puede propagarse a territorios más terminales del árbol bronquial, produciéndose una neumonía lobar o bronquial. La bronquitis crónica es una enfermedad de larga evolución que puede deberse a episodios repetidos de bronquitis aguda (Nilsson, 2010).

### 5. Neumonía

Es la inflamación aguda del parénquima pulmonar en la que los alveolos y bronquiolos se taponan por el acumulo de un exudado fibrinoso. Suele cursar con fiebre y escalofríos, tos y dolor torácico. La neumonía puede estar causada por bacterias, virus, rickettsias, micoplasma, hongos, protozoos, o por la aspiración del vómito (Ganong, 2004).

## RESUMEN

El sistema respiratorio se integra por un grupo de órganos encargados de introducir el oxígeno al cuerpo y conducirlo hasta los glóbulos rojos, así como de recoger y desechar el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que se produce en las células.

El proceso por el cual se introduce aire, y por tanto el oxígeno disuelto en él, se conoce como inhalación. Durante esta actividad el diafragma se contrae desplazando las costillas hacia arriba y hacia afuera con lo que se agranda el tórax permitiendo la entrada de aire a los pulmones y la consecuente difusión del oxígeno a la sangre. Otro proceso sucede cuando se expulsa el CO<sub>2</sub>: la exhalación. En este caso el diafragma se relaja desplazando las costillas hacia abajo y hacia adentro disminuyendo la cavidad torácica con lo que se facilita la salida de este gas. El sistema respiratorio está conformado por estructuras especializadas las cuales permiten la absorción y la eliminación de gases de deshecho.

## IV. Referencias

1. Carlson, N. 2001. Physiology and behaviour, Allyn and Bacon. Massachusetts.USA. 699pp.
2. De Luliis, G. y D. Pulerà. 2011. The dissection of vertebrates, a laboratory manual (2da. ed.). Academic Press. China. pp. 332.
3. Estrada-Flores E., y M. del C. Uribe. 2002. Atlas de Histología de Vertebrados. UNAM. México. pp. 222.
4. Ganong, W.F. 2004. Manual de fisiología médica. El Manual Moderno. México.
5. Hill, R., Wise, G. y Anderson. 2006. Fisiología animal. Panamericana. España. pp. 1038.
6. Hill, R.W., G.A. Wyse and M. Anderson. 2004. Animal Physiology. Sinauer Associates, Inc. Massachusetts.USA. 770. pp.
7. Kardong, K. 2014. Vertebrates. Comparative Anatomy, Function, Evolution (6 ed.). McGrawHill.
8. Kisia, S. 2010. Vertebrates: structures and functions. CRC Press. USA. pp: 545.
9. Leeson, C. R., Leeson, T. S., y A. A. Paparo. 1987. Histología (5ed.). Interamericana. México. 618.
10. Liem, K., Bemis W., Walker, W., y L. Grande. 2001. Functional Anatomy of the Vertebrates: An Evolutionary Perspective (3ed.) Cengage Learning, Inc. pp. 784.
11. Moberg, G.P., J.A. Mench. 2000. The biology of animal stress. CABI Publishing. London. 375pp.
12. Nilsson, G. E. 2010. Respiratory physiology of vertebrates, life with and without oxygen. Cambridge University Press. UK. pp. 334.
13. Randall, D., W. Burggren and K. French. 2002. Animal Physiology. Mechanisms and adaptations. W.H. Freeman and Co. New York.
14. Ross, M. y W. Pawlina. 2012. Histología, texto y atlas color con Biología Celular y Molecular (6ed). Panamericana. China. pp. 974.
15. Schmidt-Nielsen, K. 1983. Fisiología Animal. Ed. Omega. Barcelona, Esp. 499pp.
16. Snell, R. 2010. Clinical Neuroanatomy (7º ed.). Lippincott Williams & Wilkins Publishers. China. pp. 529.
17. Squire, L. R., Bloom, F. E., Spitzer, N. C., du Lac, S., Grosh, A., y D. Berg. 2008. Fundamental Neuroscience (3º ed.). Academic Press. pp. 1254.
18. Tortora G. y B. Derrickson. 2012. Principles of anatomy and physiology (13 ed.). John Wiley & Sons, Inc. USA. pp. 1222.
19. Weichert, C. y W. Presch. 1989. Elementos de Anatomía de los cordados (4ed). McGraw-Hill. pp. 531.
20. Welsch, U. 2010. Sobotta, Histología (2ed.). Panamericana. España. pp. 593.
21. William, E. P. 2003. Fundamental immunology (5º ed.). Lippincott Williams & Wilkins Publishers. pp. 1701
22. Zboray, G., Kovács, Z., Kriska, G., Molnár, K. y Z. Pálfia. 2010. Atlas of comparative sectional anatomy of 6 invertebrates and 5 vertebrates. SpringerWienNewYork. Austria. pp. 295.
23. [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f8/lllu\\_conducting\\_passages\\_es.svg/245px-lllu\\_conducting\\_passages\\_es.svg.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f8/lllu_conducting_passages_es.svg/245px-lllu_conducting_passages_es.svg.png). Octubre 2017.

24. <http://especialidadenlastic.blogspot.com/2010/12/teoria-sobre-el-sistema-respiratorio.html>. Octubre 2017.
25. <https://sites.google.com/site/aparatorespiratorio4cm4/regulacion-de-la-respiracio>. Octubre 2017