

6. FISIOLÓGÍA HUMANA(20 horas)

Presentación realizada a partir de la creada
por Aureliano Fernández
(IES Martínez Montañes de Sevilla)
[https://sites.google.com/site/
iesmmibiologia/](https://sites.google.com/site/iesmmibiologia/)

*IES Santa Clara.
1ºBACHILLER
Dpto Biología y Geología.
[https://biologiageologiaiesantaclarabelenruiz.wordpress.com/bachillerato-
internacional/biologia-nivel-superior/](https://biologiageologiaiesantaclarabelenruiz.wordpress.com/bachillerato-internacional/biologia-nivel-superior/)*

CONTENIDOS

- D.1. Nutrición humana.**
- D.2. Digestión.**
- D.3. Funciones del hígado.**
- D.4. El corazón.**
- D.5. Hormonas y metabolismo.**
- D.6. Transporte de los gases respiratorios.**

D.6. TRANSPORTE DE GASES RESPIRATORIOS.

Idea fundamental: Los glóbulos rojos son vitales para el transporte de los gases respiratorios.

IES Santa Clara.

1ºBACHILLER

Dpto Biología y Geología.

<https://biologiageologiaiesantaclarabelenruiz.wordpress.com/bachillerato-internacional/biologia-nivel-superior/>

D.6. TRANSPORTE DE GASES RESPIRATORIOS.

Naturaleza de las ciencias:

- Los científicos tienen una función que desempeñar con respecto a brindar información a la sociedad: las investigaciones científicas han llevado a cambiar la percepción del hábito de fumar por parte de la sociedad. (5.1)



Comprensión:

- Las curvas de disociación de oxígeno muestran la afinidad de la hemoglobina con respecto al oxígeno.
- El dióxido de carbono se transporta disuelto y unido a la hemoglobina por la sangre.
- El dióxido de carbono se transforma en los glóbulos rojos en iones de bicarbonato.
- El efecto Bohr explica el incremento en la liberación de oxígeno por parte de la hemoglobina en los tejidos que respiran.
- Los quimiorreceptores son sensibles a las variaciones del pH sanguíneo.
- El centro de control de la respiración del bulbo raquídeo controla la tasa de ventilación.
- Durante el ejercicio la tasa de ventilación varía en respuesta a la cantidad de CO_2 en la sangre.
- La hemoglobina fetal es diferente de la hemoglobina adulta; permite la transferencia de oxígeno de la placenta a la hemoglobina fetal.



Aplicaciones

- Consecuencias de una altitud elevada para el intercambio de gases.
- El pH de la sangre se regula para mantenerse dentro de un estrecho rango comprendido entre 7,35 y 7,45.
- Causa y tratamientos del enfisema.



Habilidades

- Análisis de curvas de disociación para la hemoglobina y la mioglobina.
- Identificación de neumocitos, células del endotelio capilar y células sanguíneas en micrografías de microscopía óptica y micrografías electrónicas de tejido pulmonar.

Utilidades:

- Los campos de entrenamiento para atletas frecuentemente se encuentran ubicados a gran altitud para aumentar el contenido en hemoglobina de la sangre. Ello supone una ventaja para el atleta cuando compite a menor altitud.
- Vínculos con el resto del programa de estudios y con otras asignaturas del programa:
 - Biología Tema 6.4: Intercambio de gases.
 - Física Tema 3.2: Modelización de un gas

Objetivos generales:

- Objetivo 8: Algunos deportes, tales como la escalada a gran altitud o el submarinismo con escafandra puede llevar al límite al cuerpo humano más allá de su capacidad de resistencia y provocar daños. ¿Deberían controlarse o prohibirse dichas prácticas?

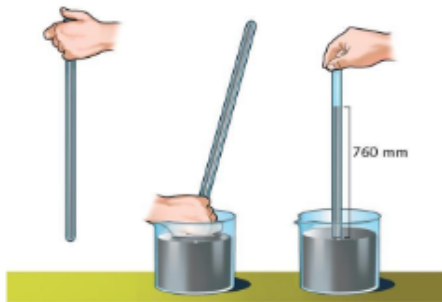
RECUERDA

Presión parcial

Debido a la fuerza de la gravedad y al movimiento libre de las moléculas en estado gaseoso, los gases atmosféricos ejercen una presión sobre su alrededor. El aparato que mide la presión del aire es el barómetro y su valor normal, a nivel del mar es:

760 mm Hg = 1atmósfera (atm) = 1013 milibares (mb) = 1013 hectopascales (hPa)

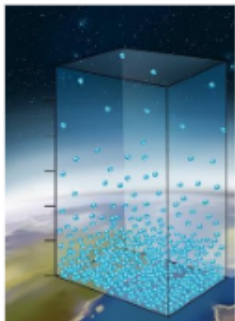
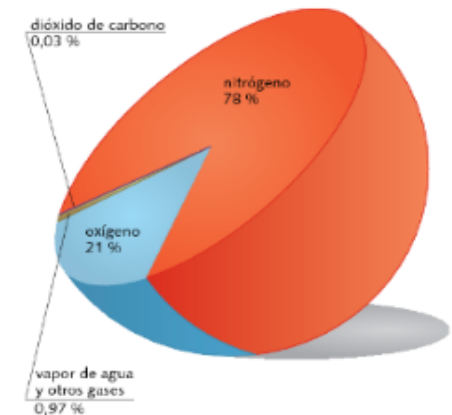
Cada tipo de gas contribuye a la presión atmosférica total según su porcentaje con respecto al total de moléculas presentes. La presión a la que contribuye un gas es su **presión parcial** y se indica como P_{N_2} , P_{O_2} , P_{CO_2} , etc. A nivel del mar, las presiones parciales de N_2 , O_2 , and CO_2 son las siguientes:



$$P_{N_2} = 760 \times 79.02\% = 600.6 \text{ mm Hg}$$

$$P_{O_2} = 760 \times 20.95\% = 159.2 \text{ mm Hg}$$

$$P_{CO_2} = 760 \times 0.03\% = 0.2 \text{ mm Hg}$$

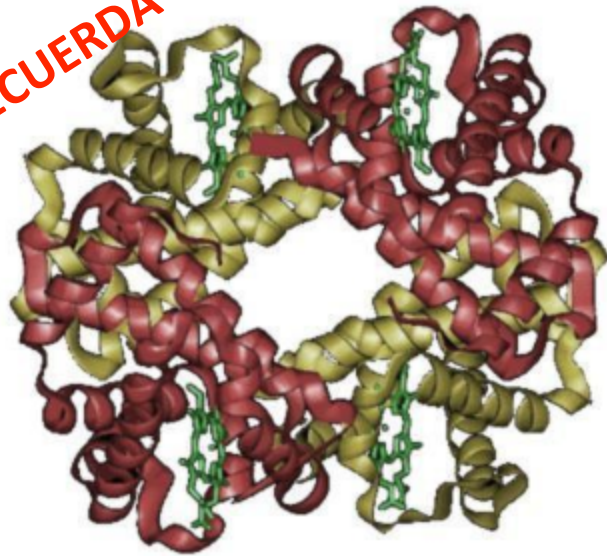


El hombre no sobrevive a altitudes por encima de los 6000 m. Aunque el aire a esa altura sigue conteniendo un 20.95% de oxígeno, la presión atmosférica es de solo 380 mm Hg, de modo que P_{O_2} es 80 mm Hg ($380 \times 20.95\%$), la mitad de la cantidad disponible a nivel del mar.



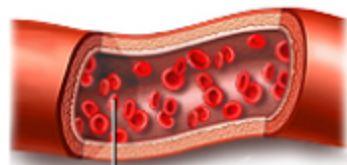
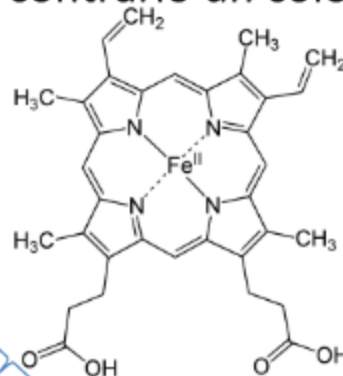
La hemoglobina

RECUERDA



La **hemoglobina** es una proteína globular compuesta por:

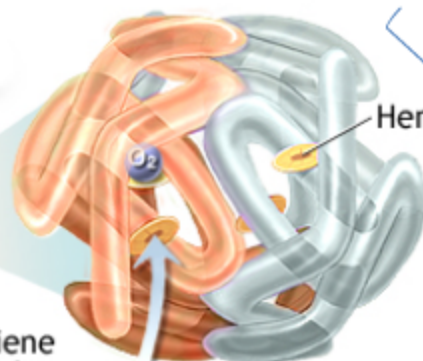
- cuatro cadenas polipeptídicas (2 cadenas α y dos cadenas β).
- cada cadena polipeptídica contiene un grupo hemo con un átomo de hierro en el centro.
- cada átomo de hierro puede enlazar reversiblemente con una molécula de O_2 . Cuando está unido proporciona un color rojo intenso (sangre arterial) y en caso contrario un color rojo oscuro (sangre venosa)



Molécula de hemoglobina

Hemo

Glóbulo rojo

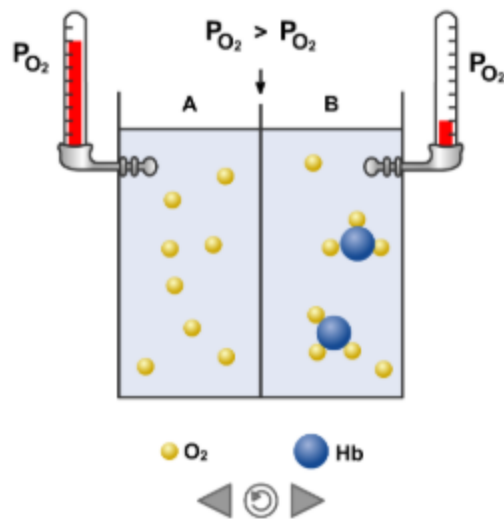


Cada glóbulo rojo contiene varios cientos de miles de moléculas de hemoglobina, las que transportan el oxígeno

El oxígeno se fija al hemo en la molécula de hemoglobina

ADAM.

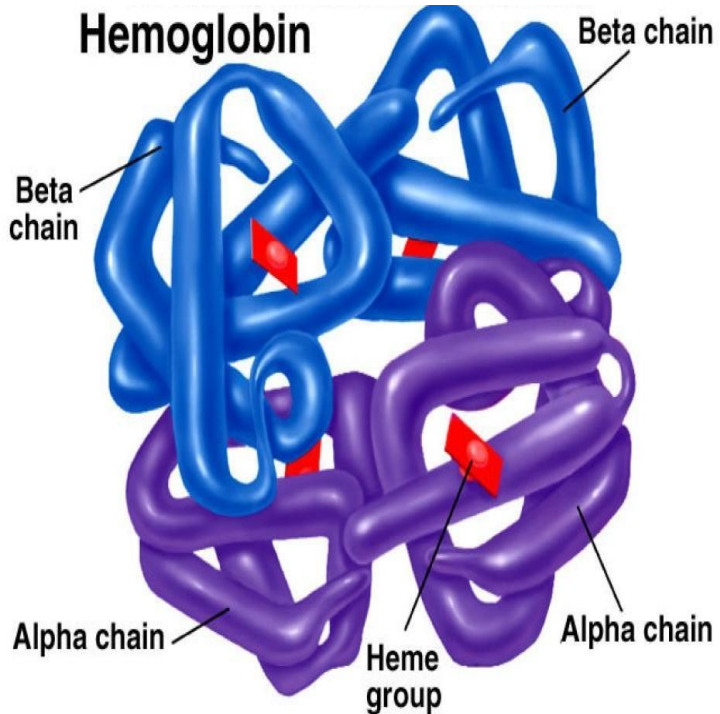
La hemoglobina causa la difusión neta del O_2



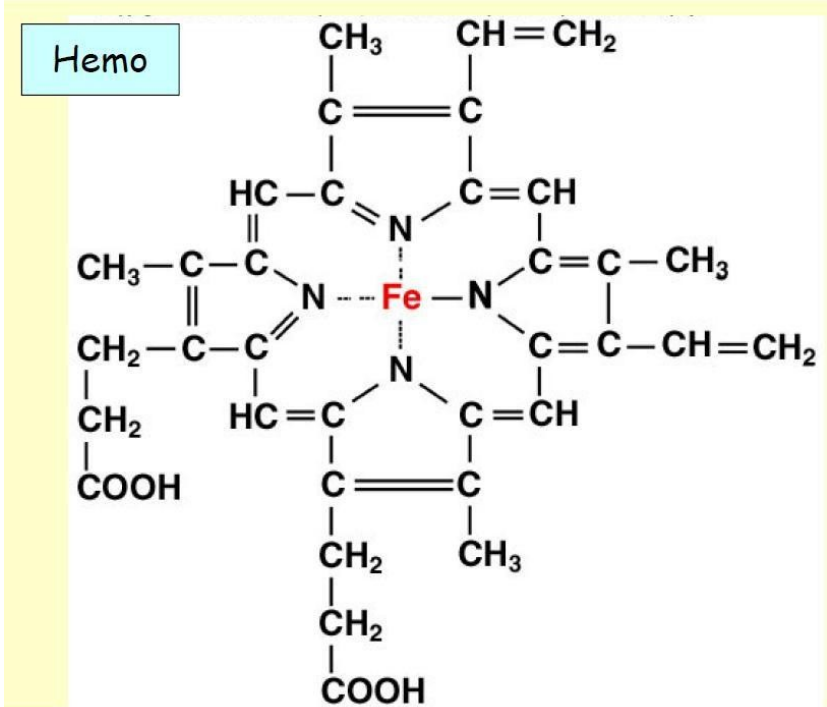
<http://goo.gl/RJkbG>

RECUERDA

El transporte de oxígeno



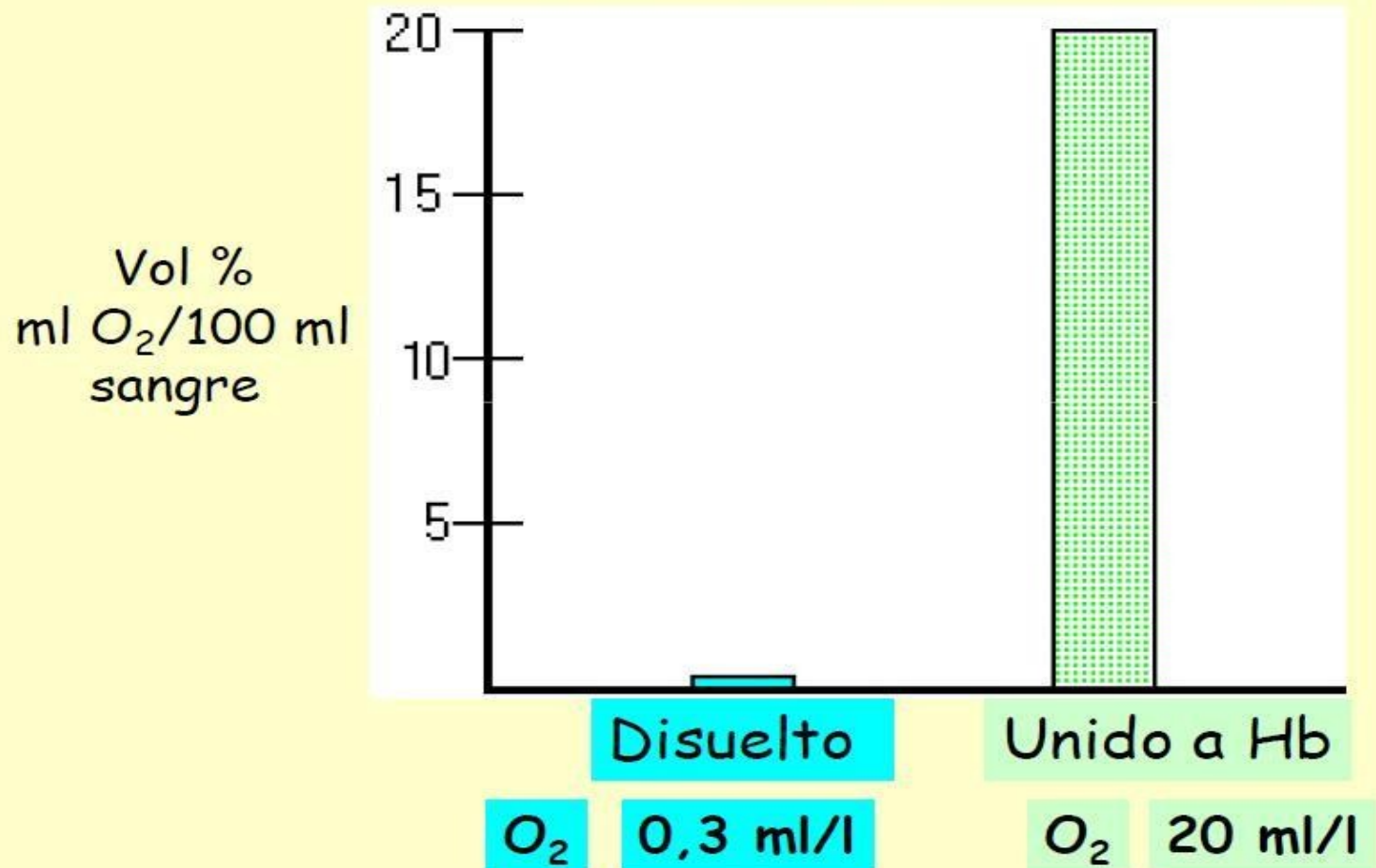
Estructura de la Hemoglobina



Estructura del grupo Hemo

El oxígeno

Contenido de oxígeno en sangre arterial

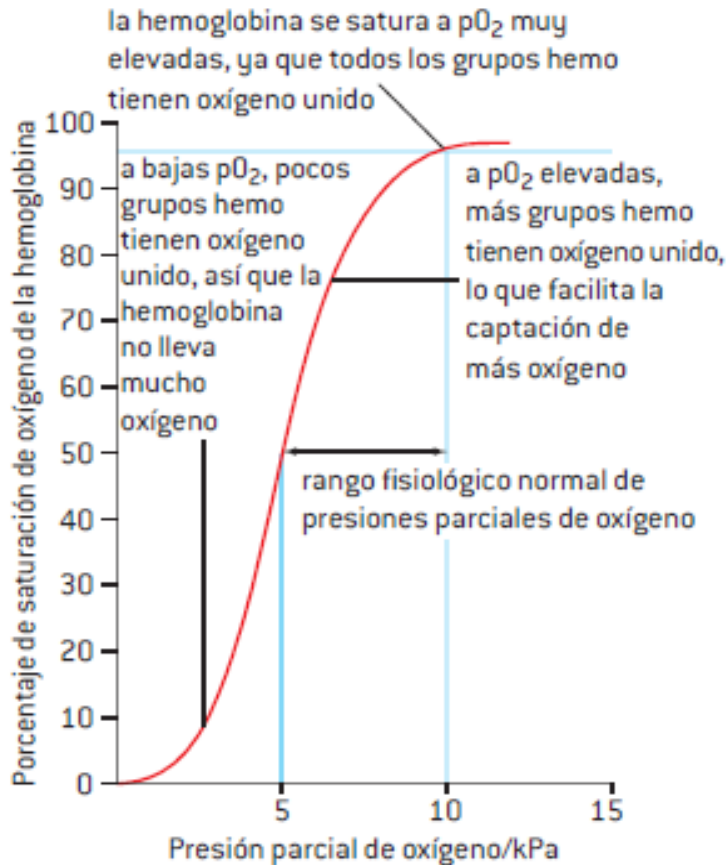




1. Curvas de disociación de oxígeno

Término clave

Las curvas de disociación de oxígeno muestran la afinidad de la hemoglobina con respecto al oxígeno.



▲ Figura 1 Disociación de oxígeno de la hemoglobina

La hemoglobina es una proteína que transporta oxígeno en la sangre. *El grado en que el oxígeno se une a la hemoglobina está determinado por la presión parcial del oxígeno (pO_2) en la sangre.* La curva de disociación de oxígeno que se muestra en la **figura 1** describe una **curva sigmoide o sigmoidea** donde se observa **la saturación de oxígeno de la hemoglobina a diferentes presiones parciales de oxígeno.**

Observa el gran cambio de saturación que se produce en un estrecho rango de presiones parciales de oxígeno. Este estrecho rango tipifica las presiones de oxígeno que se dan alrededor de las células en el metabolismo normal. **A bajas pO_2 , como las que pueden darse en los músculos, el oxígeno se disocia de la hemoglobina.** **Cuando la pO_2 es elevada, como la que puede darse en los pulmones, la hemoglobina se satura.**

LAS CURVAS DE DISOCIACIÓN DE OXÍGENO MUESTRAN LA AFINIDAD DE LA HEMOGLOBINA CON RESPECTO AL OXÍGENO.



▲ Figura 1 Disociación de oxígeno de la hemoglobina

Las curvas ilustran el comportamiento de la hemoglobina durante la carga y descarga de oxígeno. La forma de la curva puede ser explicada por la afinidad cambiante que cada molécula de hemoglobina tiene para el oxígeno, ya que se satura con oxígeno.

Loading o asociación:

Cuando se añade un átomo de oxígeno (HbO_2) para al grupo Hemo éste cambia la forma molecular de los otros grupos Hemo

El cambio de forma aumentan la afinidad de todos los grupos hemo (hace que sea más fácil) para un segundo oxígeno para adjuntar a un segundo grupo hemo (HbO_4). y así sucesivamente

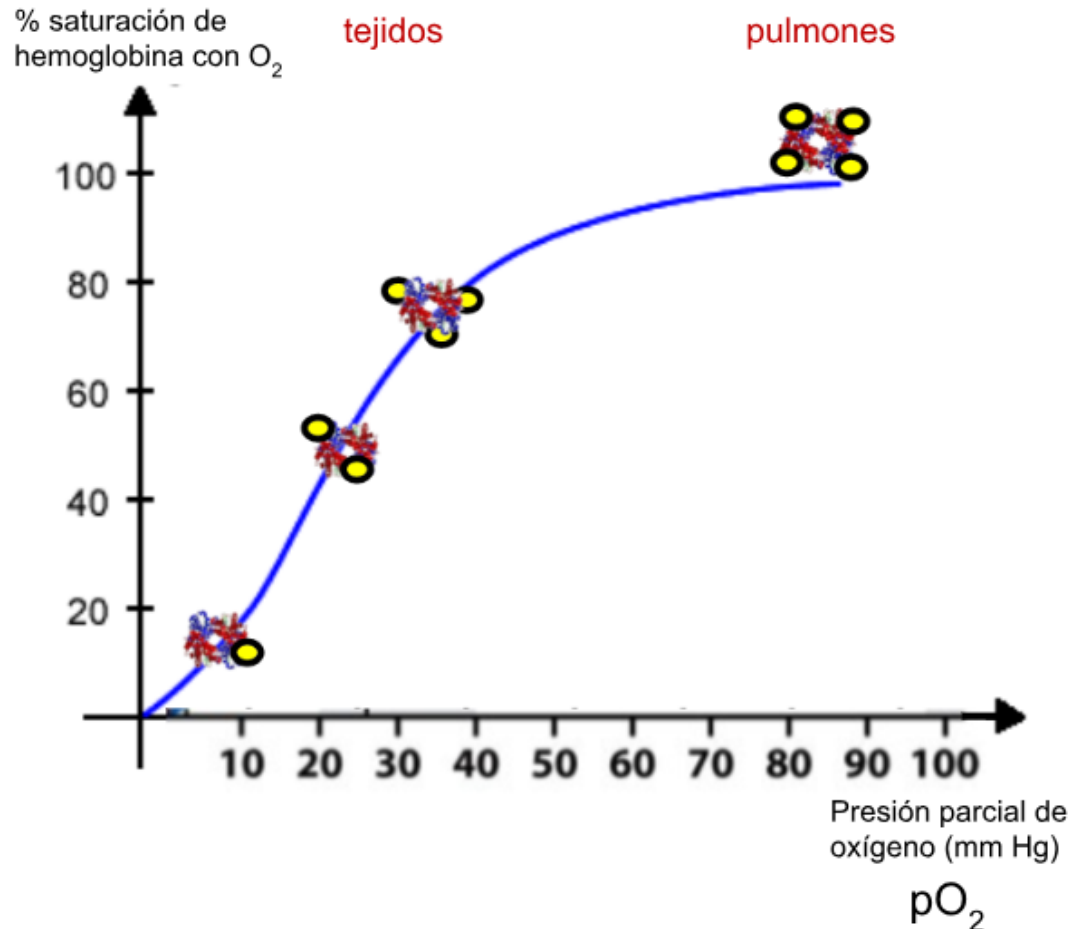
El aumento de afinidad para el oxígeno permite la hemoglobina poder saturar rápidamente en las altas presiones parciales de oxígeno de los capilares de los alveolos

Dado que a menudo consideramos la carga en el pulmón y después de la descarga en los tejidos es mejor leer la curva de derecha a izquierda

La asociación del oxígeno con la Hb sigue una curva sigmoidea

Curva de disociación del oxígeno en la hemoglobina

La **presión parcial** del oxígeno es la presión ejercida por el oxígeno en una mezcla de gases. Cuando la pO_2 es baja la hemoglobina no se satura completamente con O_2 . Si la pO_2 es alta, entonces se satura completamente.

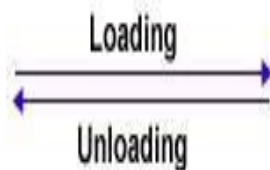
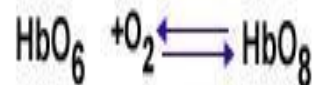
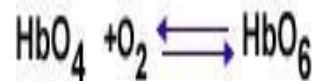
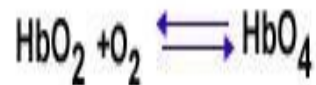
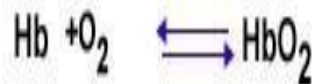


La hemoglobina transporta cuatro moléculas de oxígeno.

La primera es relativamente difícil de enlazar. La segunda y la tercera enlazan fácilmente. La cuarta es más fácil

Mientras más alta sea la pO_2 más fácil será que se enlacen las moléculas de oxígeno a la hemoglobina.

Si la pO_2 desciende los oxígenos se liberarán al medio.

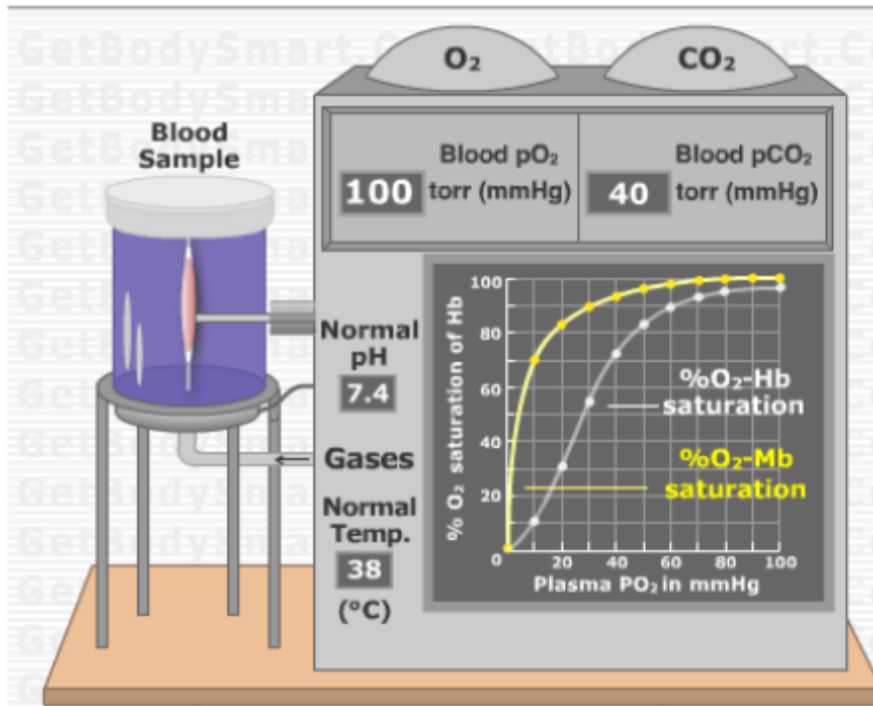


increasing
affinity

Cada molécula de hemoglobina puede unirse con 4 moléculas de oxígeno.

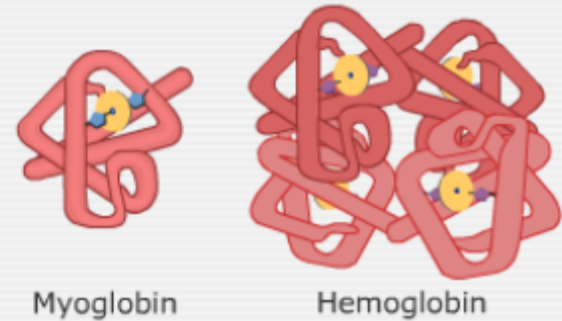
Cuando la hemoglobina (Hb) en una muestra de sangre se ha unido a todos 4 moléculas que se dice que está **completamente saturado**.

Adición de oxígeno a la Hb se llama **carga** (asociación), la pérdida de oxígeno de HB se llama **descarga** (disociación).



TUTORIAL (click [blue links](#) for actions)

The steep (= hyperbolic) dissociation curve indicates that much lower concentrations of O₂ are needed to saturate myoglobin molecules compared with **hemoglobin molecules**, which have four heme groups.

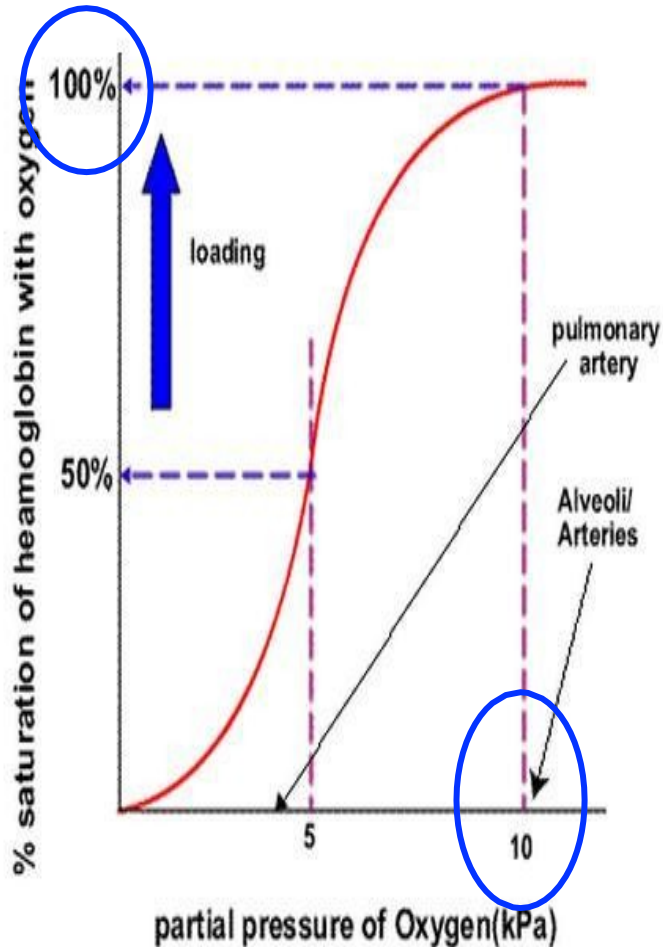


<<

2

LA CARGA

(entrada de oxígeno a los capilares en los alveolos)



Carga:

La sangre en la arteria pulmonar tiene una $P_{O_2} = 5$ kPa

Los alvéolos tiene un $P_{O_2} = 16$ kPa

Hb es 100% saturado a 10 kPa.

La Hb totalmente saturado se llevará a distancia desde el pulmón en la vena pulmonar.

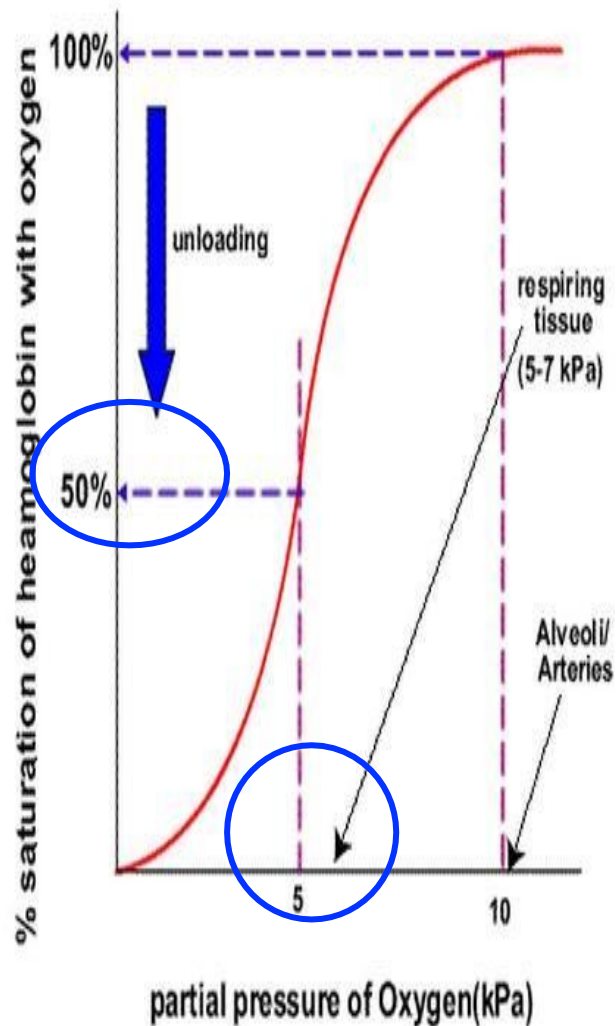
Esta hemoglobina oxigenada circula hacia el lado izquierdo del corazón y luego a la aorta en el que el % de saturación es todavía 100% y otra vez en los tejidos todavía en 100% saturado

Tenga en cuenta que la P_{O_2} requerida para la saturación es **a continuación** P_{O_2} a temperaturas y presiones (nivel del mar) normales.

Así que este patrón de carga es siempre el mismo, salvo en las alturas y al bucear.

LA DESCARGA

(El grupo hemo suelta el O_2 a los tejidos)



la descarga:

Esta es la interpretación que hace la curva de OD útil. La razón de esto es que la demanda de oxígeno o condiciones dentro de los tejidos cambian y a continuación, la hemoglobina puede responder a satisfacer la demanda de oxígeno.

La sangre sale del pulmón / vena pulmonar / aorta a la saturación del 100%

La sangre llega a los tejidos un 100% saturada con oxígeno desde el intercambio es posible hasta ese momento (espesor de las paredes de los vasos sanguíneos + caudal)

Un tejido típico respiran tendría un bajo $Po_2 = 5.7$ kPa.

Oxígeno descarga (disocia) de la concentración de hemoglobina y se difunde en la mitocondria celular para la respiración aeróbica



2. Transporte del dióxido de carbono por la sangre.

Término clave

El dióxido de carbono se transporta disuelto y unido a la hemoglobina por la sangre

El dióxido de carbono se transporta en el plasma sanguíneo de tres formas:

- **Disuelto como dióxido de carbono.**
- **Convertido reversiblemente en iones bicarbonato** (hidrogenocarbonato, HCO_3^-) que se disuelven en el plasma, formándose también en el interior de los glóbulos rojos.
- **Unido a proteínas plasmáticas** como **compuestos carbamínicos.**

La tabla 1 muestra las cantidades de cada forma en la sangre arterial y venosa en reposo y durante el ejercicio.

| Forma de transporte | Sangre arterial mmol^{-1} | Sangre venosa mmol^{-1} | |
|---------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-----------|
| | | Reposo | Ejercicio |
| CO_2 disuelto | 0,68 | 0,78 | 1,32 |
| iones bicarbonato | 13,52 | 14,51 | 14,66 |
| CO_2 unido a proteínas | 0,3 | 0,3 | 0,24 |
| CO_2 total en plasma | 14,50 | 15,59 | 16,22 |
| pH de la sangre | 7,4 | 7,37 | 7,14 |

▲ Tabla 1 Transporte de CO_2 en el plasma sanguíneo en reposo y durante el ejercicio

¿ Cómo circula el en CO₂ sangre ?

El dióxido de carbono se transporta disuelto y unido a la hemoglobina por la sangre.

El dióxido de carbono se transporta en el plasma sanguíneo de tres formas:

- Disuelto como dióxido de carbono
- Convertido reversiblemente en iones bicarbonato (hidrogenocarbonato, HCO₃⁻) que se disuelven en el plasma
- Unido a proteínas plasmáticas

La tabla 1 muestra las cantidades de cada forma en la sangre arterial y venosa en reposo y durante el ejercicio.

| Forma de transporte | Sangre arterial mmol ⁻¹ | Sangre venosa mmol ⁻¹ | |
|-----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-----------|
| | | Reposo | Ejercicio |
| CO ₂ disuelto | 0,68 | 0,78 | 1,32 |
| iones bicarbonato | 13,52 | 14,51 | 14,66 |
| CO ₂ unido a proteínas | 0,3 | 0,3 | 0,24 |
| CO ₂ total en plasma | 14,50 | 15,59 | 16,22 |
| pH de la sangre | 7,4 | 7,37 | 7,14 |

▲ Tabla 1 Transporte de CO₂ en el plasma sanguíneo en reposo y durante el ejercicio



3. Conversión del dióxido de carbono en iones de bicarbonato.

Término clave

El dióxido de carbono se transforma en los glóbulos rojos en iones bicarbonato.

La mayoría del dióxido de carbono producido por el organismo durante la respiración celular se convierte en **iones bicarbonato, la forma más soluble y menos toxica**. La **reacción se produce en los glóbulos rojos** y es catalizada por la **enzima anhidrasa carbónica**.

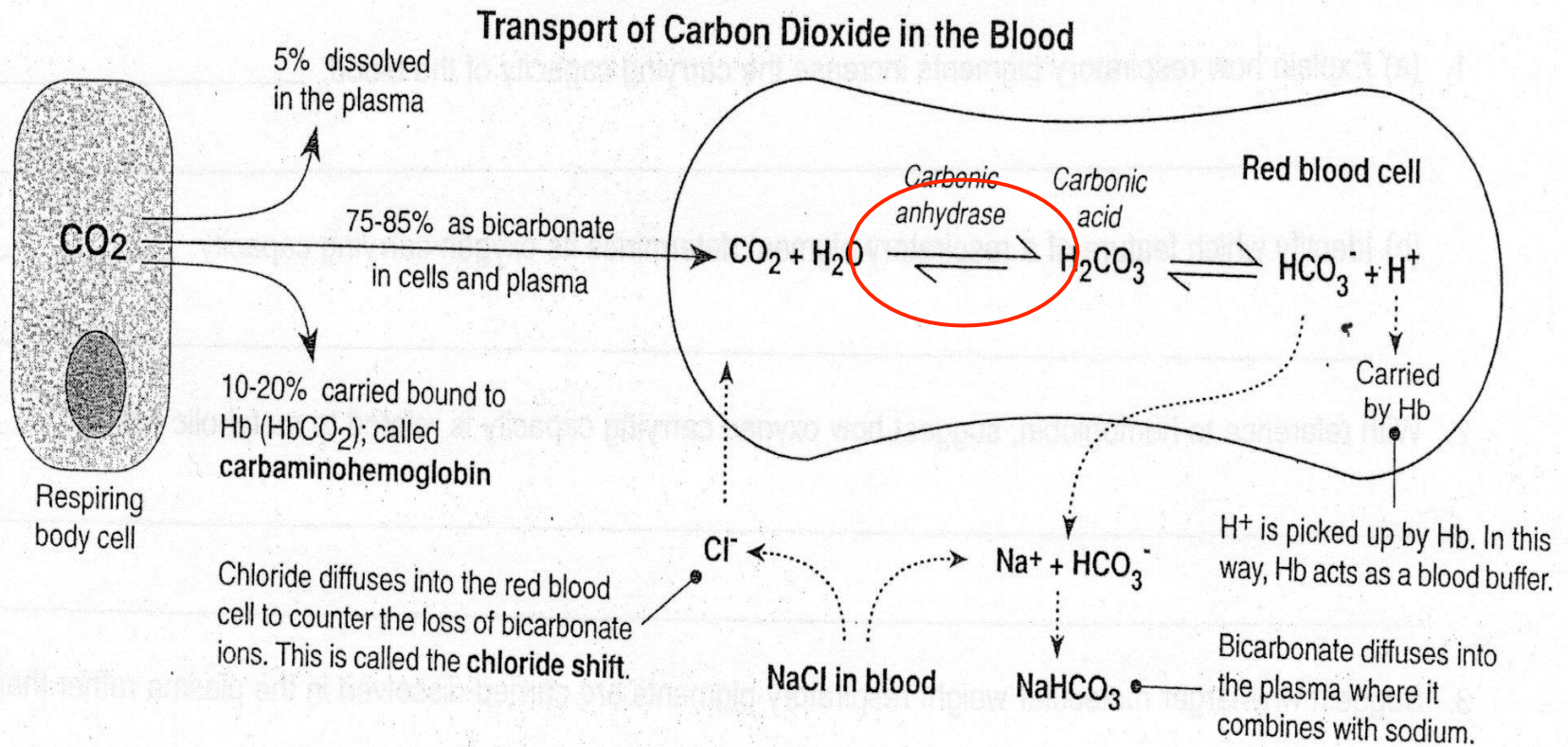


Las flechas que apuntan a ambos lados indican que la reacción es reversible.

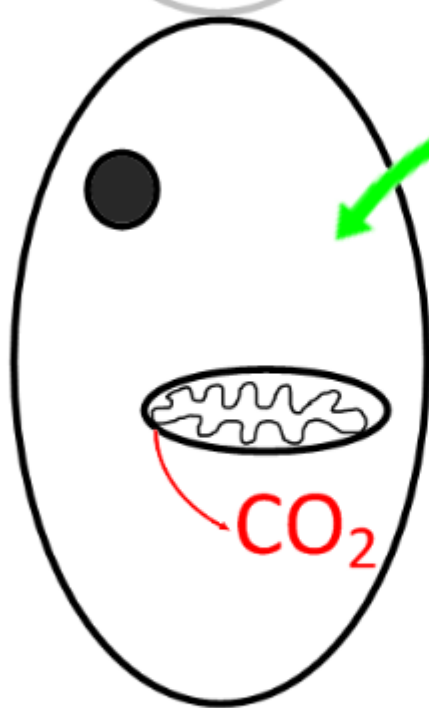
- En los **tejidos** donde se genera dióxido de carbono, la reacción procede hacia la derecha; es decir, se generan más iones bicarbonato. Como también se generan iones H^+ , esto reduce el pH de la sangre.
- En los **pulmones**, donde el dióxido de carbono sale de la sangre, la reacción procede hacia la izquierda y los iones bicarbonato se convierten en dióxido de carbono.

El Transporte del CO₂

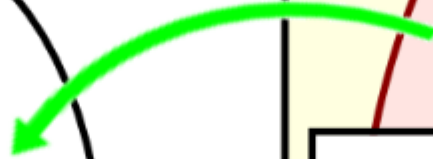
El dióxido de carbono se transforma en los glóbulos rojos en ión bicarbonato y protones



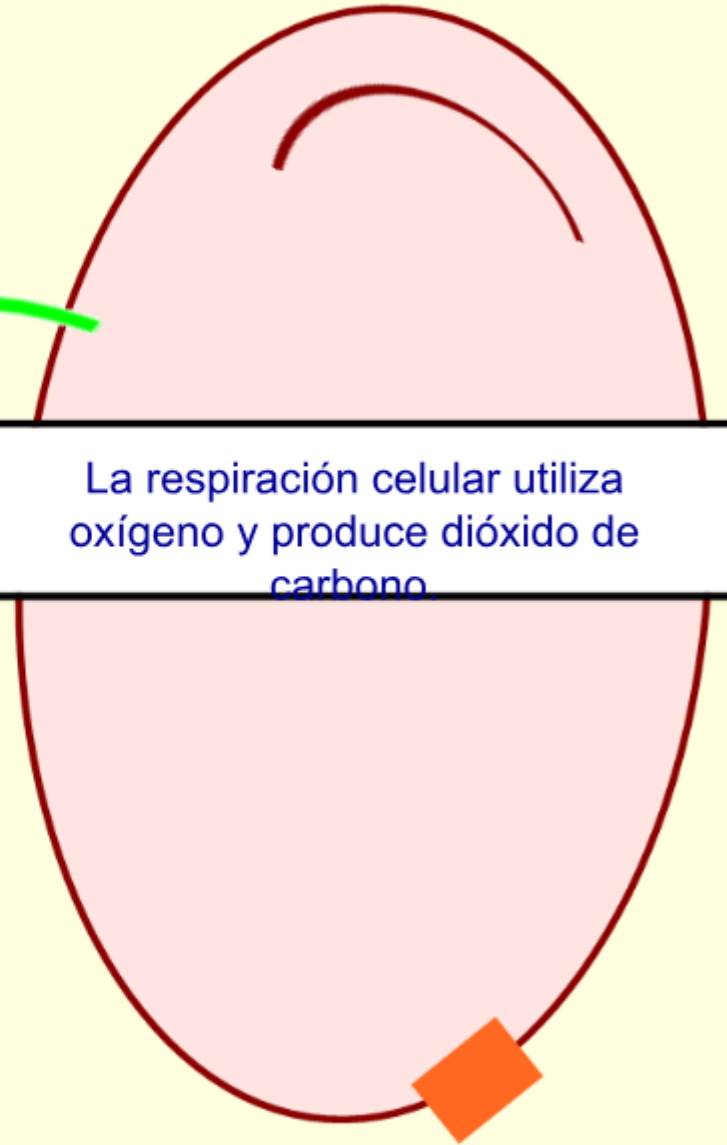
Transporte del dióxido de carbono



O_2

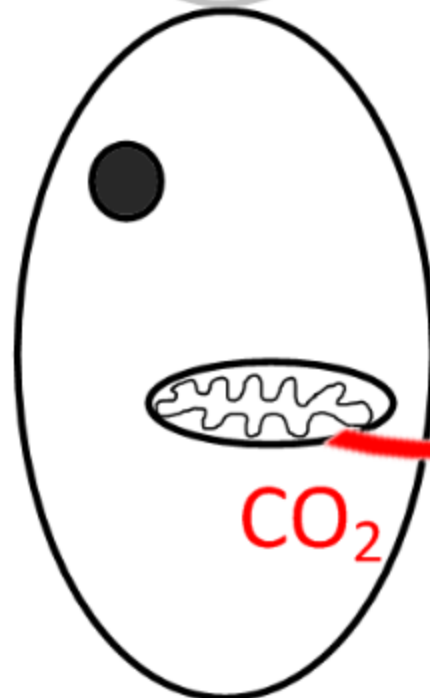


La respiración celular utiliza oxígeno y produce dióxido de carbono.



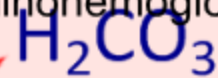
Transporte del dióxido de carbono

El 25% del dióxido de carbono difunde al interior de los glóbulos rojos de la sangre y se combina con la hemoglobina para formar **carbaminohemoglobina**. Esto ocurre sólo en los pulmones.



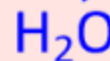
A
carbaminohemoglobina

25%



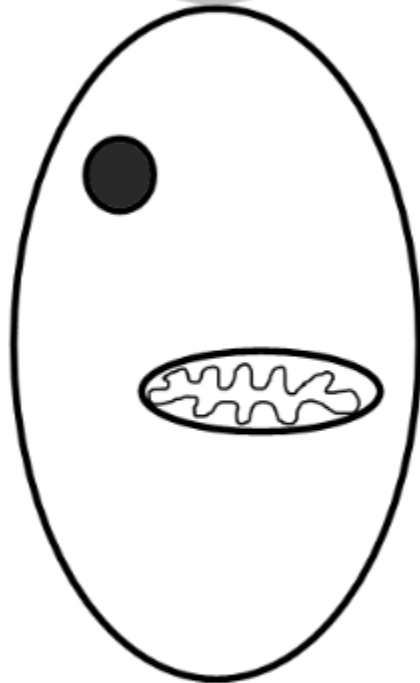
75%

Anhidrasa
carbónica

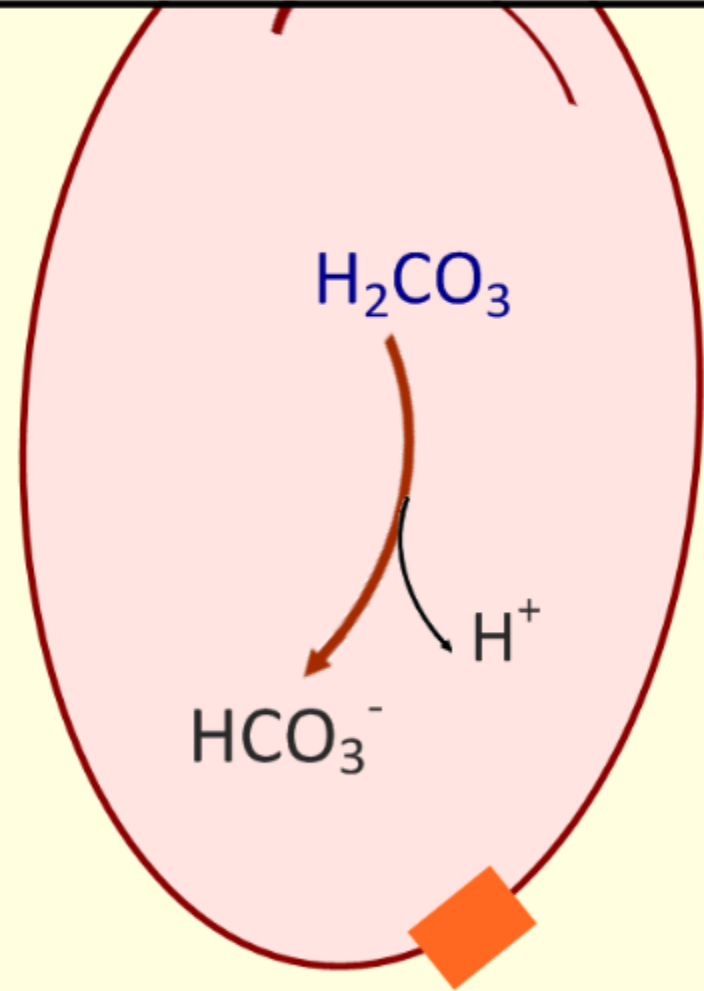


El 75% del dióxido de carbono difunde al interior de los glóbulos rojos de la sangre y se combina con agua para formar **ácido carbónico**. La **anhidrasa carbónica** actúa como enzima catalizador de esta reacción.

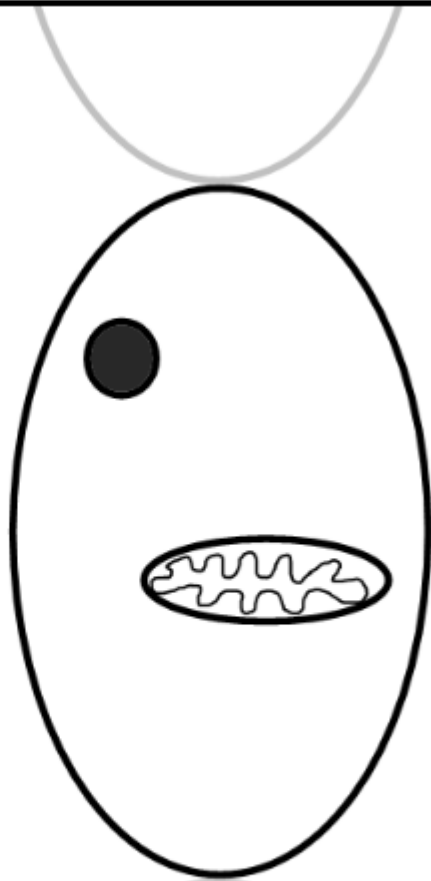
Transporte del dióxido de carbono



El ácido carbónico se disocia en bicarbonato e iones hidrógeno.

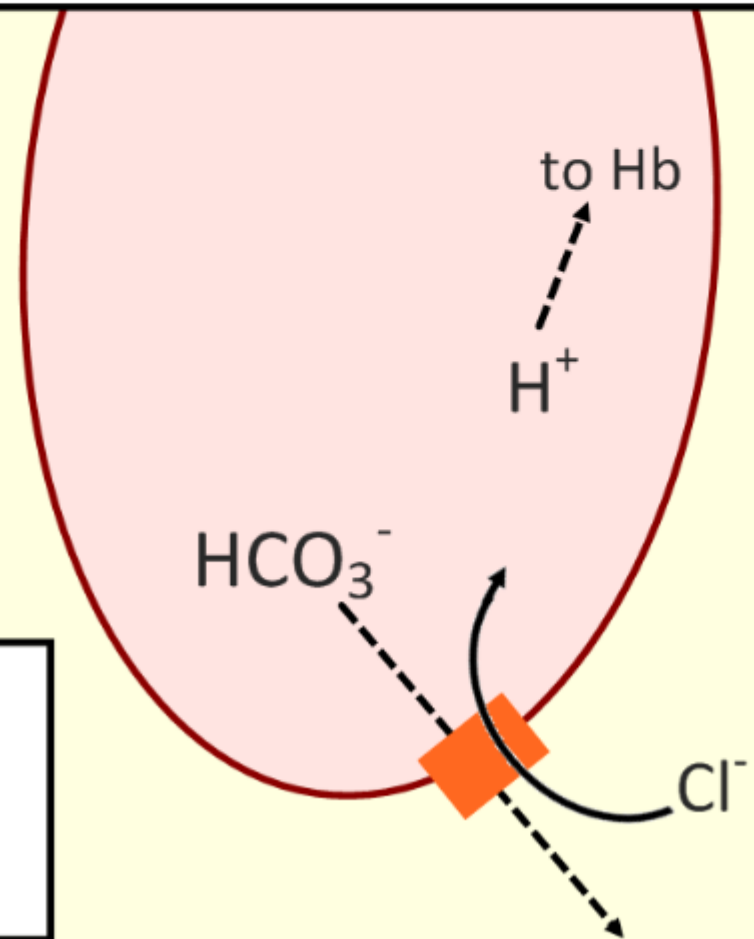


Transporte del dióxido de carbono

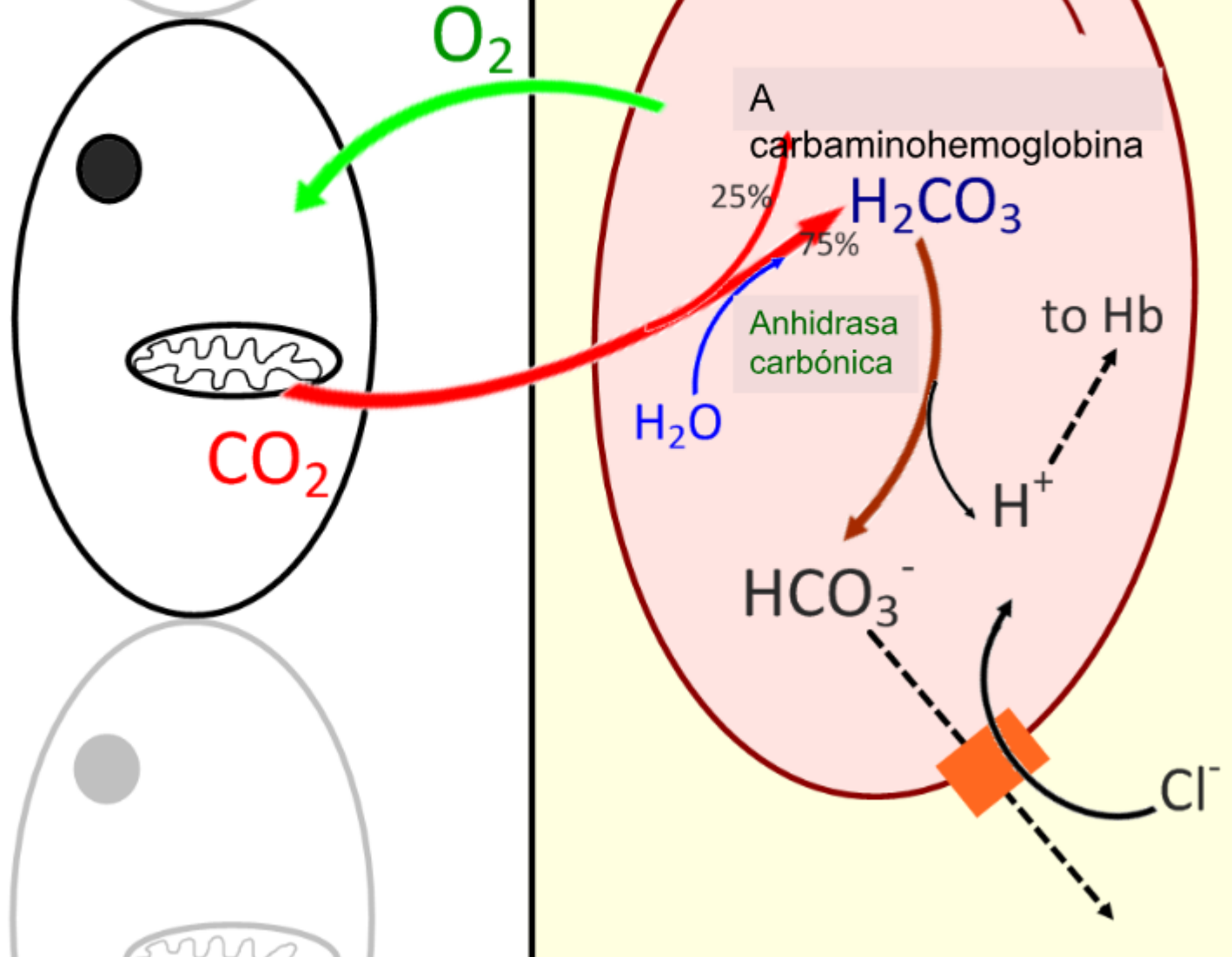


El movimiento de los iones cloruro al interior de los glóbulos rojos se denomina **efecto cloruro**. Mantiene un equilibrio de cargas a través de la membrana.

El bicarbonato difunde al exterior a través de un **transportador** a cambio de que iones cloruro difundan al interior. Los iones hidrógeno se unen a la Hb; esto hace que se mantenga el pH (**efecto buffer o tampón**). Las **proteínas plasmáticas** también ayudan a equilibrar el pH del plasma sanguíneo.



Transporte del dióxido de carbono



Actividad

- 1 Basándote en los datos de la tabla 1, calcula el porcentaje de CO_2 transportado como iones bicarbonato en el plasma de la sangre venosa en reposo. [2]
- 2 Compara los cambios en el CO_2 total y en las tres formas entre la sangre venosa en reposo y durante el ejercicio. [2]
- 3 Deduce, aportando razones, en qué formas se transporta el dióxido de carbono desde los tejidos que respiran hasta los pulmones. [2]
- 4 Discute qué forma de dióxido de carbono es más importante para el transporte:
 - a) En reposo [2]
 - b) Durante el ejercicio [2]



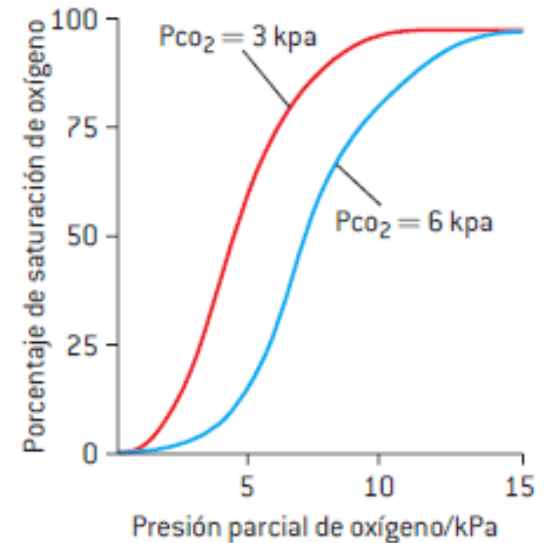
4. El efecto Bohr.

Término clave

El efecto Bohr explica el incremento en la liberación de oxígeno por parte de la hemoglobina en los tejidos que respiran. El efecto del pH y de la concentración de CO₂ sobre la liberación de oxígeno recibe el nombre de efecto de Bohr.

Un aumento en la actividad metabólica hace que se libere más CO₂ a la sangre, lo que reduce el pH de la sangre. Este aumento de la acidez **desplaza la curva de disociación de oxígeno a la derecha**, lo que se traduce en una menor afinidad de la hemoglobina por el oxígeno; es decir, la hemoglobina libera más oxígeno a la misma presión parcial de oxígeno (figura 2).

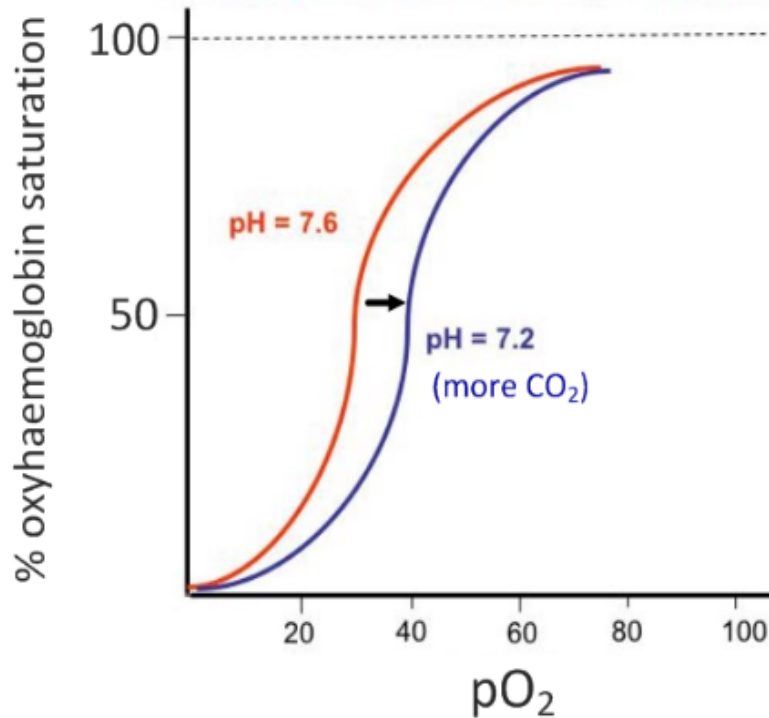
Esto se conoce como el **efecto Bohr** y **garantiza que los tejidos que respiran tengan suficiente oxígeno cuando más lo necesitan**. Además, en los pulmones la pCO₂ es más baja, así que la saturación de la hemoglobina puede ocurrir a presiones parciales de oxígeno más bajas.



▲ Figura 2 El efecto Bohr

El efecto Bohr:

(efecto del pH sobre la disociación del oxígeno)



En los pulmones hay una mayor pO_2 y una menor pCO_2 .

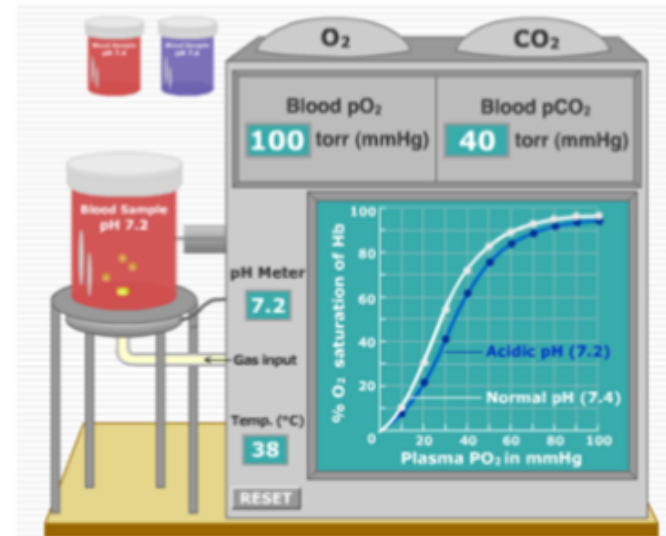
El oxígeno vuelve a unirse con la Hb de nuevo.

La respiración produce CO_2 en los tejidos.

El aumento de CO_2 produce una disminución del pH.

Cuando el pH disminuye, la afinidad de la Hb por el O_2 disminuye.

Esto provoca que se disocie más O_2 de la Hb, el cual puede ser utilizado en los tejidos.



<http://www.getbodysmart.com/ap/respiratorysystem/physiology/gases/phffects/animation.html>



5. Efecto del CO₂ en la tasa de ventilación.

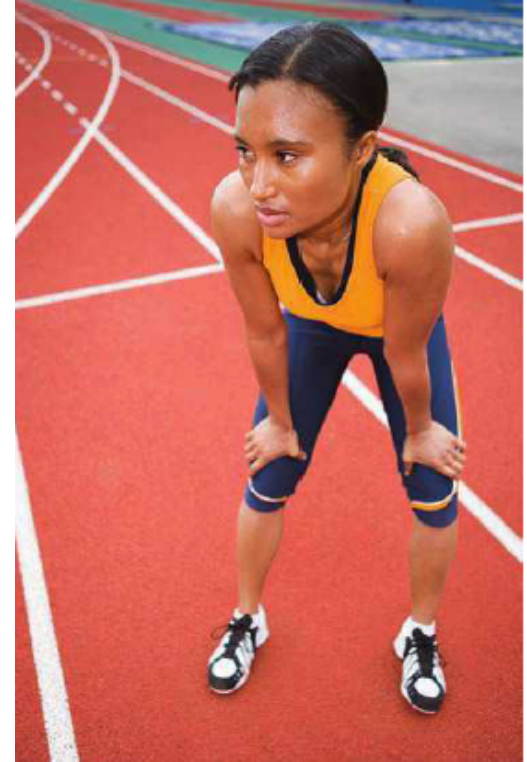
Término clave

Durante el ejercicio la tasa de ventilación varía en respuesta a la cantidad de CO₂ en la sangre.

El ejercicio aumenta la actividad metabólica y resulta en un aumento de la producción de CO₂ como producto de desecho de la respiración celular. **El aumento de CO₂ produce una disminución del pH sanguíneo porque el CO₂ se disuelve en agua para formar ácido carbónico (H₂CO₃) que después se disocia en H⁺ y HCO₃⁻.**

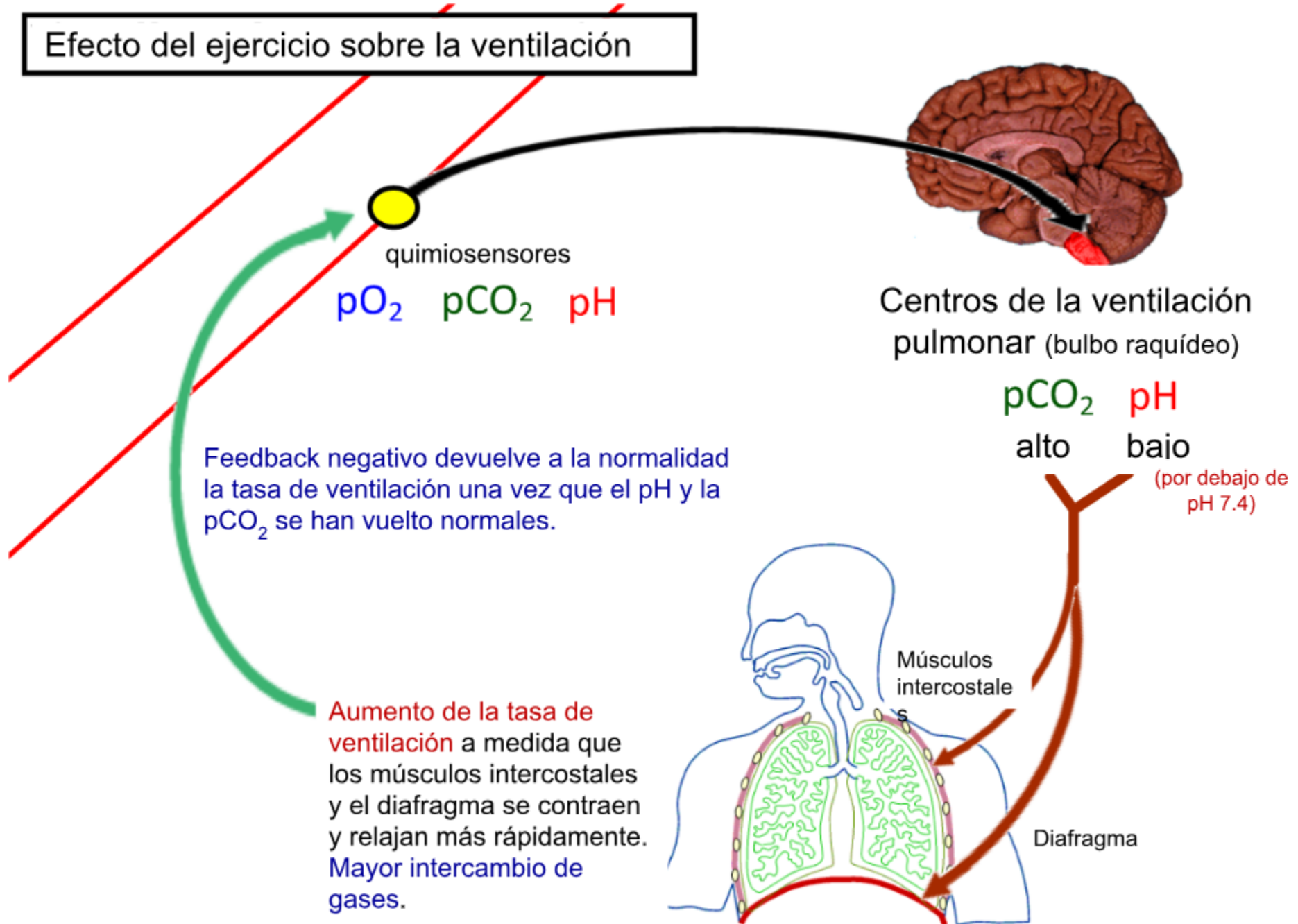
Hay que recordar que una concentración alta de H⁺ significa un pH bajo. **El bulbo raquídeo, la aorta y la arteria carótida tienen quimiorreceptores capaces de detectar cambios en los niveles de dióxido de carbono en la sangre.**

Los **altos niveles de dióxido de carbono en la sangre desencadenan un aumento de la tasa de ventilación con el fin de liberar al cuerpo del dióxido de carbono acumulado.** El dióxido de carbono se difunde al interior de los alveolos y la ventilación lo expulsa del cuerpo. Esto explica la hiperventilación que se produce en respuesta al ejercicio.



▲ Figura 3 La hiperventilación se produce después del ejercicio intenso como mecanismo para mantener el pH de la sangre mediante la eliminación de dióxido de carbono.

Efecto del ejercicio sobre la ventilación





6. Regulación de la tasa de ventilación.

Término clave

El centro de control de la respiración del bulbo raquídeo controla la tasa de ventilación.

La **tasa de ventilación** es regulada por el **centro de la respiración del bulbo raquídeo** del tronco encefálico.

Dos conjuntos de nervios comunican el centro de la respiración con los pulmones :

- los nervios intercostales estimulan los músculos intercostales del tórax
- los nervios frénicos estimulan el diafragma.

Cuando los pulmones se expanden debido a la estimulación nerviosa, los **receptores de estiramiento en las paredes del tórax y de los pulmones envían señales al centro de la respiración** para que detenga las señales que producen la inspiración hasta que se ha exhalado.

Una vez que se ha exhalado, se envía una nueva señal.



7. Los quimiorreceptores y el pH sanguíneo.

Término clave

Los quimiorreceptores son sensibles a las variaciones del pH sanguíneo.

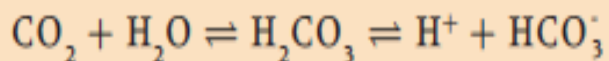
Si se detecta un aumento del dióxido de carbono en la sangre o una disminución en el pH de la sangre, los quimiorreceptores en la arteria carótida y en la aorta envían un mensaje al centro de la respiración del bulbo raquídeo.

El bulbo raquídeo envía entonces impulsos nerviosos al diafragma y a los músculos intercostales para que aumenten la tasa de ventilación, lo que da como resultado un mayor intercambio de gases. En el bulbo raquídeo también hay quimiorreceptores que pueden detectar un aumento del dióxido de carbono en la sangre.

Regulación del pH sanguíneo

El pH de la sangre se regula para mantenerse dentro de un estrecho rango comprendido entre 7,35 y 7,45.

Si el pH de la sangre cae por debajo de 7,35, los quimiorreceptores alertan al centro de la respiración para que aumente la tasa de ventilación. La hiperventilación elimina dióxido de carbono de la sangre haciendo que la reacción del ácido carbónico vaya hacia la izquierda. Así se eliminan iones de hidrógeno de la sangre, lo que eleva el pH.



En el riñón, se pueden añadir a la orina iones H^+ unidos a soluciones tampón para elevar el pH.

Para neutralizar el ácido, se reabsorben mayores cantidades de bicarbonato de los túbulos.

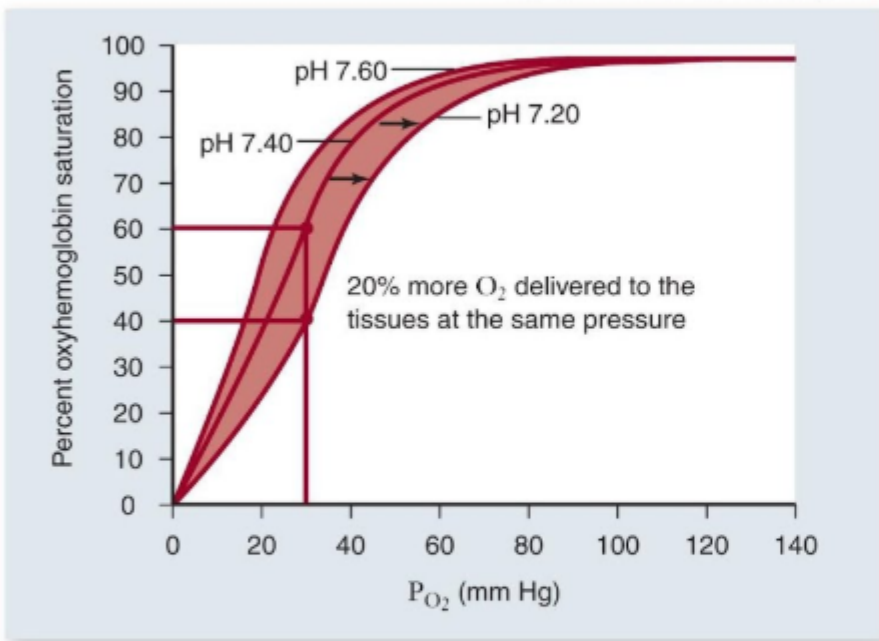
Si la sangre se vuelve demasiado básica, pueden segregarse iones bicarbonato al túbulo contorneado distal del riñón.

Existen soluciones tampón en el líquido extracelular que, aunque no pueden eliminar los ácidos o las bases, pueden minimizar su efecto.

La afinidad de la hemoglobina por el oxígeno se ve afectada por el pH y la temperatura.

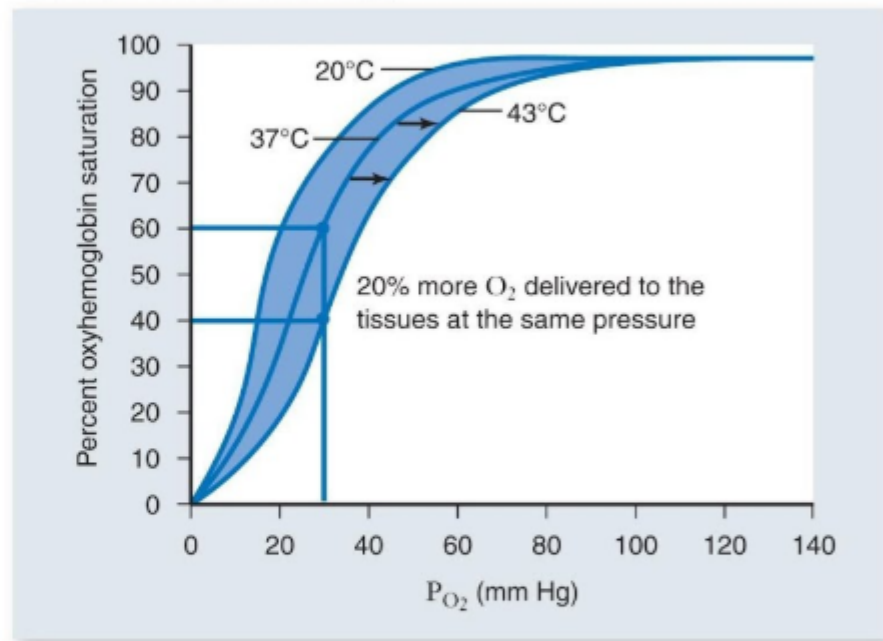
La afinidad disminuye a medida que disminuye el pH y a medida que aumenta la temperatura. Por lo tanto, a pH más bajo y la temperatura más alta, se libera más oxígeno.

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



Efecto del pH

En este ejemplo podemos ver cómo al bajar el pH de 7.40 a 7.20 se reduce el porcentaje de saturación de Hb de 60% a 40%, lo que indica que se libera un 20% más de O_2 a los tejidos.



Efecto de la temperatura

El aumento de temperatura tiene un efecto similar. Debido a que los músculos esqueléticos producen dióxido de carbono más rápidamente durante el ejercicio, y también calor, la sangre se descarga una mayor porcentaje del oxígeno que transporta, durante el ejercicio.

Explique los mecanismos que tienen lugar en la sangre para controlar las variaciones de pH durante el transporte de gases. [6]

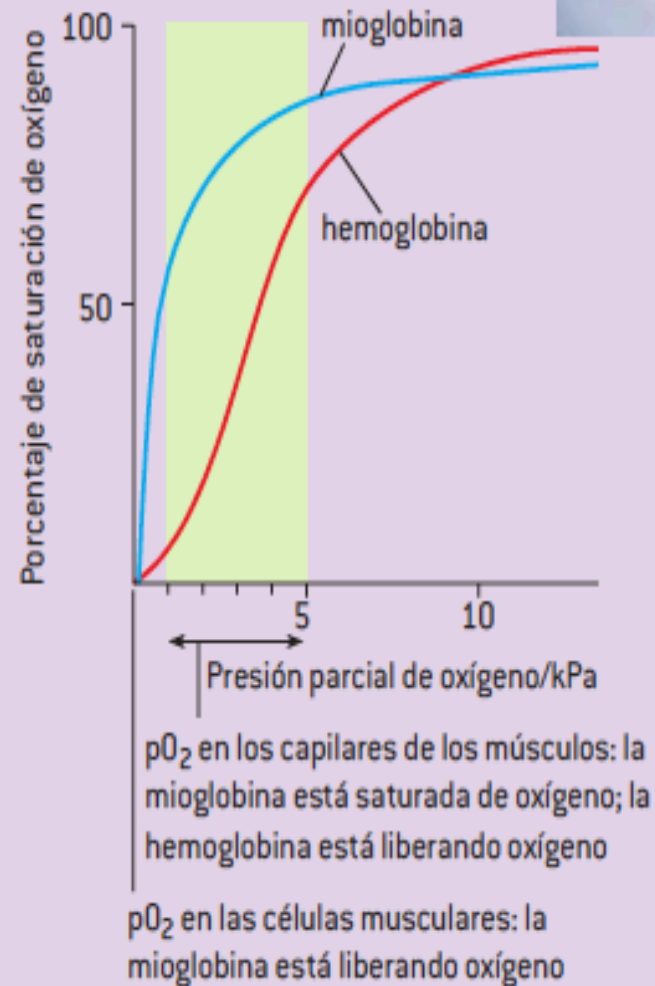
| Punto de calificación | Respuestas | Notas | Total |
|-----------------------|---|-------|--------|
| <i>a</i> | El CO ₂ se combina en los glóbulos rojos con el H ₂ O para producir ácido carbónico/H ₂ CO ₃ ✓ | | 6 máx. |
| <i>b</i> | lo cataliza la anhidrasa carbónica ✓ | | |
| <i>c</i> | el «ácido carbónico» se disocia para formar iones de hidrogenocarbonato e iones de hidrógeno/HCO ₃ ⁻ + H ⁺ ✓ | | |
| <i>d</i> | la disociación del ácido carbónico es una reacción reversible, por lo que puede actuar como una sustancia tampón ✓ | | |
| <i>e</i> | $H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$ ✓ | | |
| <i>f</i> | los iones de hidrogenocarbonato salen de los glóbulos rojos mediante difusión facilitada ✓ | | |
| <i>g</i> | la proteína transportadora introduce un ión cloruro/Cl ⁻ dentro del glóbulo rojo ✓ | | |
| <i>h</i> | el desplazamiento de cloruros mantiene estable el equilibrio de cargas a un lado y a otro de la membrana ✓ | | |
| <i>i</i> | con un pH bajo, la tendencia a disociarse será baja y la ecuación se desplazará hacia la izquierda/se formarán menos iones de hidrogenocarbonato + iones de hidrógeno ✓ | | |
| <i>j</i> | con un pH alto, la tendencia a disociarse será alta y la ecuación se desplazará hacia la derecha/se formarán más iones de hidrogenocarbonato + iones de hidrógeno ✓ | | |
| <i>k</i> | la hemoglobina puede actuar como un tampón, combinándose con los iones de hidrógeno para producir ácido hemoglobínico ✓ | | |



Análisis de curvas de disociación

Análisis de curvas de disociación para la hemoglobina y la mioglobina

La mioglobina es una proteína muscular especializada en transportar oxígeno. Tiene una gran afinidad por el oxígeno y solo lo libera cuando la pO_2 es bastante baja, por ejemplo, en los músculos durante el ejercicio intenso. Las dos curvas en la figura 4 tienen formas diferentes porque la hemoglobina tiene cuatro cadenas con cuatro grupos hemo, mientras que la mioglobina tiene uno. La liberación de cada molécula de O_2 de la hemoglobina provoca un cambio de conformación que hace que la hemoglobina libere más rápidamente las moléculas de O_2 restantes.



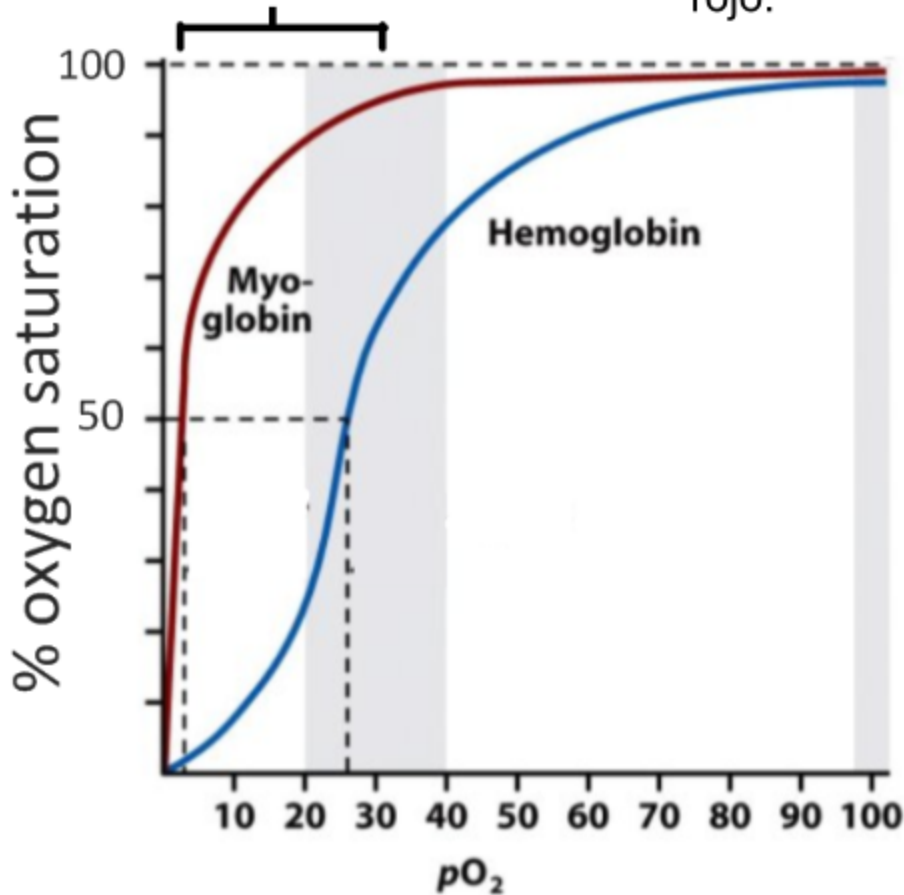
▲ Figura 4 Comparación de las curvas de disociación de O_2 de la hemoglobina y la mioglobina

Explique la curva de disociación de oxígeno de la mioglobina (3)

Mioglobina

La mioglobina libera mucho oxígeno en un rango muy estrecho de presiones parciales en los tejidos

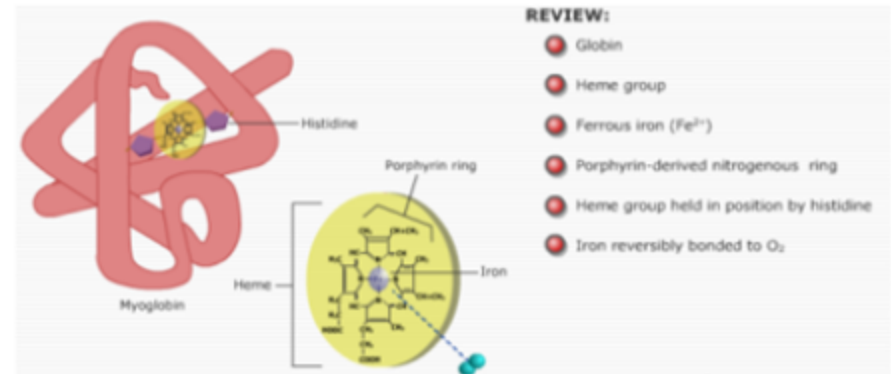
La mioglobina es utilizada para almacenar oxígeno en el músculo y liberarlo cuando se necesite para la respiración de la célula muscular. Le proporciona al músculo su característico color rojo.



La mioglobina aumenta la eficiencia de la respiración en el tejido muscular ya que es más sensible a los cambios en la pO₂ (con valores bajos).

Además libera el oxígeno rápidamente en el tejido para la respiración.

Have a look at some myoglobin:



Adapted from

<http://dbs.umt.edu/courses/fall2006/bioc380/lectures/012/lecture.html>

<http://www.getbodysmart.com/ap/respiratorysystem/physiology/gases/myoglobin/animation.html>

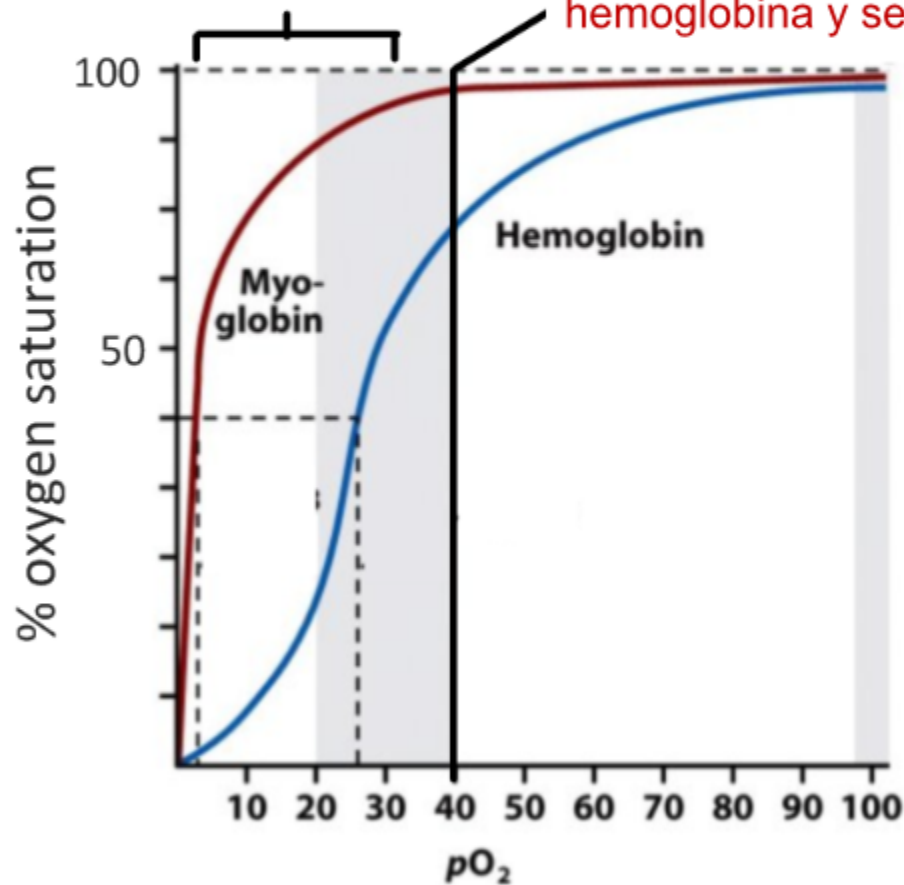


<http://www.getbodysmart.com/ap/respiratorysystem/physiology/gases/menu/animation.html>

Mioglobina

La mioglobina libera gran cantidad de oxígeno en un intervalo estrecho de presiones parciales en los tejidos.

La mioglobina tiene una alta afinidad por el oxígeno cuando la pO_2 es baja, de modo que cuando la sangre llega al músculo, el oxígeno se disocia de la hemoglobina y se asocia con la mioglobina.



La mioglobina es sensible a los cambios en la pO_2 en niveles bajos de oxígeno, así cuando hay una demanda de oxígeno para la respiración, puede disociarse rápidamente y ser utilizado por las células.

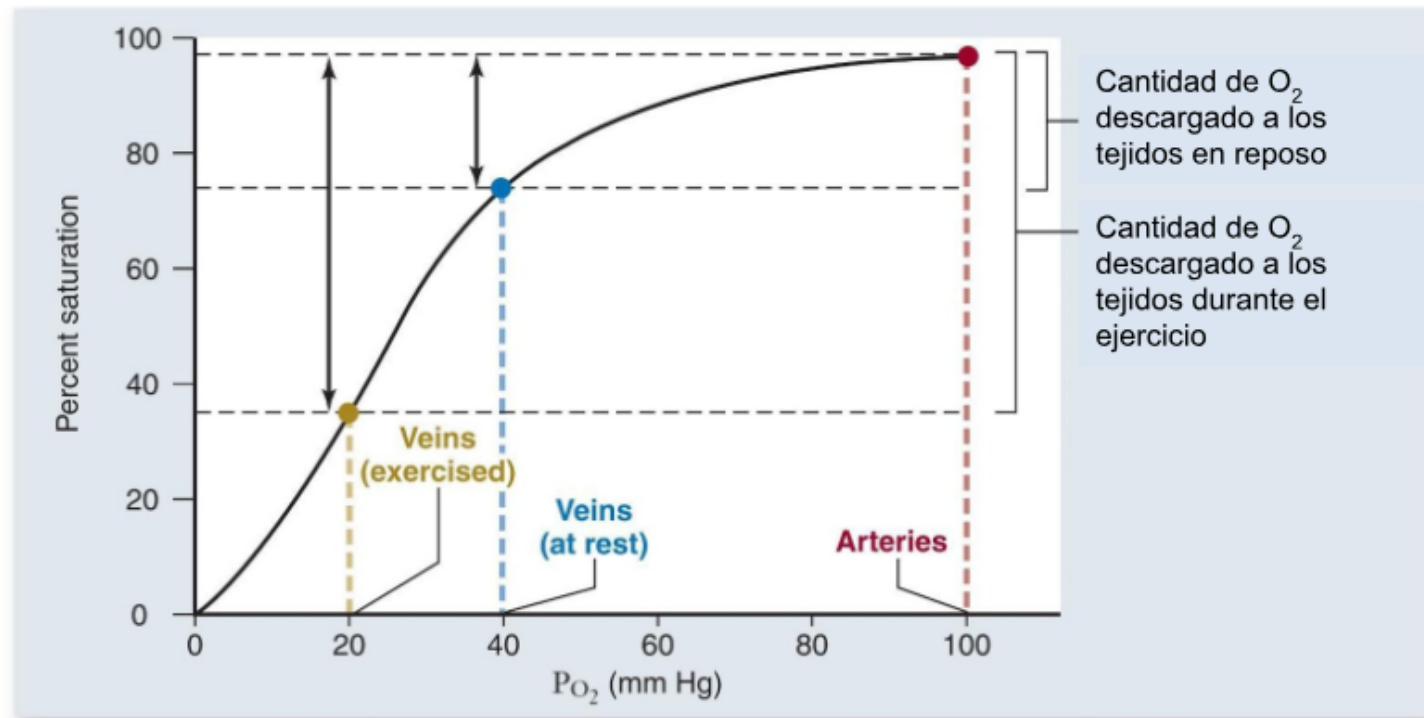
Un flujo de sangre oxigenada reposta rápidamente si la mioglobina se agota en el tejido muscular, asegurando que la respiración aerobia pueda continuar.

Adapted from

<http://dbs.umt.edu/courses/fall2006/bioc380/lectures/012/lecture.html>



La hemoglobina (junto con la mioglobina) proporcionan una **reserva de oxígeno**. La mayor parte del oxígeno transportado por la hemoglobina permanece en la sangre disponible por si hiciera falta. Además en las células de los músculos hay otra proteína, **mioglobina**, que también retiene oxígeno a presiones parciales inferiores a la hemoglobina que sirve como reserva adicional de oxígeno.



Curva de disociación de la hemoglobina. La hemoglobina se combina con el O₂ en los pulmones, y la sangre oxigenada es transportada por las arterias a las células del cuerpo. Después el O₂ es liberado de la sangre para apoyar la respiración celular. La sangre que entra en las venas contiene menos O₂.



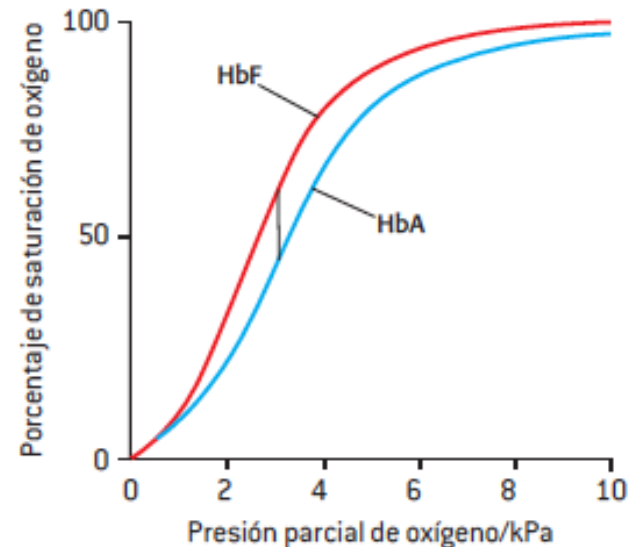
8. Diferencias de afinidad por el oxígeno entre la hemoglobina fetal y la adulta.

Término clave

La hemoglobina fetal es diferente de la hemoglobina adulta; permite la transferencia de oxígeno de la placenta a la hemoglobina fetal.

La figura 5 compara las curvas de disociación de oxígeno de la hemoglobina fetal y de la hemoglobina adulta.

Observa que **la hemoglobina fetal tiene mayor afinidad por el O_2 a todas las presiones parciales**. Esto permite transferir el O_2 de la sangre materna al feto a través de la placenta.

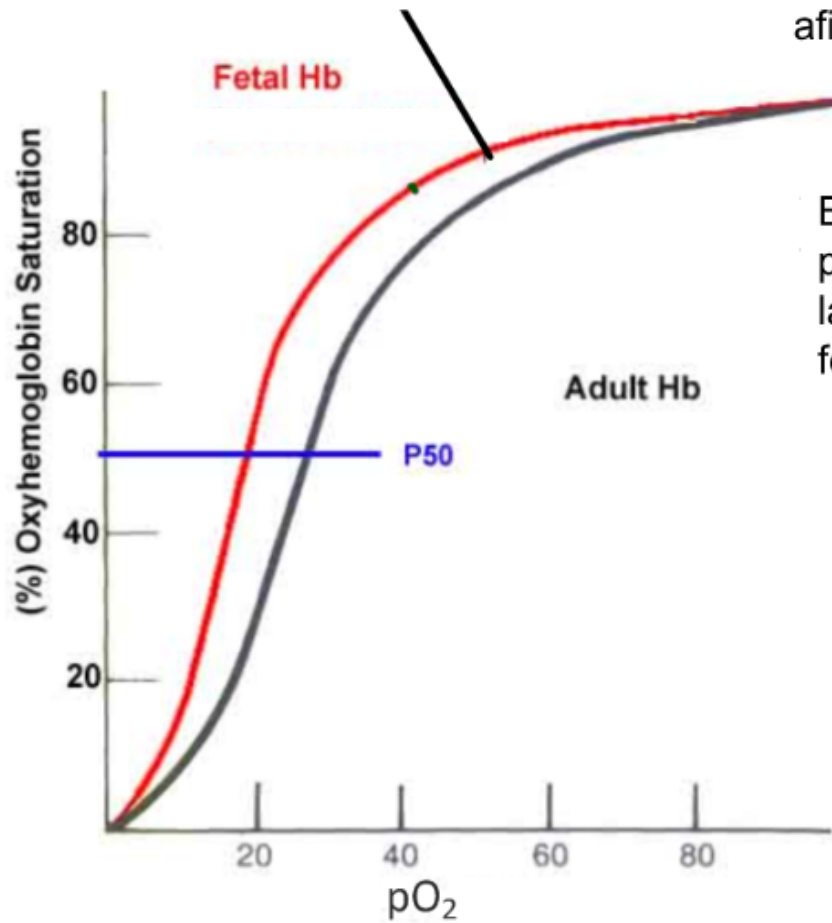


▲ Figura 5 Comparación de las curvas de disociación de O_2 de la hemoglobina fetal y la hemoglobina adulta

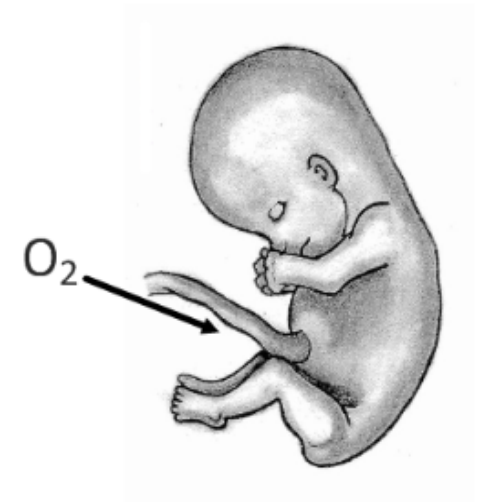
Hemoglobina fetal

La curva de disociación del oxígeno para la Hb fetal está desplazada a la izquierda de la de la Hb del adulto.

Esto significa que la Hb fetal es capaz de tomar oxígeno a presiones parciales más bajas que la Hb del adulto: tiene una mayor afinidad por el oxígeno.



El feto obtiene oxígeno a través de la placenta. El oxígeno se disocia primero de la Hb de la madre y se une luego a la Hb fetal.



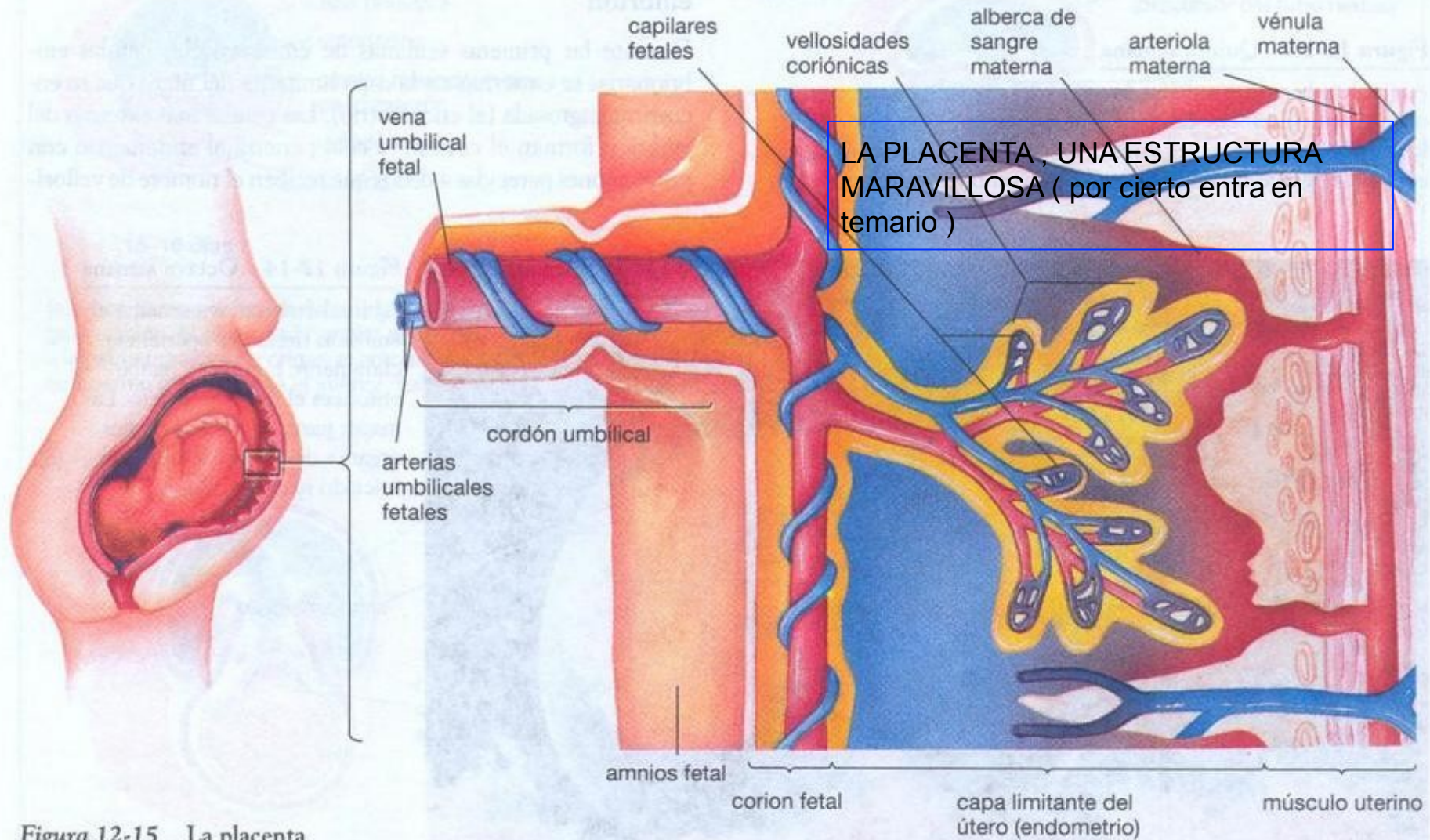
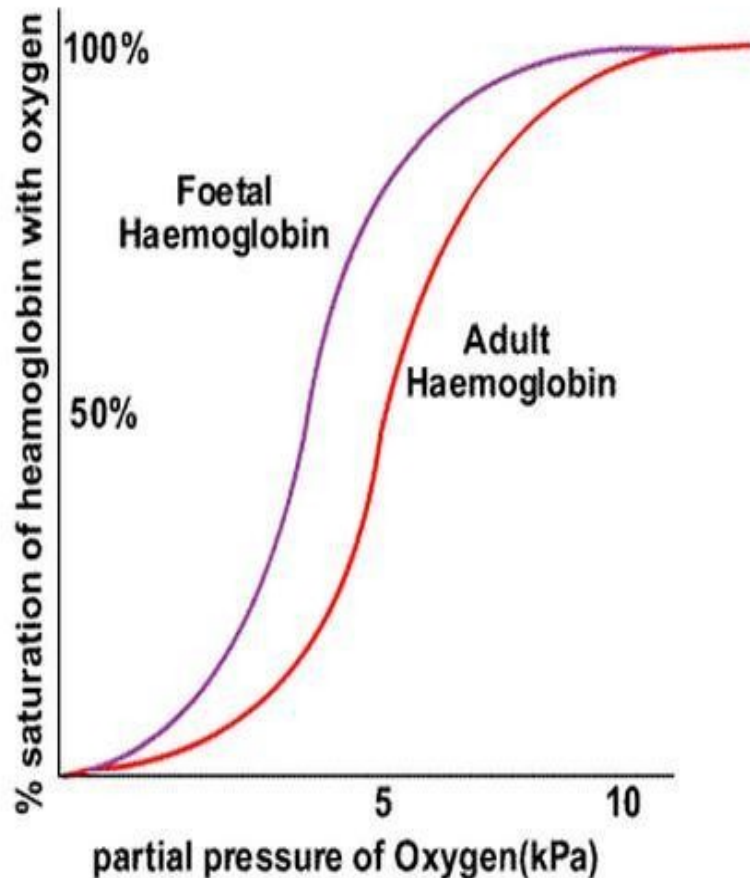


Figura 12-15 La placenta

La placenta se forma tanto del corion del embrión como del endometrio de la madre. Los capilares del endometrio se rompen y liberan sangre para formar depósitos dentro de la placenta. Mientras tanto, el corion desarrolla proyecciones (las vellosidades coriónicas) que se extienden hacia el interior de esos depósitos de sangre materna. Los vasos sanguíneos del cordón umbilical se ramifican ampliamente dentro de las vellosidades. La estructura resultante separa la dotación de sangre materna y fetal, mientras que genera una gran superficie para la difusión del oxígeno, bióxido de carbono, nutrimentos y desechos entre los capilares fetales y los depósitos de sangre materna. Las arterias umbilicales llevan sangre desoxigenada desde el feto a la placenta, las venas umbilicales llevan sangre oxigenada de regreso al feto.

CASOS ESPECIALES : RESPUESTAS A LA ALTA DEMANDA DE OXÍGENO



CASO 1 : EL FETO

El feto no obtiene oxígeno del aire usando sus pulmones. Se basa en el oxígeno obtenido por la madre y distribuido a través de los vasos sanguíneos en la pared del útero.

La sangre oxigenada en los capilares útero entran en estrecha asociación con los capilares de la placenta fetal.

la Hb fetal tiene mayor afinidad por el O_2 a todas las ppo₂

Considere la posibilidad de una presión parcial de $Po_2 = 5$ kPa. Adultos de Hb puede retener menos de 50% de Hb fetal HB pero puede asociar con un mucho más alto + 80 %.

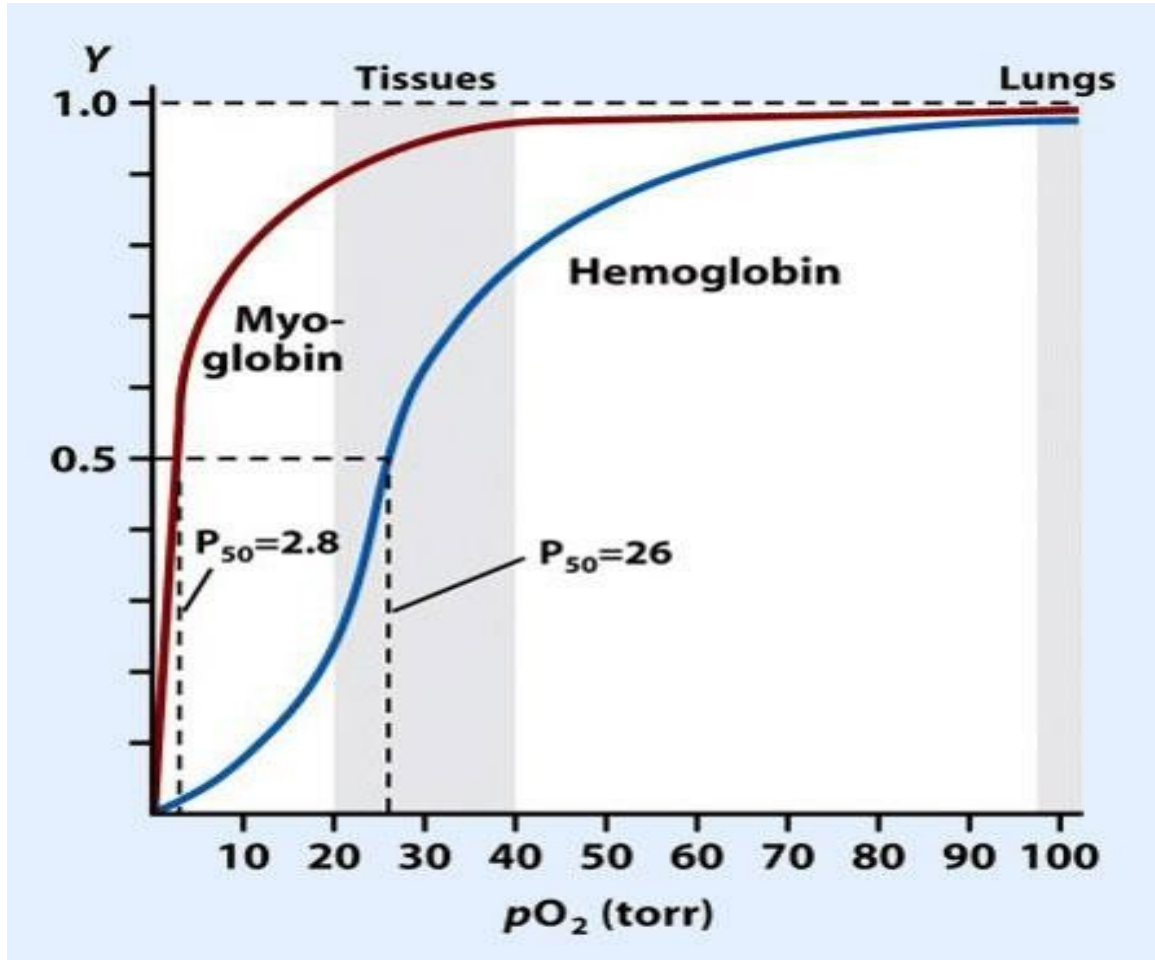
El Po_2 en los tejidos fetales es muy bajo debido a la alta tasa metabólica asociada con tasas de crecimiento del feto. Por lo tanto, aunque la Hb fetal tiene una mayor afinidad por el oxígeno en un ambiente de presión tan baja parcial de la tejido fetal se descarga de oxígeno fácilmente.

Al nacer la Hb fetal se sustituye por tipo adulto Hb.

CASO 2 : FIBRAS MUSCULARES EN ACCIÓN :

LA MIOGLOBINA

La mioglobina se encuentra en el músculo (sin transporte involucrados). La presencia de mioglobina muscular da su color rojo característico.



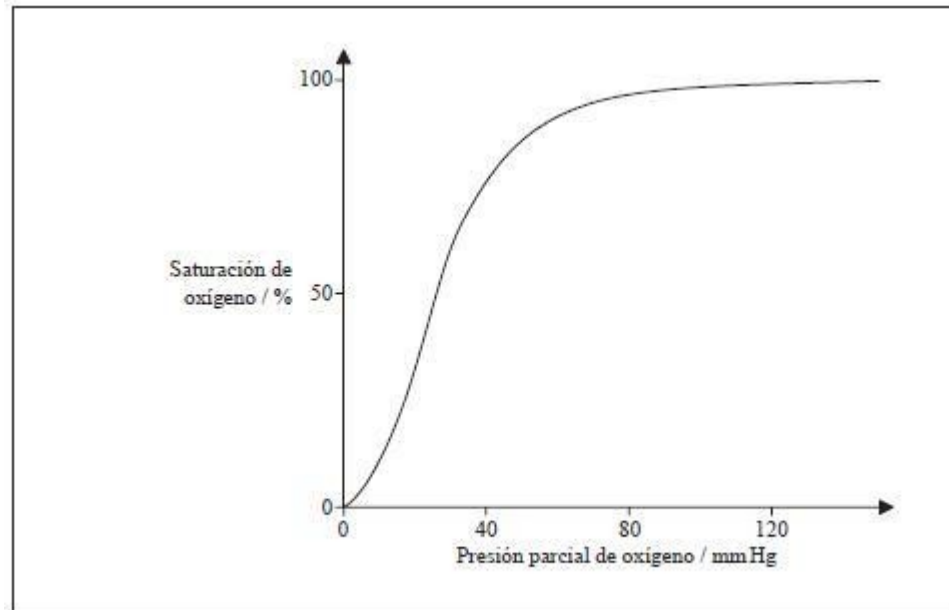
La mioglobina tiene una mayor afinidad por el oxígeno que la hemoglobina. Sólo tiene un grupo hemo y una globina. Sólo almacena un oxígeno por molécula de mioglobina.

La mioglobina conserva su oxígeno hasta que se producen las presiones parciales muy bajas.

Tales presiones parciales bajas se producen cuando el músculo está trabajando muy duro y el oxígeno se utiliza en la respiración aeróbica.

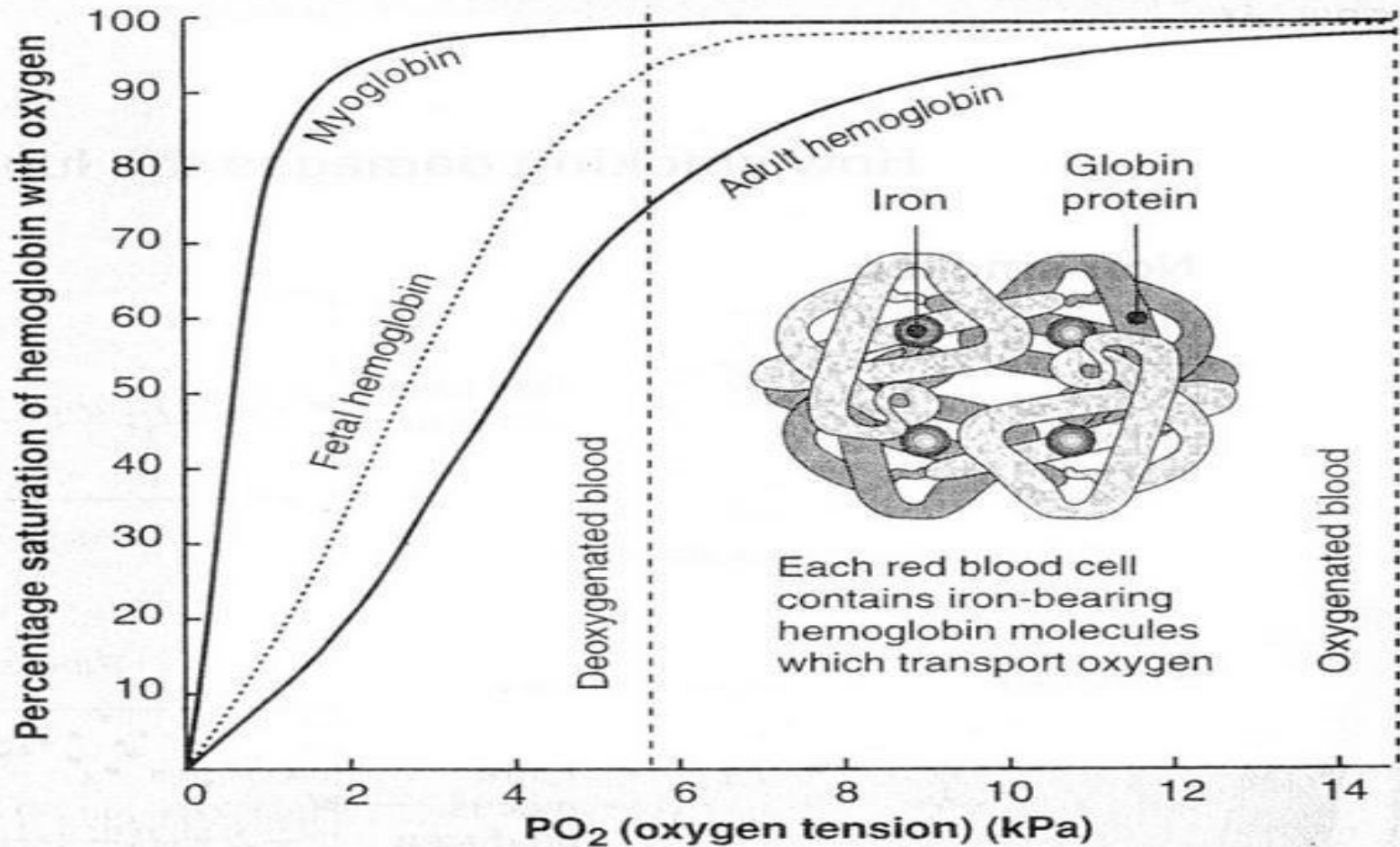
La mioglobina descarga su oxígeno cuando hay una alta tasa de respiración, tal como durante el ejercicio intenso. De este modo, retrasa el inicio de la respiración anaerobia.

El intercambio de gases entre la sangre materna y la sangre fetal se produce en la placenta. La gráfica muestra la curva de disociación de oxígeno de la madre.



| | | | | |
|---|---|---|--|---|
| a | | hierro ✓ | | 1 |
| b | | | | |
| | a | posición correcta, a la izquierda de la hemoglobina de adulto ✓ | | |
| | b | forma similar a la de la hemoglobina de adulto ✓ | | 2 |

Dissociation curves for hemoglobin and myoglobin at normal body temperature for fetal and adult human blood.



As oxygen level increases, more oxygen combines with hemoglobin (Hb). Hb saturation remains high, even at low oxygen tensions. Fetal Hb has a high affinity for oxygen and carries 20-30% more than maternal Hb. Myoglobin in skeletal muscle has a very high affinity for oxygen and will take up oxygen from hemoglobin in the blood.



Intercambio de gases a una altitud elevada

Consecuencias de una altitud elevada para el intercambio de gases

A una altitud elevada, la pO_2 en el aire es baja. La hemoglobina puede no saturarse completamente y, en consecuencia, los tejidos pueden no recibir suficiente oxígeno. Hasta cierto punto, la fisiología humana puede adaptarse a las altitudes elevadas: puede aumentar la producción de glóbulos rojos, lo que aumenta la cantidad total de hemoglobina en circulación; la tasa de ventilación aumenta para incrementar el intercambio de gases; los músculos producen más mioglobina para garantizar el suministro de oxígeno a los tejidos. Las poblaciones que viven permanentemente a altitudes elevadas tienen una mayor superficie pulmonar media y una mayor capacidad vital que las personas que viven a nivel del mar. Su curva de disociación de oxígeno se desplaza a la derecha, promoviendo la liberación de oxígeno a los tejidos.

Efectos de la altitud sobre intercambio gaseoso

Con la altitud la capa de aire es más fina y la pO_2 mucho más reducida, lo que produce una reducción en la toma de oxígeno mediante la ventilación normal. La Hb no puede alcanzar el 100% de saturación.

El organismo lo compensa aumentando la velocidad del latido cardíaco y de la ventilación, aunque esto no pueda ser suficiente.

Síntomas del mal de altura:

- Dolores de cabeza, náuseas y vómitos.
- Mareo o pérdida de conciencia.
- Debilitamiento muscular, pulso y respiración acelerados.

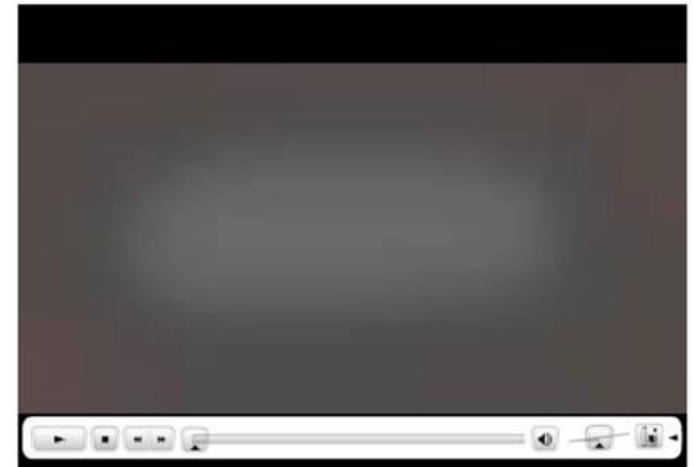
La aclimatación ayuda al cuerpo a producir más glóbulos rojos, más mioglobina y mayor número de mitocondrias y una mayor circulación sanguínea por los músculos. También aumenta la velocidad de ventilación.

Las poblaciones que viven en altitud muestran signos de selección natural en el trabajo humano: mayor pecho, alveolos más densos, más glóbulos rojos y mayor afinidad por el oxígeno.



En casos extremos, puede ocurrir la muerte, ya sea debido a la falta de oxígeno o por incapacidad de suficiente ventilación.

Altitude medicine:



http://www.youtube.com/watch?v=8_alFJuF4w4&feature=related

Mountain Sickness

Altitude sickness or mountain sickness is usually a mild illness associated with trekking to altitudes of 5000 meters or so. Common symptoms include headache, insomnia, poor appetite and nausea, vomiting, dizziness, tiredness, coughing and breathlessness. The best way to avoid mountain sickness is to ascend to altitude slowly (no more than 300 m per day above 3000 m). Continuing to ascend with mountain sickness can result in more serious illnesses: accumulation of fluid on the brain (cerebral edema) and accumulation of fluid in the lungs (pulmonary edema). These complications can be fatal if not treated with oxygen and a rapid descent to lower altitude.



Physiological Adjustment to Altitude

| Effect | Minutes | Days | Weeks |
|-------------------------------------|---------|------|-------|
| Increased heart rate | ←→ | | |
| Increased breathing | ←→ | | |
| Concentration of blood | | ←→ | |
| Increased red blood cell production | | | ←→ |
| Increased capillary density | | | ←→ |

The human body can make adjustments to life at altitude. Some of these changes take place almost immediately: breathing and heart rates increase. Other adjustments may take weeks (see above). These responses are all aimed at improving the rate of supply of oxygen to the body's tissues. When more permanent adjustments to physiology are made (increased blood cells and capillary networks) heart and breathing rates can return to normal.

Adaptations to High Altitude

Studies on three high altitude human populations (Andean, Tibetan, and Ethiopian highlands) have found three different adaptations for survival to the low levels of oxygen in the air.

Populations living in the Andean Altiplano in South America develop higher concentrations of hemoglobin than populations living at sea level.

Tibetan populations have similar hemoglobin concentrations to populations at sea level, but take more breaths per minute to compensate for the lower oxygen pressure. The average Tibetan man has a ventilation rate of 15 L min⁻¹ while an Andean man has a rate of 10.5 L min⁻¹.



Tibetan porter

Concentration of Hemoglobin in the Blood

| Group | Hemoglobin concentration (g 100ml ⁻¹) |
|----------------------------|---|
| U.S. sea level mean | 15.3 |
| Andean male | 19.2 |
| Andean female | 17.8 |
| Tibetan male | 15.6 |
| Tibetan female | 14.2 |
| Ethiopian highlands male | 15.9 |
| Ethiopian highlands female | 15.0 |

Recent studies on indigenous populations in the Ethiopian highlands (altitude of >1500 m) have found that they do not experience **hypoxia** (lack of oxygen), but have none of the physiological adaptations seen in the Andean or Tibetan populations. Their hemoglobin concentration is normal, and they do not compensate with a higher ventilation rate.

Adaptations in indigenous Ethiopian highlanders may be due to changes in the hypoxia-inducible factor-1 (HIF-1) pathway. This pathway controls the systemic and cellular responses to hypoxic conditions. Several genes are activated at low oxygen concentrations to control the HIF-1 pathway. Positive selection may be acting on these genes in Ethiopian highlanders.

cambios en la presión parcial de oxígeno con la altitud

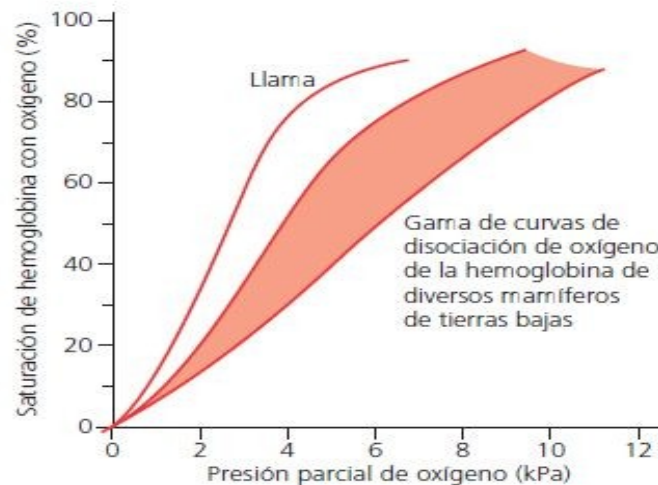
| Altitud sobre el nivel del mar (m) | Presión atmosférica (kPa) | Contenido de oxígeno (%) | Presión parcial de oxígeno (kPa) |
|------------------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| 0 | 101,3 | 20,9 | 21,2 |
| 2500 | 74,7 | 20,9 | 15,7 |
| 5000 | 54,0 | 20,9 | 11,3 |
| 7000 | 38,5 | 20,9 | 8,1 |
| 10000 | 26,4 | 20,9 | 5,5 |

Aclimatación y adaptación de los mamíferos a la respiración en elevadas altitudes

| | Altitud sobre el nivel del mar (m) | Cantidad de glóbulos rojos/ 10^{12} dm^{-3} |
|----------------|------------------------------------|---|
| Humanos | 0 (nivel del mar) | 5,00 |
| | +5000 como visitante temporal | 5,95 |
| | +5000 como residente | 7,37 |
| Conejos | 0 | 4,55 |
| | +5000 | 7,00 |
| Ovejas | 0 | 10,5 |
| | +5000 | 12,05 |

Los animales que han evolucionado en elevadas altitudes tienen una forma de hemoglobina en sus glóbulos rojos que permite una carga más fácil en ambientes con bajas presiones parciales de oxígeno, como se muestra en la curva de saturación de oxígeno obtenida con muestras de su sangre (Figura 15.46). Así, por ejemplo, una llama de las cumbres de las montañas de los Andes en América del Sur tiene una presión parcial de carga mucho menor para su hemoglobina que un mamífero similar de las tierras bajas de América del Sur.

Curva de disociación de la hemoglobina de una llama de las montañas de Sudamérica



Cambio de actitudes con respecto al tabaco

Los científicos tienen una función que desempeñar con respecto a brindar información a la sociedad: las investigaciones científicas han llevado a cambiar la percepción del hábito de fumar por parte de la sociedad.

La figura 6 es una imagen sorprendente de una atleta con un cigarrillo.



▲ Figura 6 La atleta británica Shirley Strong

A principios del siglo XX, se creía que el tabaco podía mejorar la ventilación. Algunos médicos llegaron incluso a recetarlos como medicina para patologías tales como el asma.

En las décadas de 1930 y 1940, el hábito de fumar era común entre hombres y mujeres. Incluso la mayoría de los médicos fumaba. Al mismo tiempo, fue aumentando la preocupación de la población acerca de los riesgos para la salud de fumar cigarrillos. Las compañías tabacaleras respondieron diseñando publicidad que presentaba imágenes de médicos y científicos para tranquilizar al consumidor de que sus respectivas marcas eran seguras.

A medida que aumentaban las pruebas epidemiológicas, la dirección general de salud pública de Estados Unidos publicó un informe en 1964 basándose en pruebas de más de 7.000 artículos de publicaciones científicas que vinculaba el tabaco con la bronquitis crónica y varios tipos de cáncer.

En los países desarrollados, el número de fumadores es cada vez menor y casi la mitad de todos los adultos vivos que han fumado alguna vez ya lo han dejado. Parte del mérito le corresponde a los departamentos de salud pública, que han impulsado medidas políticas basadas en pruebas científicas convincentes.

Enfisema

Causa y tratamientos del enfisema

El enfisema es una enfermedad pulmonar en la que las paredes que separan los alveolos se descomponen, produciendo un aumento del tamaño de los alveolos y, por tanto, una reducción de la superficie de intercambio gaseoso, lo que limita la cantidad de oxígeno que entra en la sangre.

La figura 7 muestra una tomografía digitalizada de unos pulmones con uno de los indicadores característicos del enfisema: grandes bolsas de aire atrapado que se ven transparentes en la tomografía. Estas bolsas pueden hacer que los pulmones se queden atascados en la posición de "inspiración" en el ciclo de ventilación, lo que se conoce informalmente como "tórax en tonel".

La principal causa de enfisema es la exposición prolongada a irritantes en el aire, generalmente

el humo del tabaco, pero también puede deberse al polvo de sílice, al carbón y a la contaminación del aire.



▲ Figura 7

El humo daña los tejidos pulmonares debido a tres factores:

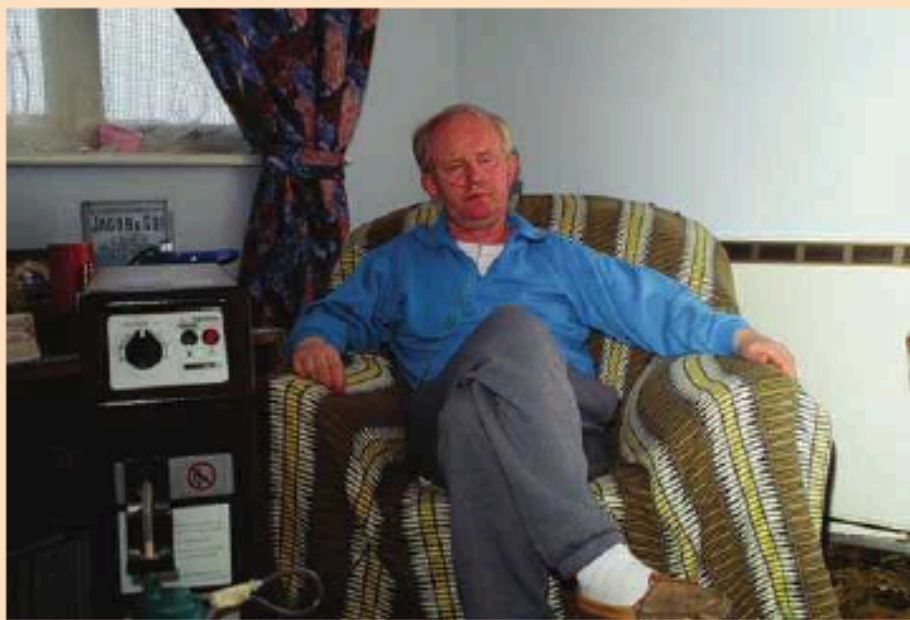
- Reacciones de oxidación producidas por las altas concentraciones de sustancias químicas conocidas como radicales libres en el humo del tabaco
- Inflamación debida a la respuesta corporal a las partículas irritantes del humo
- Los radicales libres y otros componentes del humo del tabaco reducen la actividad de la

enzima alfa-1-antitripsina, que en condiciones normales bloquea la actividad de las proteasas que degradan las proteínas encargadas de mantener la elasticidad del pulmón

La deficiencia de la enzima alfa-1-antitripsina es una causa genética rara de enfisema.

El enfisema no tiene cura, pero se pueden aliviar los síntomas y evitar la propagación de la enfermedad con tratamientos. La figura 8 muestra a un hombre sentado en casa, respirando oxígeno a través de un tubo en la nariz. A su lado hay un aparato que administra oxígeno. La oxigenoterapia suministra aire rico en oxígeno a las personas que padecen de enfisema.

Los pacientes aprenden técnicas de respiración que reducen la disnea y mejoran la capacidad de hacer ejercicio. Dejar de fumar es esencial y a veces se receta medicación para facilitar este proceso. A veces también se reduce el volumen de los pulmones mediante cirugía, eliminando el tejido pulmonar dañado. En algunos casos se realizan trasplantes de pulmón a personas que sufren de enfisema.



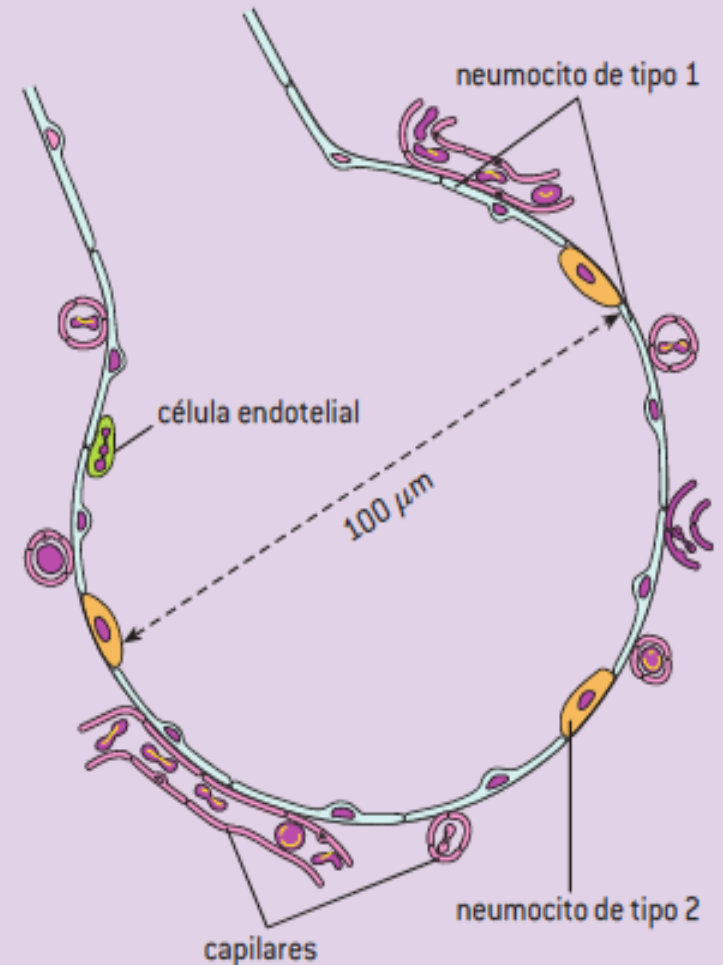
▲ Figura 8



Interpretación de micrografías de tejido pulmonar

Identificación de neumocitos, células del endotelio capilar y células sanguíneas en micrografías de microscopía óptica y micrografías electrónicas de tejido pulmonar

La pared del alveolo está formada por dos tipos de células. El 90% de la superficie del alveolo se compone de células denominadas neumocitos de tipo 1, que son extremadamente finas y cuya función principal es el intercambio de gases. El segundo tipo de células que forman la pared son los neumocitos de tipo 2. Estas células están cubiertas por microvellosidades, son más gruesas y su función es secretar surfactante, una sustancia que reduce la tensión superficial, impidiendo el colapso del alveolo.



▲ Figura 9

Teoría del Conocimiento

Si una verdad funciona, ¿debe también corresponder a la realidad? ¿Importa si un remedio funciona por el efecto placebo solo?

El herbario completo de Nicholas Culpeper fue publicado en 1653. En él, Culpeper describe remedios herbales para “todos los trastornos que pueden afectar a la humanidad”. Este es uno de los ejemplos:

Una cura para un asma o dificultad respiratoria

Tome un cuarto de galón de aquæ vitæ (alcohol), una onza de anises molidos, una onza de regaliz en rodajas, media libra de pasas aplastadas: después déjelos empapados diez días en el aquæ vitæ, estando bien tapado, posteriormente viértalo en una botella, añádale dos cucharadas de azúcar fino y ciérrelo muy bien para usar.

- 1 ¿Es cierto, posible o imposible que la cura de Culpeper para el asma sea eficaz?
- 2 Las normas de la Unión Europea han hecho que sea obligatoria testar los remedios herbales. ¿Qué pruebas deben realizarse en el tratamiento de Culpeper para el asma?
- 3 Si los pacientes de asma declararon que se sentían mejor después de tomar el remedio de Culpeper, ¿importa saber qué es precisamente lo que les estaba haciendo sentirse mejor?

Asma

Los ataques de asma son una respuesta alérgica al polvo, polen o ácaros.

Durante un ataque de asma, el músculo liso de los bronquios se contrae, bloqueando el flujo de aire en los pulmones.

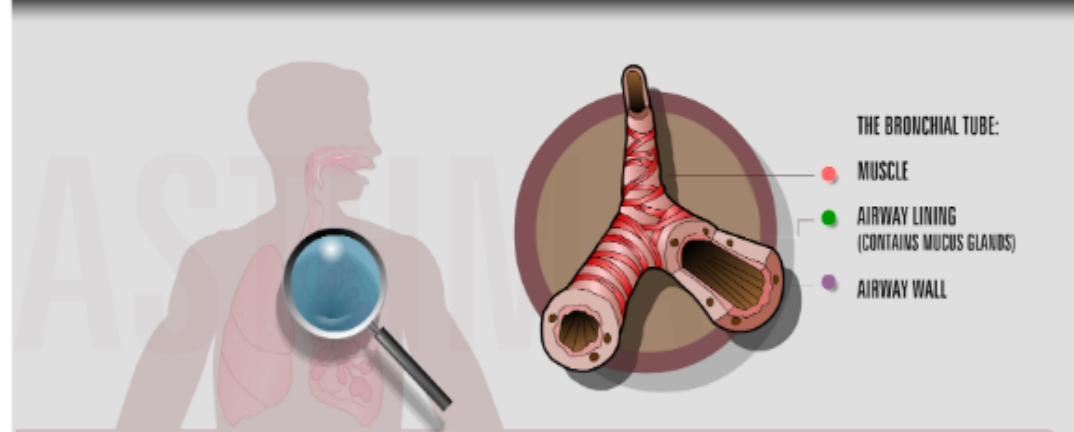
Si el bloqueo es total, un ataque de asma puede ser fatal.



Los inhaladores actúan como broncodilatadores: abren los bronquios para permitir que el aire fluya más fácilmente durante un ataque de asma.

ASTHMA Your Practice On line

How do Lungs work? During an ASTHMA attack How do you treat ASTHMA?



THE BRONCHIAL TUBE:

- MUSCLE
- AIRWAY LINING (CONTAINS MUCUS GLANDS)
- AIRWAY WALL

These airways are also known as bronchial tubes. The side of the tube is called the airway wall. The inside of this tube is lined with mucus-producing glands. See how the muscle bands surround the outside of the tube. When the muscles relax, the airway opens up. Use your mouse to explore the labels.

◀ Back ■ Pause Next ▶

<http://www.premlobo.com/asthma/asthma.swf>

Efectos del cáncer de pulmón

El cáncer de pulmón es un crecimiento anómalo en los tejidos del pulmón. Puede ser causado por el tabaco y otros carcinógenos inhalados, como el asbesto, el amianto o minerales radiactivos en la industria.

Los tumores en los pulmones pueden tener los siguientes efectos:

- Reduce la superficie para el intercambio de gases.
- Añade presión a los capilares sanguíneos e impide el transporte.
- Daña las membranas pleurales, el diafragma y los músculos intercostales.

El tratamiento del cáncer de pulmón a menudo implica una lobectomía: extirpación de una parte del pulmón afectado o a veces completo.



http://youtu.be/_mEWJHagMU0

MESOTHELIOMA 1|2|3|4|5|6

⚠ DANGER

ASBESTOS



Mesothelioma- Overview

- Mesothelioma is a rare form of lung cancer
- Mostly affects men between the age of 50-70 years
- This cancer rarely occurs in women
- Affects all the races across the globe equally
- World wide incidence of mesothelioma has increased in the last three decades
- Exposure to asbestos is the primary risk factor for the development of mesothelioma
- No cure is available although significant advances have been made in the treatment

© Copyright - Medindia.com

Next

<http://www.medindia.net/animation/Mesothelioma.asp>

human atlas



Video: Lung Cancer 0:44/1:34

© 2013 Blausen Disclaimer

<http://www.columbiasurgery.org/media/blausen/>

BIBLIOGRAFÍA Y PÁGINAS WEB

- **BIOLOGÍA.** ALLOTT, Andrew, MINDORFF, David. AZCUE, José. Editorial Oxford. ISBN 978-0-19-833873-4.
- **ECOLOGY.** GREENWOOD, Trancey. SHEPHERD, Lyn. ALLAN, Richard. BUTLER, Daniel. Editorial BIOZONE International Ltd.
- **ENVIRONMENTAL SYSTEMS AND SOCIETIES.** RUTHERFORD, Jill. WILLIAMS, Gillian. Editorial Oxford.
- **BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA.** PEDRINACI, Emilio. GIL, Concha. GÓMEZ DE SALAZAR, José María. Editorial SM.

Bibliografía:



IB Biología: Libro del alumno.
Versión en español. Oxford.
Edición 2015.
<https://goo.gl/YkkZ1q>



Biology Study Guide 2014 edition.
En inglés.
<http://goo.gl/yxz0kd>

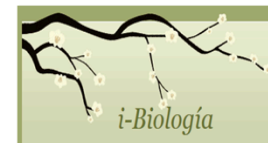
Agradecimiento:



Parte de esta presentación ha sido confeccionada y traducida con permiso a partir de las presentaciones de Stephen Taylor disponibles en:
<http://i-biology.net/>



Más recursos:



<https://sites.google.com/site/iesmmibiologia/home>