

INTERCAMBIO GASEOSO, HEMATOSIS

DR. CÉSAR MORATAYA

TEMAS

1. GENERALIDADES DE LA DIFUSIÓN
2. PRESIONES PARCIALES DE GASES (LEY DE DALTON)
3. COMPOSICIONES DEL AIRE ALVEOLAR Y ATMOSFÉRICO
4. DIFUSIÓN DE GASES POR LA MEMBRANA RESPIRATORIA
5. CAPACIDAD DE DIFUSIÓN POR LA MEMBRANA

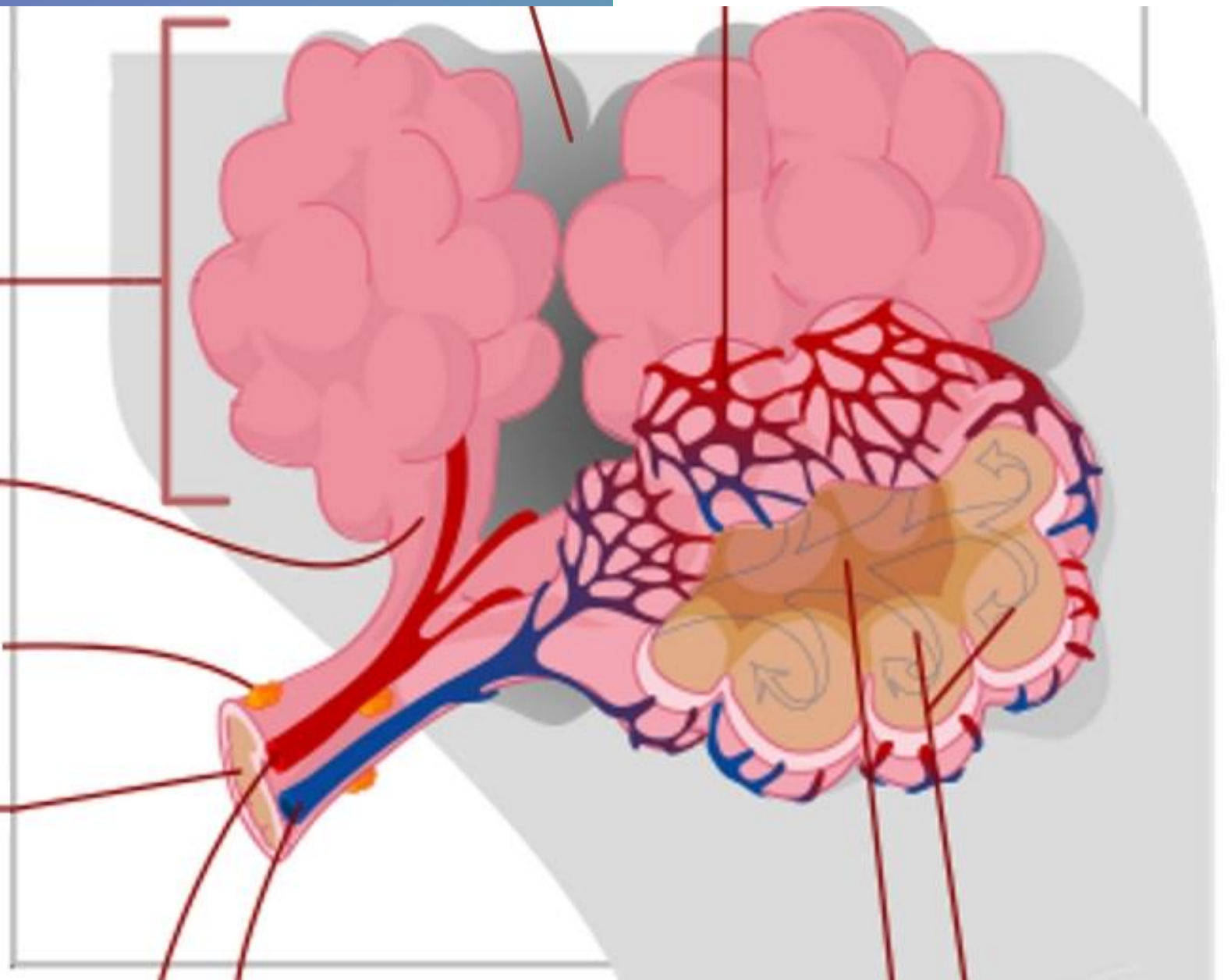


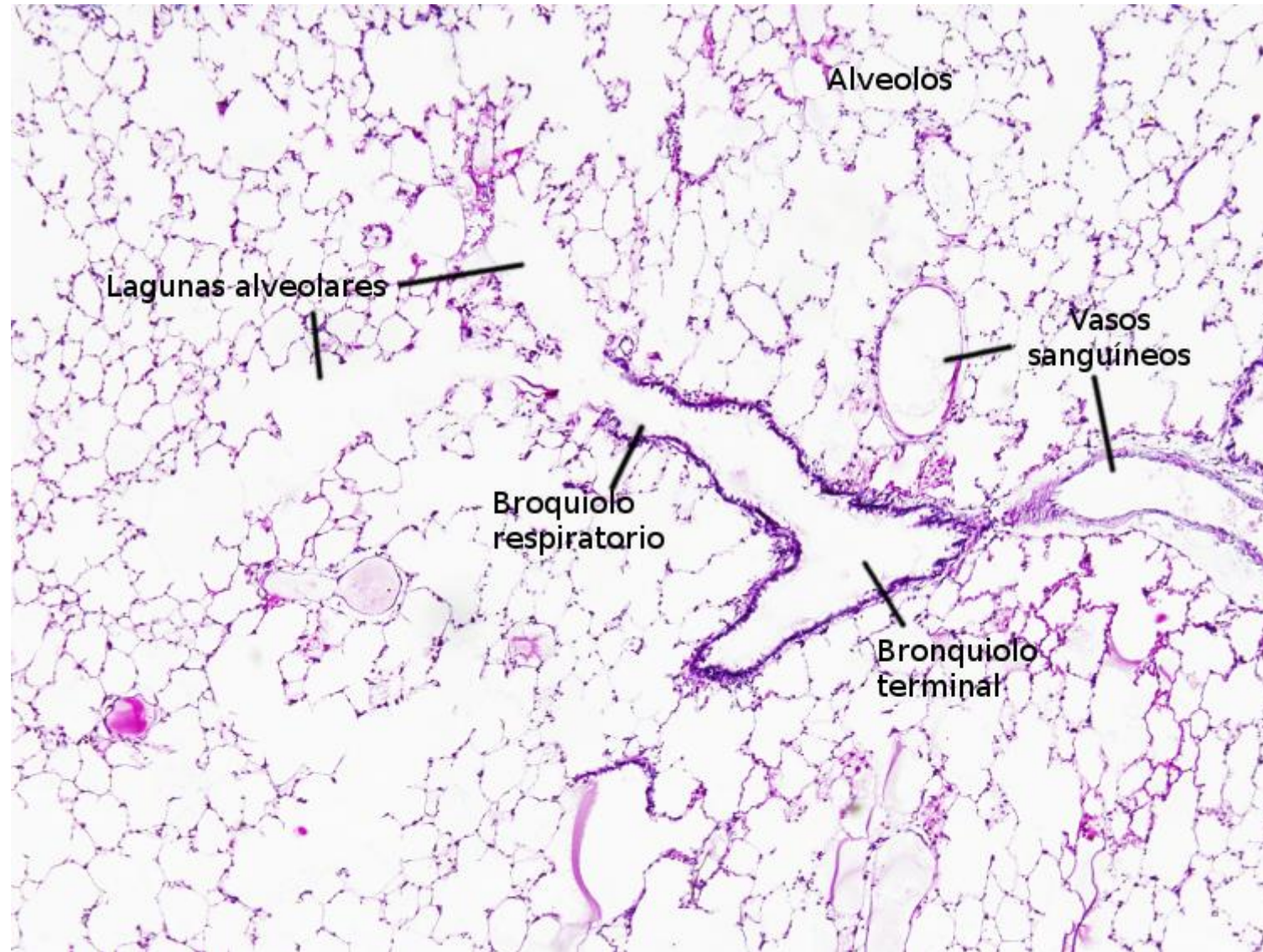
Saco alveolar

Conducto alveolar

Glándula mucosa

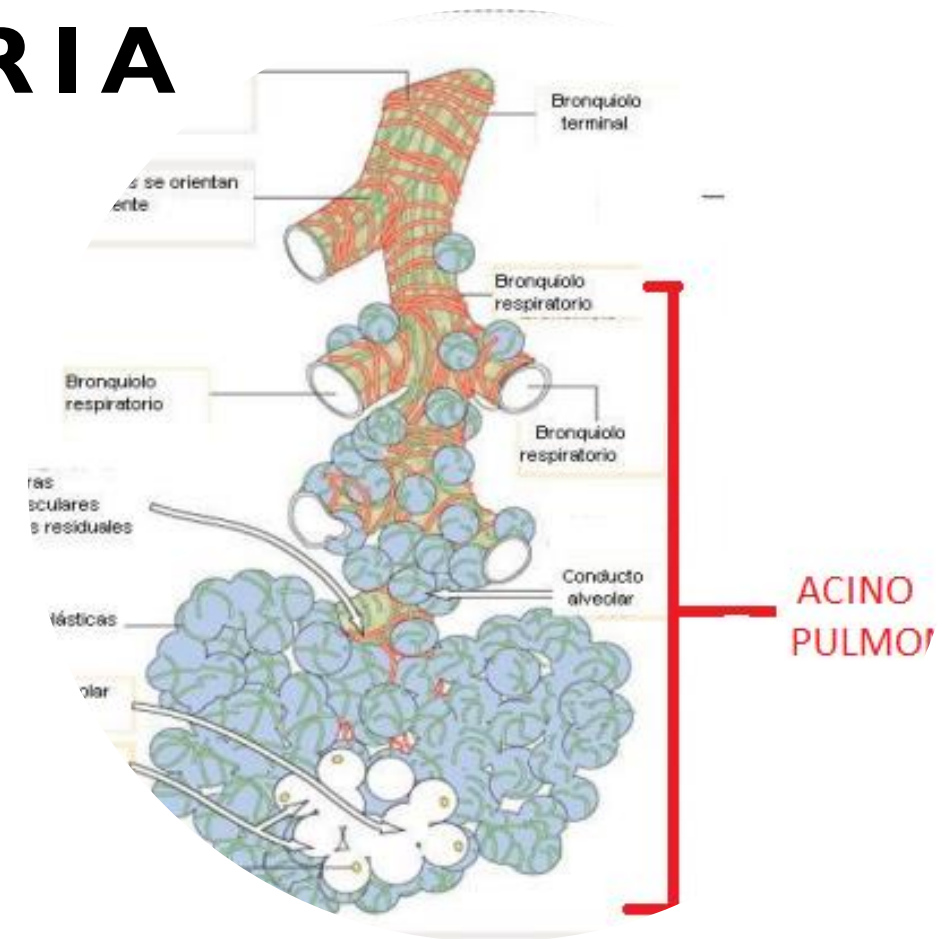
Bronquiolo respiratorio





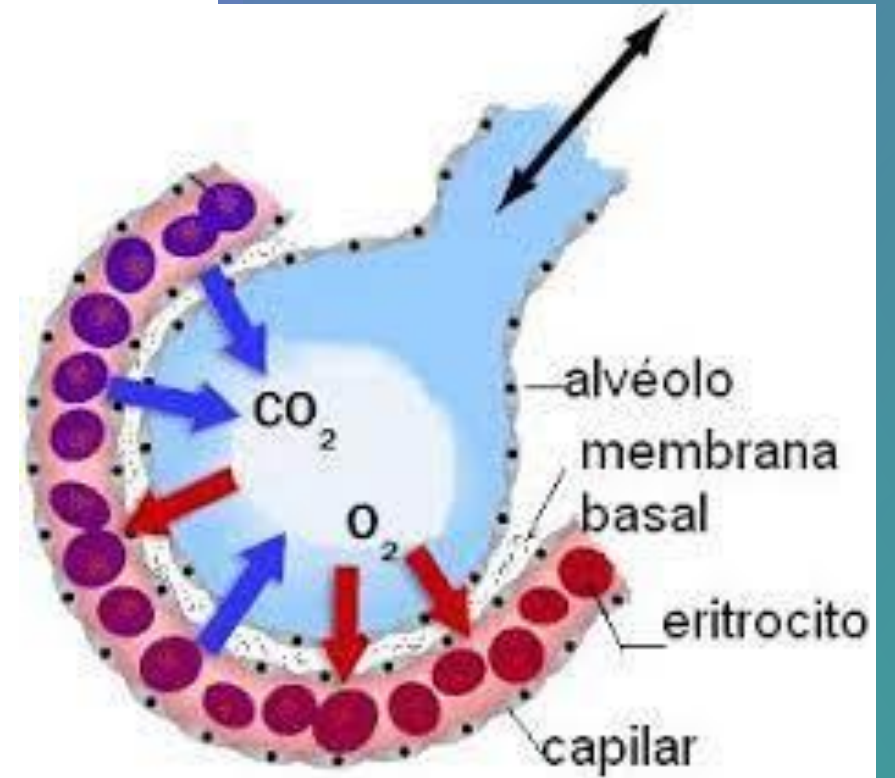
UNIDAD RESPIRATORIA

- ACINO
- LOBULILLO RESPIRATORIO
- UNIDAD RESPIRATORIA



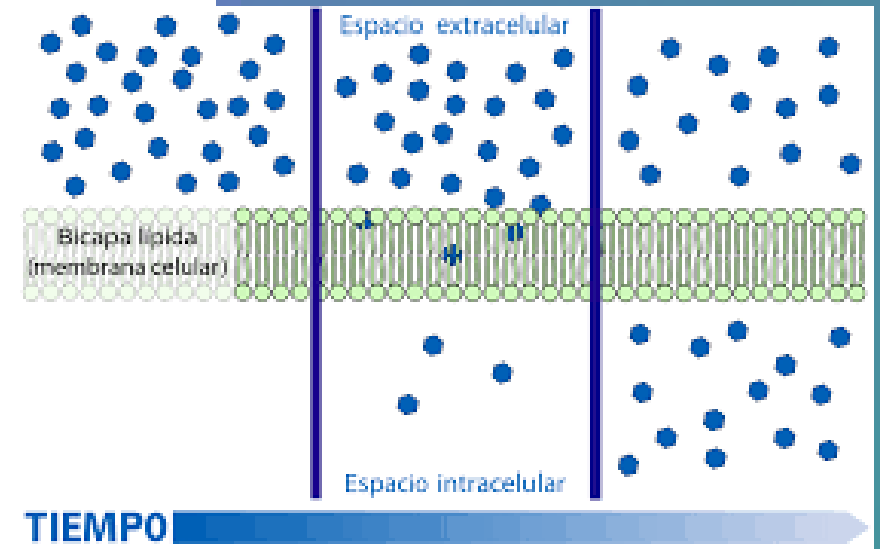
HEMATOSIS

- DIFUSIÓN



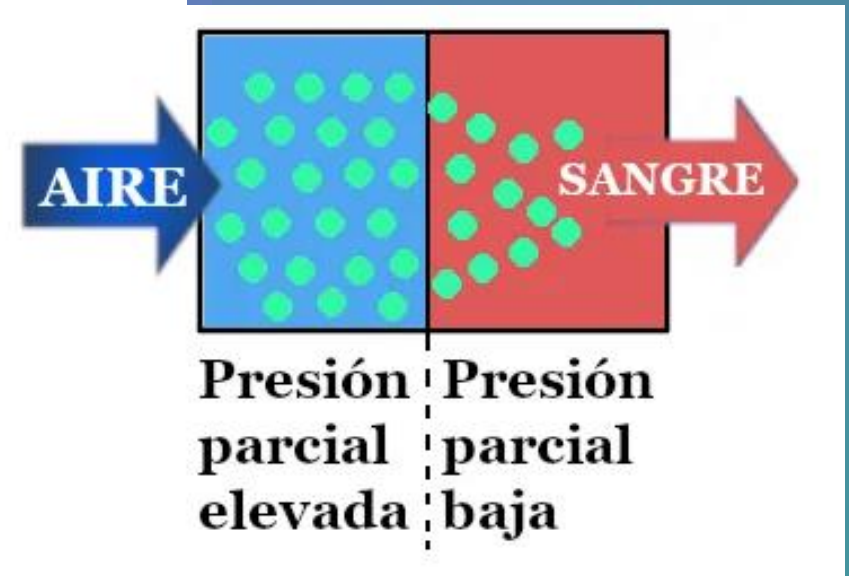
DIFUSIÓN

- PASO DE **SOLUTO** A TRAVÉS DE UNA MEMBRANA DE PERMEABILIDAD SELECTIVA, DESDE UN MEDIO DE **MAYOR** CONCENTRACIÓN A UNO DE **MENOR** CONCENTRACIÓN
- MOVIMIENTO CINÉTICO DE LAS PARTÍCULAS



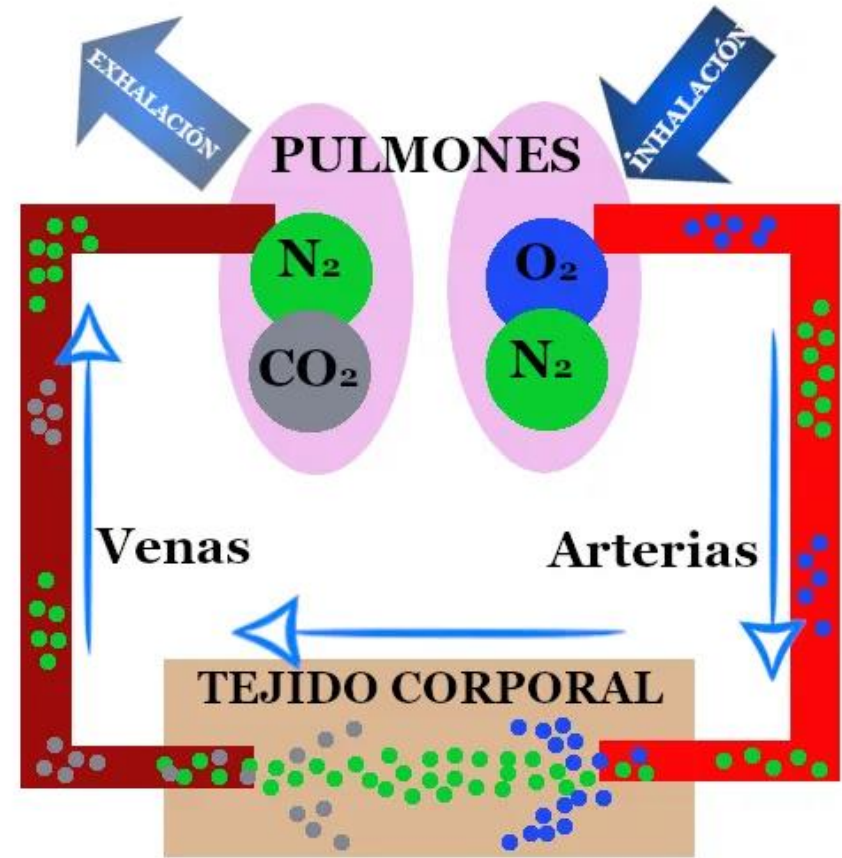
PRESIONES PARCIALES

- PRESION DE UN GAS ES PROPORCIONAL A LA SUMA DE LAS FUERZAS DE LOS IMPACTOS DE TODAS LAS MOLÉCULAS DE ESE GAS, QUE CHOCAN CONTRA LA SUPERFICIE EN UN MOMENTO DADO
- LA PRESIÓN ES DIRECTAMENTE PROPORCIONAL A LA CONCENTRACIÓN DE LAS 'MOLÉCULAS DEL GAS



PRESIONES PARCIALES

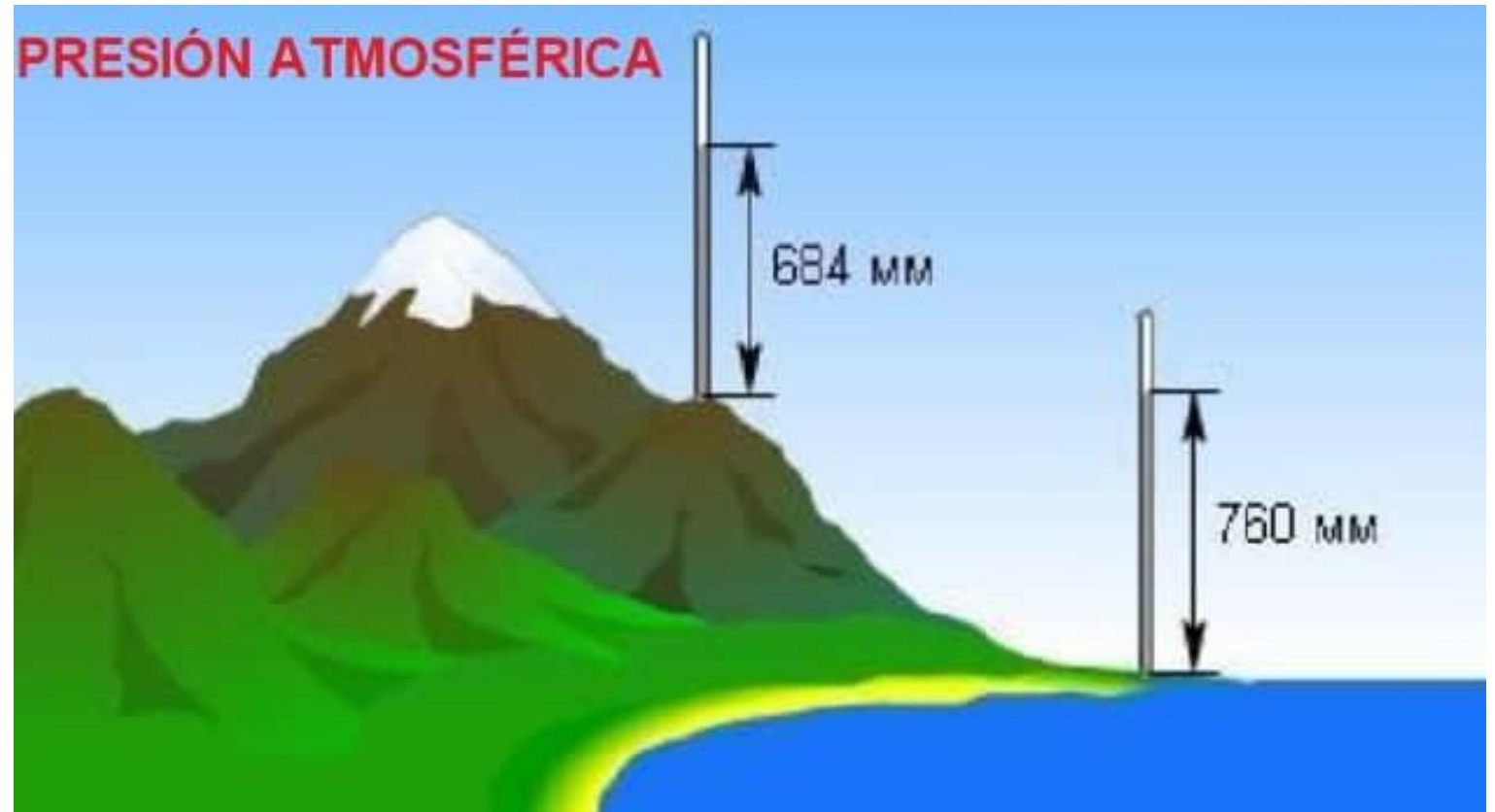
- NITRÓGENO
- OXÍGENO
- CO_2
- VELOCIDAD DE DIFUSIÓN ES PROPORCIONAL A LA PRESIÓN QUE GENERA ESE GAS SOLO.
- A ESO SE LE LLAMA PRESIÓN PARCIAL



Vemos cómo el CO_2 se genera en el tejido y en N_2 no es consumido. El O_2 , en cambio si se consume en el tejido.

PRESIÓN ATMOSFÉRICA

A MÁS ALTURA,
MENOR SERÁ LA
PRESIÓN
ATMOSFÉRICA



PRESIONES PARCIALES

Componentes del aire

Aire atmosférico

H ₂ O	Variable
CO ₂	0.3 mm Hg
O ₂	159 mm Hg
N ₂	601 mm Hg
Presión total	760 mm Hg

Aire alveolar

H ₂ O	47 mm Hg
CO ₂	40 mm Hg
O ₂	105 mm Hg
N ₂	568 mm Hg
Presión total	760 mm Hg

Co2
1%

21%

78
%



$$P_{total} = P_1 + P_2 + \dots + P_n$$

- LA PRESIÓN TOTAL DE UNA MEZCLA DE GASES CORRESPONDE A LA SUMATORIA DE LAS PRESIONES PARCIALES DE CADA UNO

LEY DE DALTON

Ley de Henry

La concentración alcanzada por un gas en la fase líquida es directamente proporcional a su presión parcial en la fase gaseosa.

$$\text{Presión} = \frac{\text{Concentración de gas disuelto}}{\text{Coeficiente de Solubilidad}}$$

Gases comunes para la vida:

Oxígeno	0.024
Dióxido de Carbono	0.57
Monóxido de Carbono	0.018
Nitrógeno	0.012
Helio	0.008

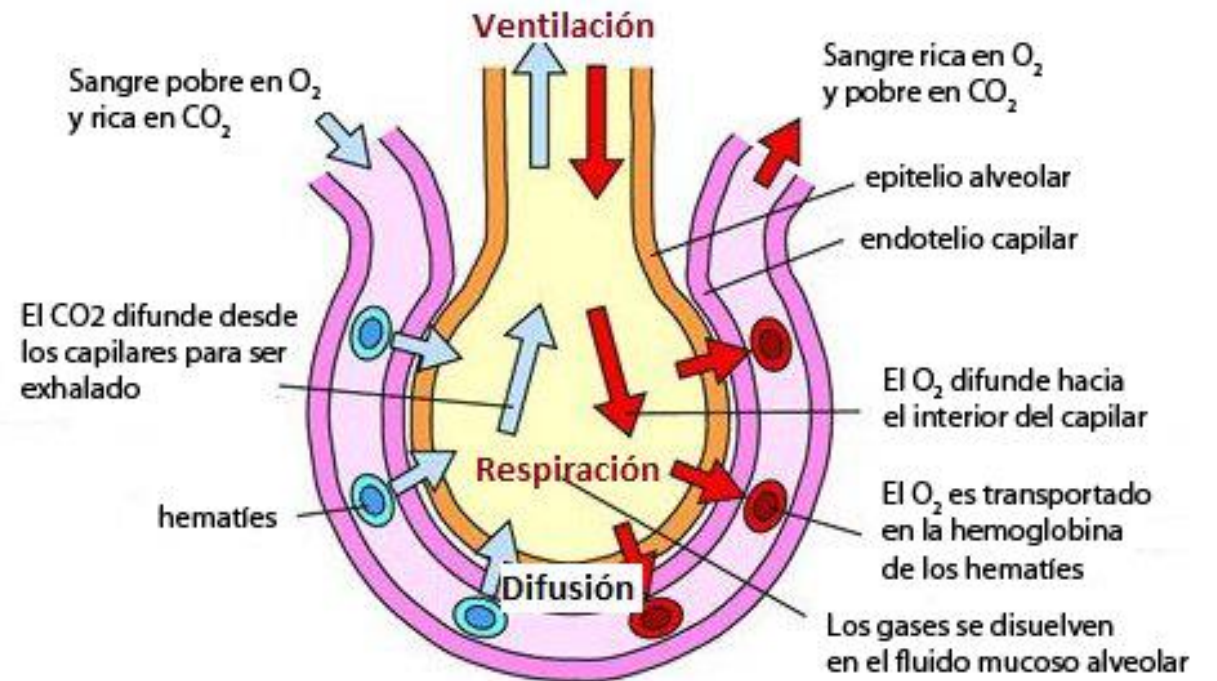
PRESIÓN PARCIAL DE UN GAS

- FACTORES
- ❖ CONCENTRACIÓN
- ❖ COEFICIENTE DE SOLUBILIDAD

CO₂ Veinte veces más soluble que el O₂

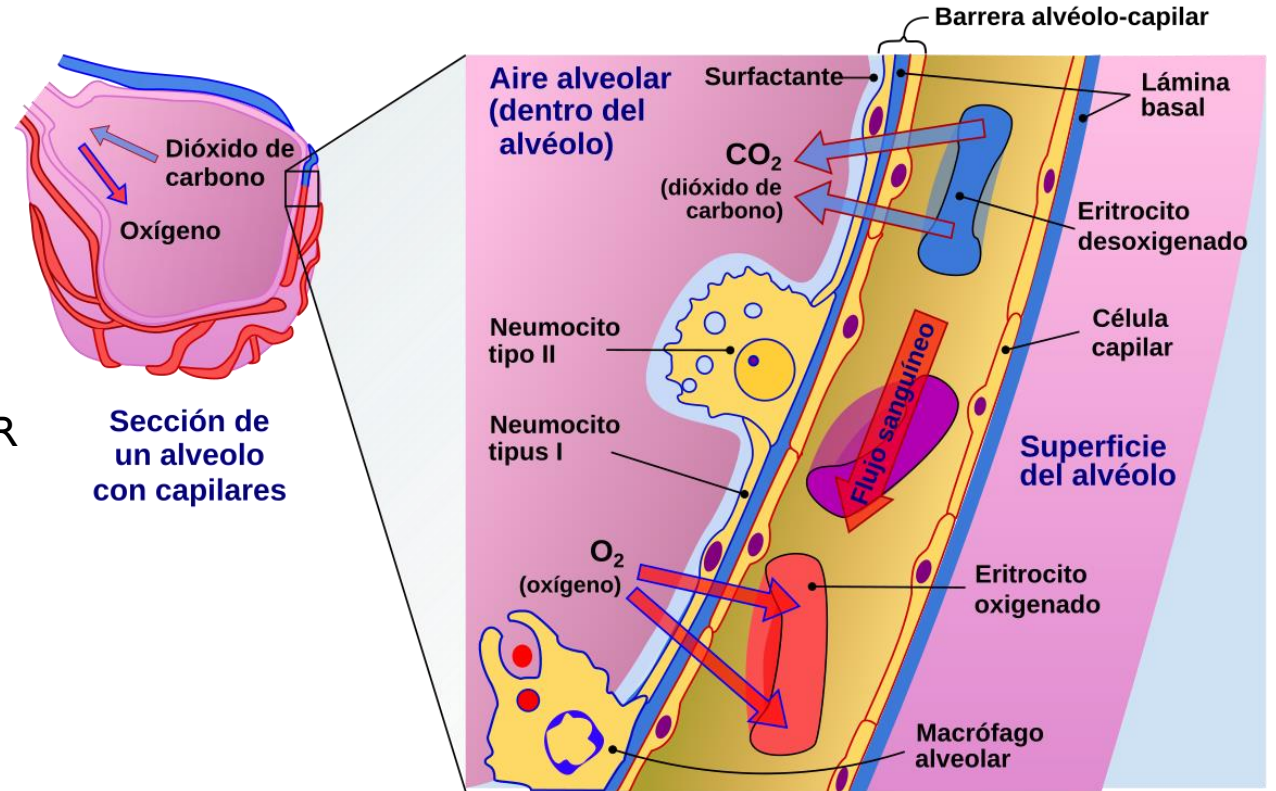
DIFUSIÓN

- OBEDECE AL GRADIENTE DE PRESIÓN PARCIAL ENTRE EL ALVEOLO Y EL CAPILAR
- VA DE MAYOR A MENOR PRESIÓN PARCIAL



VELOCIDAD NETA DE DIFUSIÓN

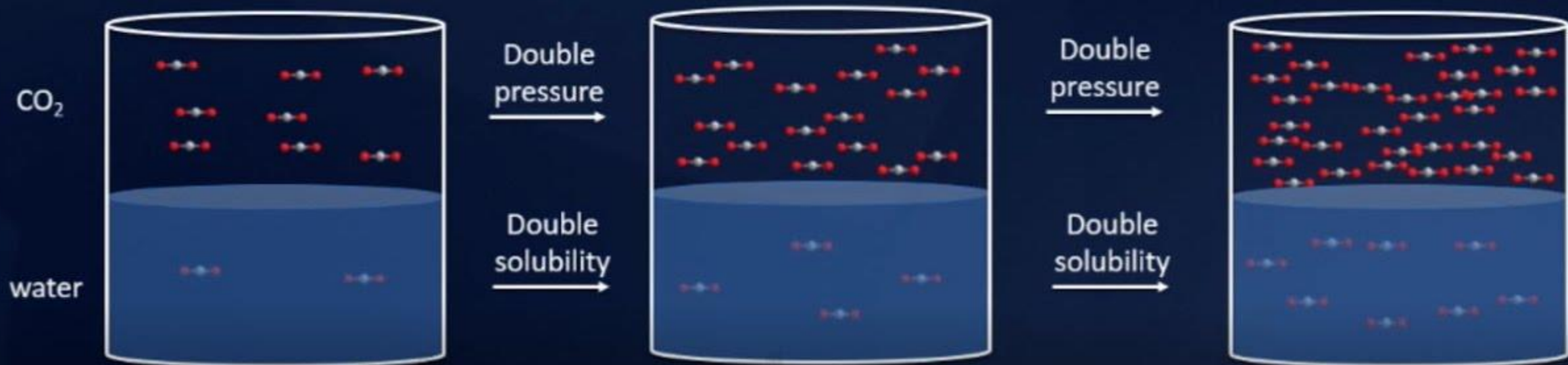
1. SOLUBILIDAD
2. ÁREA TRANSVERSAL DEL LÍQUIDO
3. DISTANCIA POR EL CUAL DEBE DIFUNDIR
4. PESO MOLECULAR DEL GAS
5. TEMPERATURA DEL LÍQUIDO



Pressure and Solubility – Henry's Law

$$S_g = k P_g$$

$$\text{Solubility} = \left[\text{Henry's Constant} \right] \left[\text{Partial Pressure} \right]$$



LEYES DE FICK

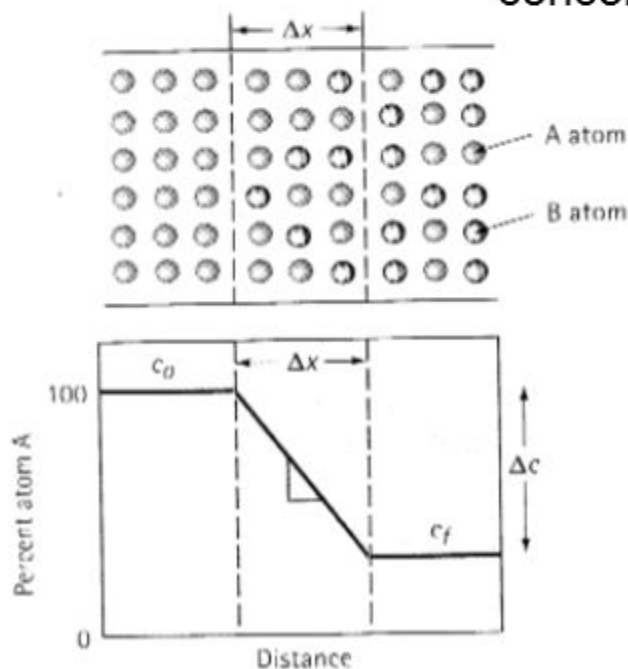


1º LEY DE FICK

Determina el flujo neto de átomos, J , que se difunden de una región a otra dentro del material.

$$J = -D \frac{dc}{dx}$$

donde dc es la diferencia en la concentración de átomos a lo largo de una distancia dx dentro del material, D es el coeficiente de difusión y dc/dx es el gradiente de concentración.



Según la 1ª ley de Fick, a una temperatura dada J es constante.

¡En realidad $J(T,t,\dots)$ y no es constante!

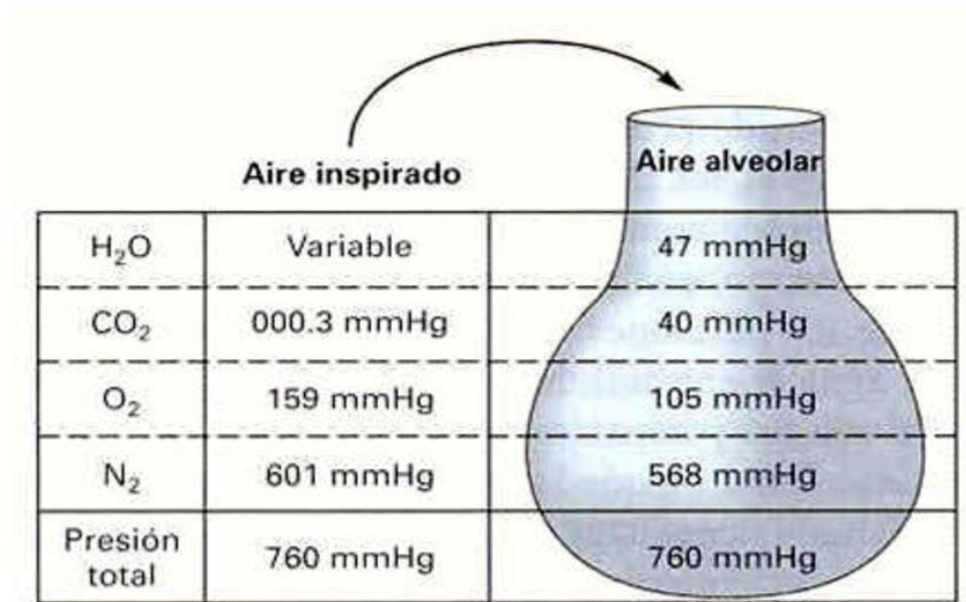
Objeciones:

- Con el tiempo, las concentraciones tienden a igualarse y J disminuye
- $D(T,t)$
- Otros factores...

- Los coeficientes de difusión de los diferentes gases de importancia respiratoria en los líquidos corporales son los siguientes:
- Oxígeno 1.0
- Dióxido de Carbono 20.3
- Monóxido de Carbono 0.81
- Nitrógeno 0.53
- Helio 0.95

PRESIÓN DE VAPOR

- A TEMPERATURA CORPORAL ES DE 47 mmHg
- A MAYOR TEMPERATURA, MAYOR PRESIÓN DE VAPOR
- A MENOR TEMPERATURA, MENOR PRESIÓN DE VAPOR



The diagram shows a flask containing air, with a curved arrow indicating the transition from inspired air to alveolar air. The table below provides the partial pressures for various gases in both states.

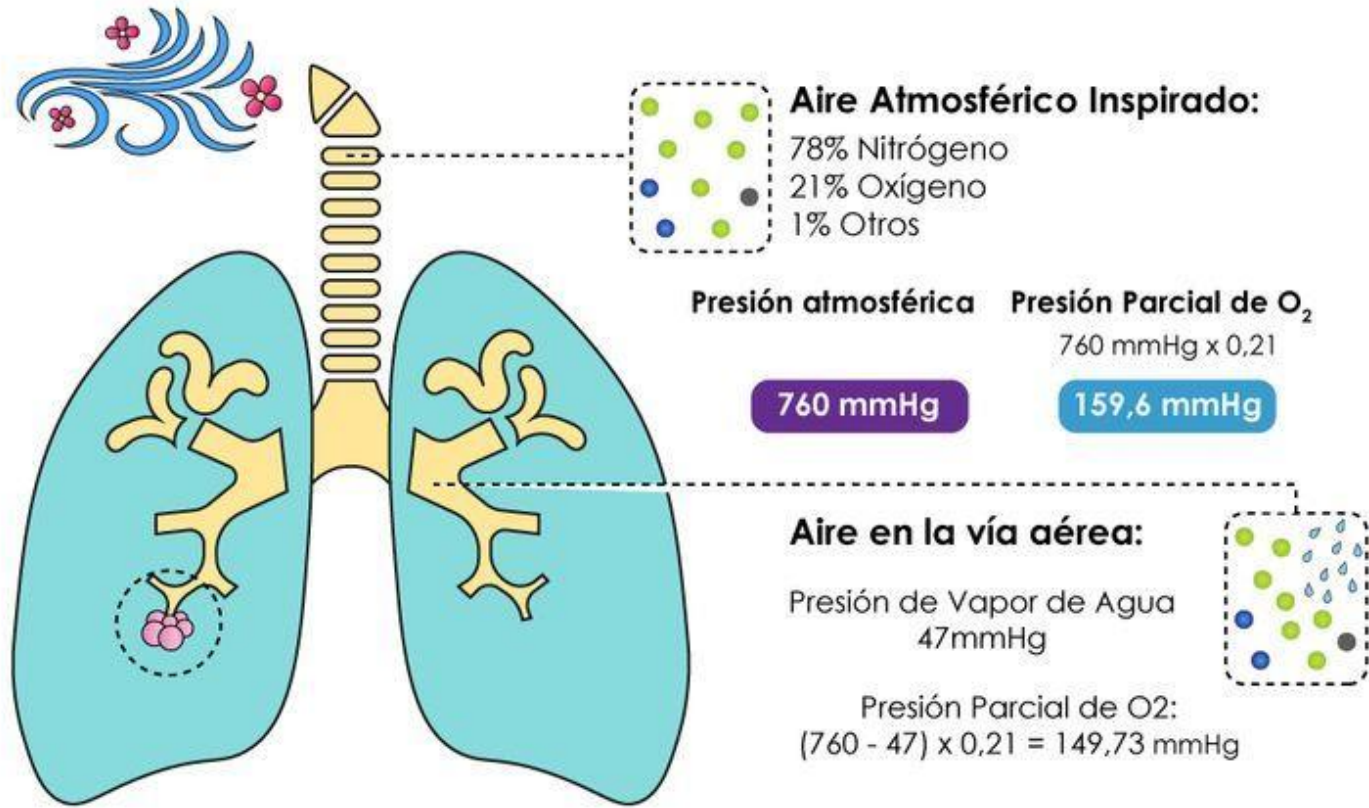
	Aire inspirado	Aire alveolar
H ₂ O	Variable	47 mmHg
CO ₂	000.3 mmHg	40 mmHg
O ₂	159 mmHg	105 mmHg
N ₂	601 mmHg	568 mmHg
Presión total	760 mmHg	760 mmHg

Presiones parciales de los gases en el aire inspirado y

en el aire alveolar a nivel del mar. Se puede observar que cuando el aire entra en el alvéolo disminuye su contenido de **O₂** y aumenta su contenido de **CO₂**.

También se observa que el aire en el alvéolo está saturado con vapor de **agua** (lo que hace que tenga una presión parcial de 47 mmHg), con disminución de la contribución de otros gases a la presión total.

AIRE ALVEOLAR



AIRE ALVEOLAR



$$PAO_2 = PIO_2 - \frac{PACO_2}{R} + F$$

Factor de Corrección

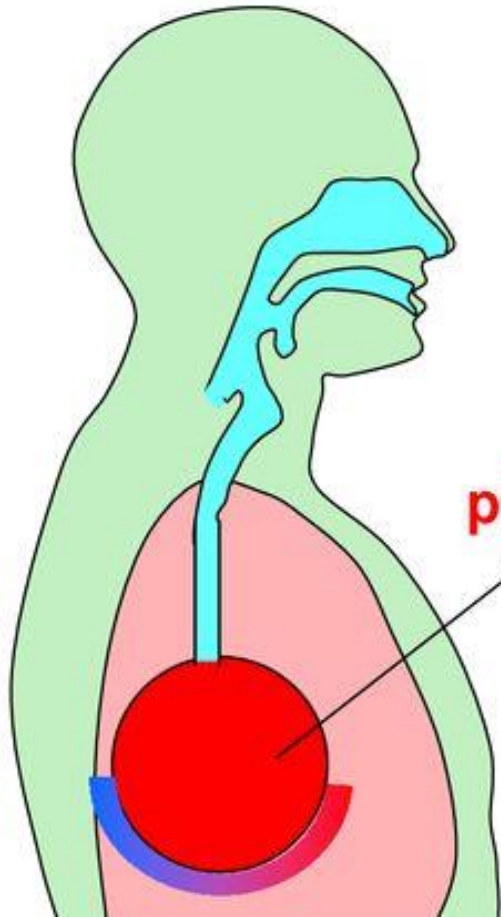
Presión Inspirada de Oxígeno: 159,6 mmHg

Presión Alveolar de CO₂: 40 mmHg

Presión Alveolar de oxígeno: **100 mmHg**

Cociente respiratorio: **0.8 aprox**

Cálculo de la pO_2 en el gas alveolar



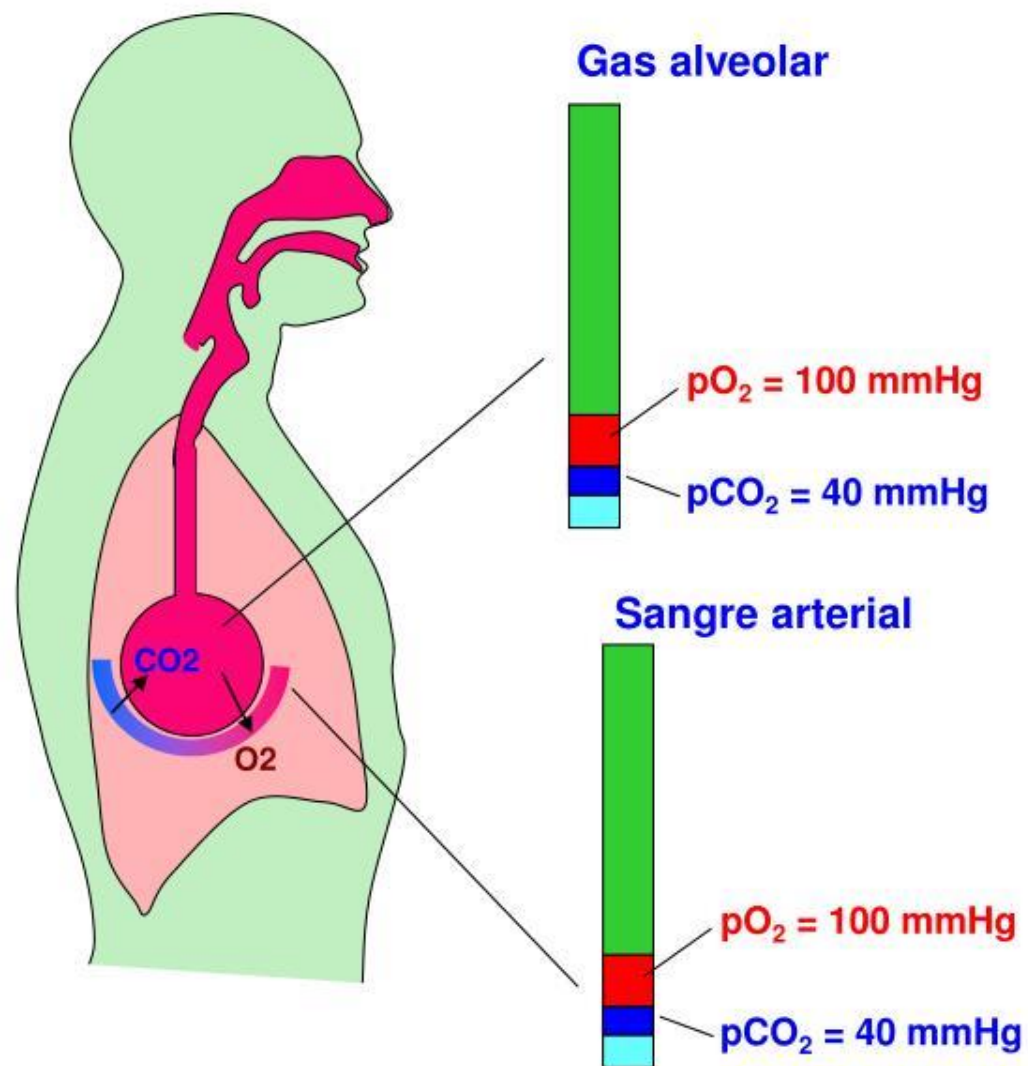
Ocupado por el vapor de agua

Presión atmosférica total

Proporción de oxígeno en el aire

$$pO_2 \text{ alveolar} = ((760 - 47) \times 21/100) - (pCO_2/0.8) = 100 \text{ mmHg}$$

Durante la espiración la pO_2 alveolar disminuye y la pCO_2 aumenta



Componentes del aire

Aire atmosférico

H₂O	Variable
CO₂	0.3 mm Hg
O₂	159 mm Hg
N₂	601 mm Hg
Presión total	760 mm Hg

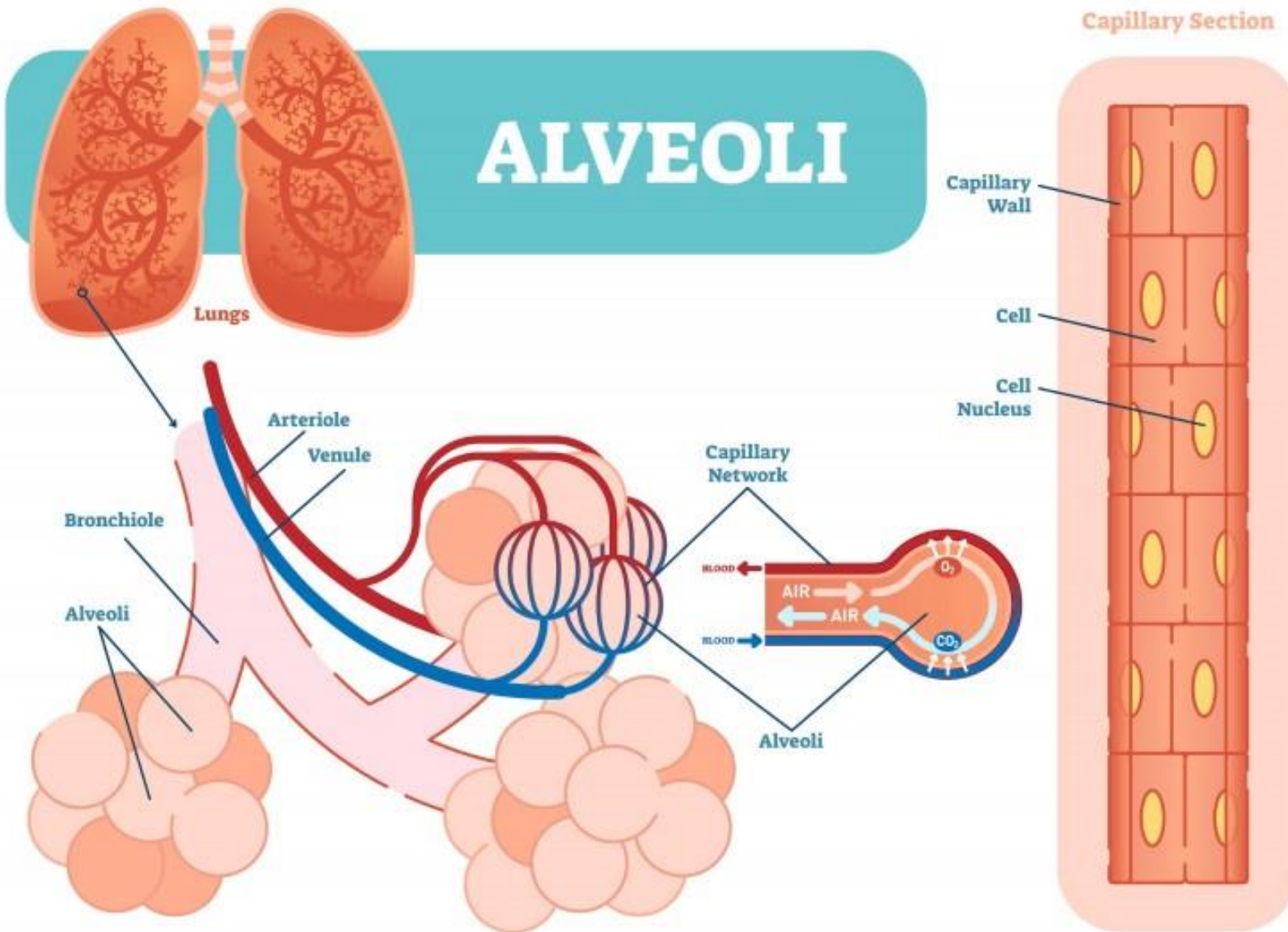


Aire alveolar

H₂O	47 mm Hg
CO₂	40 mm Hg
O₂	105 mm Hg
N₂	568 mm Hg
Presión total	760 mm Hg

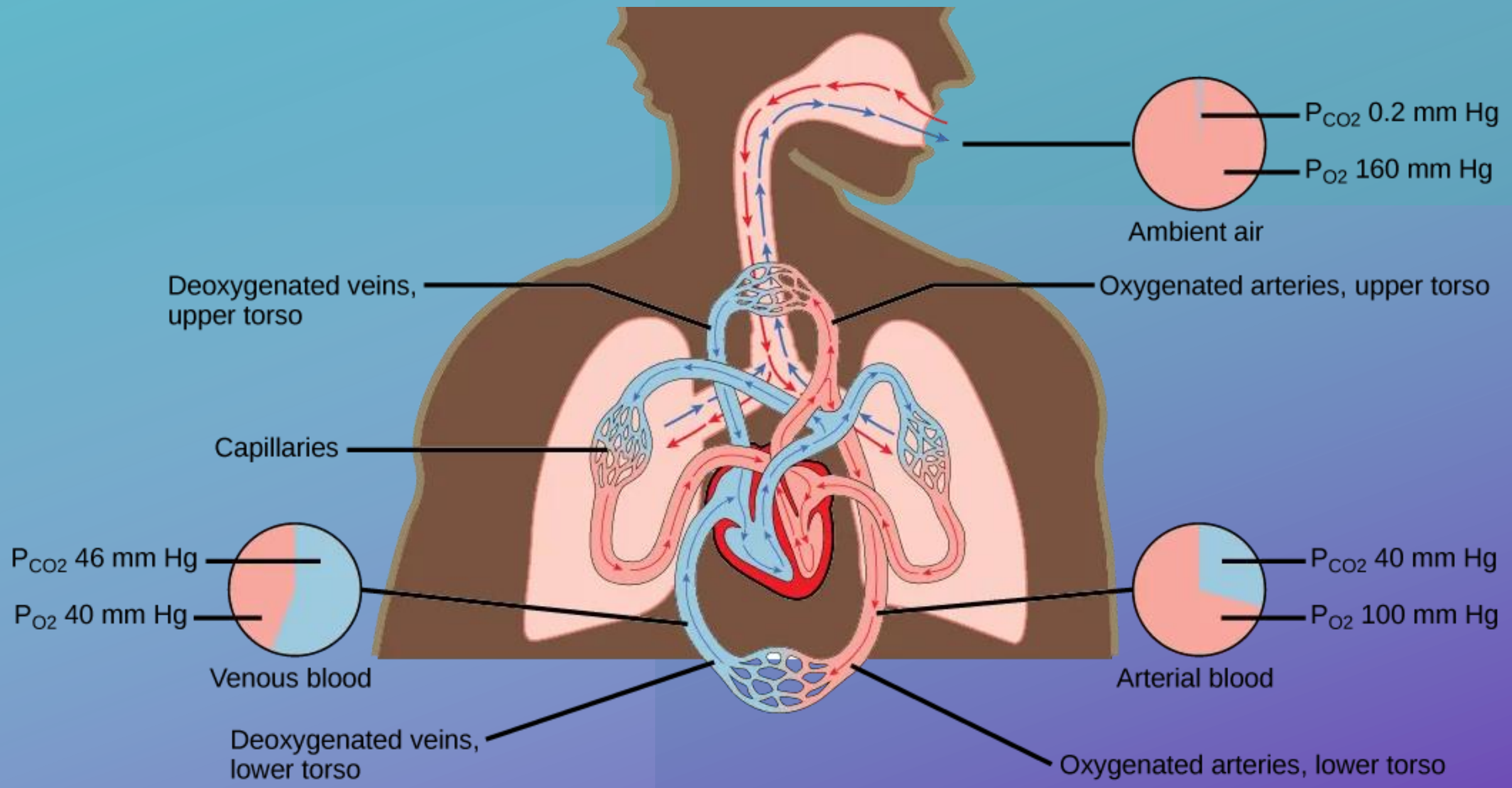


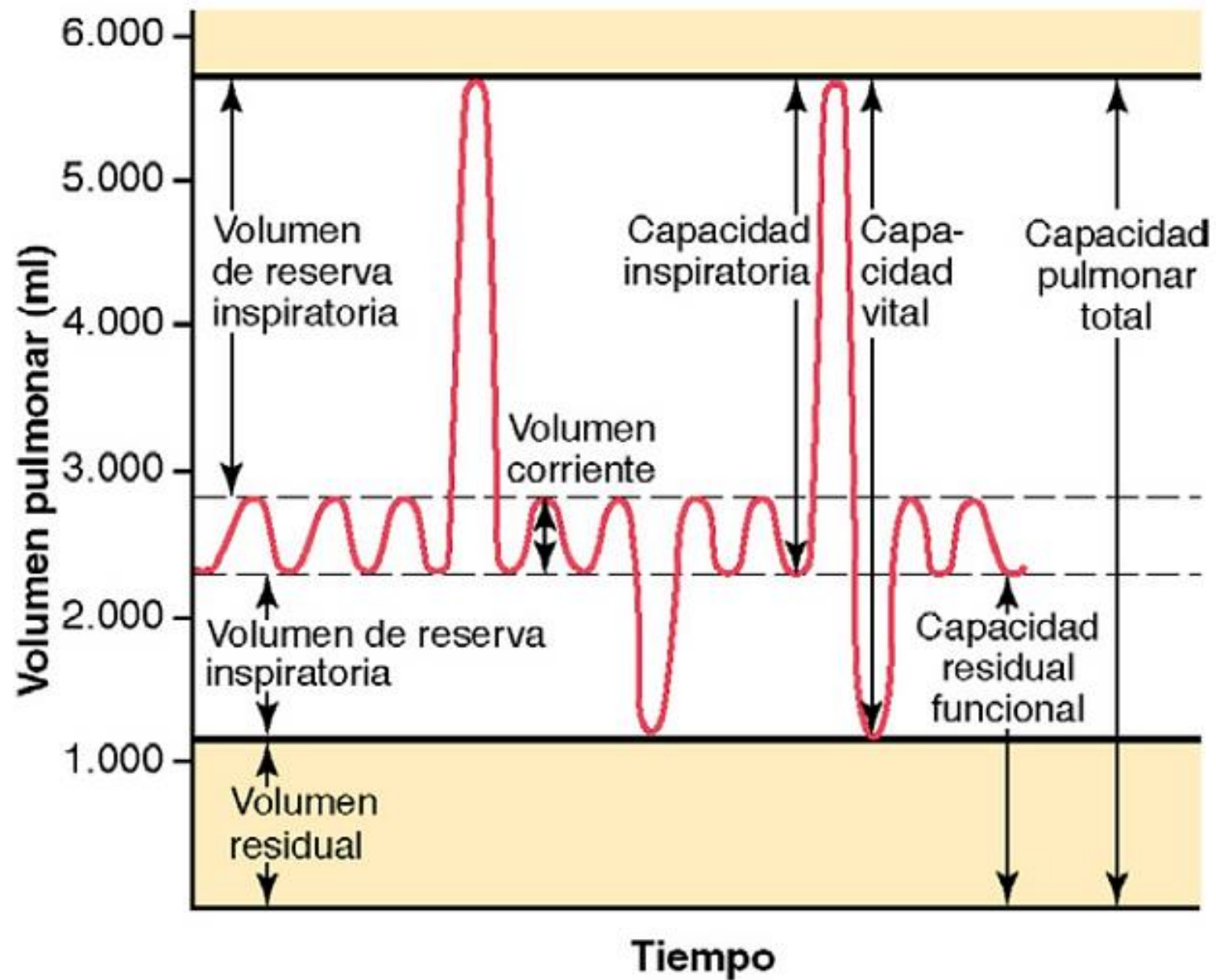
ALVEOLI



VENTILACIÓN ALVEOLAR

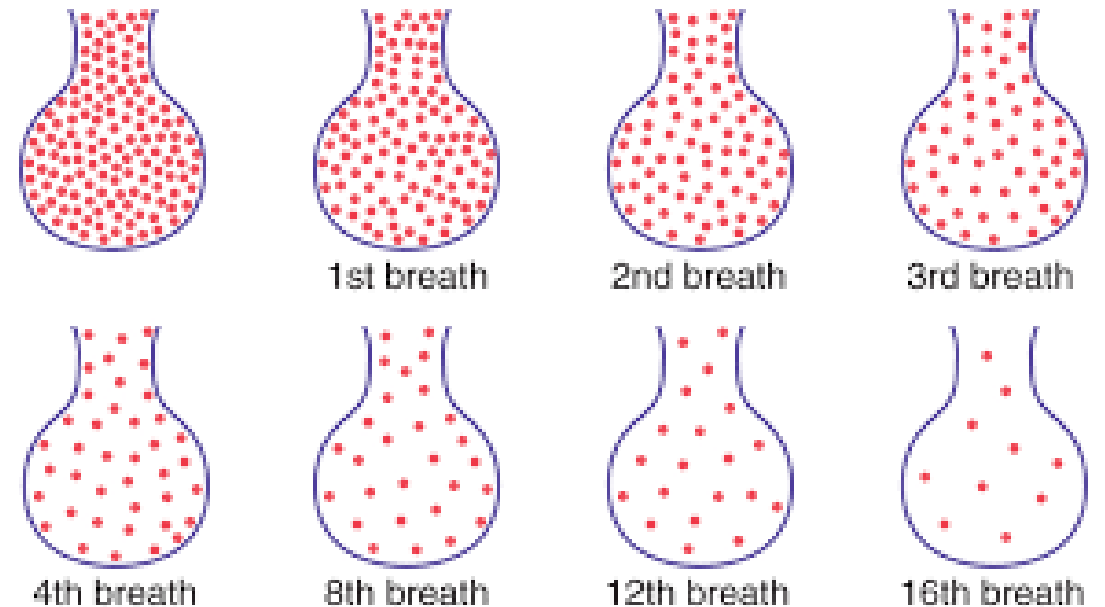
- EL AIRE ALVEOLAR NO TIENE LAS MISMAS CONCENTRACIONES DE GASES QUE EL AIRE ATMOSFÉRICO
 - El aire alveolar es sustituido solo de forma parcial
 - El oxígeno se absorbe constantemente
 - El dióxido de carbono se expulsa constantemente
 - El aire atmosférico seco es humidificado cuando ingresa a las vías aéreas





VENTILACIÓN ALVEOLAR

- VOLUMEN CORRIENTE (500 ML) – ESPACIO MUERTO FISIOLÓGICO (150 ml) = **350 ml**
- EL VOLUMEN DE AIRE ALVEOLAR QUE ES SUSTITUIDO POR AIRE ATMOSFÉRICO NUEVO EN CADA RESPIRACIÓN, ES DE SOLO: **1/7 DEL TOTAL**
- LA SUSTITUCIÓN LENTA DEL AIRE ES IMPORTANTE PARA PREVENIR CAMBIOS SÚBITOS EN LA CONCENTRACIÓN DE GASES
- PREVENIR AUMENTOS Y DISMINUCIONES EXCESIVAS DE CO_2 Y pH TISULAR CUANDO SE INTERRUMPE TEMPORALMENTE LA RESPIRACIÓN



Hall: Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology, 12th Edition
Copyright © 2011 by Saunders, an imprint of Elsevier Inc. All rights reserved.

COMPOSICIÓN DE LOS GASES

AIRE ALVEOLAR

Concentración de CO₂ y presión parcial

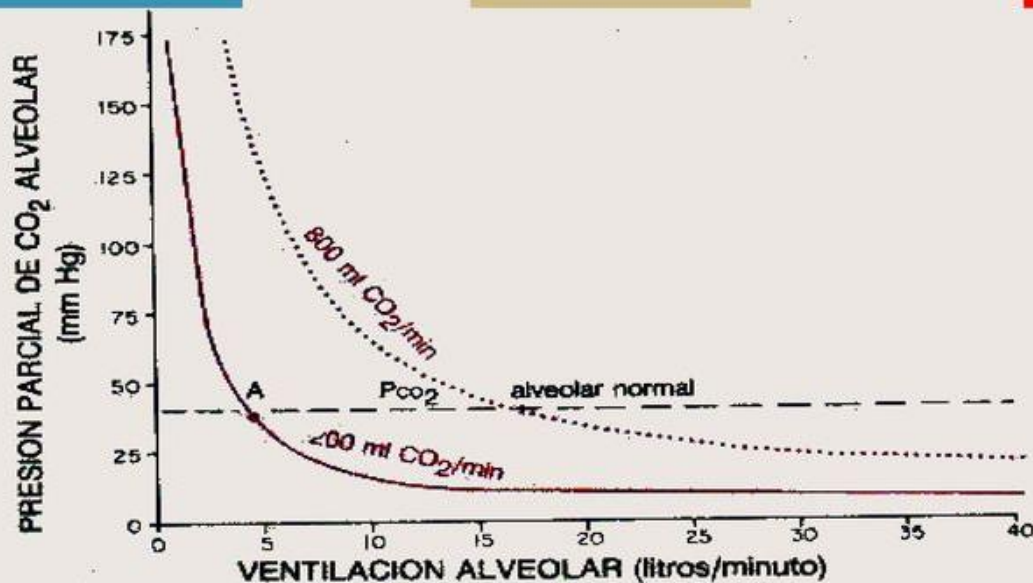


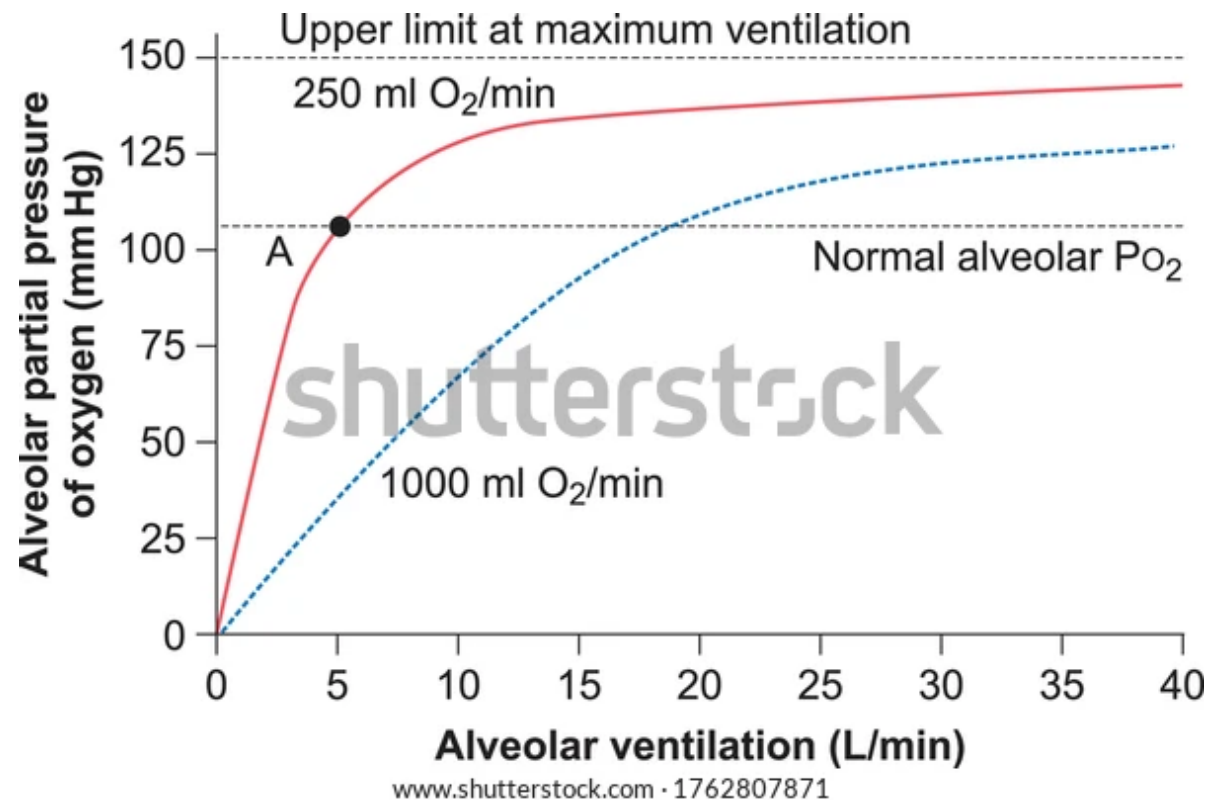
Fig. 40-5. Efecto sobre la Pco₂ de la ventilación alveolar y la tasa de eliminación de dióxido de carbono por la sangre.

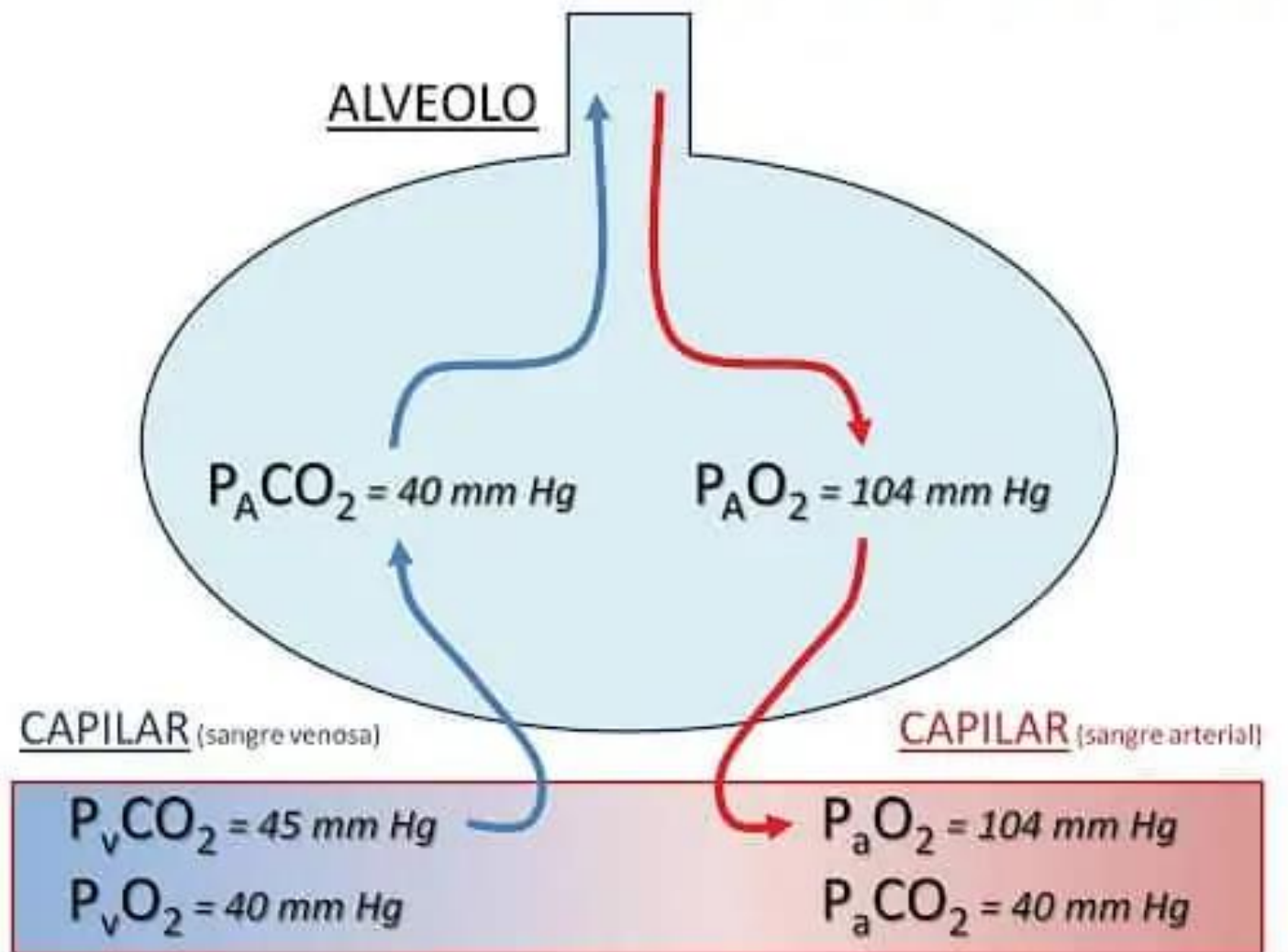
DIÓXIDO DE CARBONO EN LOS ALVEOLOS

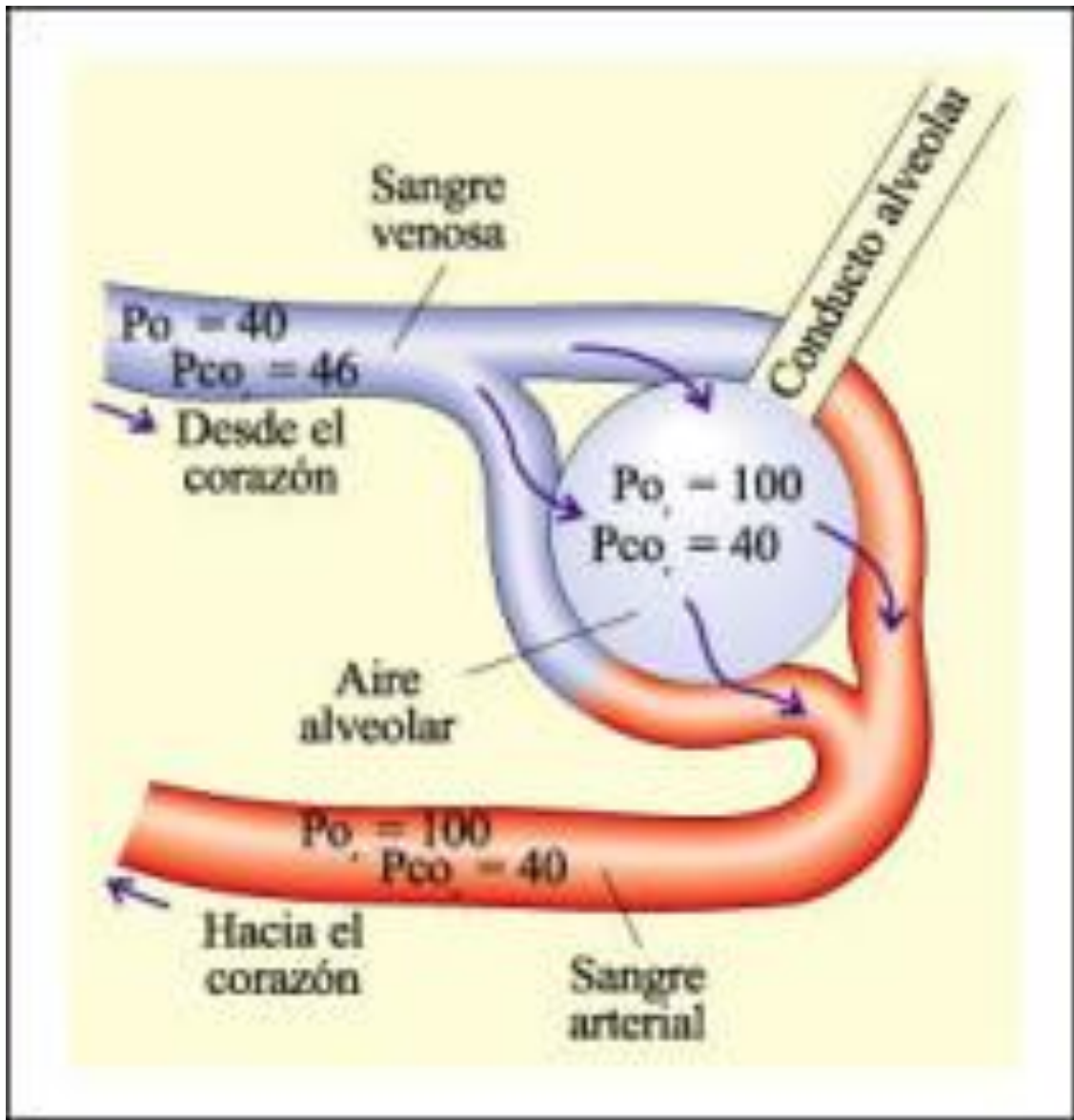
- La PCo₂ alveolar aumenta en proporción directa a la velocidad de excreción de Co₂
- La PCo₂ alveolar disminuye en proporción inversa a la ventilación alveolar

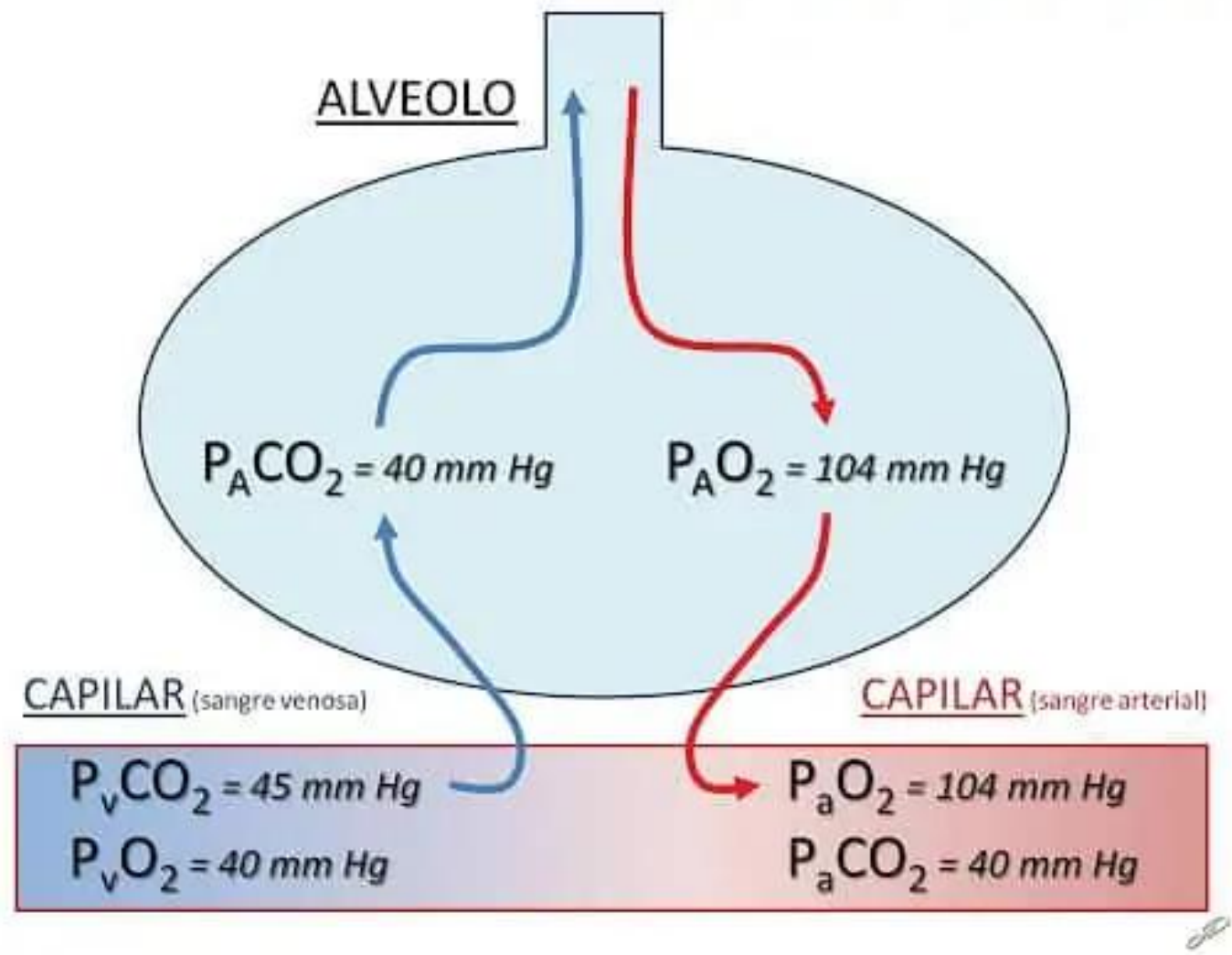
OXÍGENO EN LOS ALVEOLOS

- LA CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO EN LOS ALVEOLOS Y SU PRESIÓN PARCIAL, ESTÁ CONTROLADA POR:
 - ❖ Velocidad de difusión del O₂
 - ❖ Velocidad de renovación del O₂









El aire espirado es una combinación de aire del espacio muerto y aire alveolar

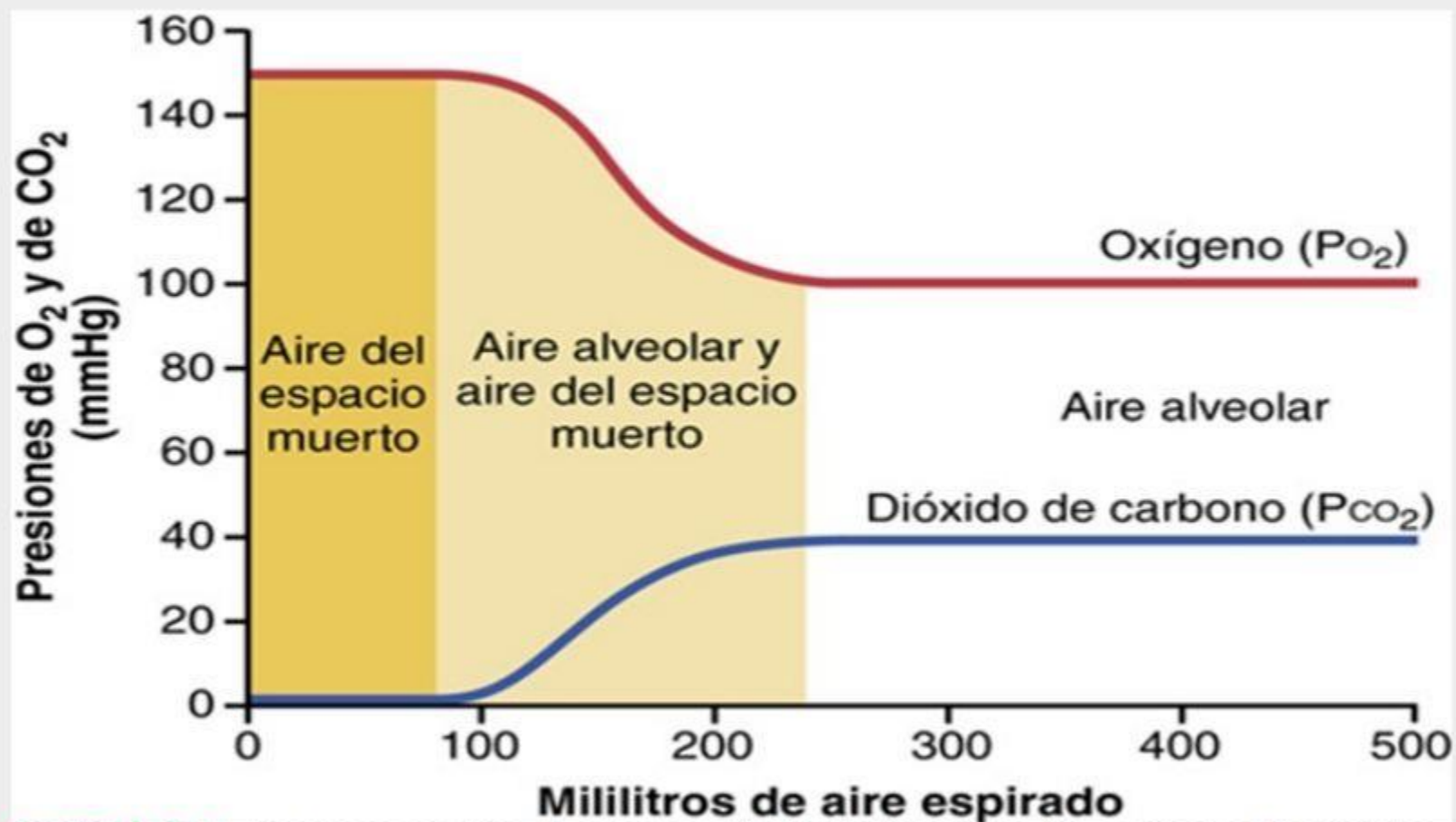
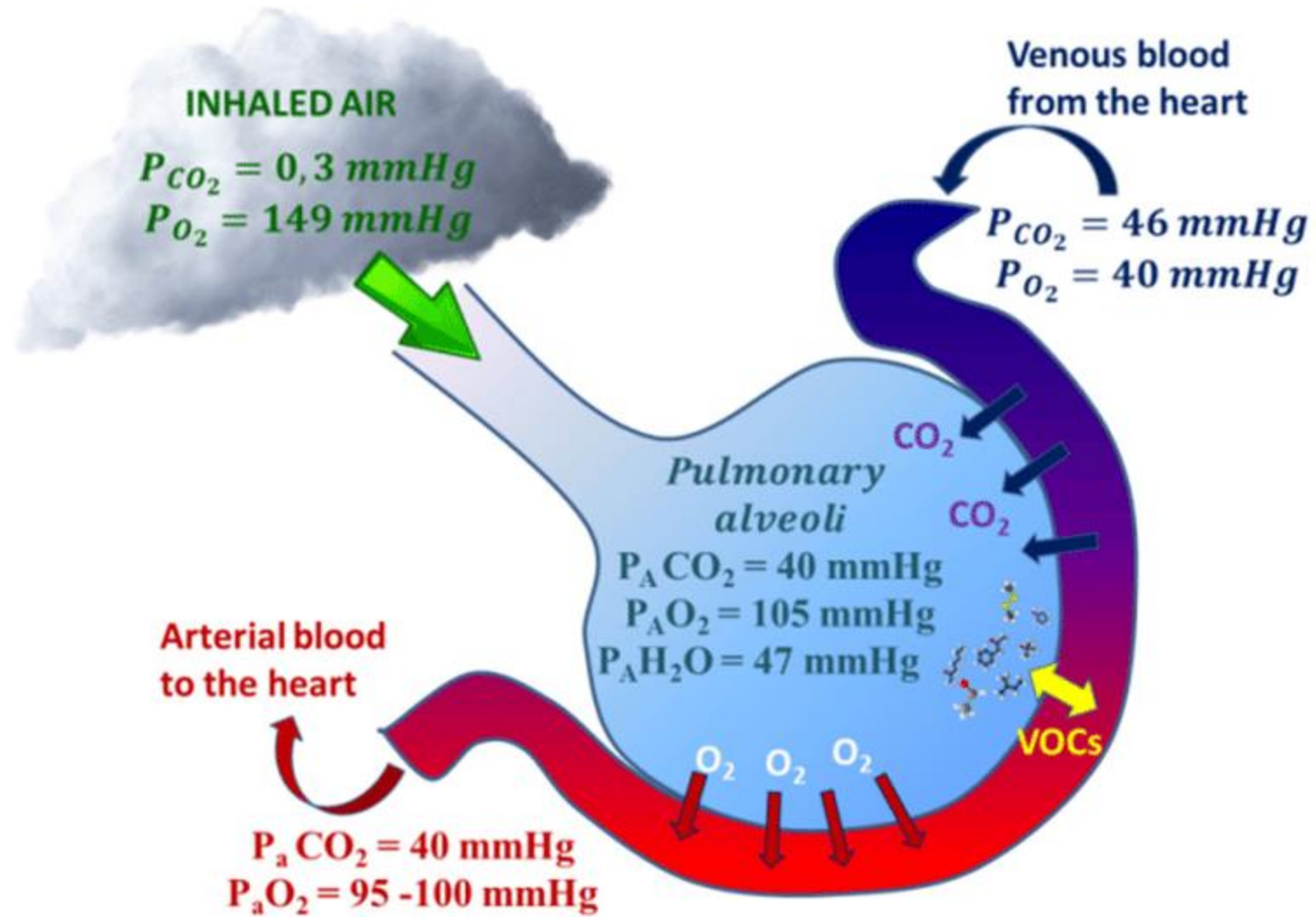


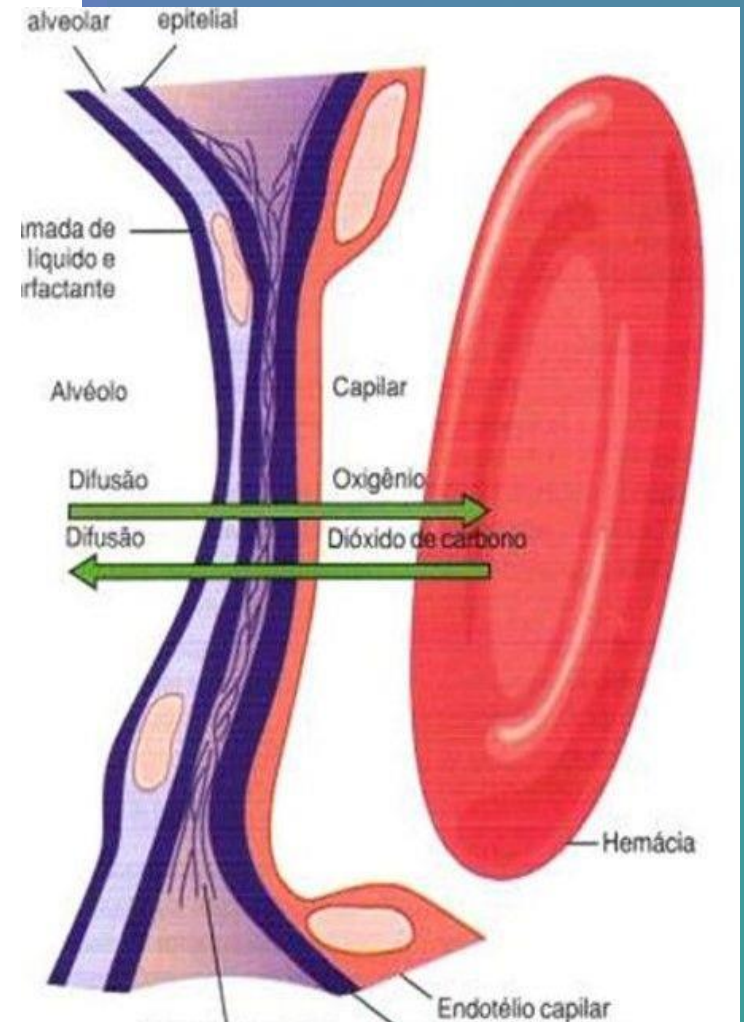
FIGURA 40-6 Presiones parciales de oxígeno y de dióxido de carbono (PO_2 y PCO_2) en las distintas porciones del aire espirado normal.





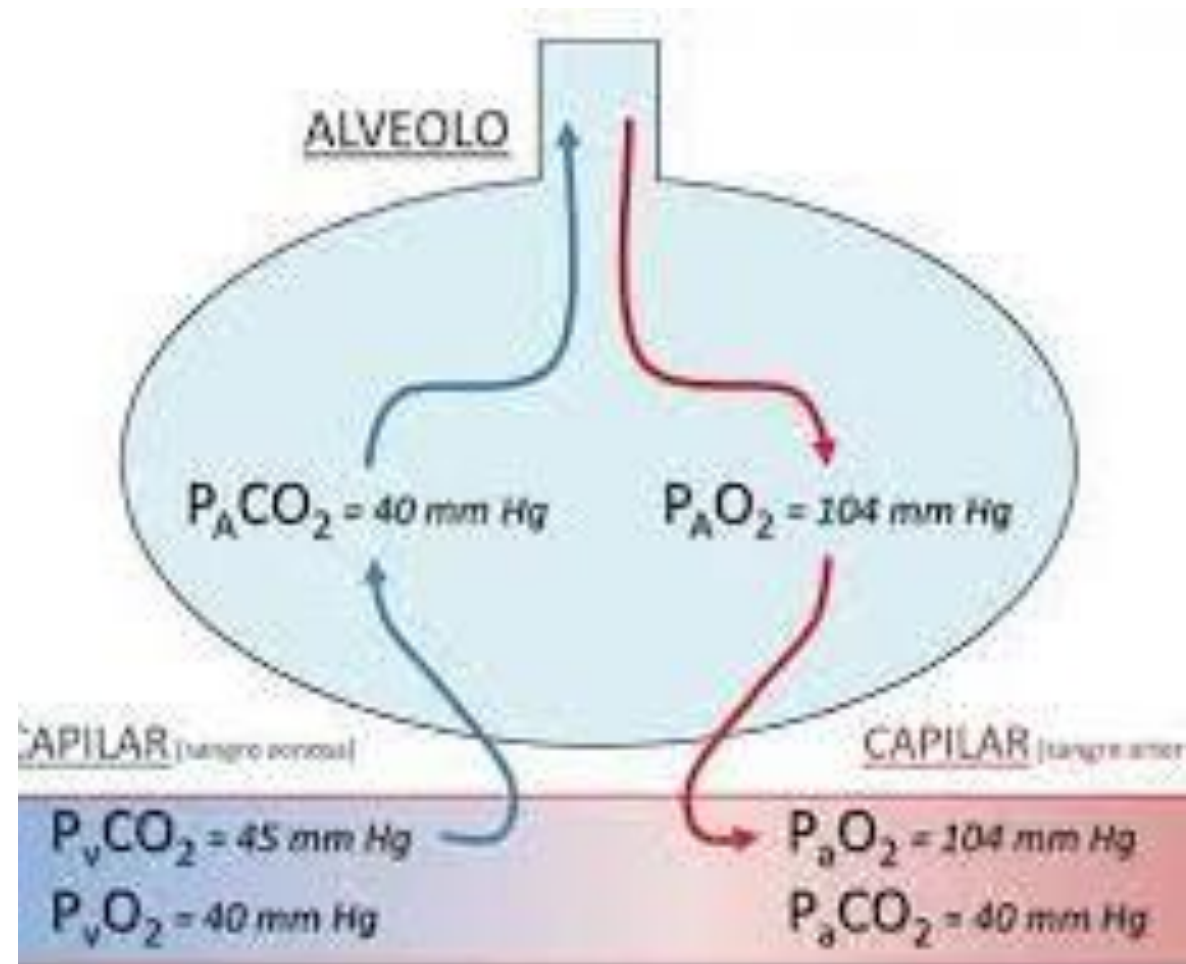
MEMBRANA RESPIRATORIA

- MIDE 0.6 MICRAS
- POSEE 6 CAPAS
 1. Surfactante
 2. Epitelio alveolar
 3. MB epitelial
 4. Espacio intersticial
 5. MB endotelial
 6. Endotelio del capilar
 7. CAPACIDAD DE DIFUSIÓN DEL OXÍGENO: 21ml/min
ejercicio hasta 65ml/min
 8. CO₂ 400 A 500 ml/min, ejercicio 1200 ml/ min



FACTORES QUE DETERMINAN LA RAPIDEZ CON LA QUE UN GAS ATRAVIESA LA MEMBRANA

1. GROSOR DE LA MEMBRANA
2. ÁREA SUPERFICIAL DE LA MEMBRANA
3. COEFICIENTE DE DIFUSIÓN DEL GAS
4. DIFERENCIA DE PRESIÓN PARCIAL



COEFICIENTE DE DIFUSIÓN

DIFUSIÓN BASES FÍSICAS

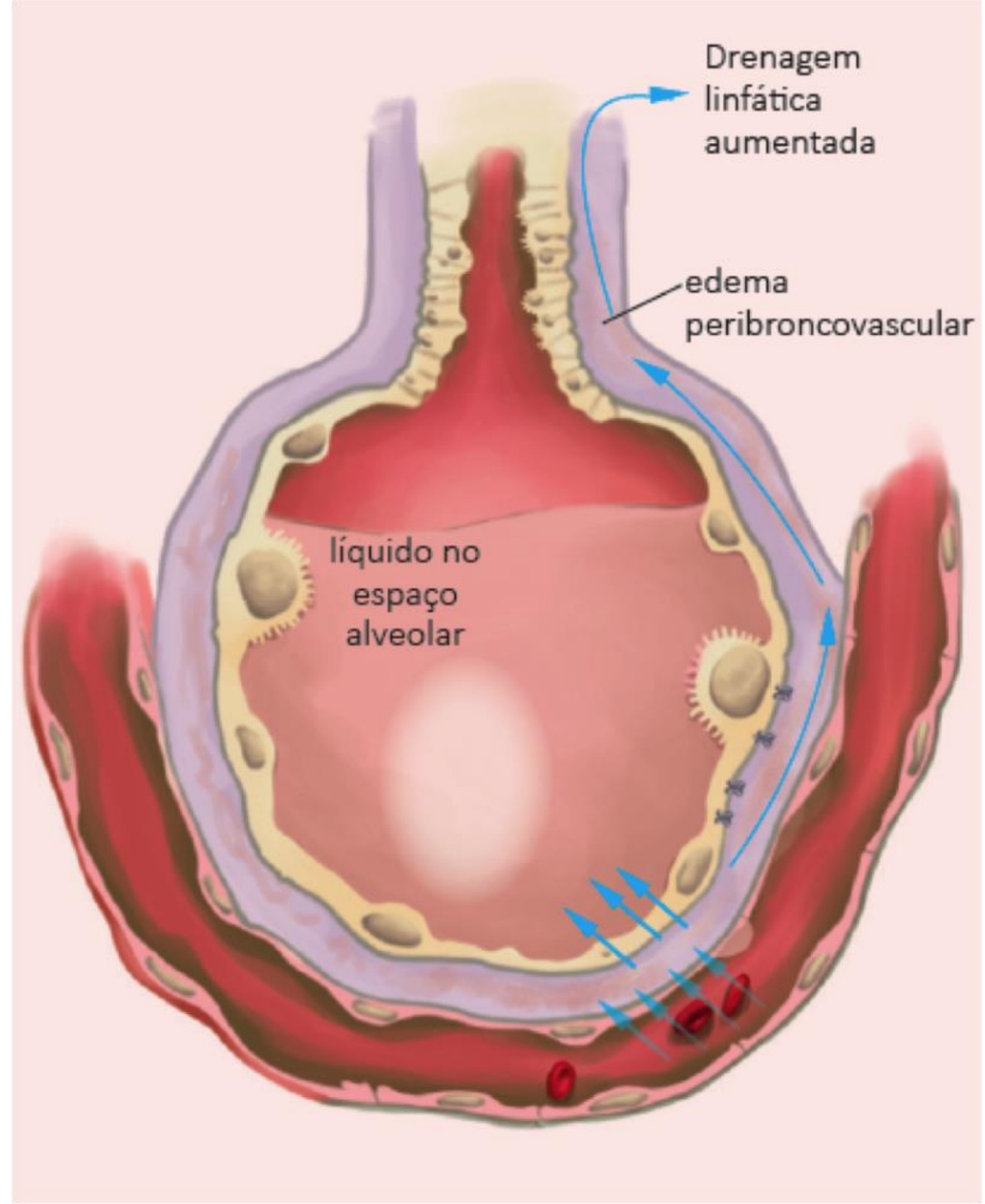
- **Presiones de gases y del vapor de agua**
 - ▶ *Presión de un gas. Presión y concentración.*
 - ▶ *En una mezcla de ellos. Presión parcial*
 - ▶ *En el agua. Coeficiente de solubilidad.*

<i>Oxígeno</i>	<i>0.024</i>
<i>CO₂</i>	<i>0.57</i>
<i>CO</i>	<i>0.018</i>
<i>N₂</i>	<i>0.012</i>

- ▶ *Presión del vapor de agua*

VELOCIDAD DE DIFUSIÓN POR LA MEMBRANA RESPIRATORIA

- GROSOR DE LA MEMBRANA





EDEMA PULMONAR

- PAREDES ALVEOLARES
ENGROSADAS

ENFISEMA ÁREA SUPERFICIAL AL DE LA MEMBRANA

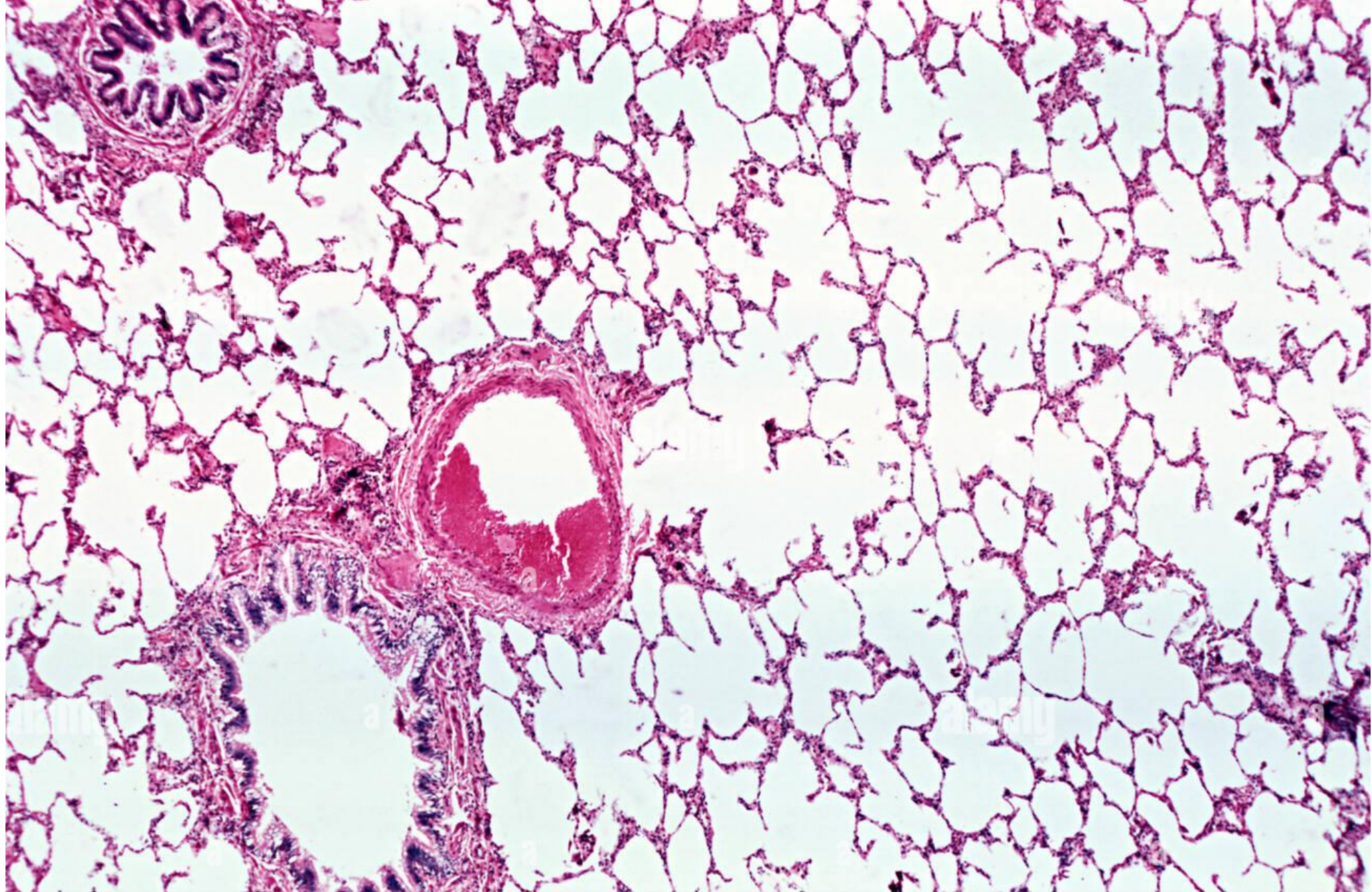


Alvéolos
con enfisema

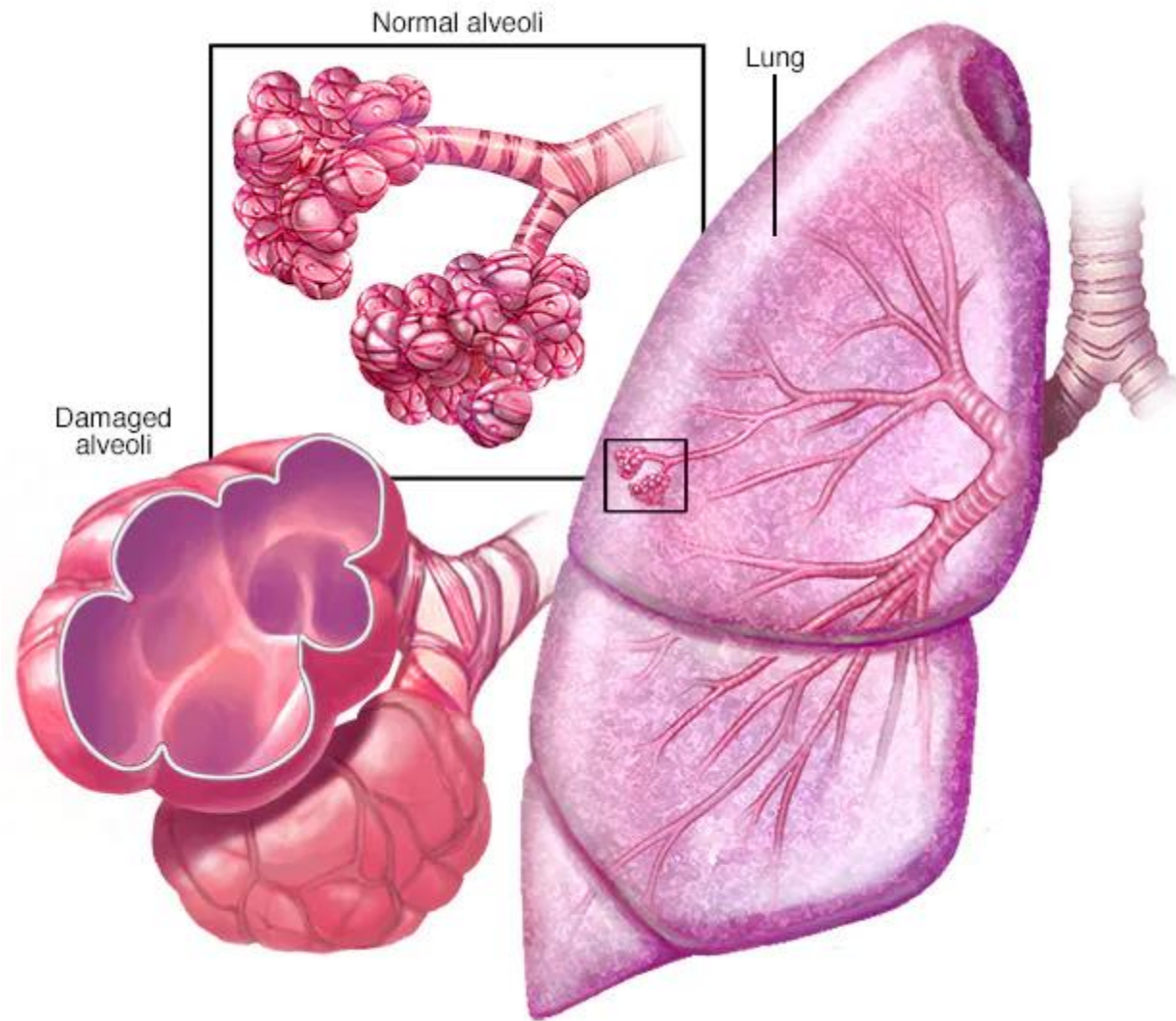


Vista al microscopio
de alvéolos normales









DIFUSIÓN

BASES FÍSICAS

- **Presiones de gases y del vapor de agua**
 - ▶ *Presión de un gas. Presión y concentración.*
 - ▶ *En una mezcla de ellos. Presión parcial*
 - ▶ *En el agua. Coeficiente de solubilidad.*

<i>Oxígeno</i>	<i>0.024</i>
<i>CO₂</i>	<i>0.57</i>
<i>CO</i>	<i>0.018</i>
<i>N₂</i>	<i>0.012</i>

- ▶ *Presión del vapor de agua*

DIFERENCIA DE PRESIÓN PARCIAL

