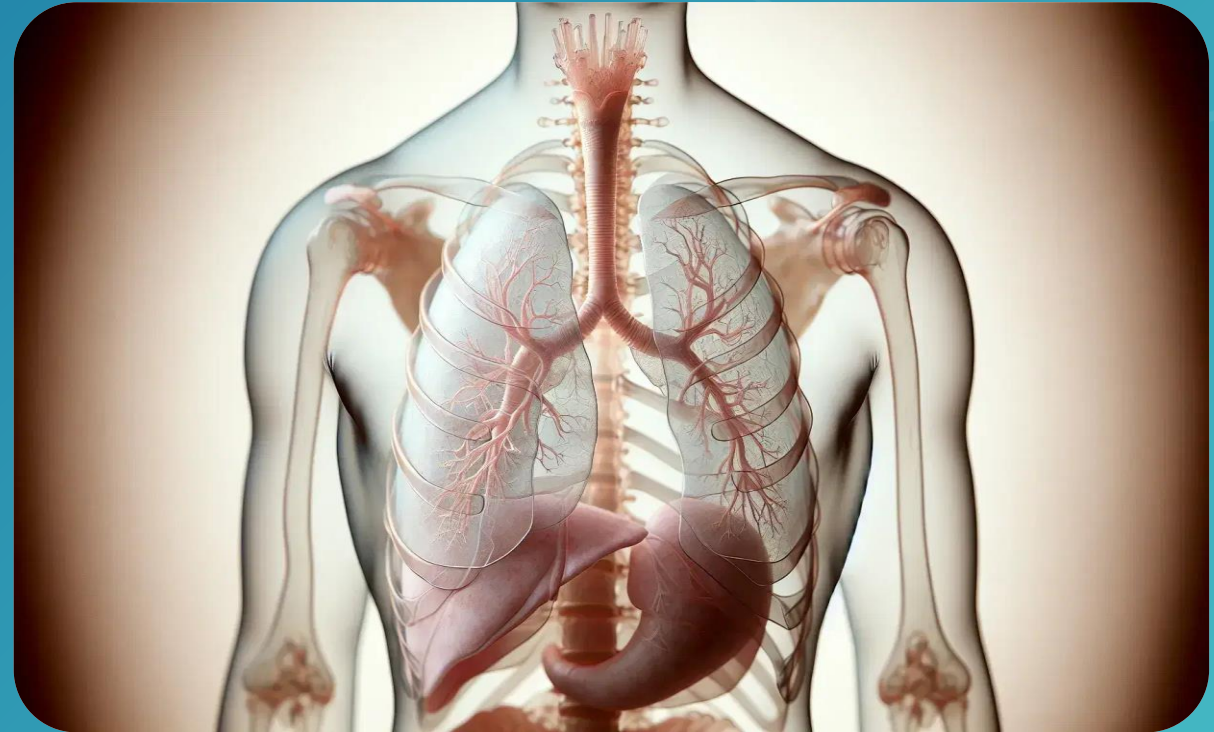


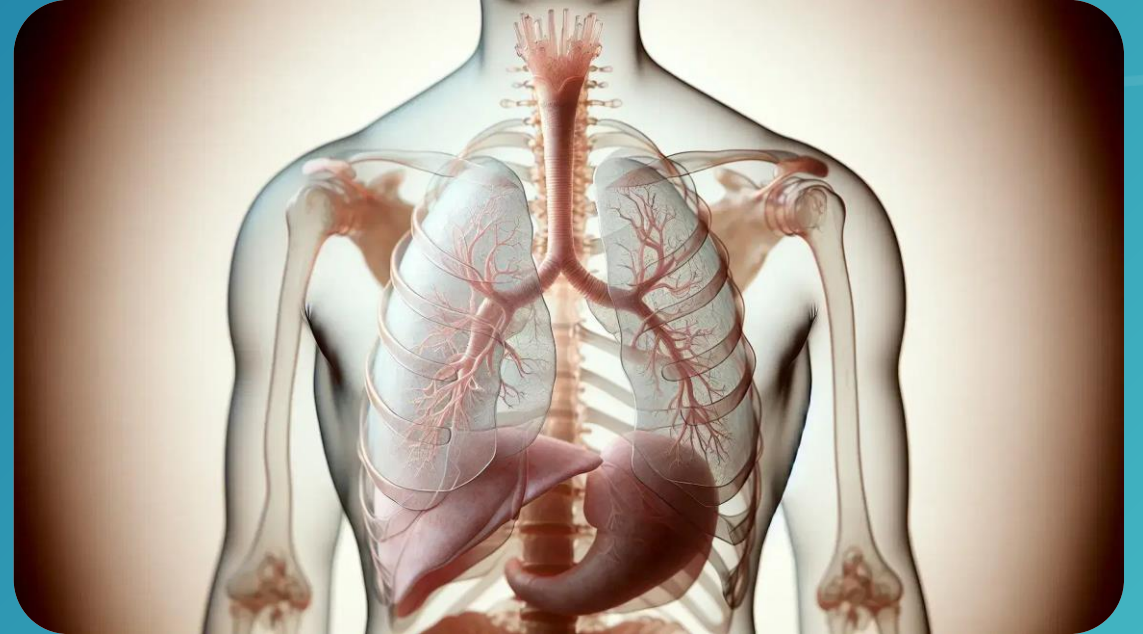
FISIOLOGÍA PULMONAR 2

AUTORES: François Ricard PhD. DO.
Pablo Escribá MD. DO.PT
Víctor Manuel Fuentes PT. DO.



DIFUSIÓN GASES

AUTORES: François Ricard PhD. DO.
Pablo Escribá MD. DO.PT
Víctor Manuel Fuentes PT. DO.



DIFUSIÓN DE LOS GASES

- A través de la Membrana Alvéolo-Capilar.
- Conocer las Leyes de los Gases.
- Parámetros físicos que involucran:

Presión.

Temperatura.

Volumen.

Humedad (Vapor de Agua).

Permeabilidad de la membrana.



LEY DE BOYLE MARIOTTE

A Temperatura constante:

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

P es inversamente proporcional al Volumen.

En inspiración el Alvéolo Vol., y sus presiones $\bar{P}$, lo cual crea gradiente para que entre el flujo de aire desde la atmósfera.



LEY DE CHARLES

A Presión constante:

- El volumen es proporcional a la Temperatura.
- A volumen constante, P es proporcional a T .



LEY DE AVOGADRO

El N° de moléculas es igual cuando V es constante y T y P son iguales.



LEY DE HENRY

“El volumen de un gas disuelto en líquidos es proporcional a su presión parcial”



LEY DE LOS GASES IDEAL

Combina la mayoría de los factores:

n = N° de moles.

R = Constante de los gases (62.4).

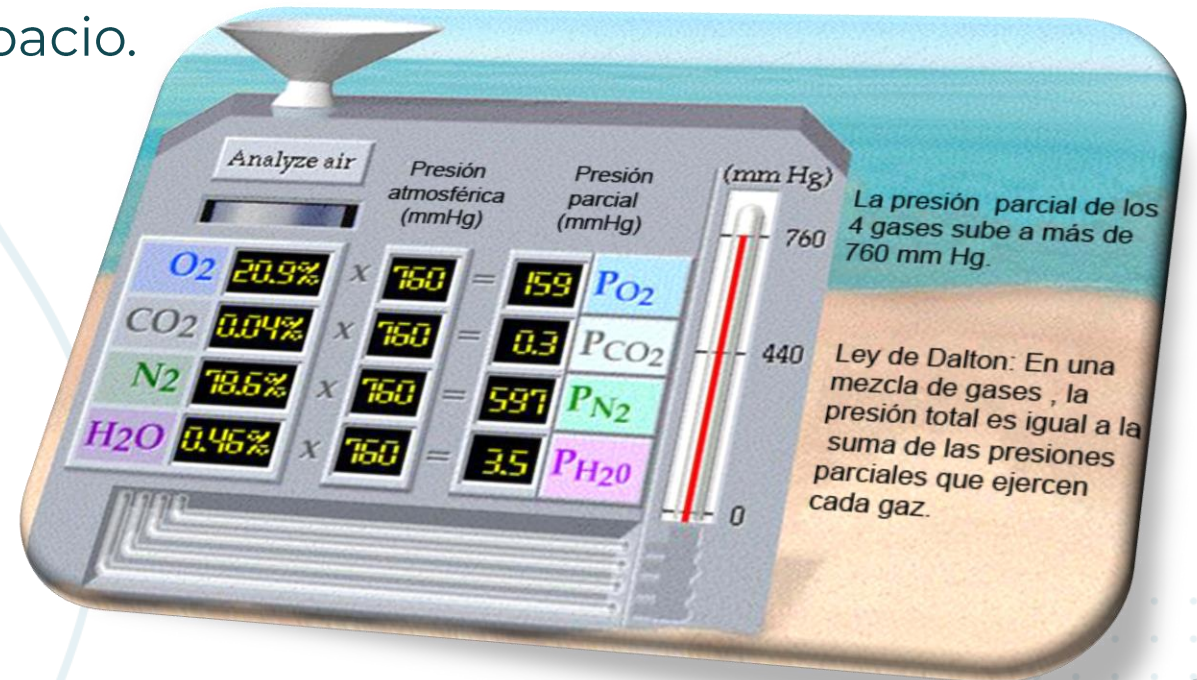
T = Temperatura Absoluta.

V = Volumen.



LEY DE DALTON

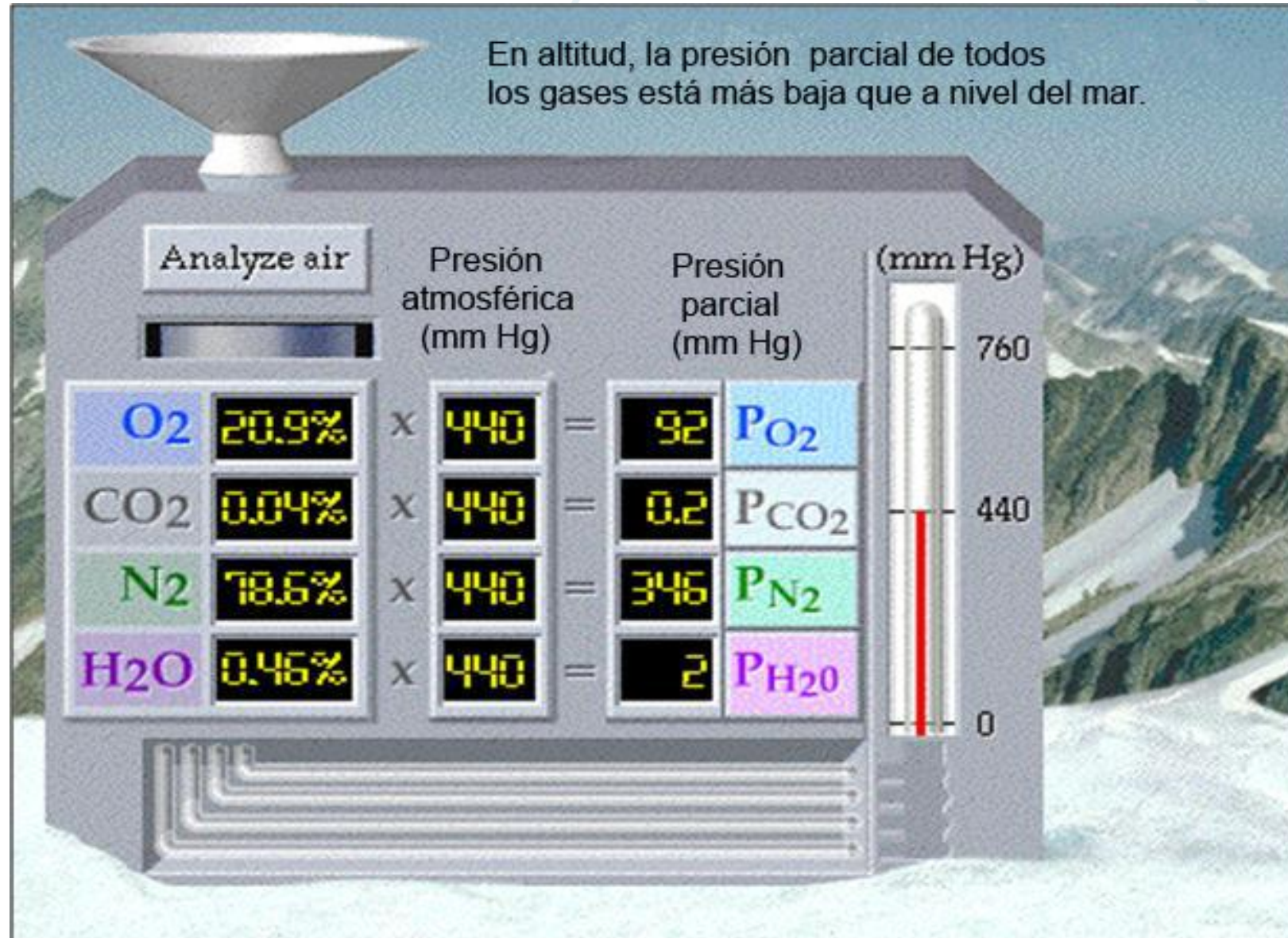
- Cada gas desarrolla una presión propia (Presión Parcial), como si estuviese solo.
- La Presión Total es Σ de todas.
- Los gases tienden a ocupar todo el espacio.



Elemento	Aire atmosférico		Aire Alveolar	
	%	mm Hg	%	mm Hg
Nitrógeno	78.62	597.0	74.9	569.0
Oxígeno	20.84	159.0	13.6	104.0
CO ₂	0.04	0.3	5.3	40.0
Agua	0.50	3.7	6.2	47.0
Total	100	760.0	100	760.0



En altitud, la presión parcial de todos los gases está más baja que a nivel del mar.



DIFUSIÓN DE GASES

- Los gases respiratorios difunden desde las áreas de presión parcial elevada hacia las áreas de presión parcial baja.
- La Presión Parcial de cada gas se deduce en la siguiente fórmula:

$$\text{Presión Parcial} = \text{Concentración} \times \text{Presión Total}$$



PRESIÓN PARCIAL DE OXÍGENO

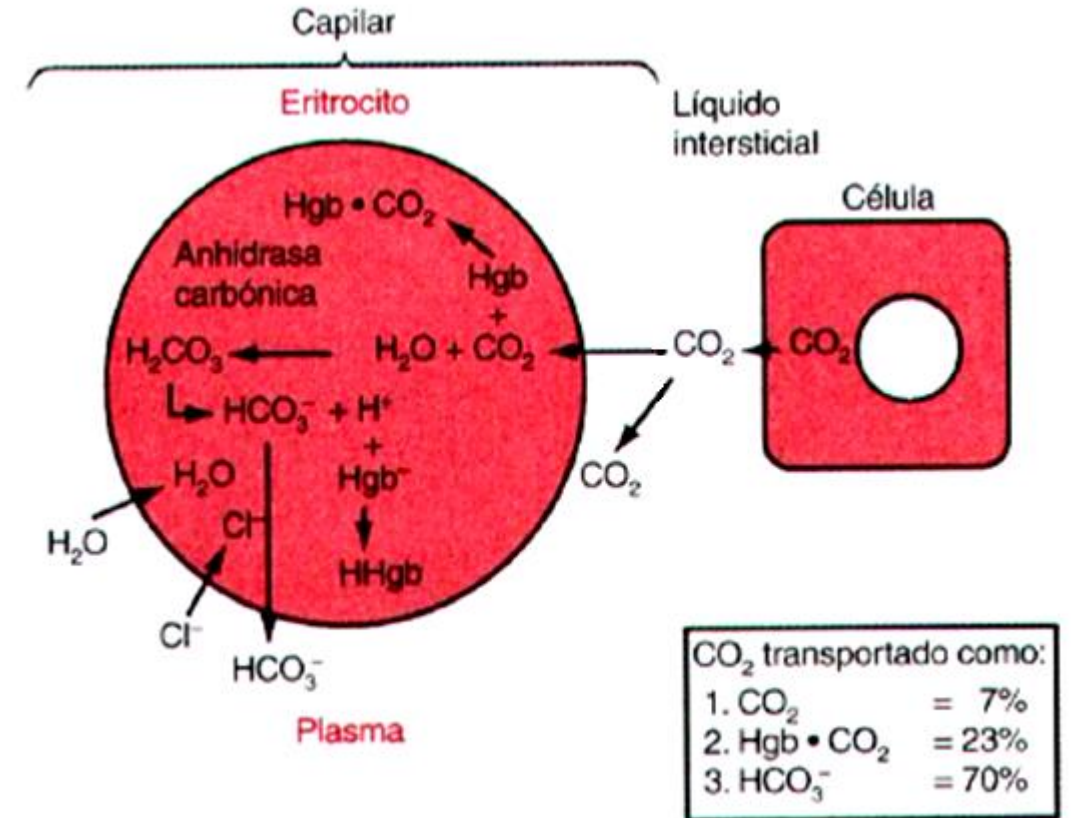
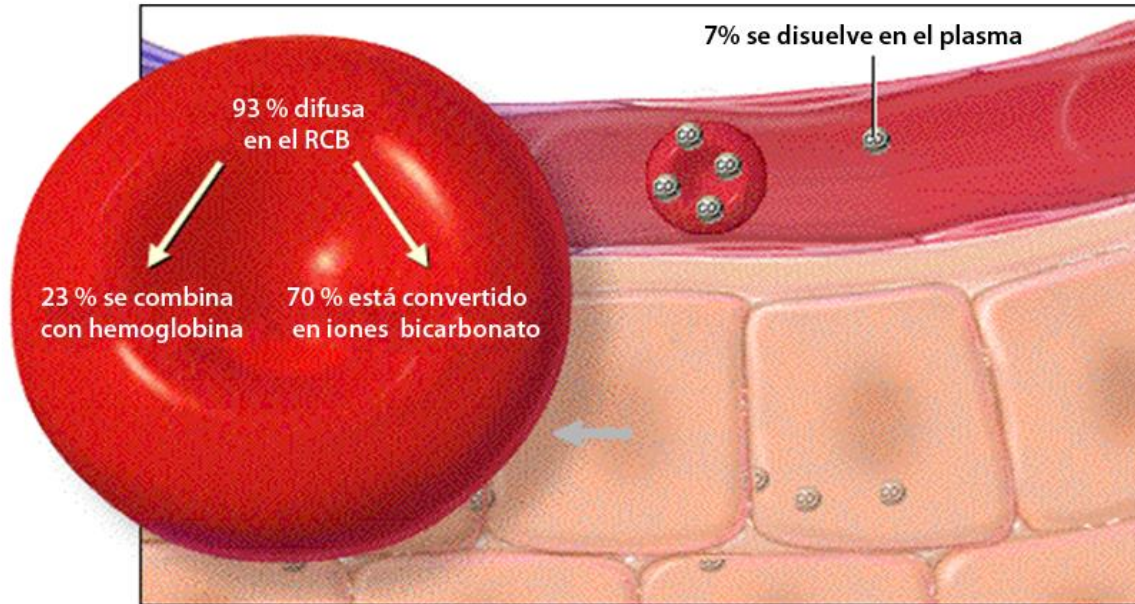
- Sería equivalente a la fracción del oxígeno en el aire por la presión atmosférica:
 $PIO_2 = FiO_2 - P_{atm}$.
- Presión inspirada de O_2 en el alvéolo:

$$PIO_2 = FiO_2 (P_{atm} - P_{H_2O})$$

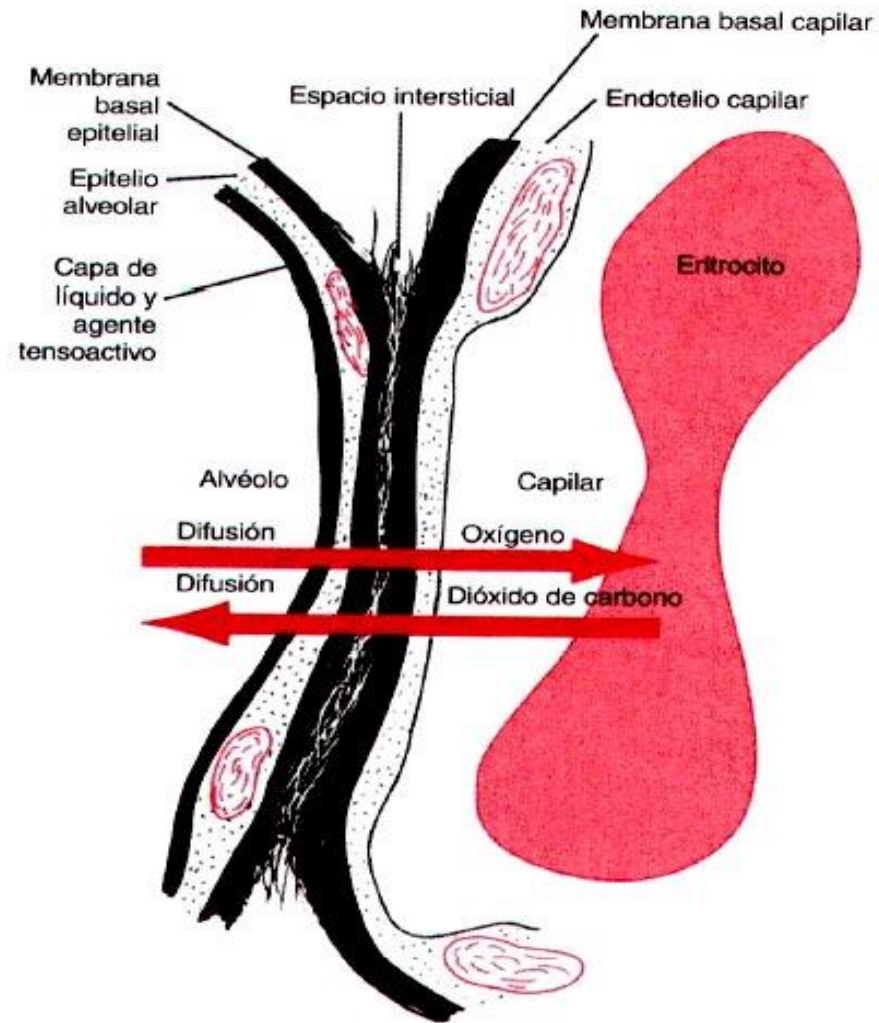
$$PIO_2 = 21\% (760 \text{ mmHg} - 47 \text{ mmHg})$$



TRANSPORTE DE CO₂



MEMBRANA RESPIRATORIA O PULMONAR



TRANPORTE DE O₂: HACIA LA SANGRE ARTERIAL

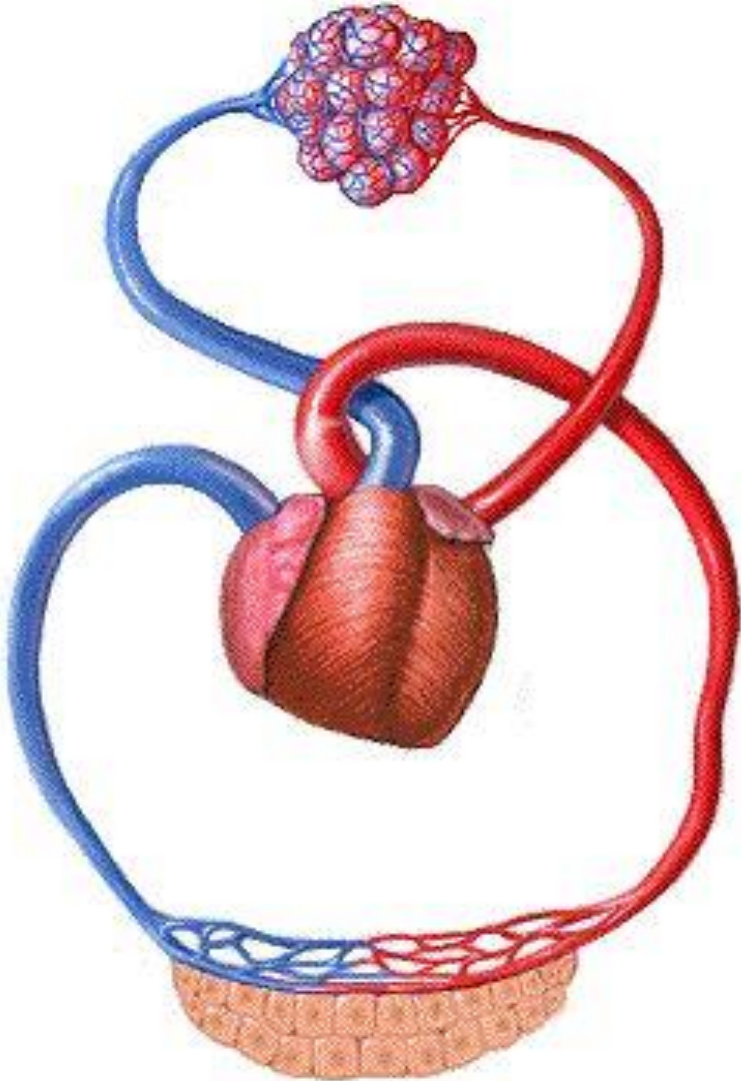
98% sangre a aurícula izqda. → ppO₂ 104mmHg. 2% sangre desde aorta a pulmón sin intercambio gaseoso para nutrir pulmón Po₂ 40mmHg. Combinación = 95mmHg → sangre que se bombea a todos los tejidos.

EFEECTO Haldane: Presión parcial de O₂ elevada (capilares pulmonares) → unión de O₂ a la hemoglobina + liberación de dióxido de carbono.

Efecto Bohr: Concentración CO₂ alta (tejidos periféricos) se une CO₂ a la hemoglobina y la afinidad por el O₂ disminuye, haciendo que éste se libere.



SITIOS DE INTERCAMBIO GASEOSO



- **Respiración externa**

Área y estructura de la membrana respiratoria.

Gradientes de presiones parciales.

Coordinado flujo capilar y alveolar

- **Respiración interna**

Área disponible para intercambio, (varia entre tejidos).

Gradiente de presiones parciales.

Flujo sanguíneo.



CARACTERÍSTICAS DEL AIRE ALVEOLAR

- El aire alveolar sólo se sustituye parcialmente por aire atmosférico en cada respiración.
- Se está absorbiendo Oxígeno continuamente del aire alveolar.
- El Dióxido de Carbono está difundiendo constantemente desde la sangre pulmonar a los alvéolos.
- El aire atmosférico seco se humidifica antes de que alcance los alvéolos.



CARACTERÍSTICAS DEL INTERCAMBIO

- El intercambio gaseoso se produce a través de las membranas de todas las porciones terminales de los pulmones, no sólo de los propios alvéolos.
- En el alvéolo existe una membrana de intercambio muy particular .
- Capa de líquido con surfactante pulmonar.
- Epitelio Alveolar, formado por células epiteliales delgadas tipo I.
- Membrana Basal Epitelial.
- Espacio Intersticial fino.
- Membrana Basal Capilar.
- Membrana Endotelial Capilar.



RESPIRACIÓN EXTERNA

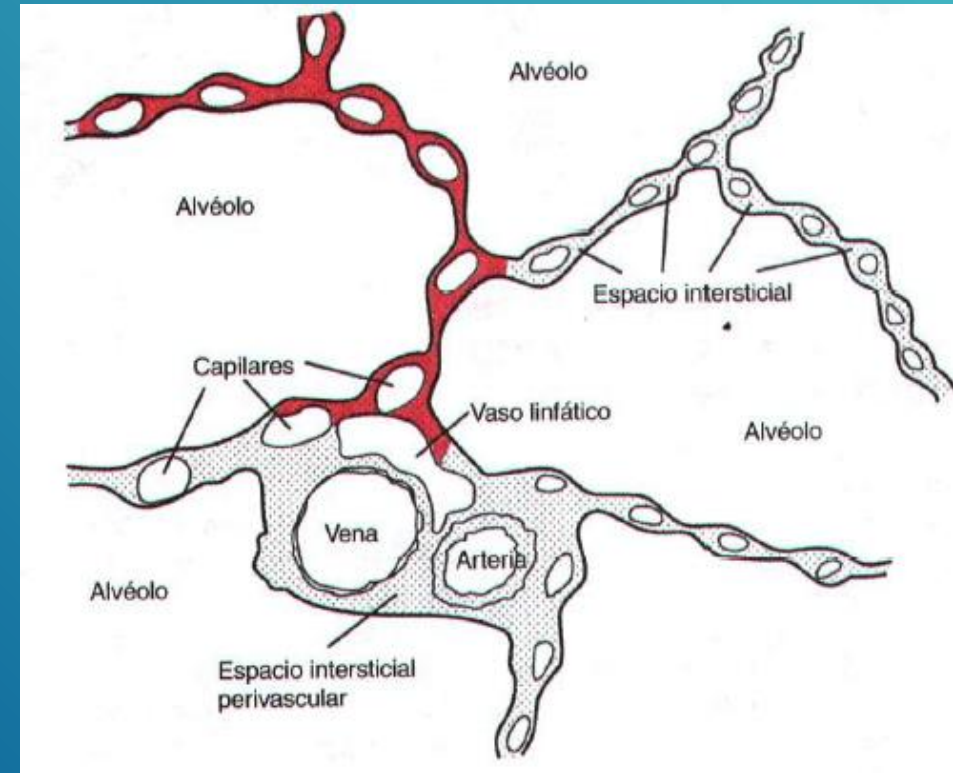
QUÉ PUEDE AFECTAR AL INTERCAMBIO:

Área, Espesor, Coeficiente de difusión, Presiones.

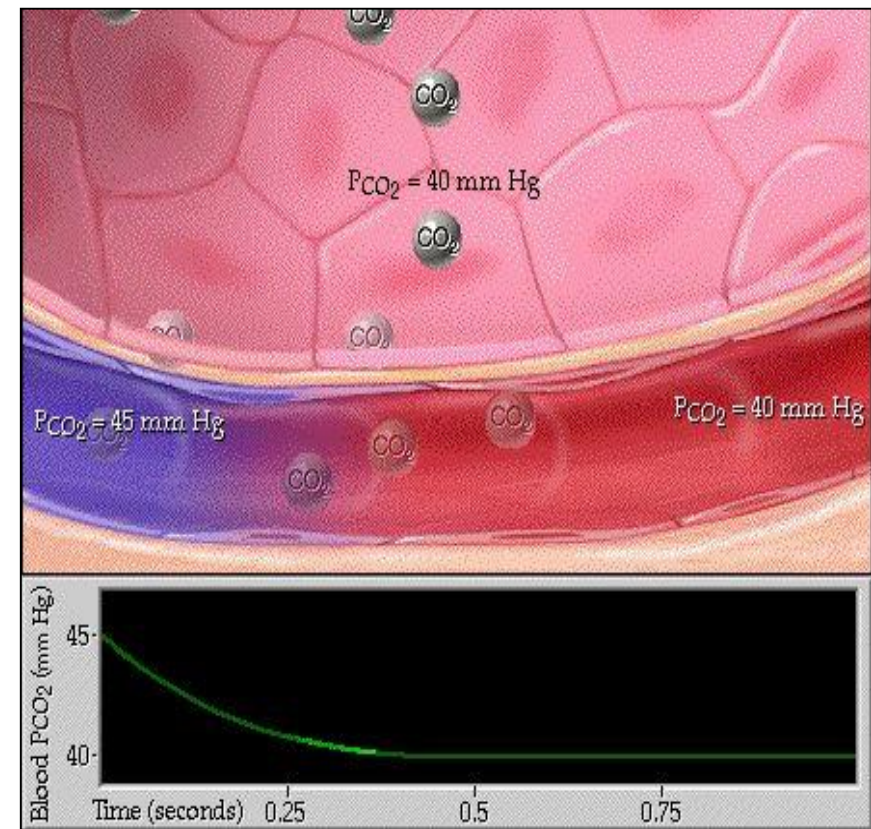
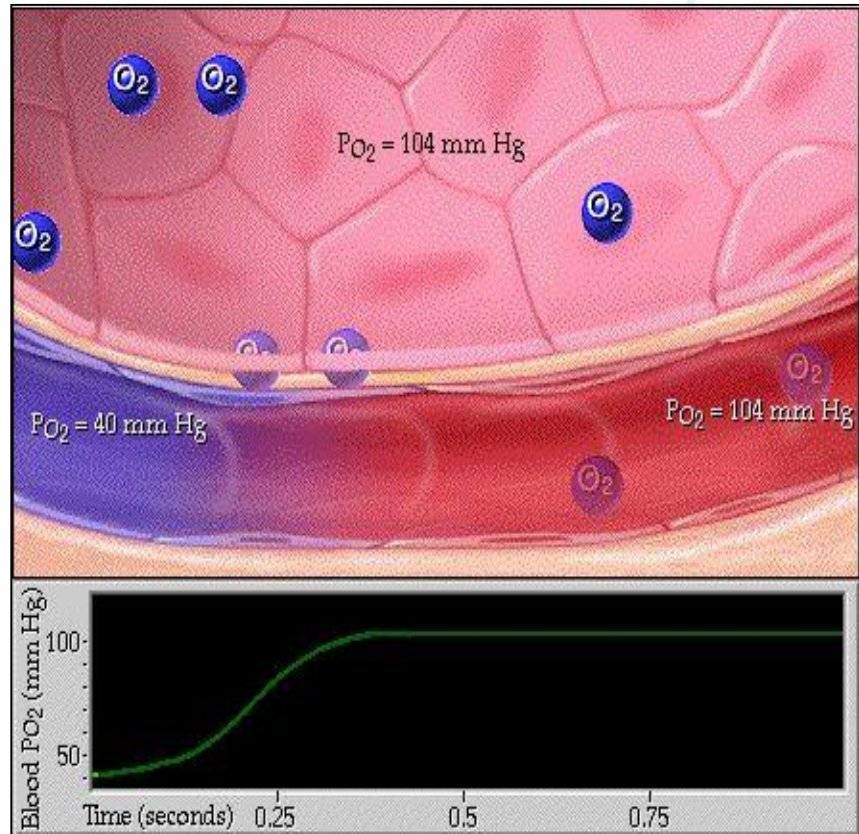
Humidificación del aire.

Intercambio entre alveolo y capilares.

Mezcla de aire nuevo con el viejo.

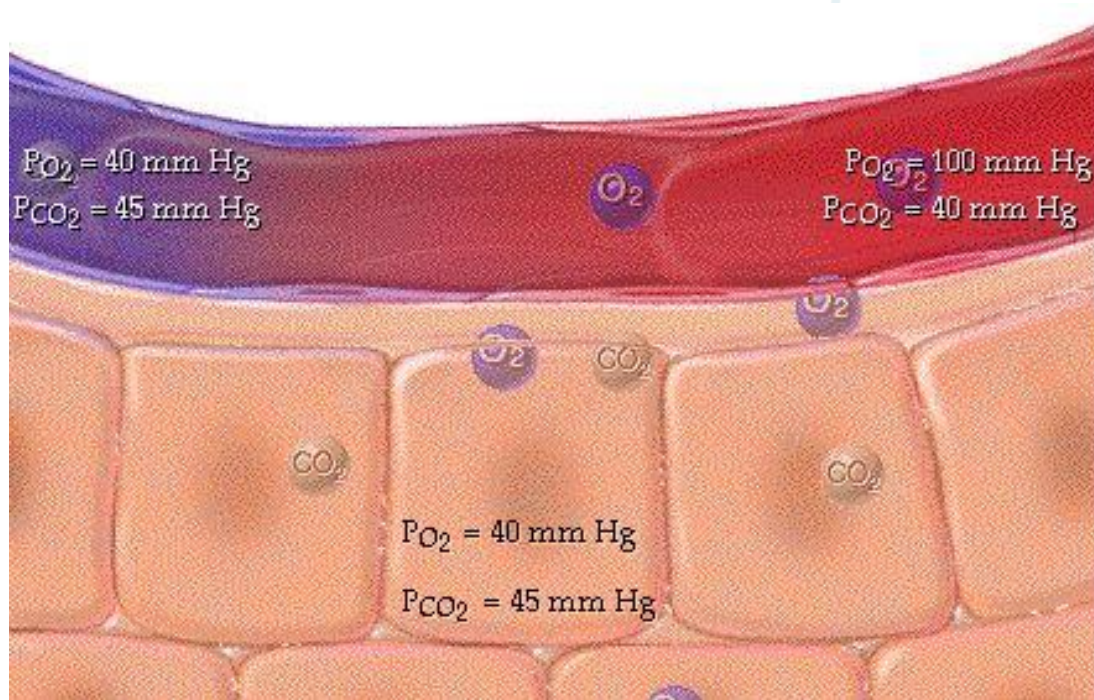


INTERCAMBIO DE O₂ Y CO₂



Las diferencias de presiones buscan el equilibrio

RESPIRACIÓN INTERNA



Las diferencias
de presiones buscan el equilibrio

CAPACIDAD DE DIFUSIÓN DE LA MEMBRANA

- La capacidad de difusión de la membrana respiratoria para el Dióxido de Carbono es veinte veces mayor que para el oxígeno.
- La capacidad de difusión para el oxígeno aumenta con el ejercicio porque:
 - Aumenta el área superficial: Hay reclutamiento de alvéolos y capilares para producir intercambio.
 - Mejor relación Ventilación – Perfusión (V/Q)



VENTILACIÓN/PERFUSIÓN

- Es el cociente entre la Ventilación Alveolar (V) y el Flujo Sanguíneo Pulmonar (Q):
 - $V/Q = 0$. No hay ventilación Alveolar.
 - $V/Q = \text{Infinito}$. No existe Flujo Sanguíneo Pulmonar.
 - $V/Q = \text{Normal}$: Los dos valores son normales.



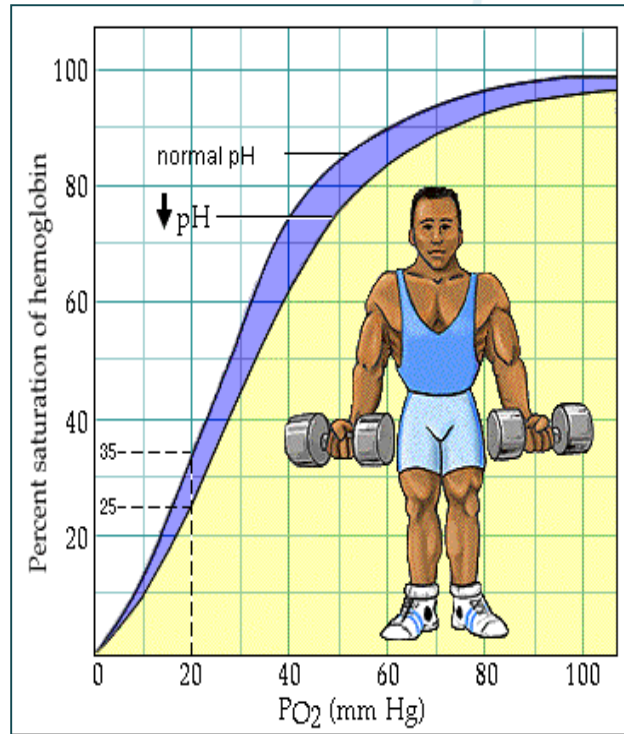
RELACIÓN VENTILACIÓN-PERFUSIÓN

- La ventilación pulmonar (V) y la cantidad de sangre que recibe el pulmón (perfusión, Q) guardan una correlación, que se rompe en un punto: UMBRAL VENTILATORIO
- Reposo :
 - $Q = 5\text{L/min}$ bases > vértices
 - $V = 4,2\text{L/min}$ vértices > bases
 - $V/Q = 0,8$

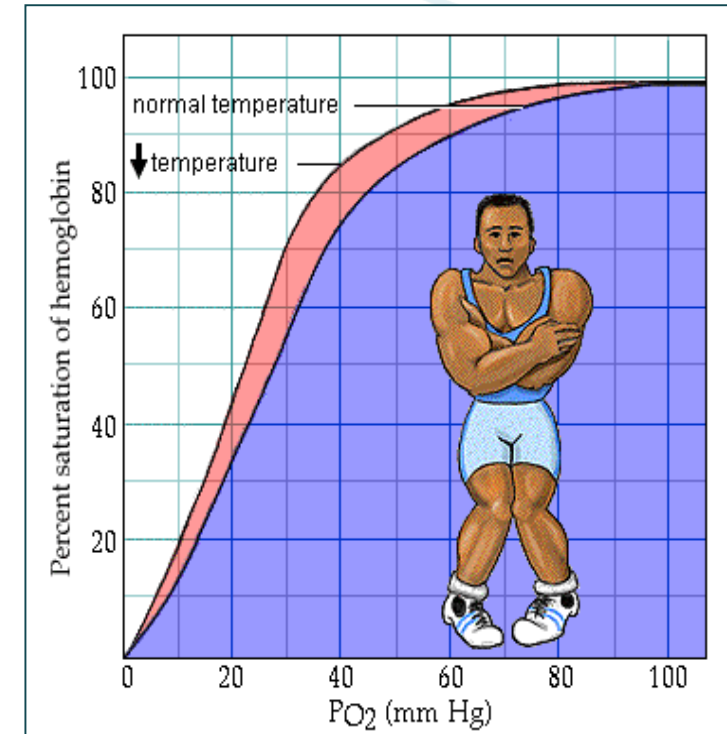


FACTORES QUE AFECTAN A LA SATURACIÓN

- $\Downarrow$ pH
- $\Uparrow$ Temperatura
- ☐ $\Uparrow$ P_{CO_2}



- $\Uparrow$ pH
- ☐ $\Downarrow$ Temperatura
- $\Uparrow$ PO_2



TRANSPORTE DE GASES

- La PO₂ de la sangre pulmonar se eleva hasta igualar la del aire alveolar en el primer tercio del trayecto capilar.
- La sangre de los capilares pulmonares queda casi completamente saturada con Oxígeno, incluso durante el ejercicio intenso.
- El cortocircuito venoso bronquial hace disminuir la PO₂ arterial desde un valor capilar de 104 mmHg hasta un valor arterial de unos 95 mmHg.
- El Dióxido de Carbono difunde en una dirección exactamente opuesta a la del oxígeno.



HEMOGLOBINA

- Alrededor del 97% del oxígeno que se transporta hasta los tejidos lo hace en combinación química con la hemoglobina.
- La cantidad máxima de oxígeno transportado por la hemoglobina es de unos 20 ml de oxígeno por 100 ml de sangre.
- El Monóxido de Carbono interfiere con el transporte de oxígeno, porque tiene una afinidad por la hemoglobina unas 250 veces mayor que el oxígeno.



La curva de disociación de la hemoglobina muestra el porcentaje de saturación en función de la PO₂:

- PO₂ 95 mmHg (sangre arterial) la hemoglobina se encuentra saturada en un 97%. Hay 4 moléculas de oxígeno por cada molécula de hemoglobina.
- PO₂ 40 mm Hg (sangre venosa) la hemoglobina se encuentra saturada en un 75%. Hay 3 moléculas de oxígeno por cada molécula de hemoglobina.
- PO₂ 25 mmHg (sangre venosa durante un ejercicio moderado) la hemoglobina se encuentra saturada en un 50%. Hay 2 moléculas de oxígeno por cada molécula de hemoglobina.



FLUJO CAPILAR Y ALVEOLAR

- Una adecuada ventilación y un buen flujo capilar permite un buen intercambio gaseoso.

Arteriolas responden al cambio de PO_2 .

$\Downarrow O_2 \Rightarrow$ Vasoconstricción

$\Uparrow O_2 \Rightarrow$ Vasodilatación

Bronquios responden al cambio de PCO_2 .

$\Downarrow CO_2 \Rightarrow$ Bronco-constricción

$\Uparrow CO_2 \Rightarrow$ Bronco-dilatación



CORTOCIRCUITO O SHUNT

- Siempre que el V/Q sea inferior a lo normal, se habla de Shunt. Es decir una fracción de sangre venosa que pasa a través de los capilares pulmonares no se oxigena.
- Normalmente alrededor del 2 % del Gasto Cardíaco, fluye a través de los vasos bronquiales en lugar de fluir por los capilares alveolares.



ESPACIO MUERTO O FISIOLÓGICO

- Siempre que el V/Q sea superior a lo normal, se habla de Espacio Muerto Fisiológico.
- Cuando la ventilación alveolar es grande, pero el flujo sanguíneo alveolar es bajo, existe mucho más oxígeno disponible en los alvéolos del que puede extraer la sangre que fluye, entonces se dice que la ventilación de estos alvéolos se desperdicia.
- La ventilación del espacio muerto anatómico también se pierde, por falta de sitios de intercambio.



ESPACIO MUERTO

- Anatómico: es el volumen de las vías aéreas de conducción = 150ml
- Fisiológico: es una medida funcional del volumen de los pulmones que no intercambia CO₂. En sujetos normales es igual al espacio muerto anatómico
- Representa ventilación perdida en pacientes con enfermedades obstructivas y restrictivas
- Espacio muerto fisiológico oscila entre un 20% a un 35% del volumen corriente.



MECÁNICA DE LA RESPIRACIÓN-DISTENSIBILIDAD

- **AUMENTA**

1. Enfisema.

- **DISMINUYE**

1. Fibrosis.
2. Edema pulmonar.
3. Atelectasia.
4. Obesidad.
5. Deformidad de la caja torácica.



SURFACTANTE - FUNCIÓN

- Fuerza que se forma en una interfase Agua-Aire.
- Es una fuerza elástica, que mantiene abierto al Alvéolo.
- Valor normal: 5 a 30 dinas/cm.
- Disminuye la Tensión superficial del Alvéolo.
- Determina la Histéresis.
- Evita la formación de Edema Pulmonar.



DÉFICIT DE SURFACTANTE

- la Tensión Superficial.
- Edema Alveolar o Pulmonar.
- Adulto: Atelectasia Pulmonar.
- Niños RN: “Membrana Hialina” o “Síndrome de Dificultad o Distress Respiratorio del RN”



- **Efectos:**

1. Mejora la función pulmonar.
2. Mejora la expansión alveolar.
3. Mejoría en la oxigenación.
4. Disminuye el soporte ventilatorio.
5. Aumenta la capacidad residual funcional.
6. Aumenta la distensibilidad pulmonar.
7. Disminuye los cortocircuitos intrapulmonares.
8. Mejora la ventilación / perfusión.



VENTILACIÓN PULMONAR

- Vol. minuto: $V_t \times \text{frec. respiratoria}$
- Tiempo inspiratorio (T_i): duración en segundos desde el inicio al final del volumen inspiratorio.
- Tiempo espiratorio (T_e): duración en segundos desde el final del flujo inspiratorio hasta el inicio del ciclo siguiente.
- “Normal” = $12 \times 0,5L = 6 L$
- Ejercicio = $35-45 \times 2L = 70-90L$
 - Diferencia $\times 15$.
- Valores máximos registrados : $200 L/min$



FLUJO EN LA VIA AEREA

- Turbulento: Ocurre si el flujo de aire es alto, la densidad del gas es elevada, radio de la vía aérea es grande: tráquea.
- Transicional: Ocurre en los puntos de ramificación de las vías aéreas
- Laminar: Vías aéreas periféricas donde la velocidad es muy baja.

