

# Biofísica Respiratoria

**Rafael Porcile**

[rafael.porcile@vaneduc.edu.ar](mailto:rafael.porcile@vaneduc.edu.ar)

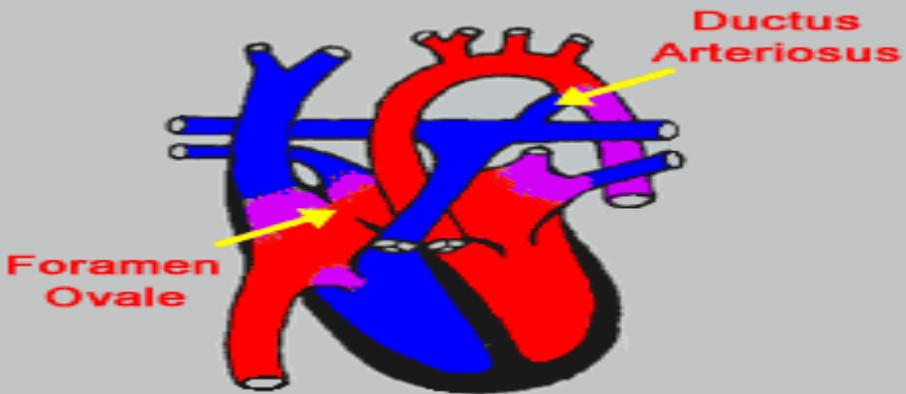
**DEPARTAMENTO DE CARDIOLOGIA**

**CÁTEDRA DE FISIOLÓGIA**

**Universidad Abierta Interamericana**



### Fetal Heart



### Fetal circulation



# Funciones del aparato respiratorio

## Ventilación pulmonar

- Entrada y salida de aire

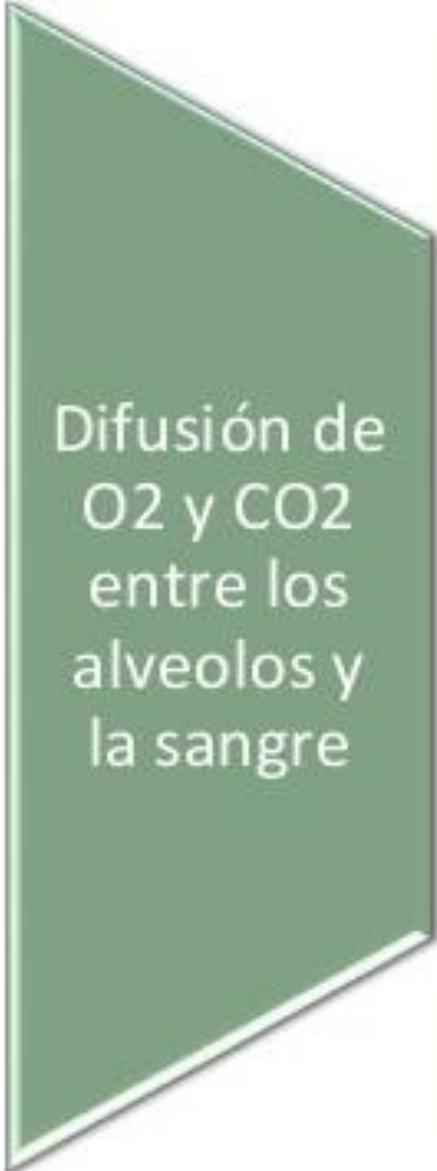
Difusión de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> entre los alveolos y la sangre

Transporte de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> en la sangres y líquidos corporales

- Hacia y desde las células

Regulación de la ventilación

# Funciones del aparato respiratorio



Difusión de  
O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>  
entre los  
alveolos y  
la sangre

# Etapas de la respiración

## VENTILACION

Intercambio de aire entre la atmósfera y los alvéolos pulmonares

## DIFUSION

Paso de O<sub>2</sub> desde el alvéolo al capilar y del CO<sub>2</sub> desde el capilar al alvéolo para ser expulsado al exterior.

Se lleva a cabo por los gradientes de presión de los gases

De donde hay > a menor presión

## PERFUSION

Flujo de sangre venosa a través de la circulación pulmonar hasta los capilares y el retorno de la sangre oxigenada al corazón izquierdo

## TRANSPORTE DE OXIGENO

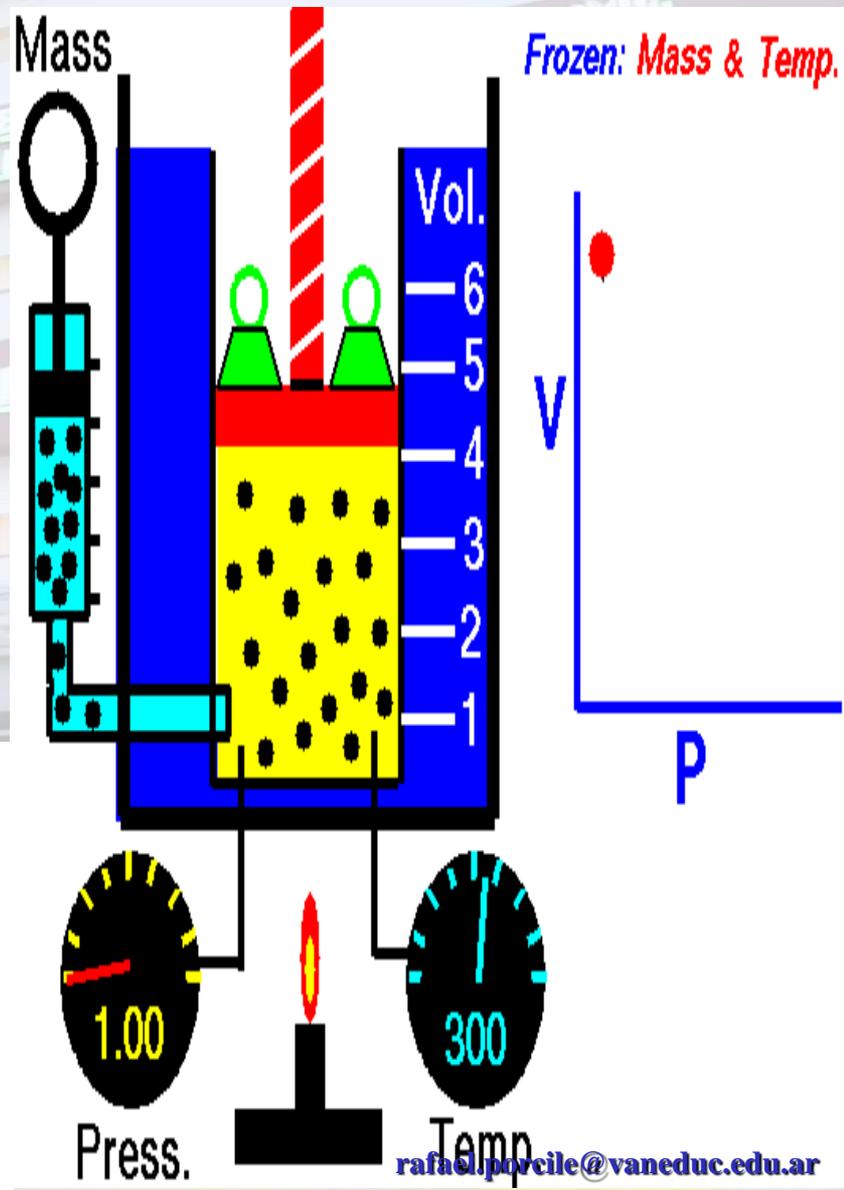
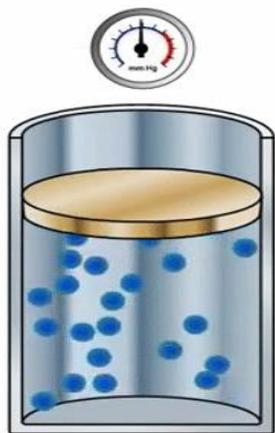
O<sub>2</sub> unido a la hemoglobina



A background image of a beach with waves crashing on the shore under a cloudy sky. The text is overlaid on this image.

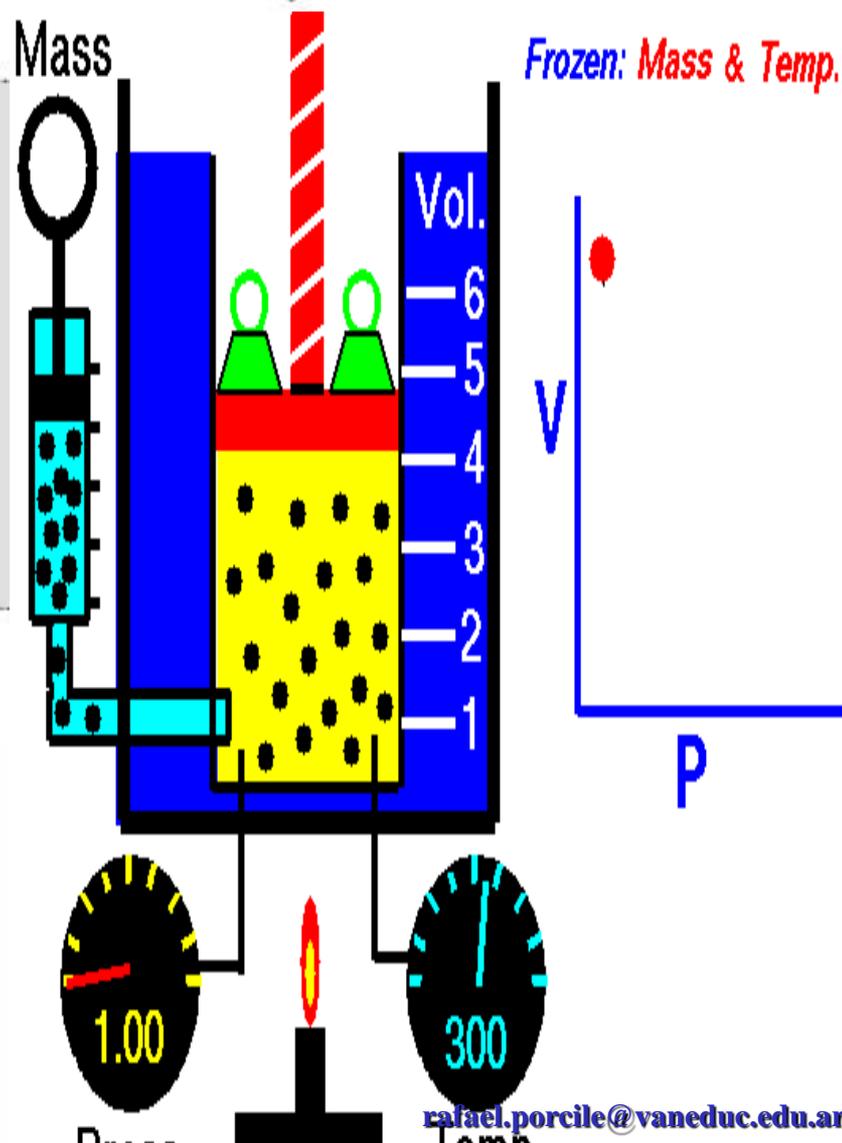
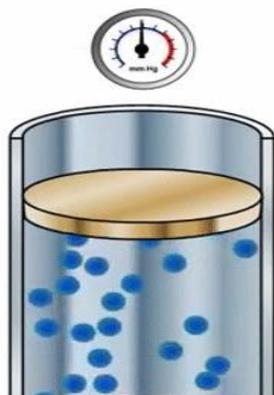
# **BIOFISICA DEL El aire**

# Que dice esta ley?



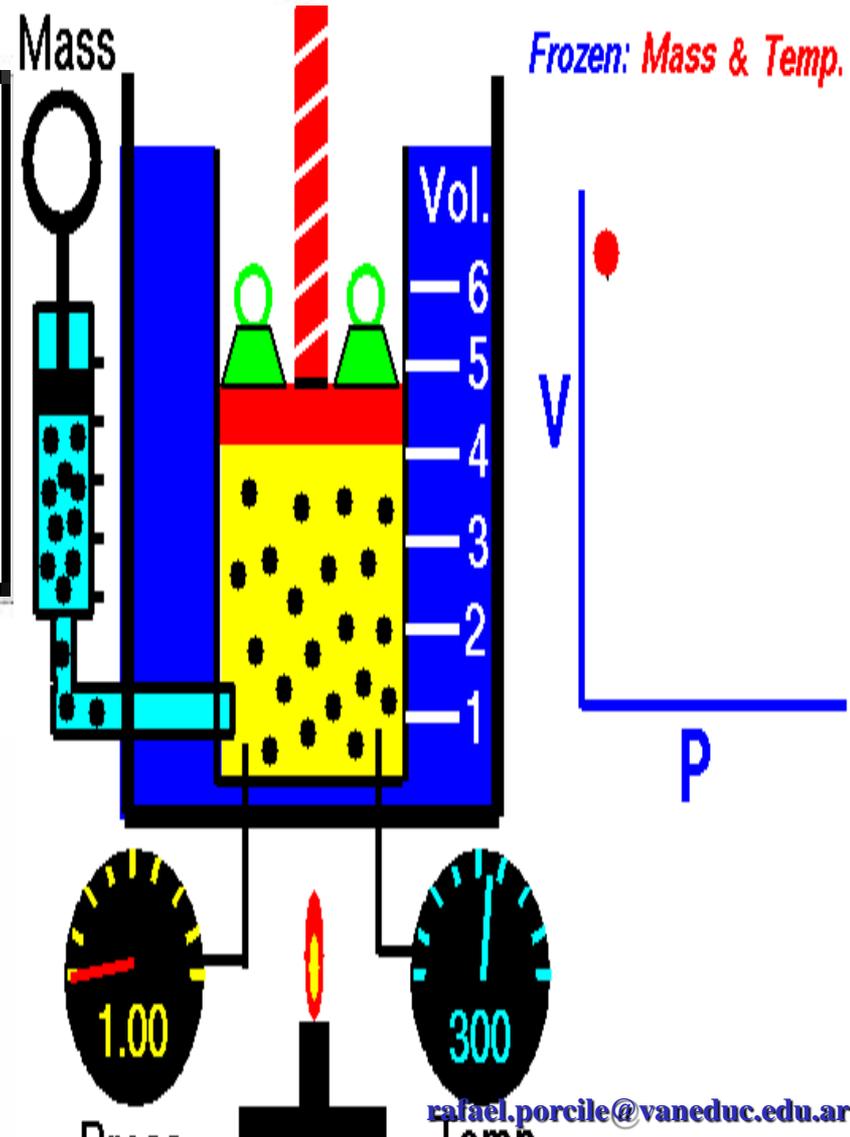
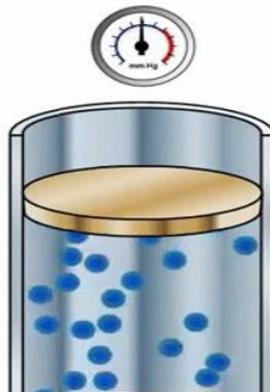
# “LEY DE BOYLE & MARIOTTE”

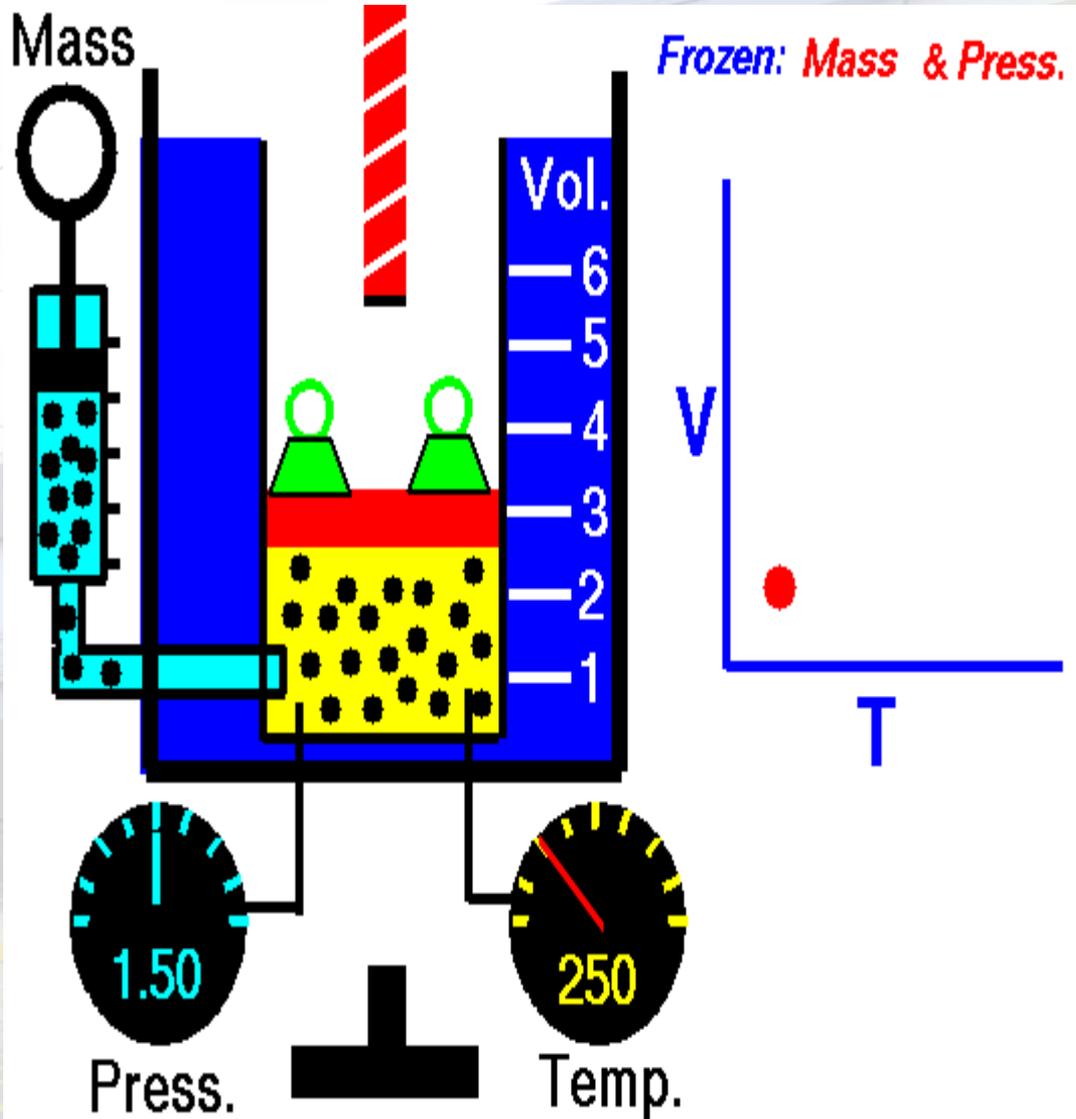
Establece que la presión de un gas en un recipiente cerrado es inversamente proporcional al volumen del recipiente, cuando la temperatura es constante.



# “LEY DE BOYLE & MARIOTTE”

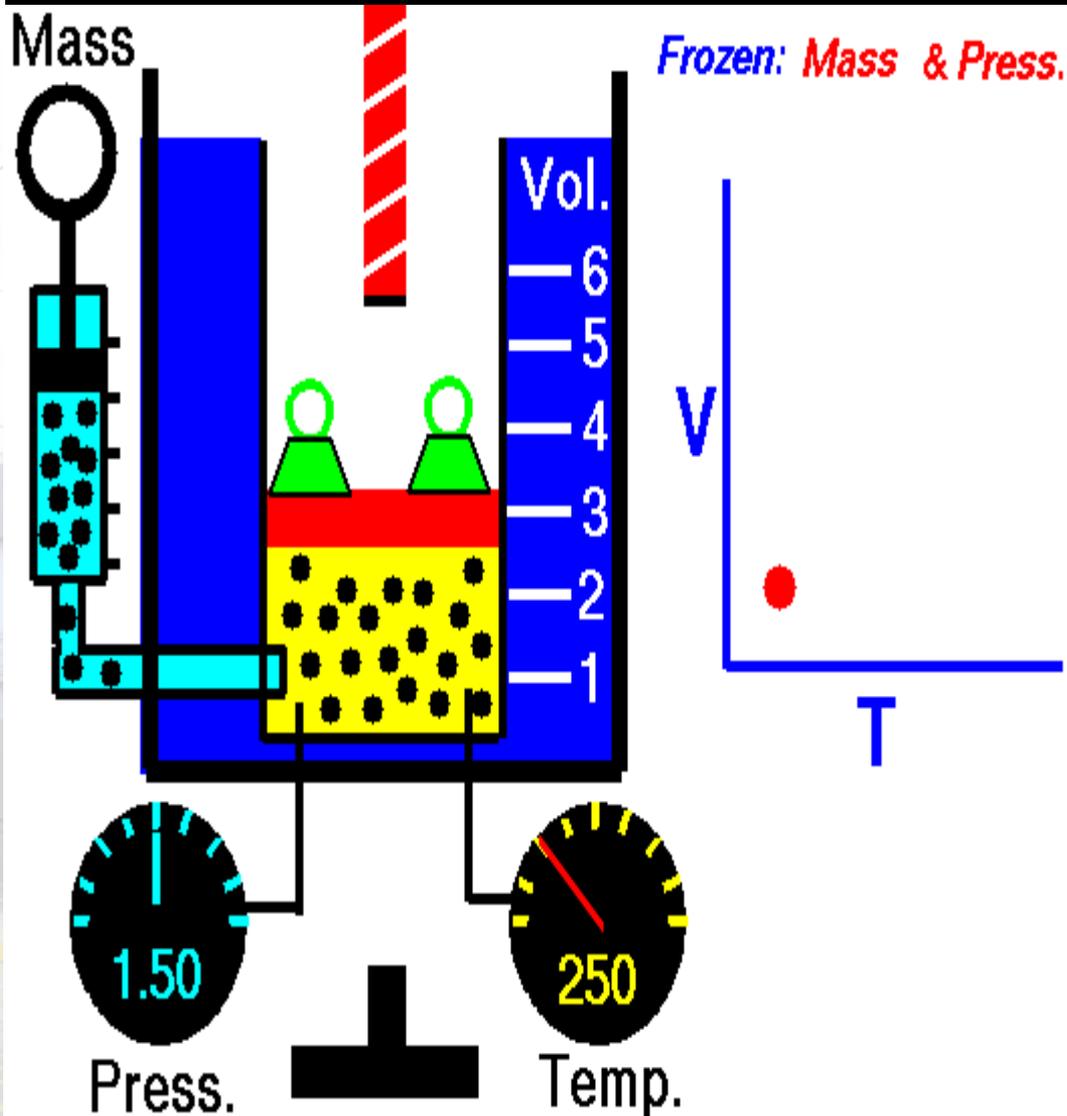
$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$





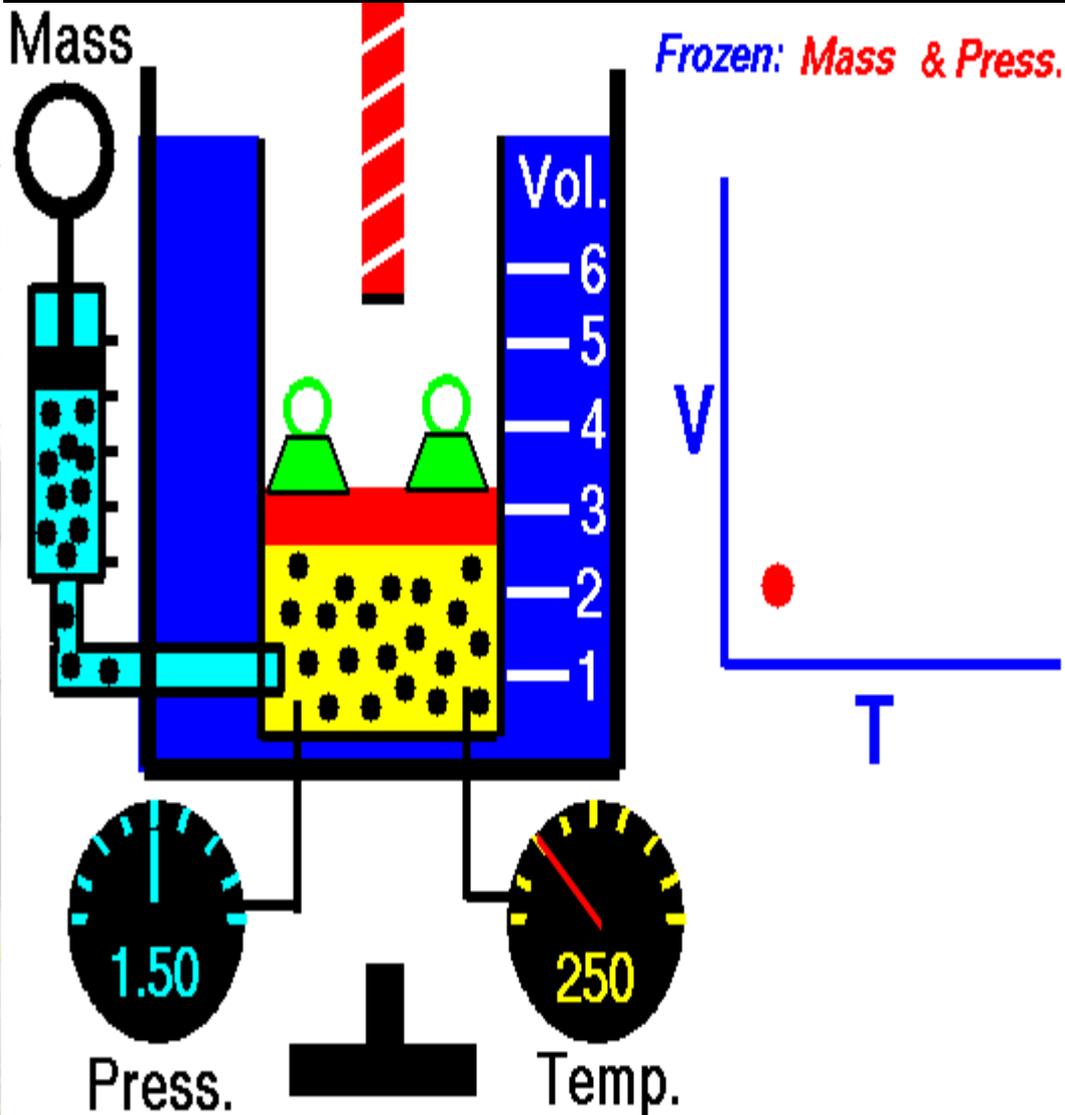
Que dice esta ley?

# Ley de Charles

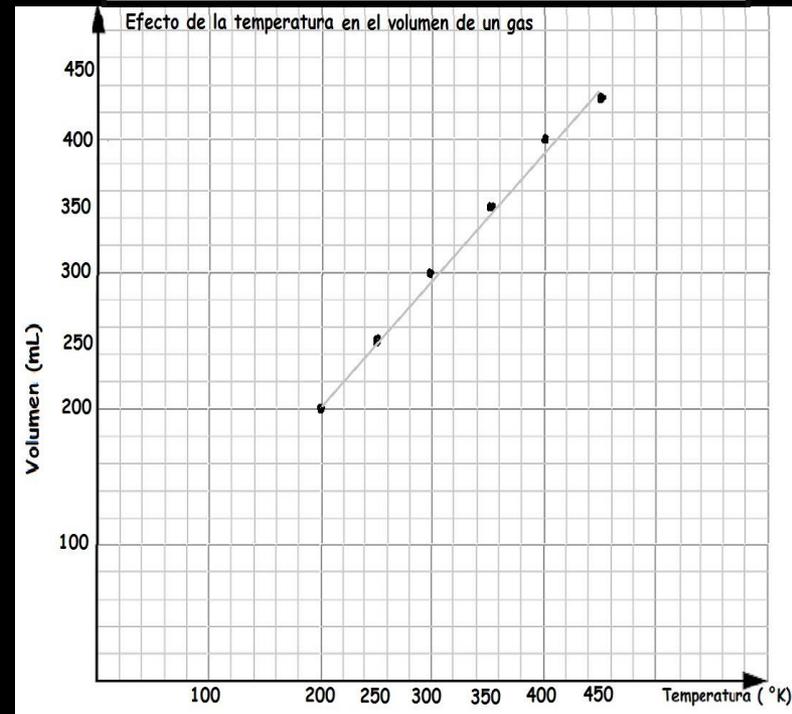


A presión constante, el volumen de una masa dada de gas varía directamente con la temperatura absoluta

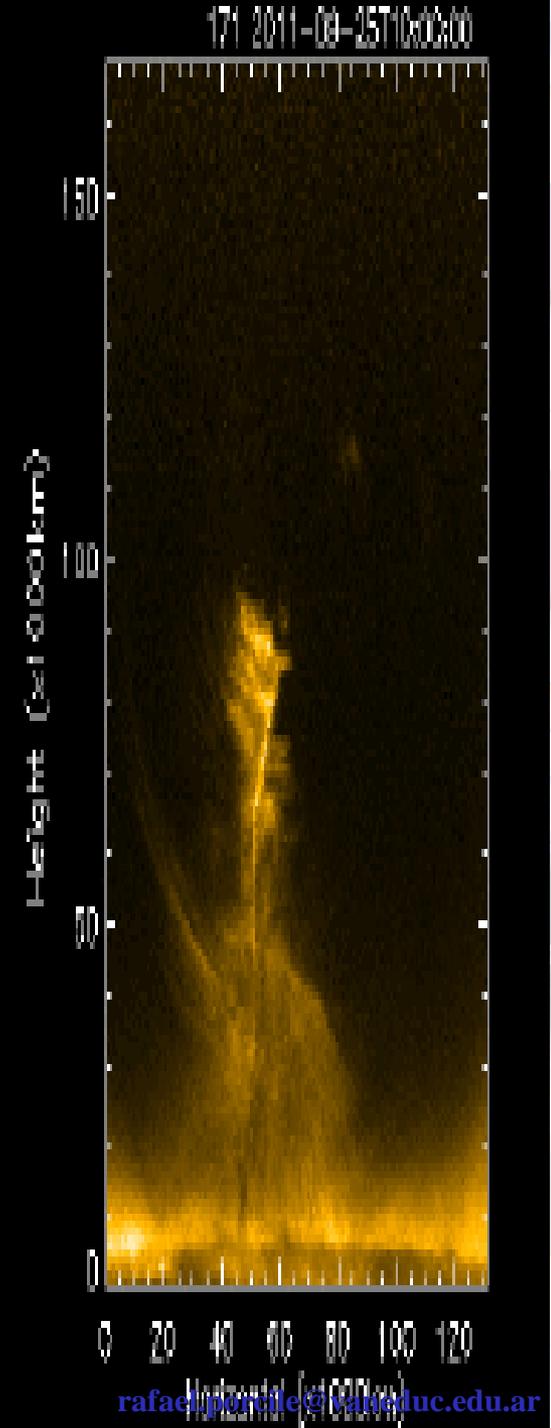
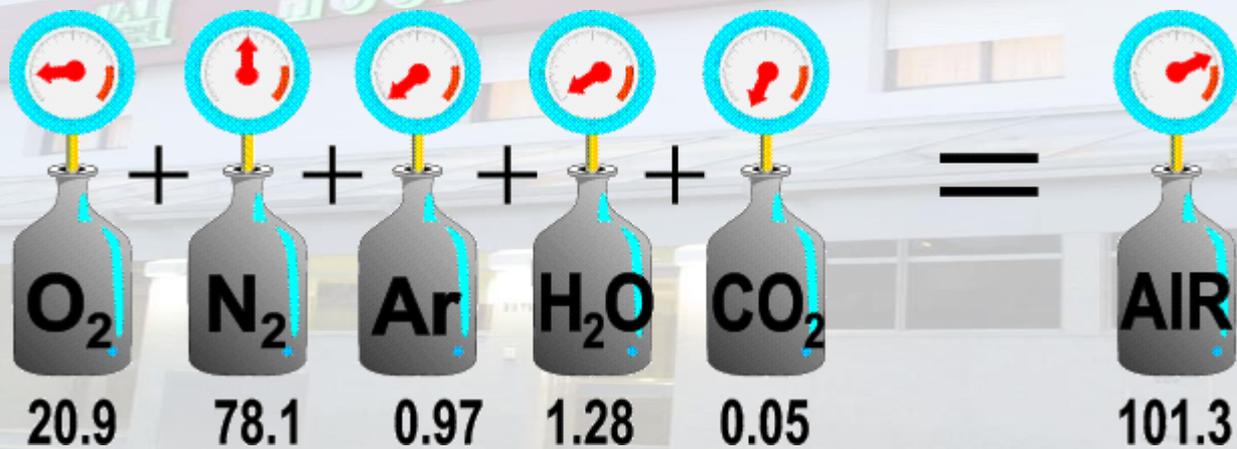
# Ley de Charles



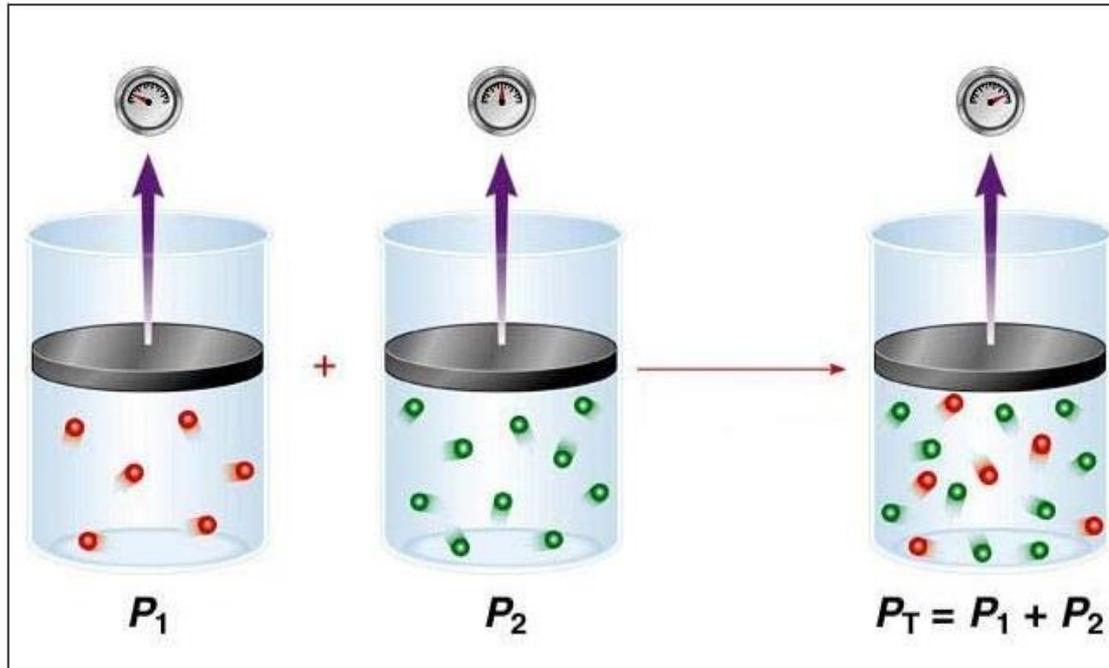
$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$



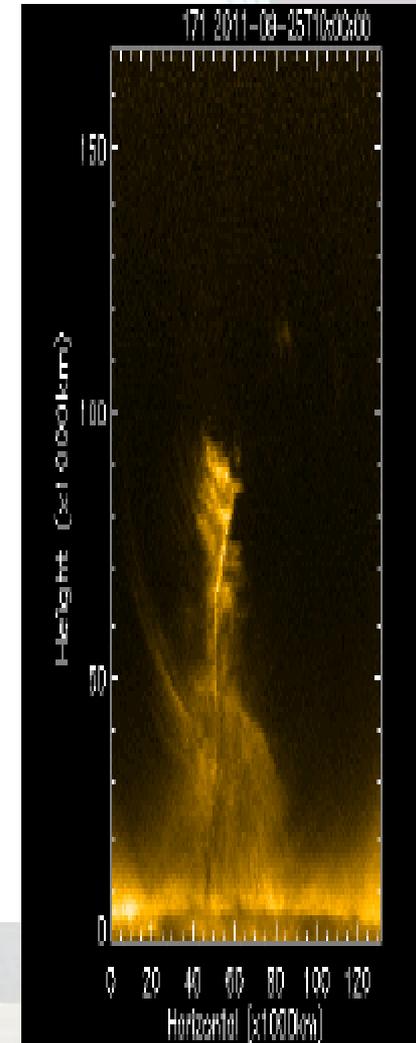
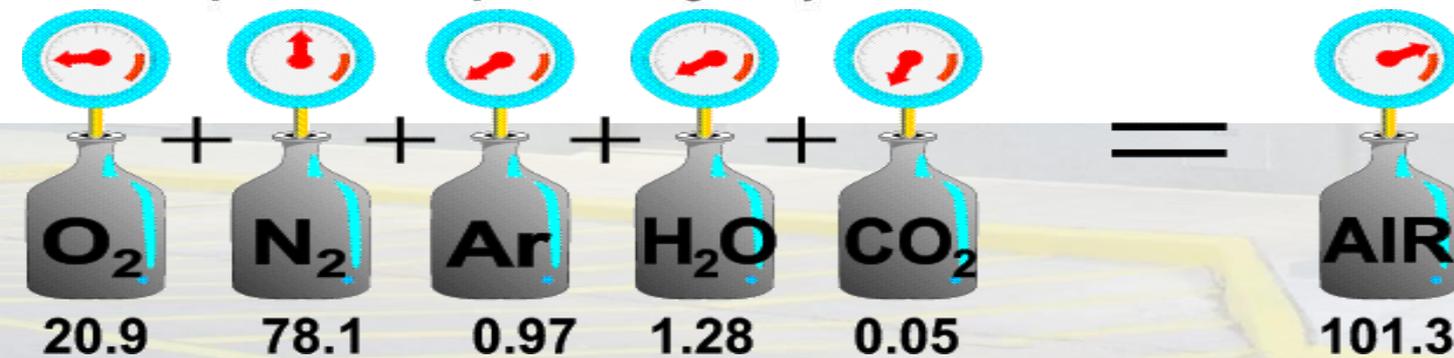
# Que dice esta ley?



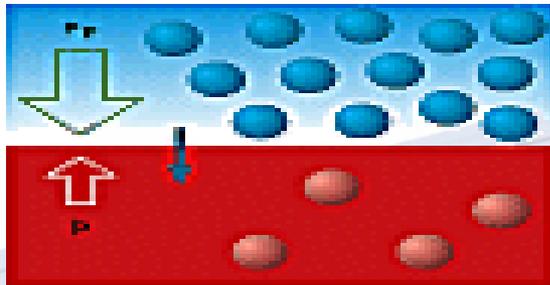
# Ley de Dalton de las presiones parciales



La presión total de una mezcla de gases es la suma de las presiones que cada gas ejercería si estuviera solo.

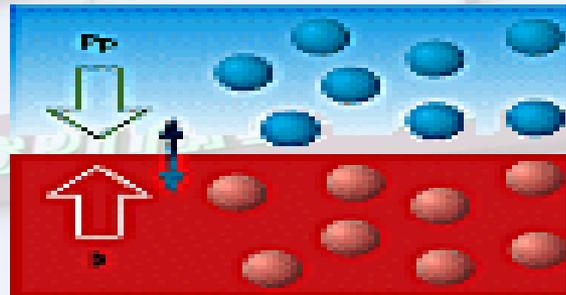


**El gas se disuelve**



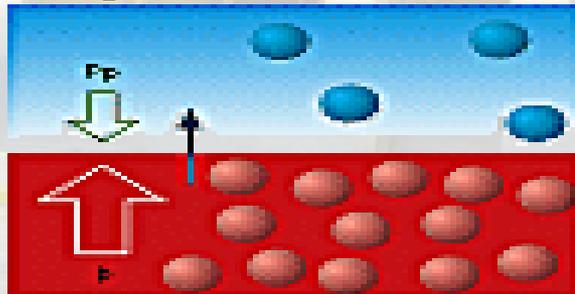
**SANGRE INSATURADA**

**El gas no se disuelve**

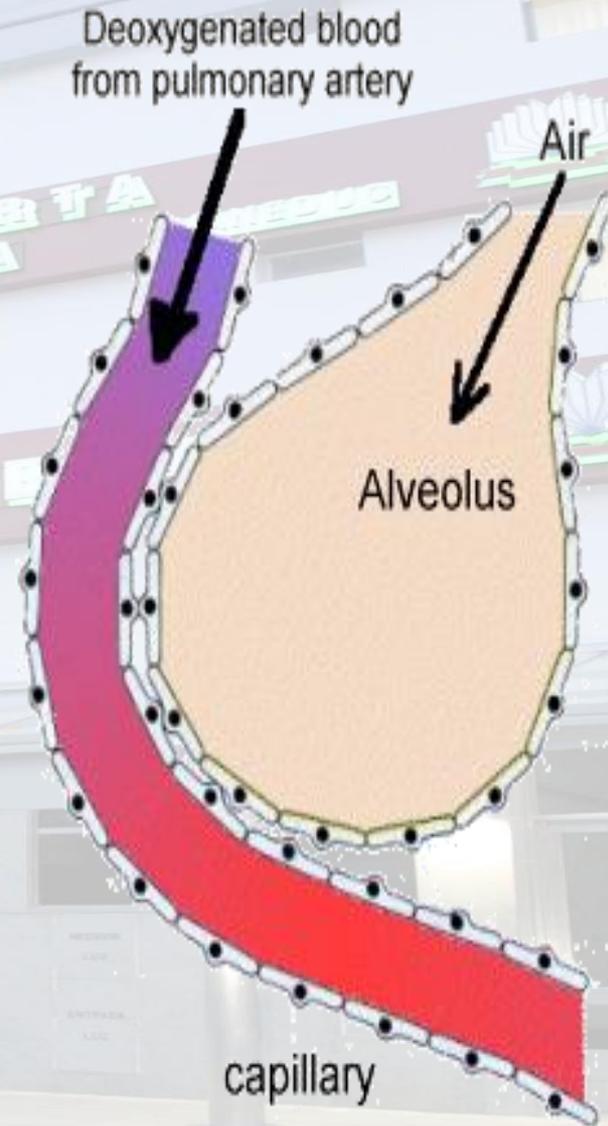


**SANGRE SATURADA**

**El gas disuelto  
pasa al aire**



**SANGRE SOBRESATURADA**



# Ley de Boyle

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$



# Ley Combinada

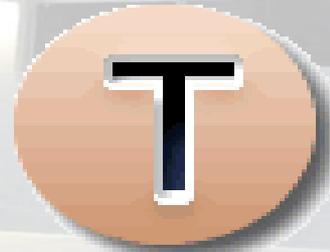
$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

# Ley de Charles

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

# Ley de Gay-Lussac

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$



Compuestos por moléculas que se mueven al azar

GASES

LEYES FÍSICAS DE LOS GASES

Ley de Boyle

La presión de un gas  $\uparrow$  si se calienta,  $\uparrow$  si se comprime y  $\downarrow$  si se humedece

Ley de Dalton

La presión total de un gas es = a la suma de las presiones parciales de sus componentes

Ley de Henry

Los componentes de los gases difunden a través de las membranas de un medio a otro

Ley de Fick

La difusión de un gas es

Directamente proporcional al:

- Gradiente de presión del gas
- Coeficiente de difusión del gas
- Superficie de intercambio

Inversamente proporcional al grosor de la membrana que tiene que atravesar.



A photograph of Earth from space, showing the curvature of the planet and the atmosphere. The surface is covered in a dense pattern of city lights, appearing as a bright, glowing band. The sky is dark, with some stars visible. The text "La atmosfera" is overlaid in a large, blue, serif font.

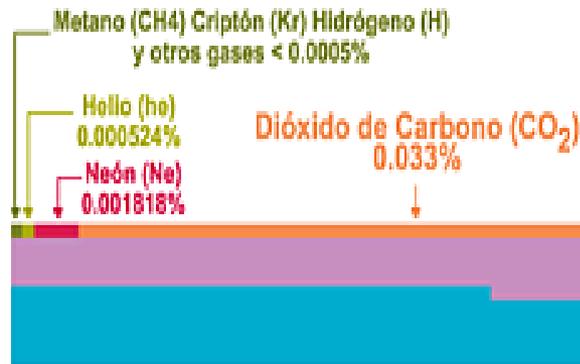
# La atmosfera

# Composición de la Atmósfera Terrestre

Argón (Ar)  
0.934%



## Ampliación



Oxígeno (O<sub>2</sub>)  
20.946%

Nitrógeno (N<sub>2</sub>)  
78.084%

## Otros gases

Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O): 0.00005%

Xenón (Xe):  $9 \times 10^{-6}\%$

Ozono (O<sub>3</sub>):  $7 \times 10^{-6}\%$

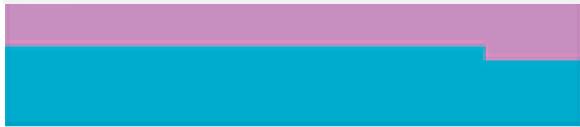
Óxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>):  $2 \times 10^{-6}\%$

Yodo (I):  $1 \times 10^{-6}\%$

500 pixeles

# Composición de la Atmósfera Terrestre

Fi O<sub>2</sub>



## Otros gases

Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O): 0.00005%

Xenón (Xe): 9x10<sup>-6</sup>%

Ozono (O<sub>3</sub>): 7x10<sup>-6</sup>%

Óxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>): 2x10<sup>-6</sup>%

Yodo (I): 1x10<sup>-6</sup>%

Argón (Ar)  
0.934%



Oxígeno (O<sub>2</sub>)  
20.946%

Nitrógeno (N<sub>2</sub>)  
78.084%

500 pixeles

# ¿y.. Cual es el 100 % ?

## Composición de la Atmósfera Terrestre

### Ampliación



Argón (Ar)  
0.934%

Oxígeno (O<sub>2</sub>)  
20.946%

Nitrógeno (N<sub>2</sub>)  
78.084%

500 pixeles

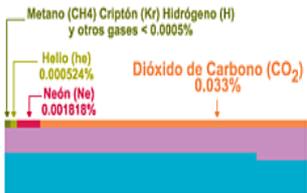
### Otros gases

- Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O): 0.00005%
- Xenón (Xe): 9x10<sup>-6</sup>%
- Ozono (O<sub>3</sub>): 7x10<sup>-6</sup>%
- Óxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>): 2x10<sup>-6</sup>%
- Yodo (I): 1x10<sup>-6</sup>%

# El 100 % es la presión atmosférica

## Composición de la Atmósfera Terrestre

### Ampliación



Argón (Ar)  
0.934%

Oxígeno (O<sub>2</sub>)  
20.946%

Nitrógeno (N<sub>2</sub>)  
78.084%

500 pixeles

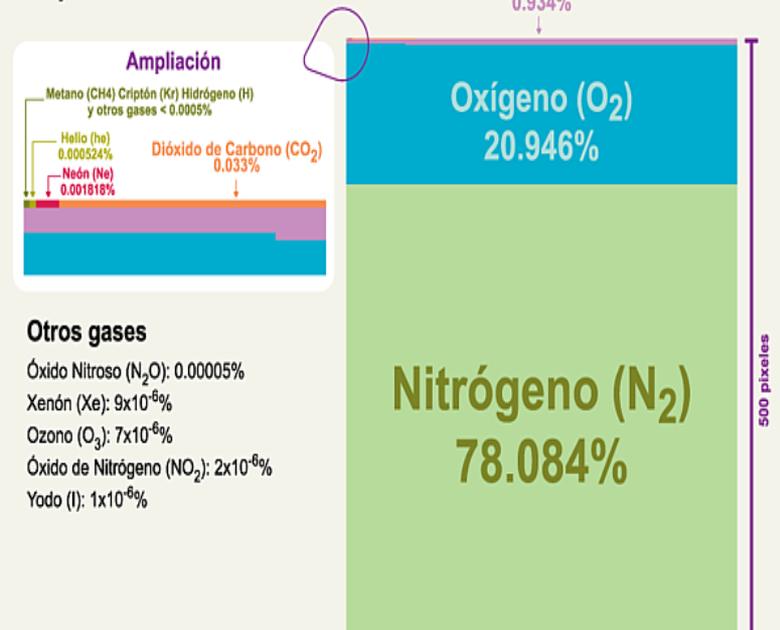
### Otros gases

Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O): 0.00005%  
Xenón (Xe): 9x10<sup>-6</sup>%  
Ozono (O<sub>3</sub>): 7x10<sup>-6</sup>%  
Óxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>): 2x10<sup>-6</sup>%  
Yodo (I): 1x10<sup>-6</sup>%

# El 100 % es la presión atmosférica

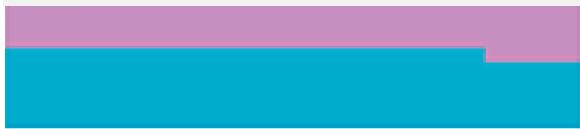
760 mm Hg A  
NIVEL DEL MAR

## Composición de la Atmósfera Terrestre



# Composición de la Atmósfera Terrestre

Pi O<sub>2</sub>



## Otros gases

Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O): 0.00005%

Xenón (Xe): 9x10<sup>-6</sup>%

Ozono (O<sub>3</sub>): 7x10<sup>-6</sup>%

Óxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>): 2x10<sup>-6</sup>%

Yodo (I): 1x10<sup>-8</sup>%

Argón (Ar)  
0.934%

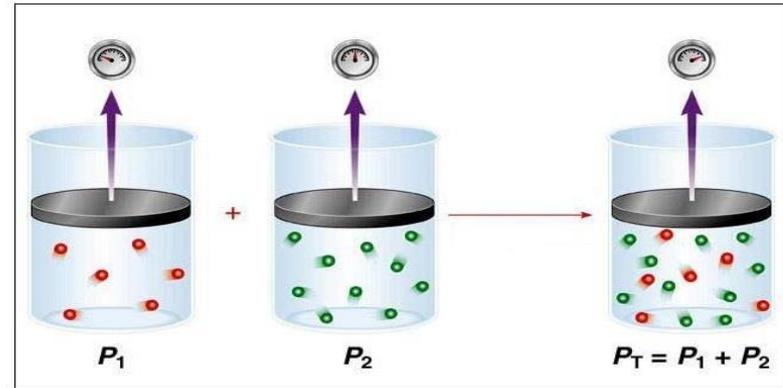


Oxígeno (O<sub>2</sub>)  
20.946%  
**104mm Hg.**

Nitrógeno (N<sub>2</sub>)  
78.084%

500 pixeles

## Ley de Dalton de las presiones parciales



La presión total de una mezcla de gases es la suma de las presiones que cada gas ejercería si estuviera solo.

## Composición de la Atmósfera Terrestre

### Ampliación



Argón (Ar)  
0.934%

Oxígeno ( $O_2$ )  
20.946%

Nitrógeno ( $N_2$ )  
78.084%

500 pixeles

### Otros gases

Óxido Nitroso ( $N_2O$ ):  $0.00005\%$   
Xenón (Xe):  $9 \times 10^{-6}\%$   
Ozono ( $O_3$ ):  $7 \times 10^{-6}\%$   
Óxido de Nitrógeno ( $NO_2$ ):  $2 \times 10^{-6}\%$   
Yodo (I):  $1 \times 10^{-6}\%$

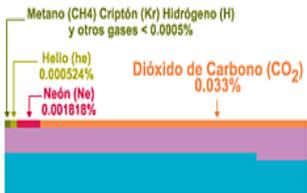
# El 100 % es la presión atmosférica

760 mm Hg A NIVEL DEL MAR

ESTA PRESION VARÍA SEGÚN LA ALTURA SOBRE EL 0

## Composición de la Atmósfera Terrestre

### Ampliación



Argón (Ar)  
0.934%

Oxígeno (O<sub>2</sub>)  
20.946%

Nitrógeno (N<sub>2</sub>)  
78.084%

500 pixeles

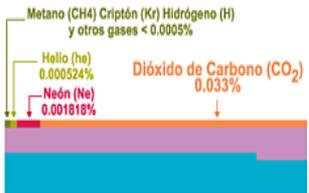
### Otros gases

Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O): 0.00005%  
Xenón (Xe): 9x10<sup>-6</sup>%  
Ozono (O<sub>3</sub>): 7x10<sup>-6</sup>%  
Óxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>): 2x10<sup>-6</sup>%  
Yodo (I): 1x10<sup>-6</sup>%

# El 100 % es la presión atmosférica

## Composición de la Atmósfera Terrestre

### Ampliación



Argón (Ar)  
0.934%

Oxígeno (O<sub>2</sub>)  
20.946%

Nitrógeno (N<sub>2</sub>)  
78.084%

500 pixeles

### Otros gases

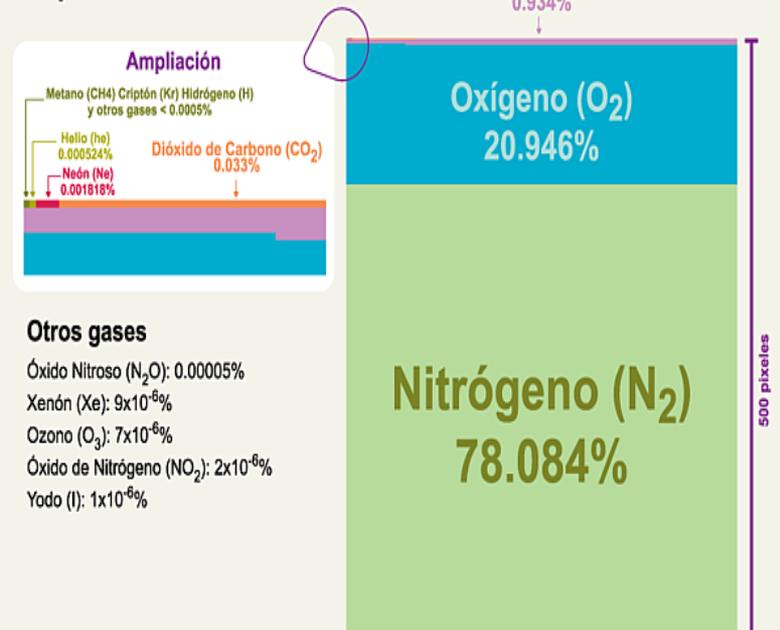
- Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O): 0.00005%
- Xenón (Xe): 9x10<sup>-6</sup>%
- Ozono (O<sub>3</sub>): 7x10<sup>-6</sup>%
- Óxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>): 2x10<sup>-6</sup>%
- Yodo (I): 1x10<sup>-6</sup>%



# El 100 % es la presión atmosférica

De esto resulta una presión inspiratoria de oxígeno ( $PI_{O_2}$ ) de 159 mm Hg ( el 20.9% de 760 mm hg)

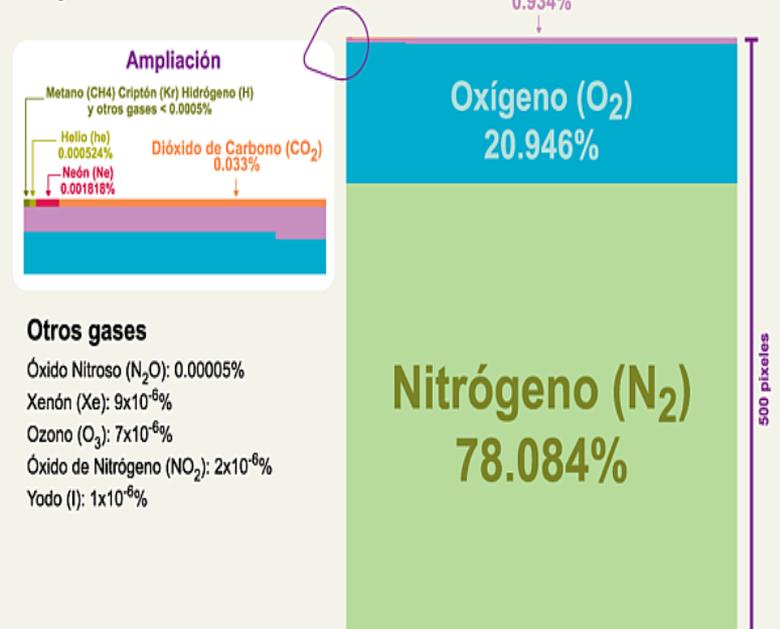
## Composición de la Atmósfera Terrestre



# El 100 % es la presión atmosférica

La altura del centro de la ciudad de La Paz, Bolivia, es 3600 metros sobre el nivel del mar (msnm) y la presión atmosférica está en un promedio de 495 mm Hg

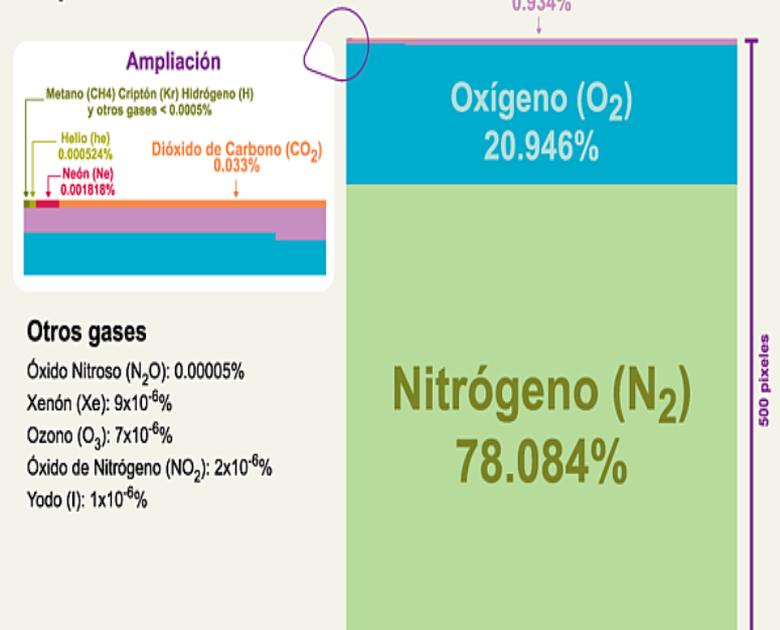
## Composición de la Atmósfera Terrestre



# El 100 % es la presión atmosférica

De esto resulta una presión inspiratoria de oxígeno ( $PI_{O_2}$ ) de 104 mm Hg y una  $PO_2$  alveolar ( $PA_{O_2}$ ) de alrededor de 65 mm Hg, lo que corresponde a la respiración del 13.1% de oxígeno a nivel del mar.

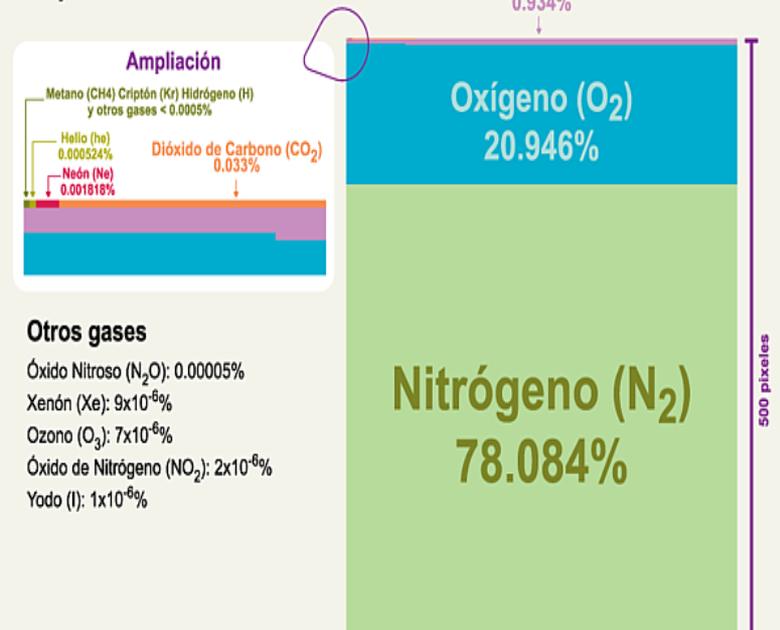
## Composición de la Atmósfera Terrestre



# El 100 % es la presión atmosférica

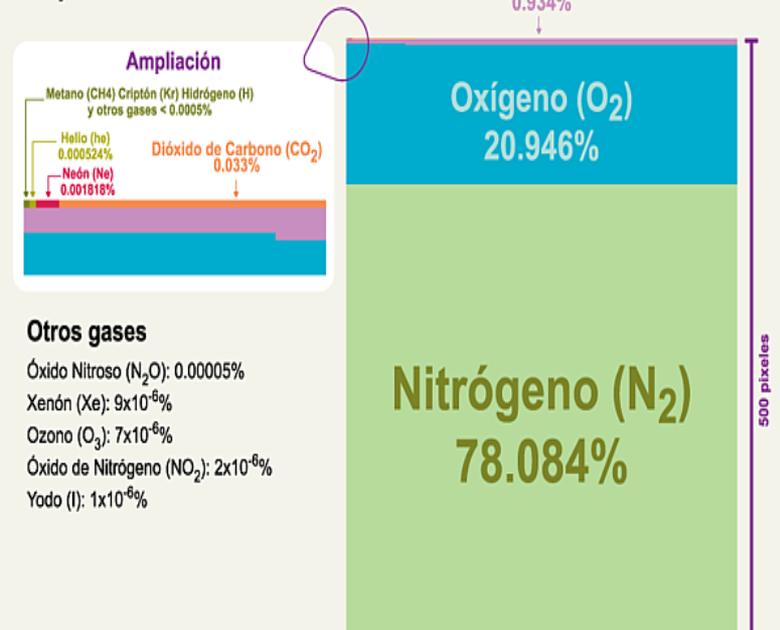
De esto resulta una presión inspiratoria de oxígeno ( $PI_{O_2}$ ) de 159 mm Hg ( el 20.9% de 760 mm hg)

## Composición de la Atmósfera Terrestre



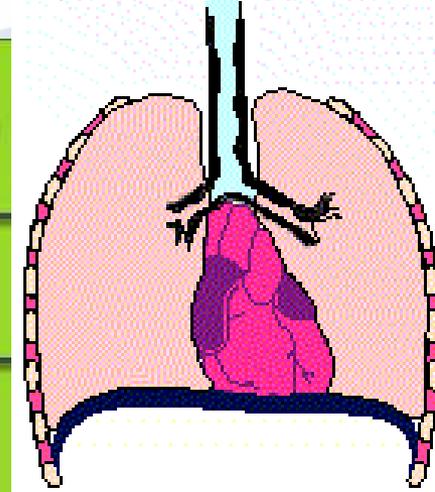
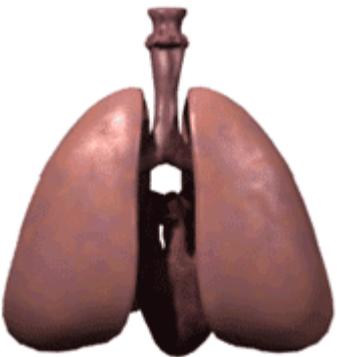
# ¿Cuanto oxigeno hay en el alveolo?

## Composición de la Atmósfera Terrestre



De esto resulta una presión inspiratoria de oxígeno (P<sub>I</sub>O<sub>2</sub>) de 149 mm Hg ( el 20.9% de 760 mm hg)

CIUDAD	ALTURA	PRESIÓN ATMOSFÉRICA
Guayaquil	0 mts	760mmHg
Bogotá	2.600 mts	560mmHg
Quito	2.800 mts	546mmHg
La Paz	3.500 mts	500mmHg
Monte Everest	8.848 mts	250mmHg



# Composición del aire

**Atmosférico**

**Alveolar**

**NITRÓGENO**

78.62%

74.9%

**OXIGENO**

20.84%

13.9%

**DIÓXIDO DE CARBONO**

0.04%

5.3%

**AGUA**

0.05%

6.2%

## Aire atmosférico

pO<sub>2</sub> – 160mmHg

pN<sub>2</sub> – 600mmHg

---

Total 760mmHg

## Aire alveolar

pO<sub>2</sub> – 104mmHg

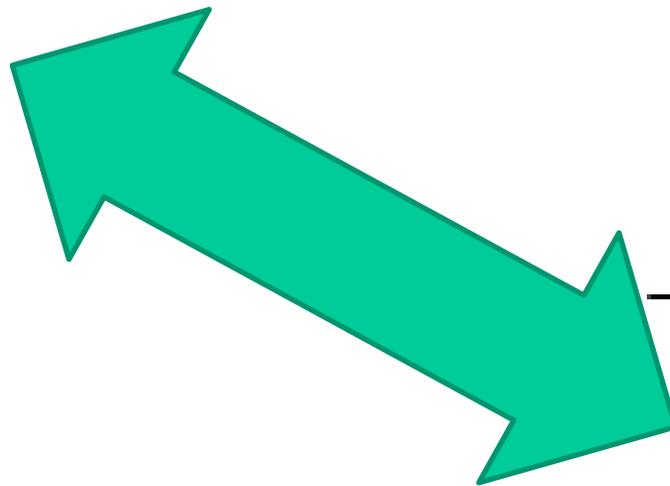
pN<sub>2</sub> – 569mmHg

pH<sub>2</sub>O – 47mmHg

pCO<sub>2</sub> – 40mmHg

---

Total 760mmHg

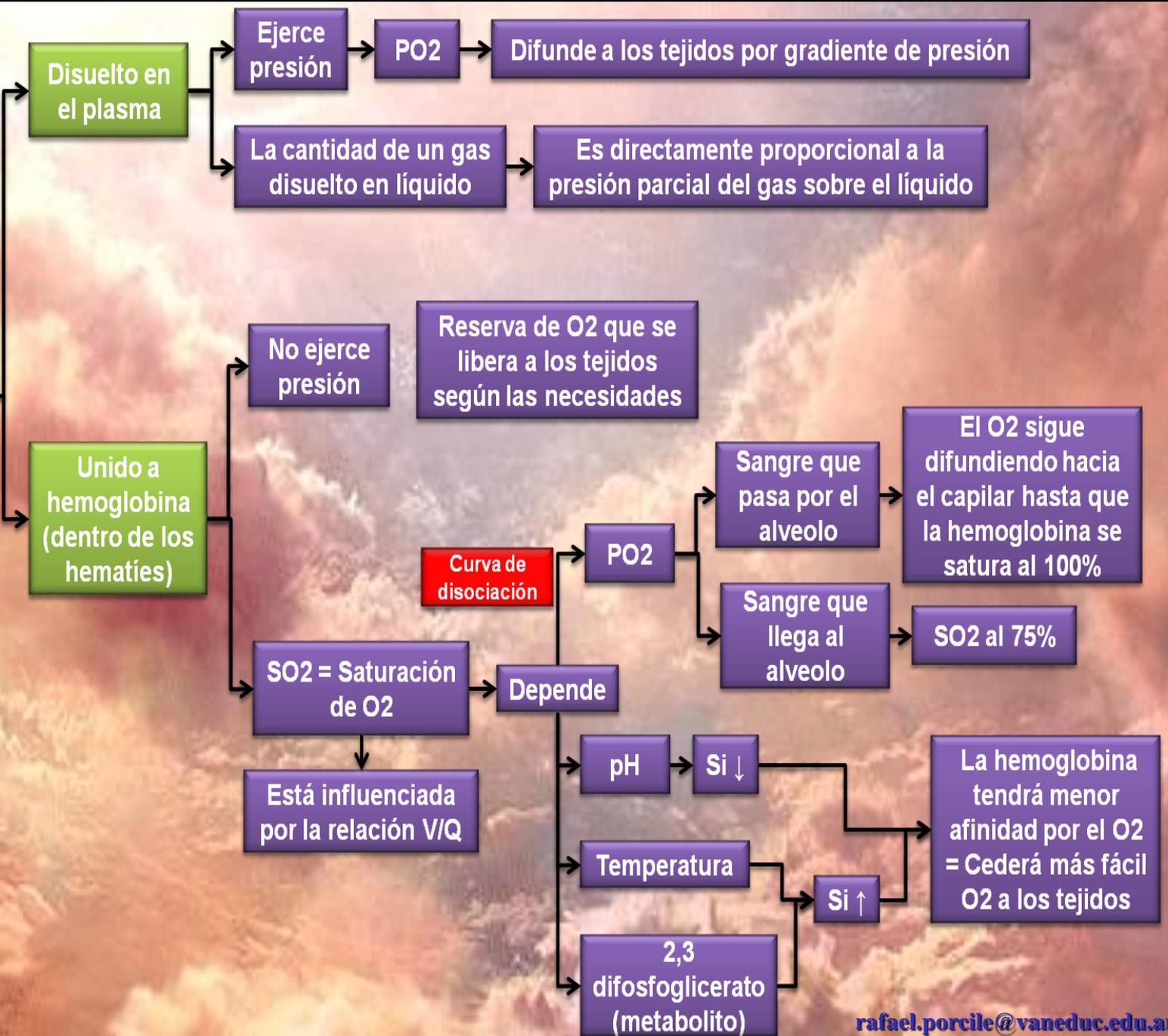




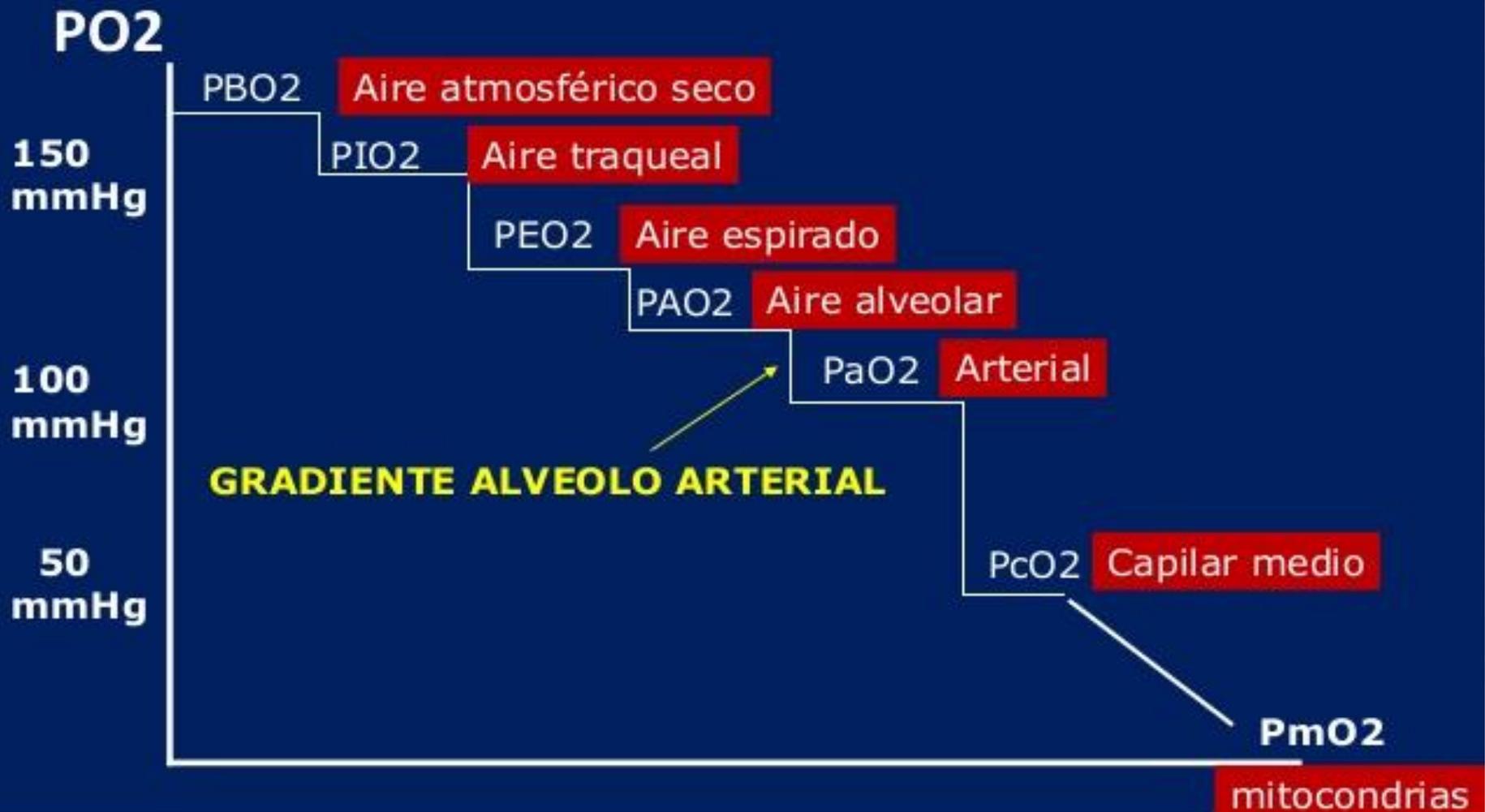


# oxígeno

# TRANSPORTE DE O2 EN SANGRE



# Presiones O2



Según la ecuación simplificada del aire alveolar, la presión alveolar de O<sub>2</sub> en condiciones de ventilación normal y a nivel del mar es:

$$P_{AO} = P_{IO_2} - \frac{P_aCO_2}{QR}$$

$$P_{AO_2} = 150\text{mmHg} - \frac{40\text{mmHg}}{0,8}$$

$$P_{AO_2} = 150 - 50\text{mmHg}$$

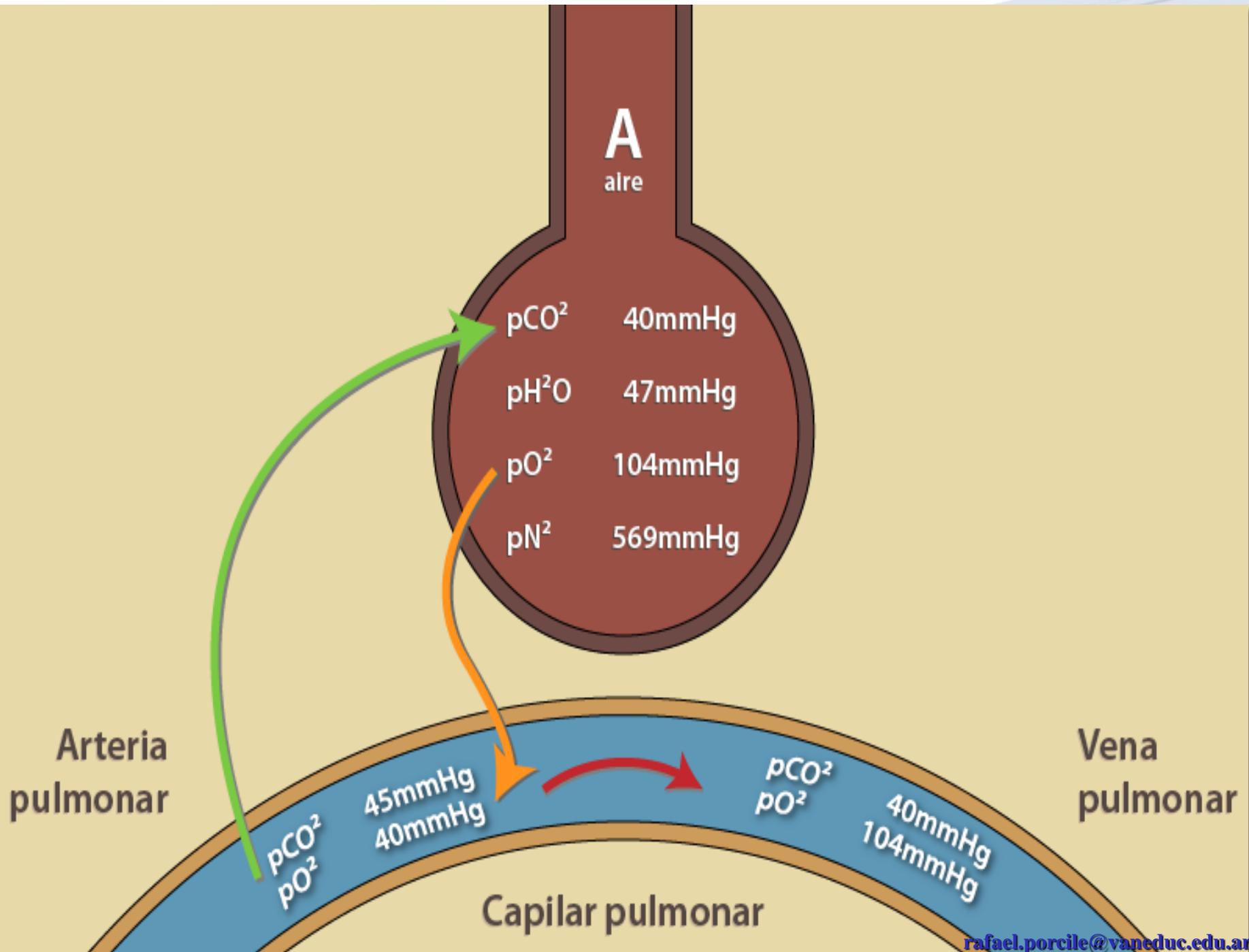
$$P_{AO_2} = 100\text{mmHg}$$

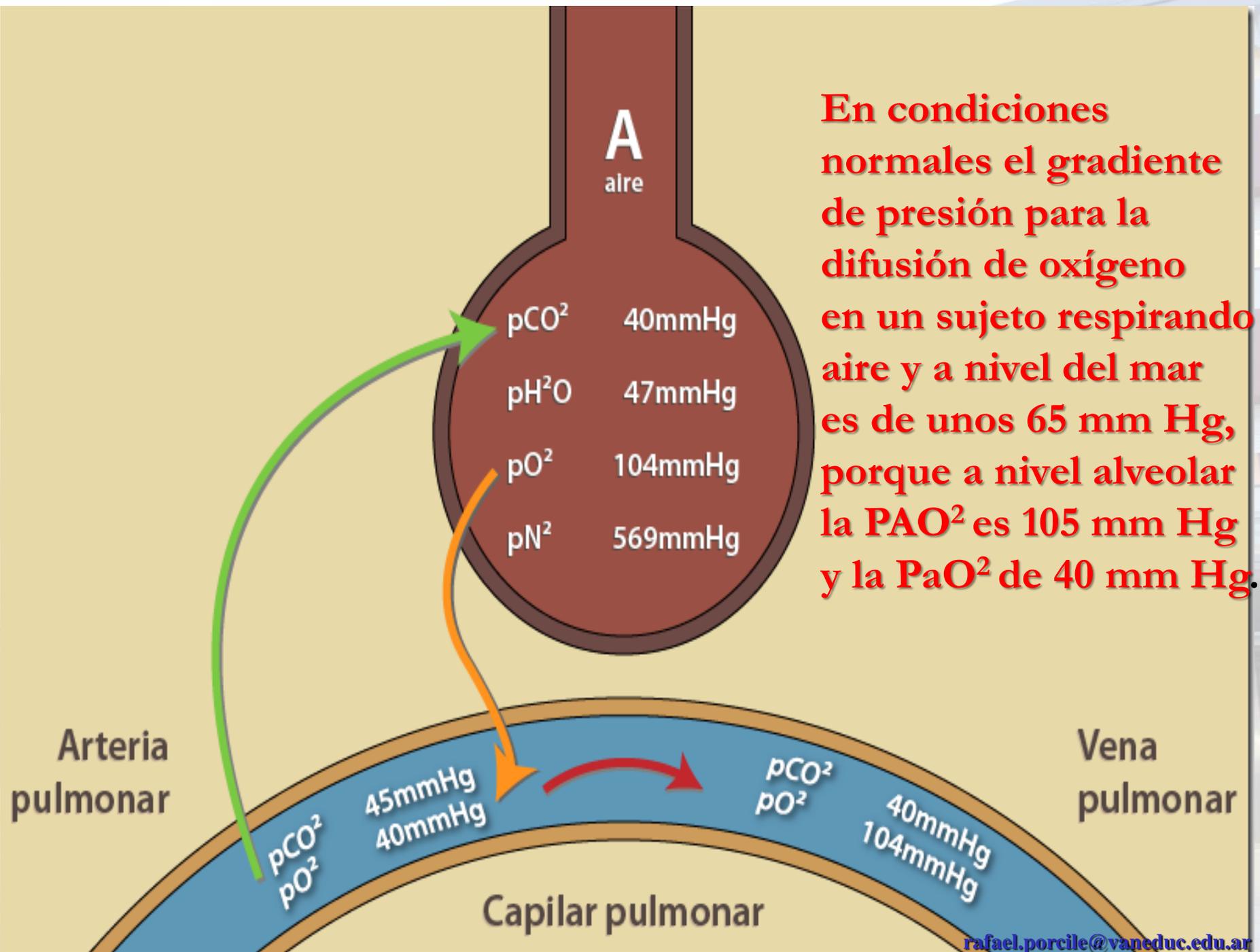
## Difusión del oxígeno a través de la membrana alveolo capilar:

El gas pasa desde el punto de mayor presión hacia el de menor presión hasta lograr un equilibrio a cada lado de la membrana.

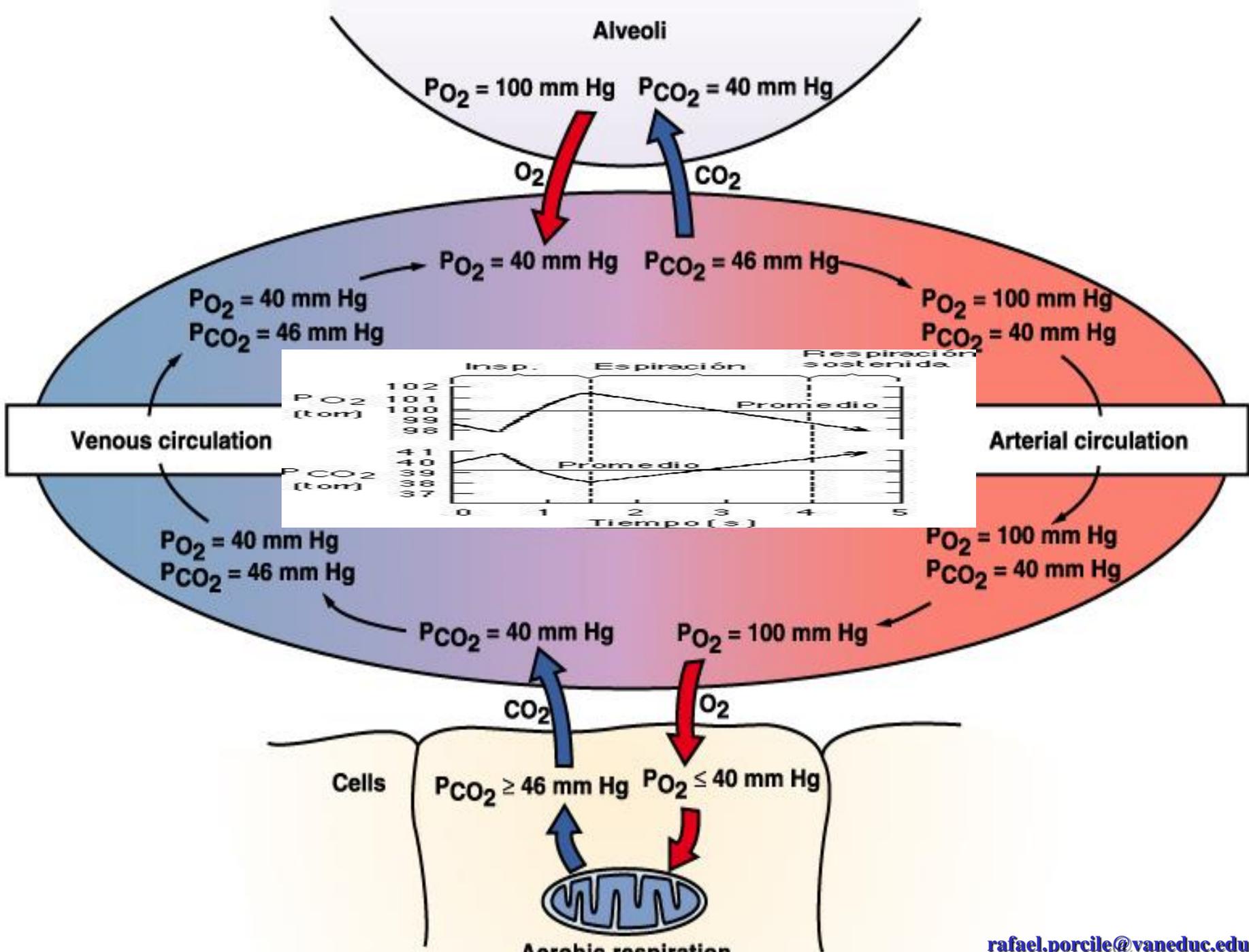
Debe existir una fuente de energía que es proporcionada por el movimiento cinético de las moléculas del gas.

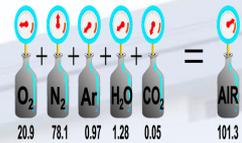
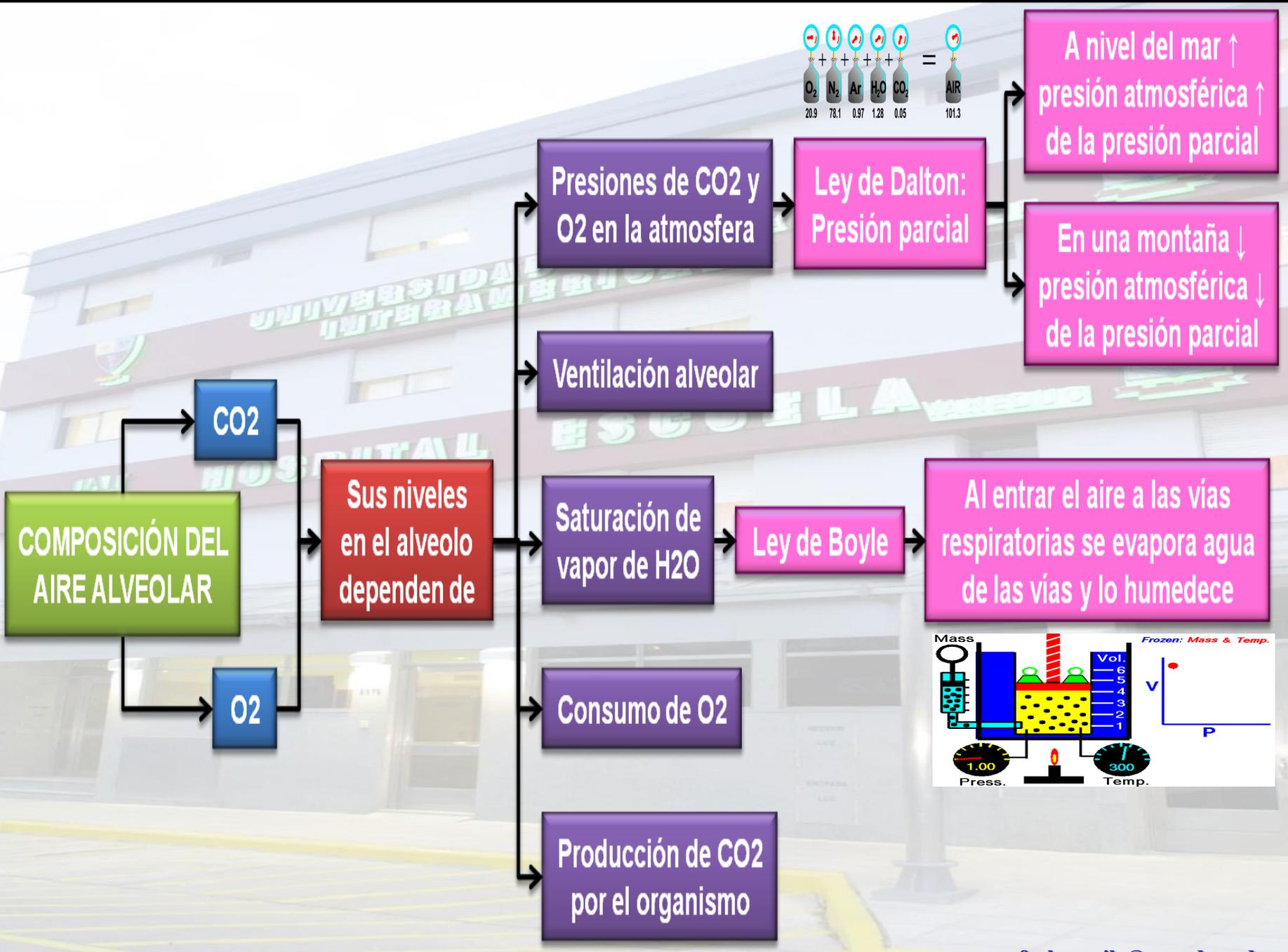
Este movimiento continuo hace que las moléculas impacten unas con otras ejerciendo una determinada presión según el volumen o recipiente en el que estén contenidas (ley de Boyle).





En condiciones normales el gradiente de presión para la difusión de oxígeno en un sujeto respirando aire y a nivel del mar es de unos 65 mm Hg, porque a nivel alveolar la  $\text{PAO}_2$  es 105 mm Hg y la  $\text{PaO}_2$  de 40 mm Hg.





A nivel del mar ↑  
 presión atmosférica ↑  
 de la presión parcial

En una montaña ↓  
 presión atmosférica ↓  
 de la presión parcial

**COMPOSICIÓN DEL AIRE ALVEOLAR**

CO<sub>2</sub>

O<sub>2</sub>

Sus niveles en el alveolo dependen de

Presiones de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> en la atmosfera

Ventilación alveolar

Saturación de vapor de H<sub>2</sub>O

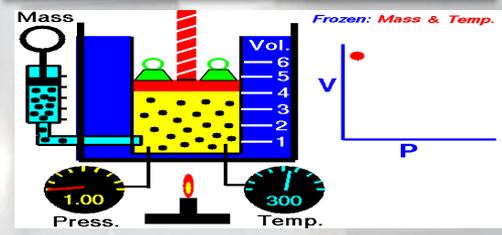
Consumo de O<sub>2</sub>

Producción de CO<sub>2</sub> por el organismo

Ley de Dalton: Presión parcial

Ley de Boyle

Al entrar el aire a las vías respiratorias se evapora agua de las vías y lo humedece





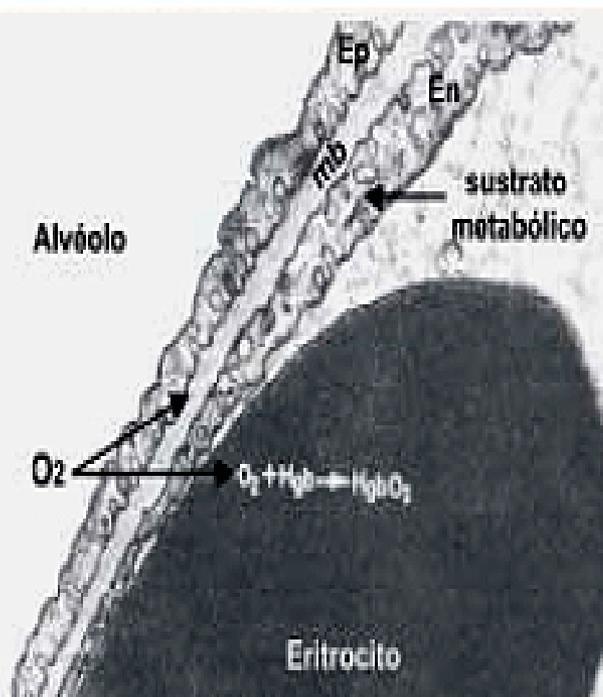
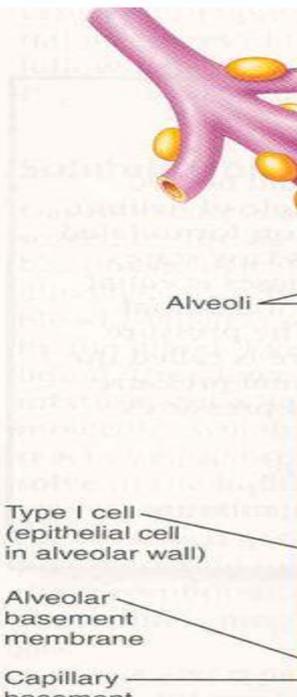
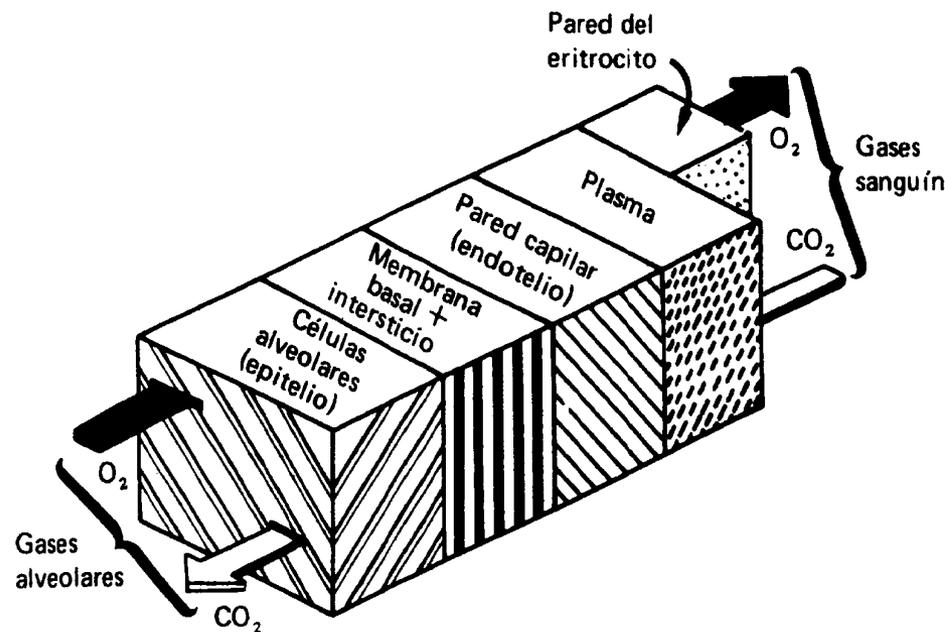
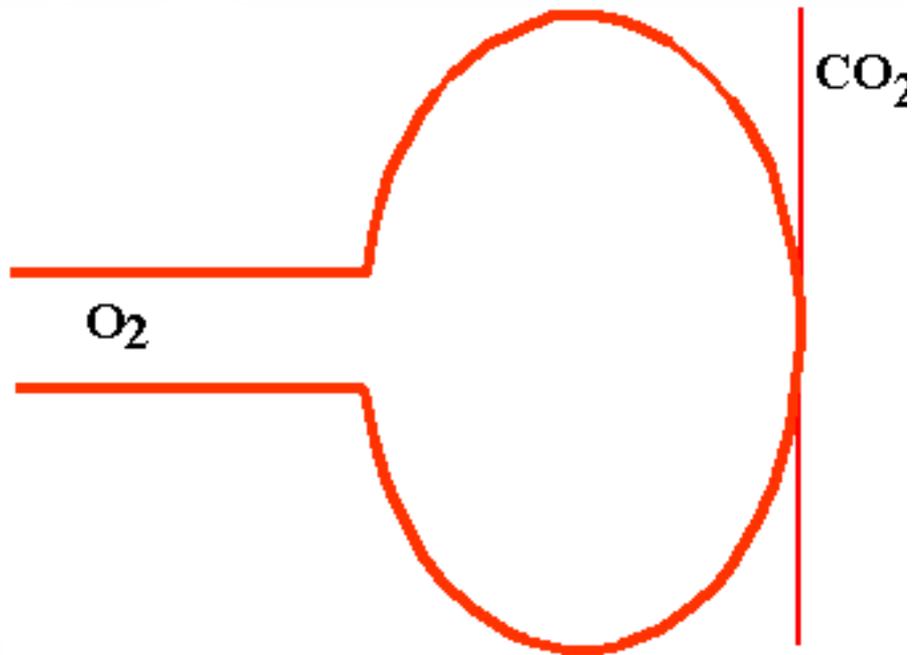
# Coeficiente de solubilidad de los gases más importantes:

Oxígeno = 0.024

Dióxido de carbono = 0.57 :20 veces más que O<sub>2</sub>.

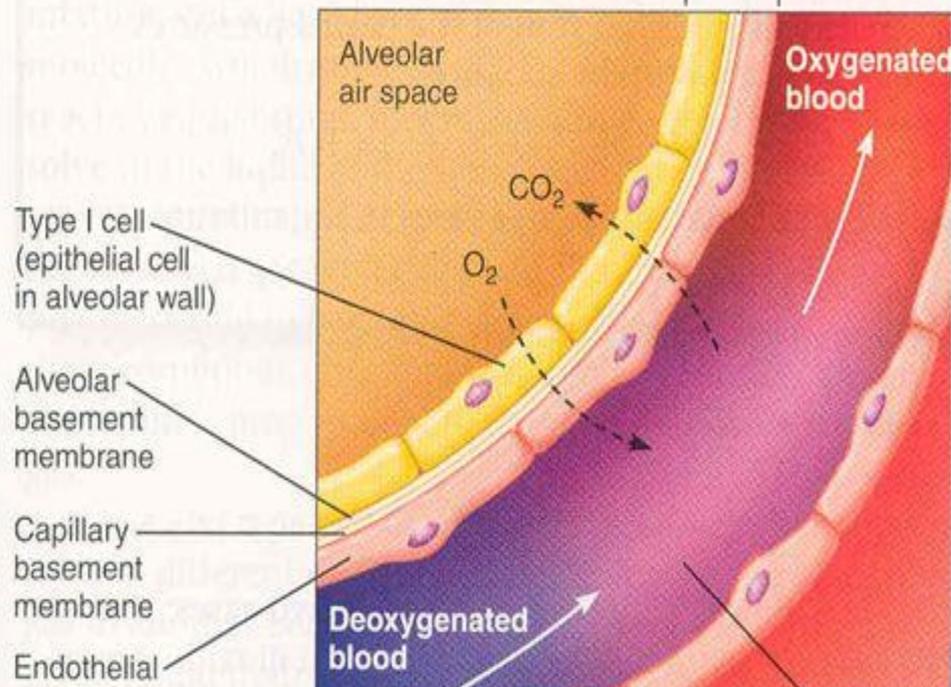
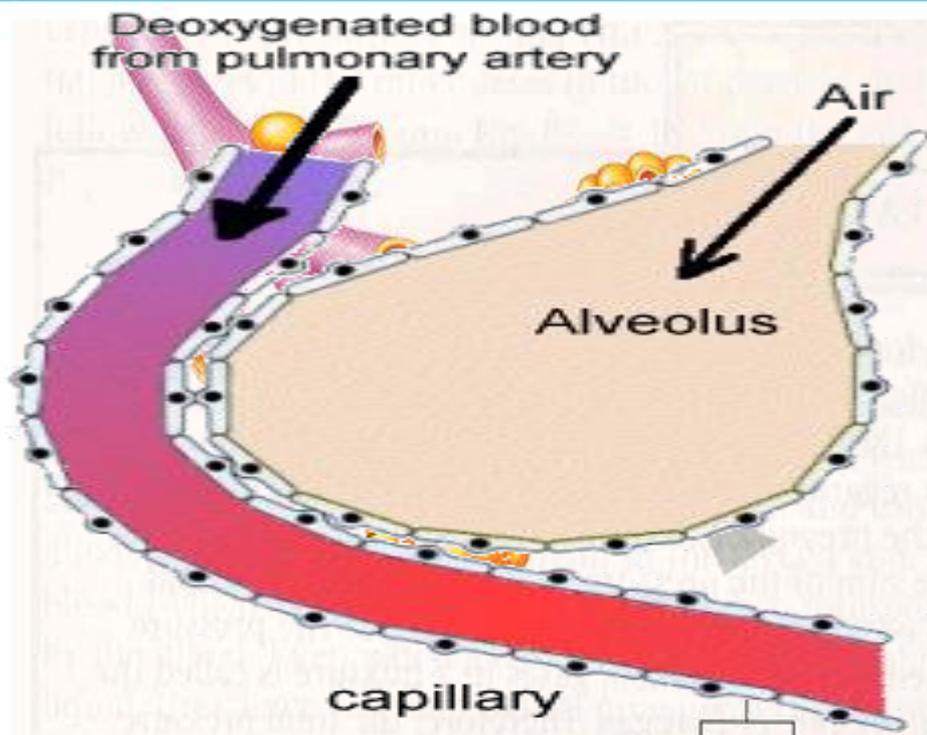
Nitrógeno = 0.012: La mitad que el oxígeno

Helio = 0.008



## Componentes de la Membrana de intercambio respiratorio (intercambiador de gases):

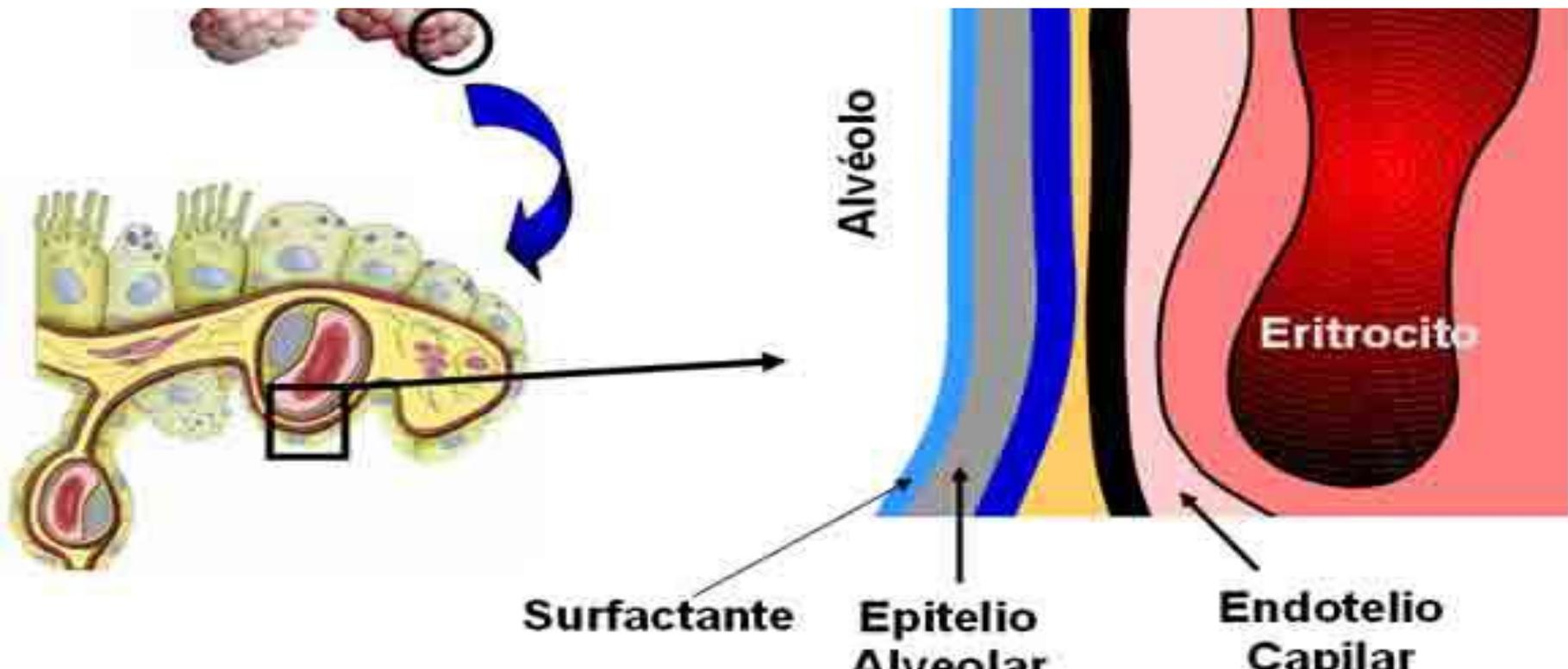
- Líquido alveolar
- Células alveolares (neumocitos tipo I y II)
- Membrana basal del epitelio alveolar
- Membrana basal del endotelio capilar
- Células endoteliales



## Componentes de la Membrana de intercambio respiratorio (intercambiador de gases):

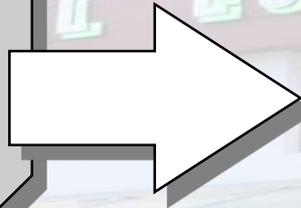
- Líquido alveolar
- Células alveolares (neumocitos tipo I y II)
- Membrana basal del epitelio alveolar
- Membrana basal del endotelio capilar
- Células endoteliales

El espesor de la membrana respiratoria es en promedio de 0,63 micras y llega en algunos lugares a ser de tan sólo 0,2 micras. Además, la superficie total de la misma es cercana a los 160 m<sup>2</sup> en un adulto normal



# Fisiología Respiratoria

**Suficiencia  
respiratoria**

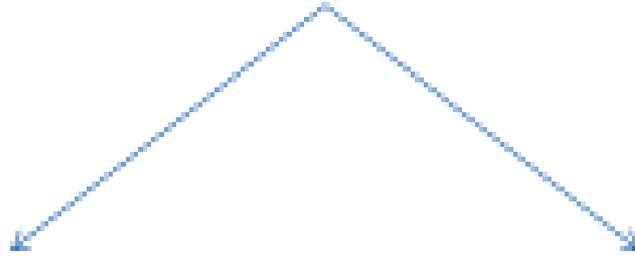


**¿Qué se debe medir?**

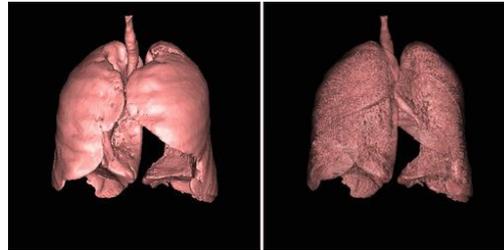
**¿Dónde se debe medir?**

**Se debe medir  $PO_2$  y  
 $PCO_2$  en sangre arterial  
sistémica**

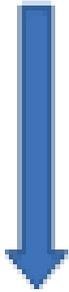
# INSUFICIENCIA RESPIRATORIA



INSUFICIENCIA PULMONAR



INSUFICIENCIA DE LA BOMBA



INSUFICIENCIA DE INTERCAMBIO DE GASES

MANIFESTADA POR HIPOXEMIA

**Oxigeno = 0.024**



INSUFICIENCIA VENTILATORIA

MANIFESTADA POR HIPERCAPNIA

**Dióxido de carbono  
= 0.57 :20 veces más  
Permeable que O2.**

# Difusión

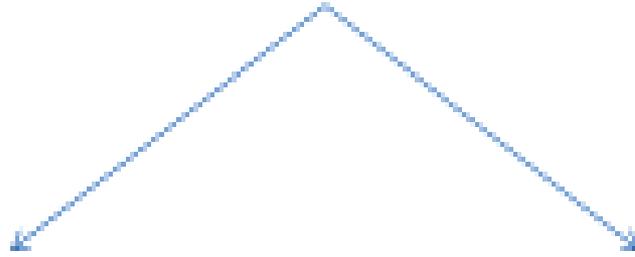
$$\text{DIFUSION} = \frac{\text{SOLUBILIDAD}}{\text{DENSIDAD}}$$

Densidad del  $\text{O}_2$  menor que  $\text{CO}_2$ : difunde 1.17 veces más

Solubilidad del  $\text{CO}_2$  mayor que  $\text{O}_2$ : difunde 24 veces más

**La difusión del  $\text{CO}_2$  es 20 veces más rápida**

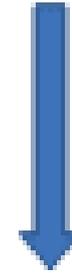
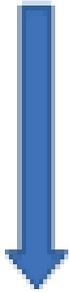
# INSUFICIENCIA RESPIRATORIA



**INSUFICIENCIA PULMONAR**



**INSUFICIENCIA DE LA BOMBA**



**INSUFICIENCIA DE INTERCAMBIO DE GASES**

**INSUFICIENCIA VENTILATORIA**

**MANIFESTADA POR HIPOXEMIA**

**MANIFESTADA POR HIPERCAPNIA**

**Presión arterial  
de oxígeno inferior  
a 60 mm Hg**

**Presión arterial  
de CO<sub>2</sub> superior  
a 45 mm Hg.**

# Alveolar-arterial Difference

## Oxygenation Failure

$$p_iO_2 = 150$$

$$pCO_2 = 40$$

$$p_{alv}O_2 = 150 - 40/0.8$$
$$= 150 - 50$$
$$= 100$$

$$pO_2 = 45$$

$$\Delta = 100 - 45 = 55$$

## Ventilation Failure

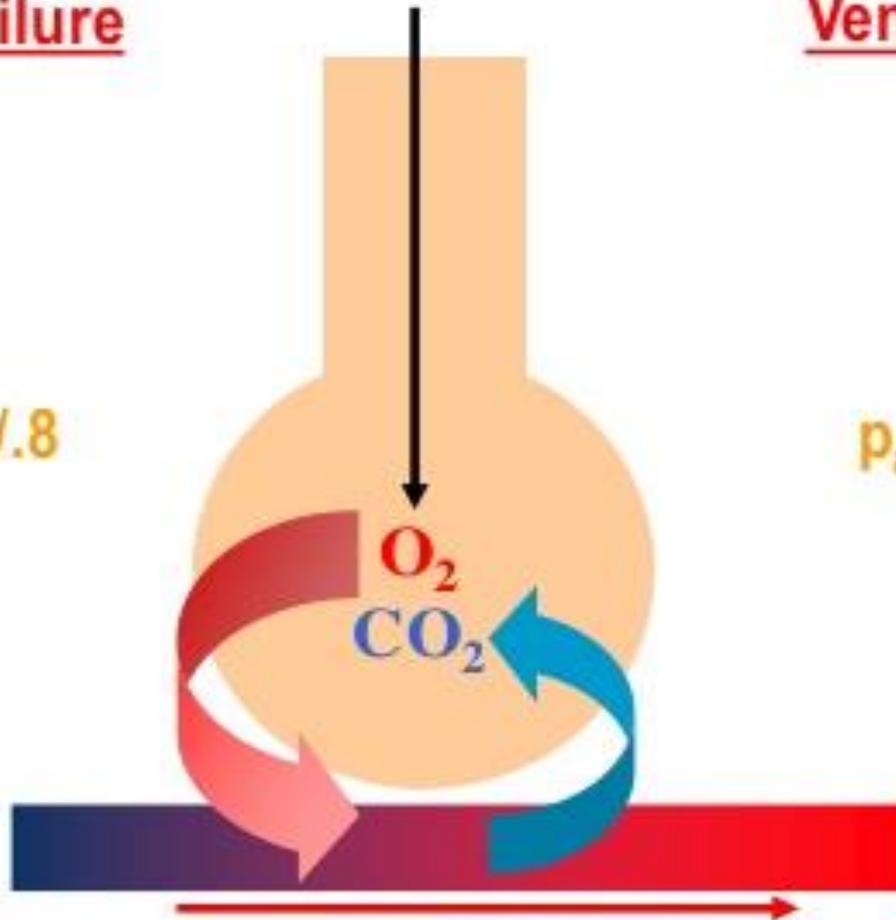
$$p_iO_2 = 150$$

$$pCO_2 = 80$$

$$p_{alv}O_2 = 150 - 80/0.8$$
$$= 150 - 100$$
$$= 50$$

$$pO_2 = 45$$

$$\Delta = 50 - 45 = 5$$



# Alveolar-arteria

## Oxygenation Failure

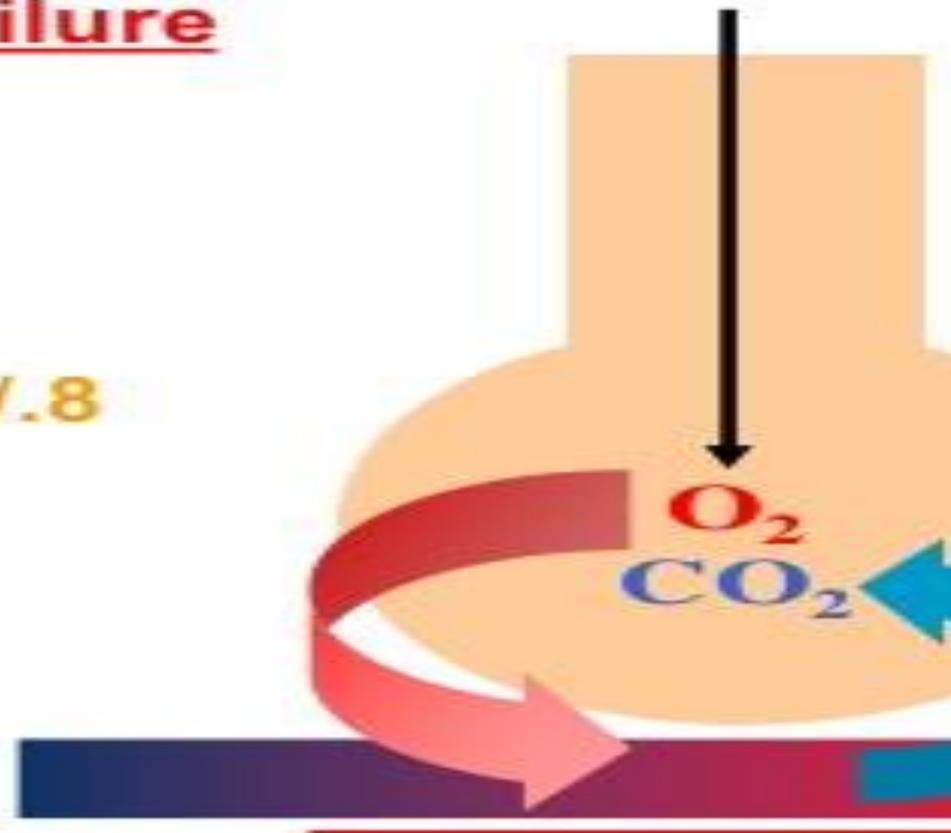
$$p_iO_2 = 150$$

$$pCO_2 = 40$$

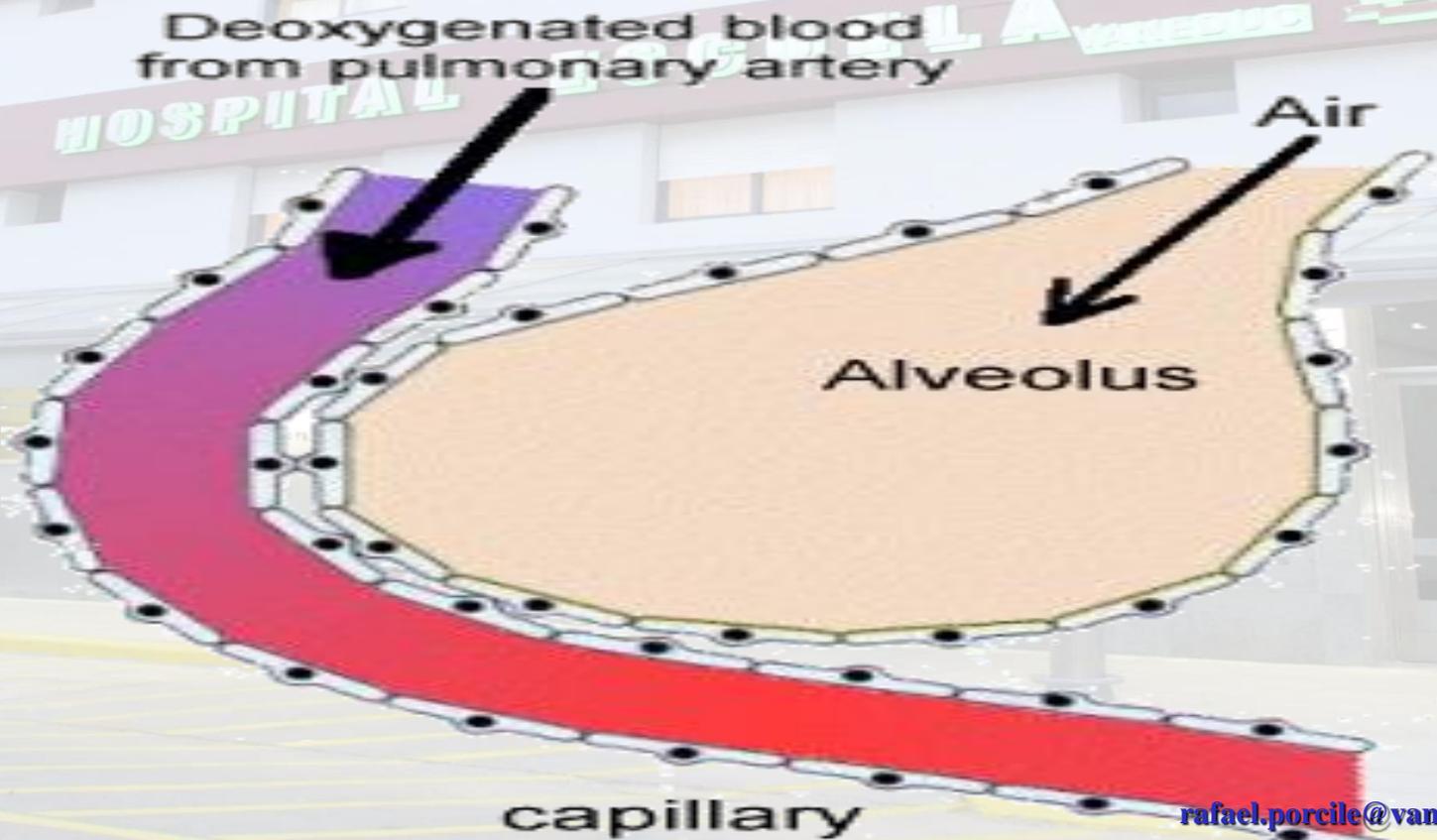
$$\begin{aligned} p_{alv}O_2 &= 150 - 40/.8 \\ &= 150 - 50 \\ &= 100 \end{aligned}$$

$$pO_2 = 45$$

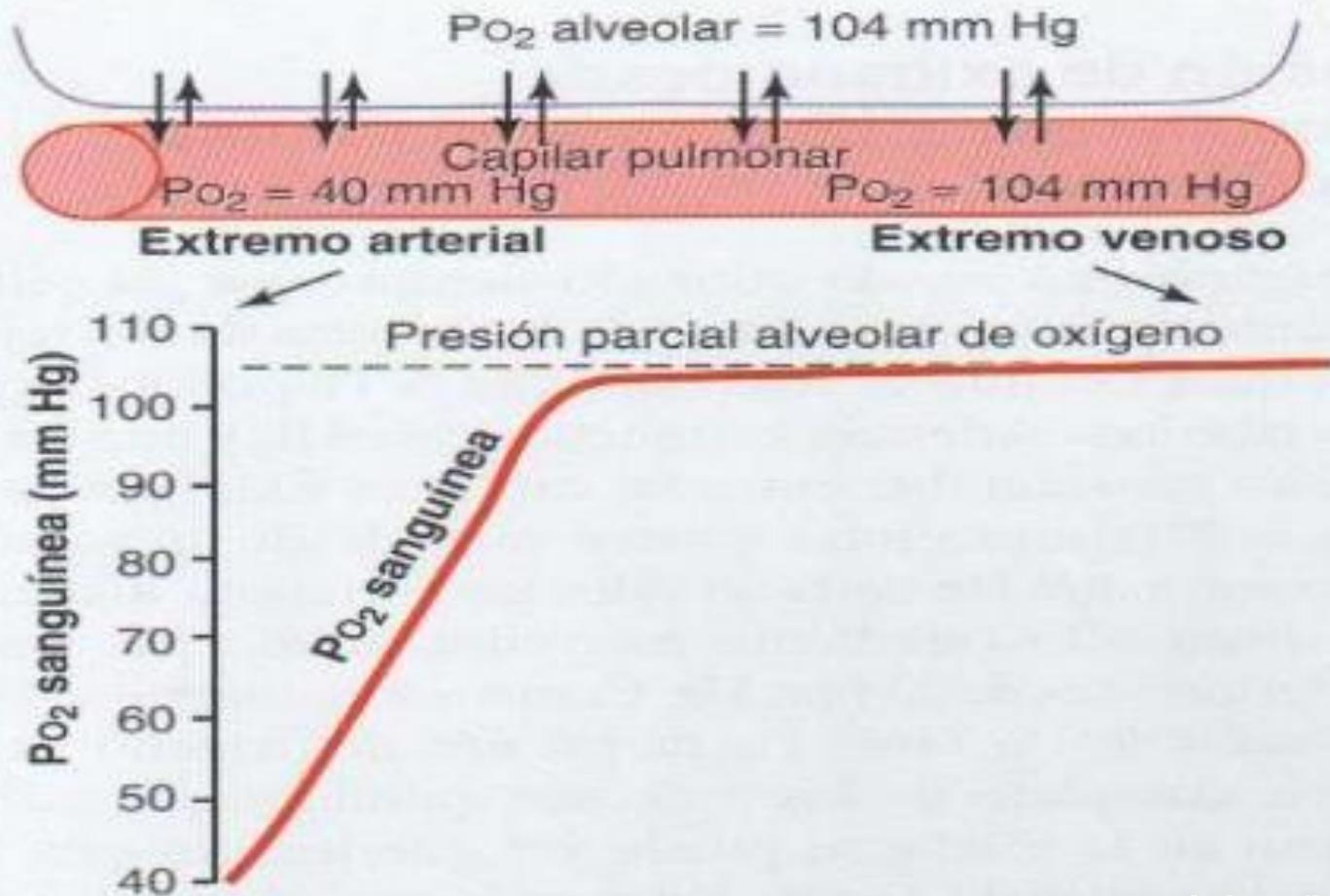
$$\Delta = 100 - 45 = 55$$



# ¿Como medir la permeabilidad alveolo capilar?

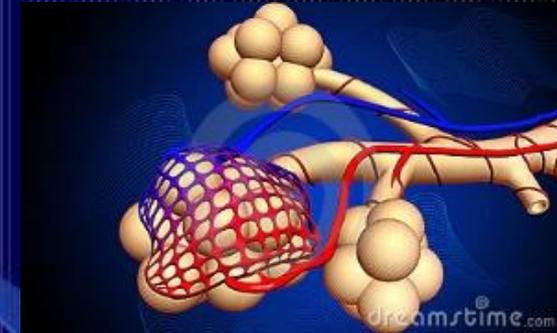


# Difusión de O<sub>2</sub> de los alvéolos a la sangre capilar pulmonar

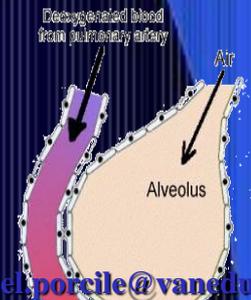


# Gradiente Alveolo arterial

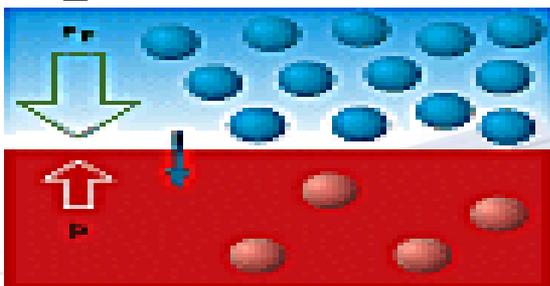
## $D(A - a)O_2$ .



- $D(A-a)O_2 = PAO_2 - PaO_2$ .
- $PAO_2 = FiO_2(PB - PH_2O) - (PACO_2/RQ)$ .
- $PAO_2$  = Presión Alveolar de Oxígeno.
- $PB$  = Presión Barométrica (760 mmhg a n mar).
- $PH_2O$  = Presión de Vapor de Agua (47mmhg).
- Se presume que la  $PACO_2 \cong PaCO_2$ .
- $RQ$  = Cociente Respiratorio.

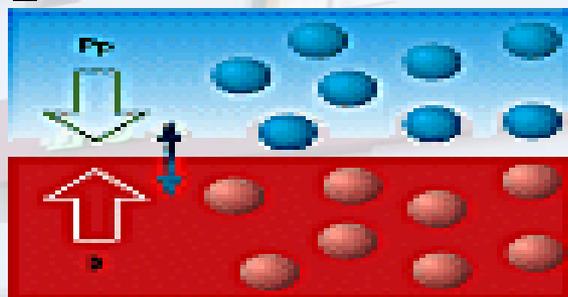


**El gas se disuelve**



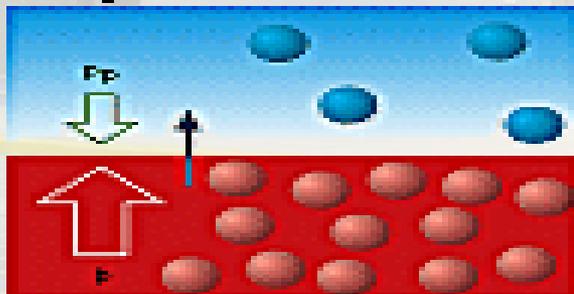
**SANGRE INSATURADA**

**El gas no se disuelve**

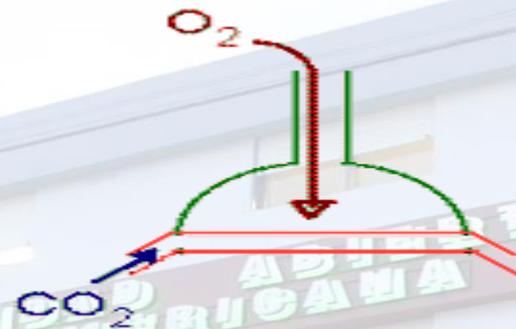


**SANGRE SATURADA**

**El gas disuelto  
pasa al aire**



**SANGRE SOBRESATURADA**



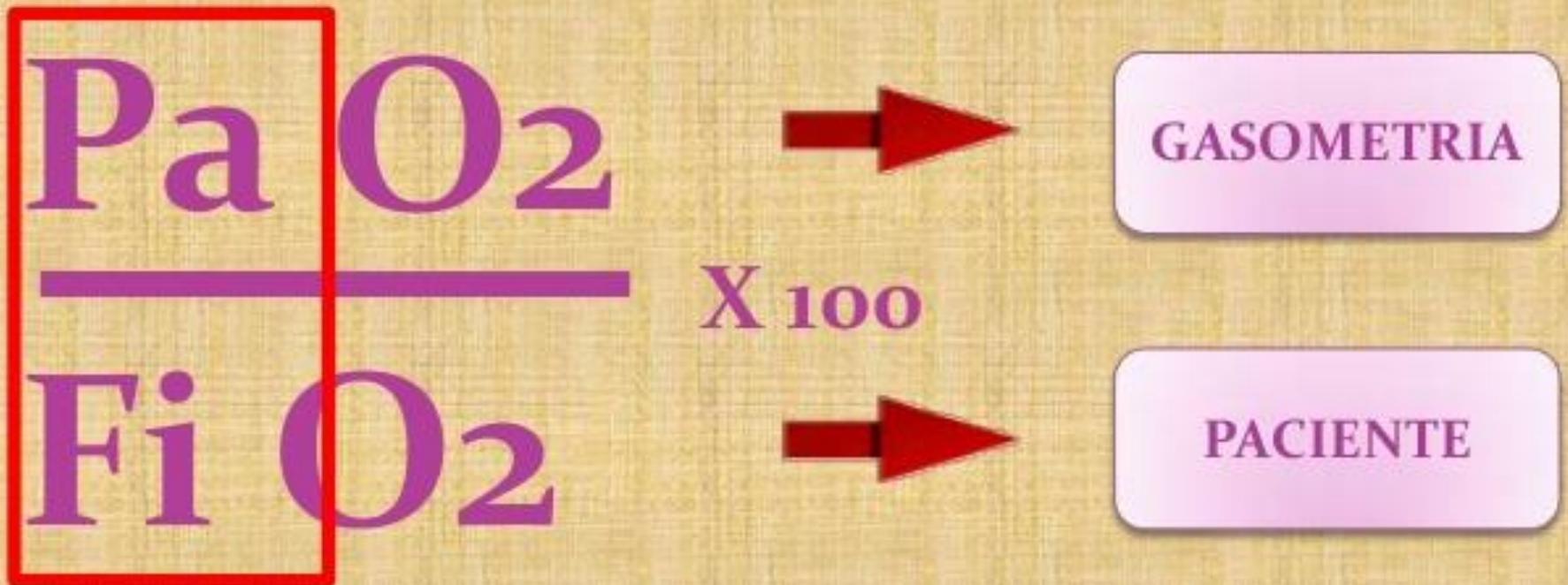
Deoxygenated blood  
from pulmonary artery

Air

Alveolus

capillary  
rafael.porcile@vandeduc.edu.ar

# FORMULA PARA EL PAFI



## 2. Diferencia Alveolo-Arterial de Oxígeno (DA-a)

- Normalmente la  $PAO_2$  es mayor que la  $PaO_2$  gracias a eso se realiza el intercambio gaseoso.
- Se calcula mediante fórmula:

$$D(A-a) = PAO_2 - PaO_2$$

$PaO_2$  se obtiene del AGA y la  $PAO_2$  se calcula por la fórmula:

$$PAO_2 = FiO_2 \times (Pb - PH_2O) - PaCO_2/0.8$$

$Pb = 760$ ,  $pH_2O = 47$ ,  $PaCO_2$  se obtiene del AGA

# PATOGENESIS S.D.R.A

**lesión (directa o indirecta)**



**Activación de células inflamatorias  
& mediadores**



**Daño a membrana alveolo capilar**



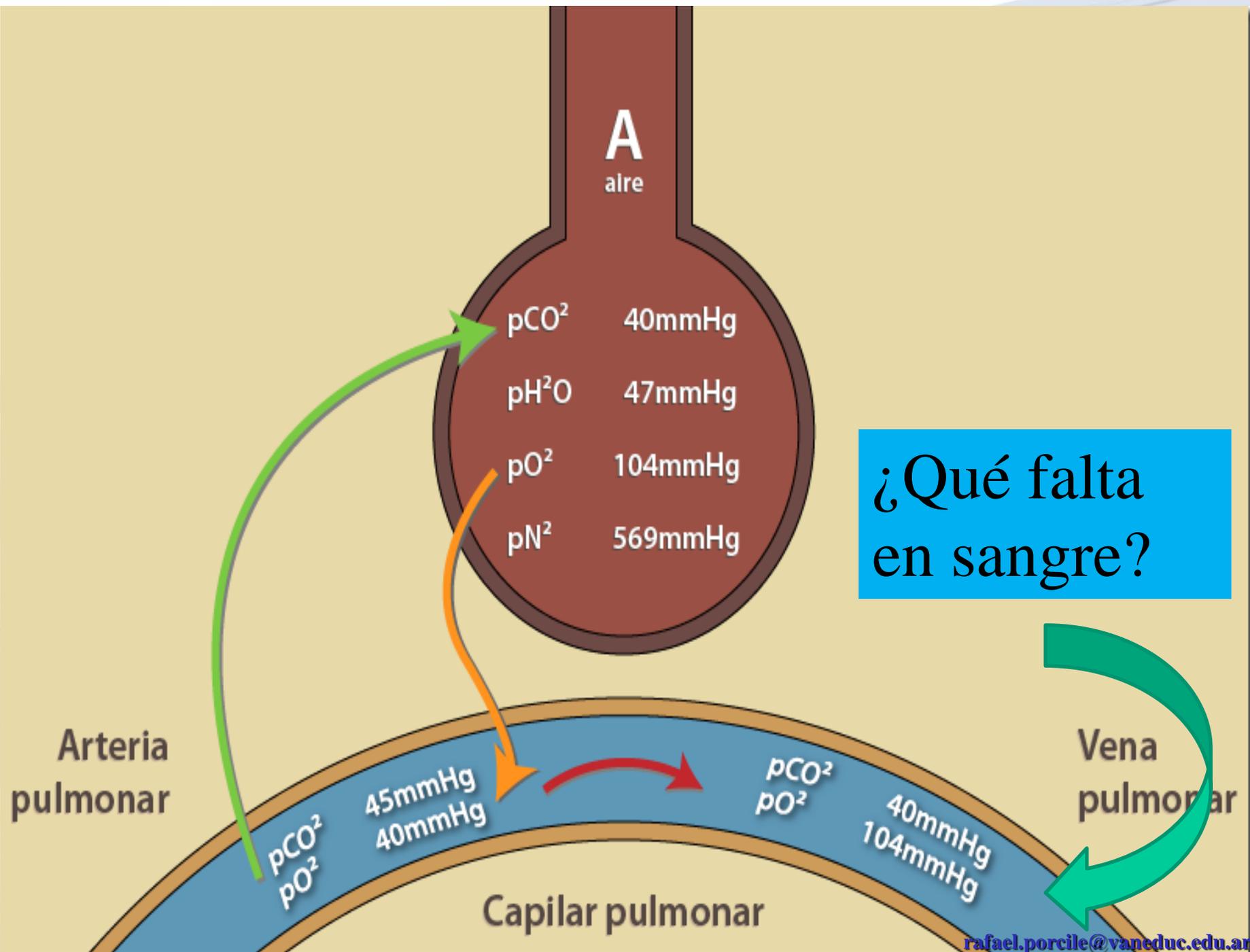
**aumento permeabilidad membrana alveolo capilar**

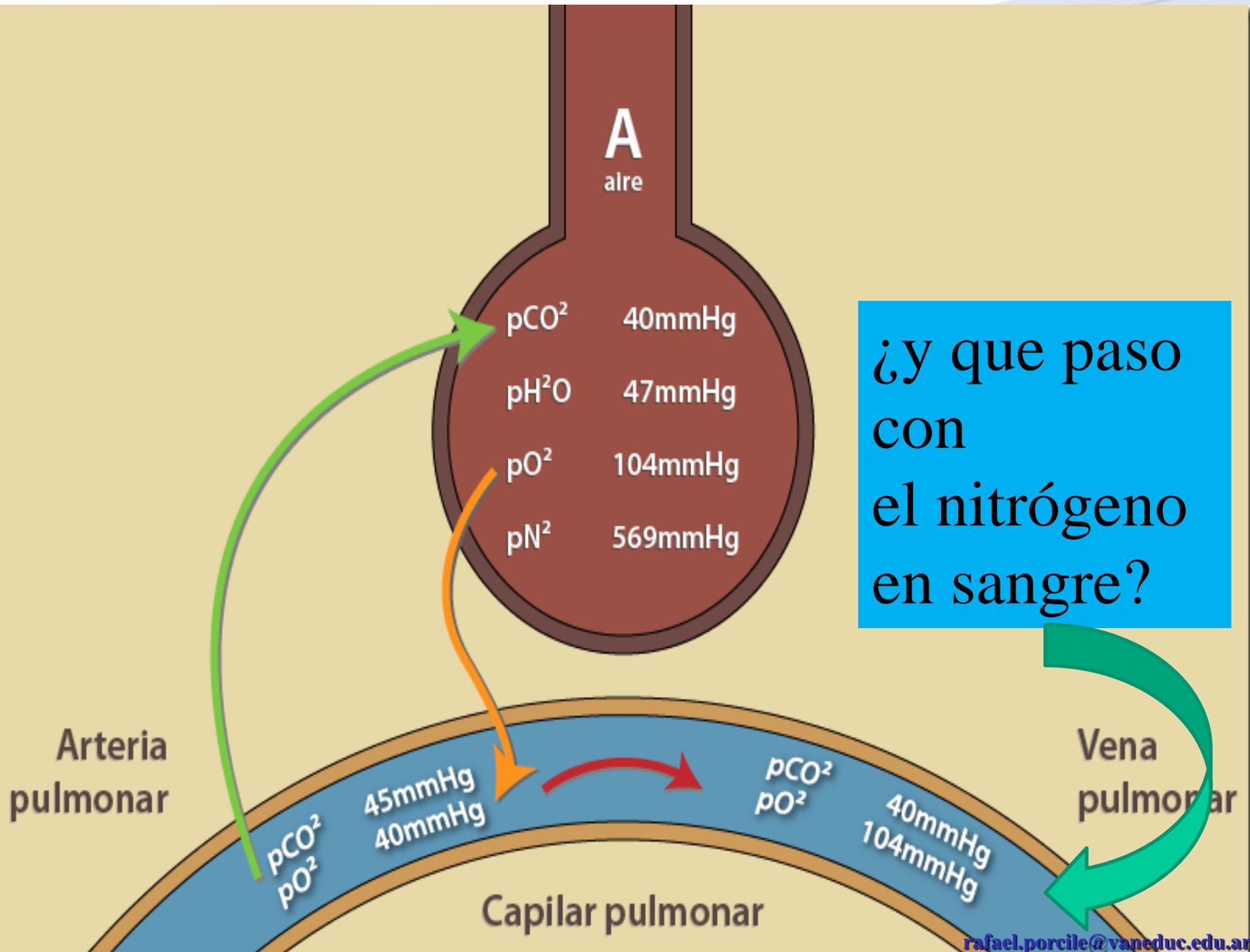


**afluencia de fluido edema rico en proteínas y células  
inflamatorias en espacios aéreos  
Disfunción de surfactante**

Presión parcial de O<sub>2</sub> (PO<sub>2</sub>)







12



**¿Para que sirve  
un gas que es el  
78 % del  
componente del  
aire?**

# EL NITROGENO ES DE IMPORTANCIA ESTRUCTURAL



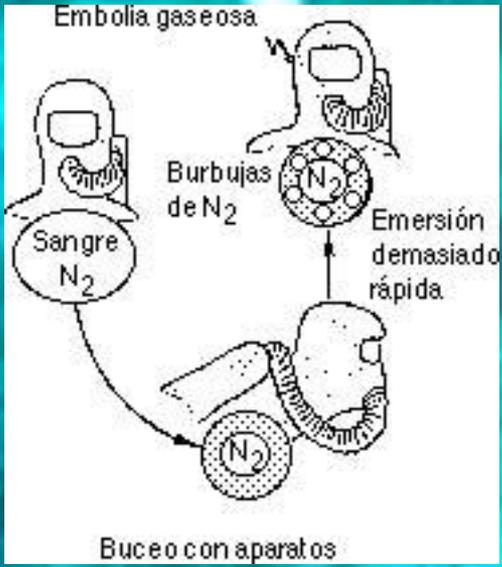
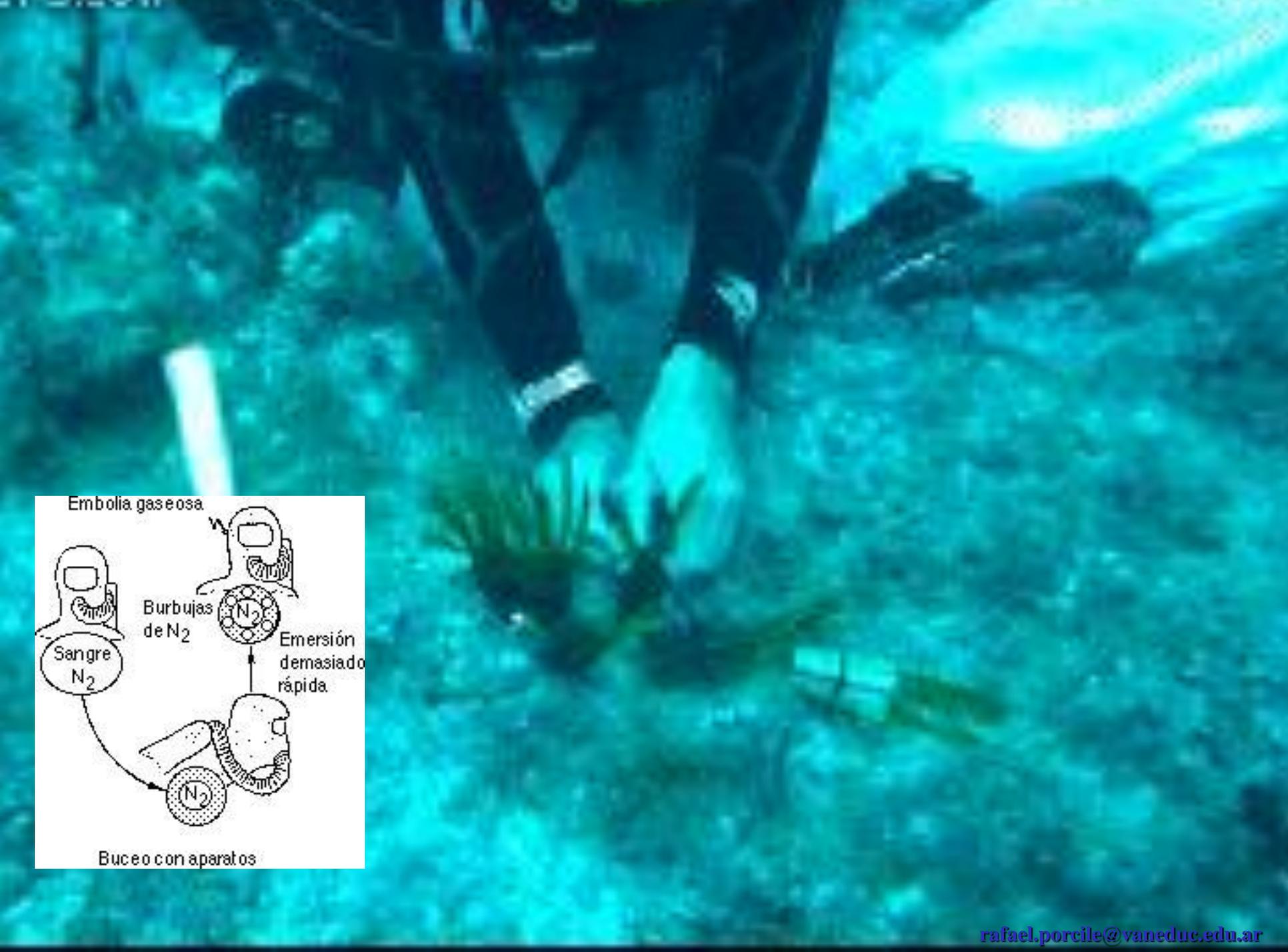
¿La salubilidad de los gases es igual en todas las condiciones?



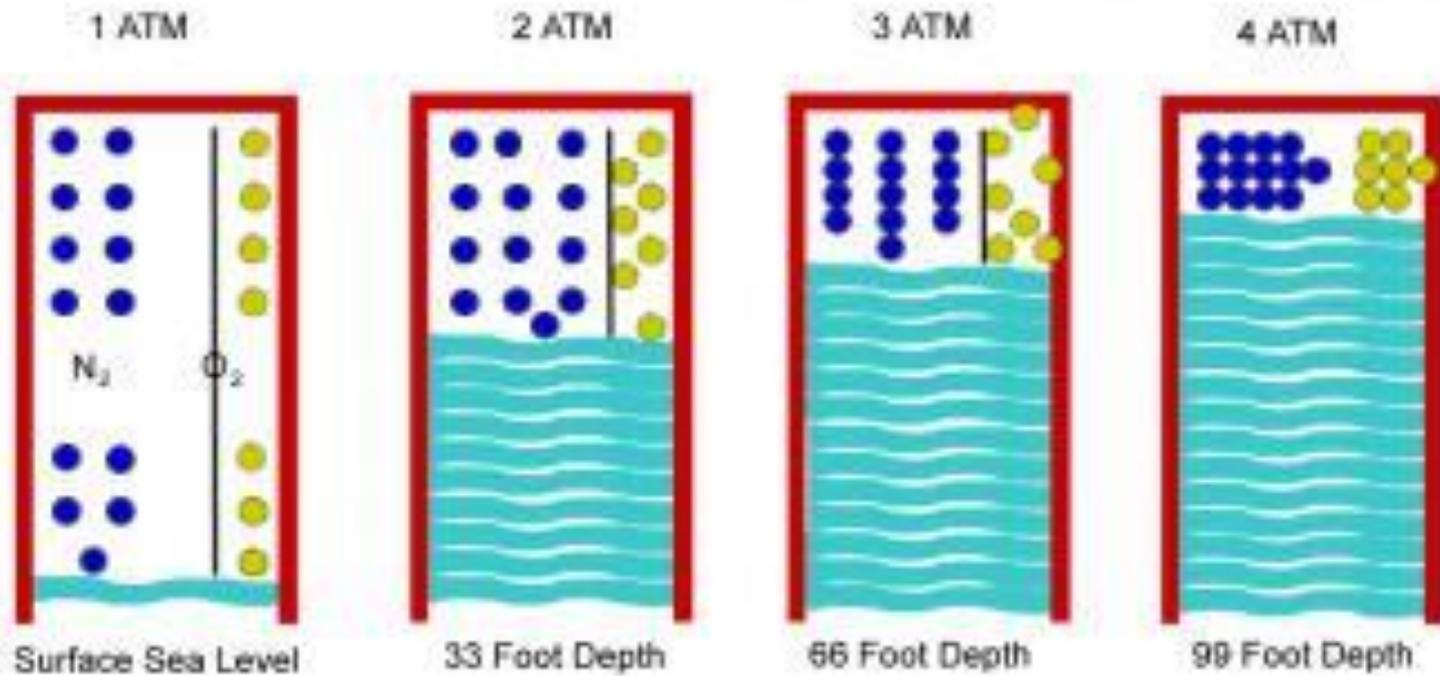


# RIESGOS DEL BUCEO Y LA NARCOSIS





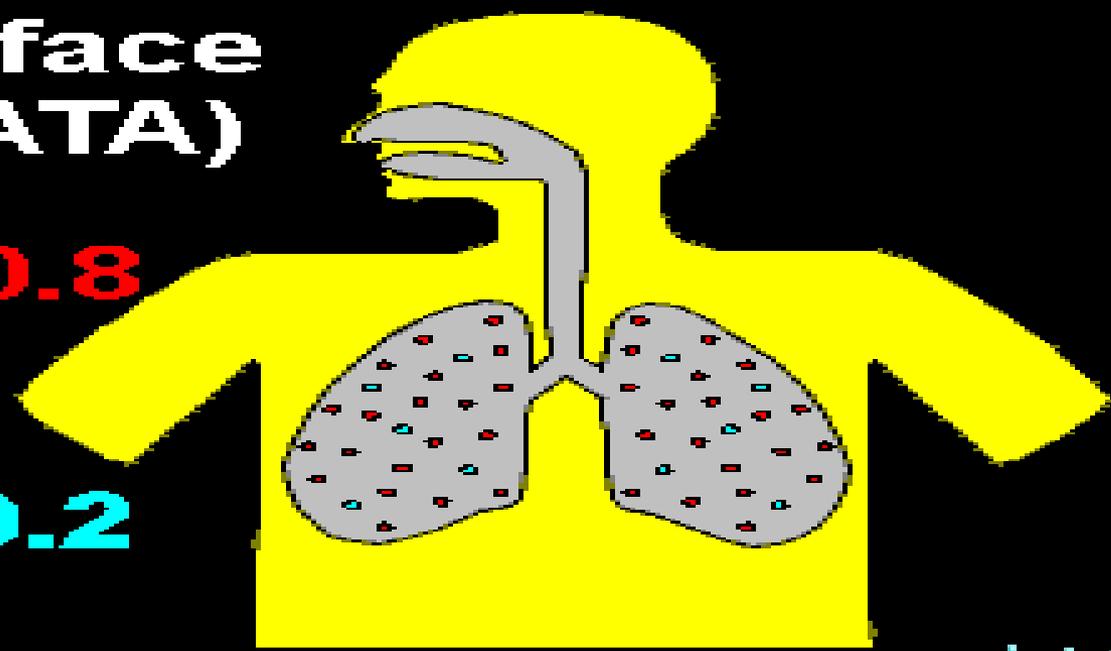
## Dalton's Law



# Surface (1 ATA)

**Nitrogen  
Partial = 0.8  
Pressure**

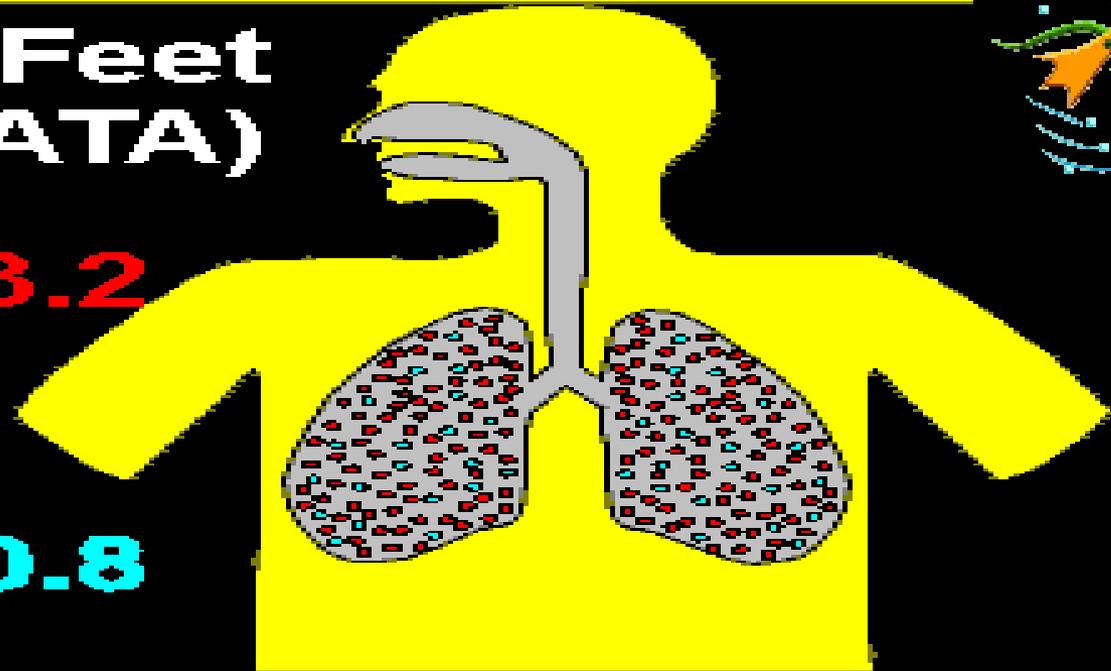
**Oxygen  
Partial = 0.2  
Pressure**



# 99 Feet (4 ATA)

**Nitrogen  
Partial = 3.2  
Pressure**

**Oxygen  
Partial = 0.8  
Pressure**



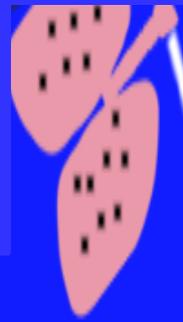
0 metres  
Pressure =



A slow return to the surface lets the nitrogen return to the lungs where it is breathed out

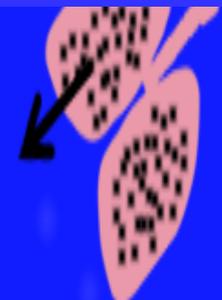


10 metres  
Pressure = 2 atm



Swimming up too quickly doesn't give the nitrogen enough time to leave the blood - instead it can form painful bubbles

Nitrogen moves from high pressure in the lungs into the blood (low pressure)

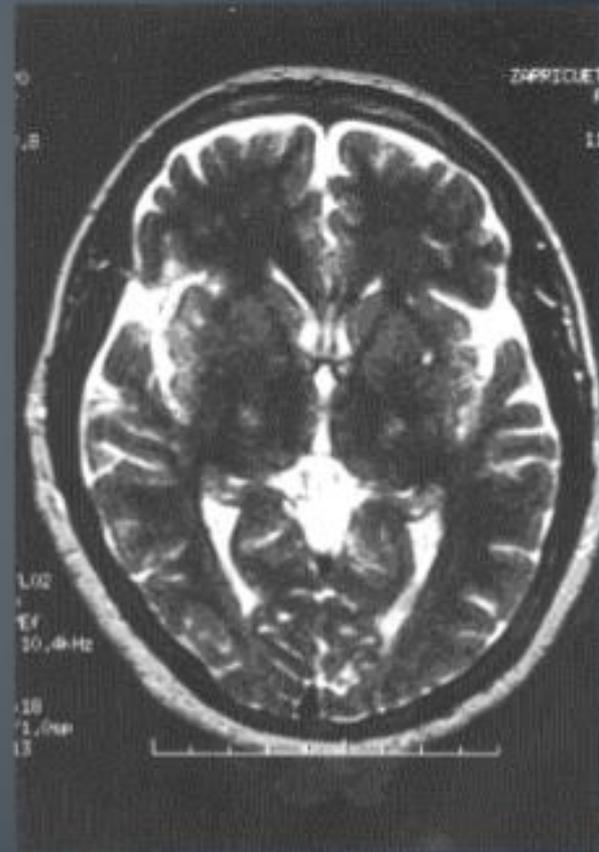
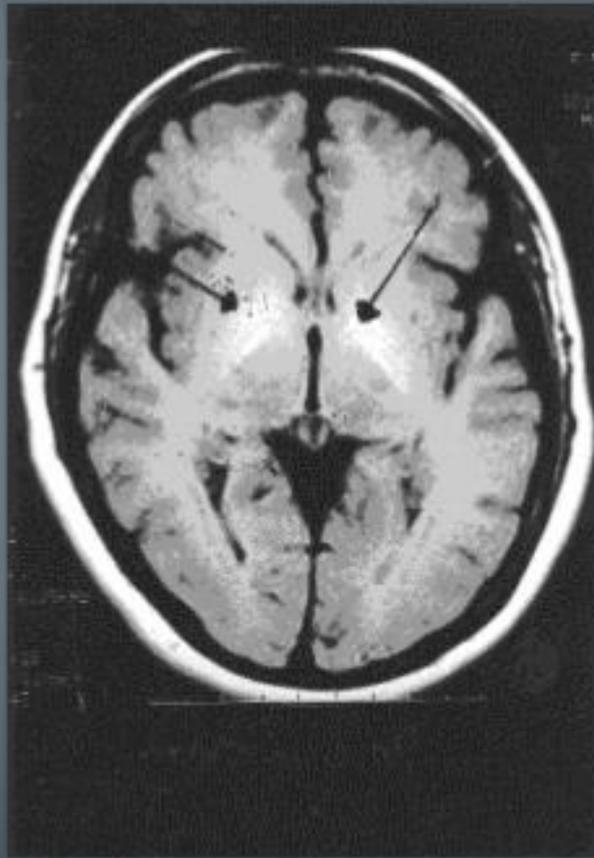


**Tres buzos murieron descompresionados al pescar pepino de mar**

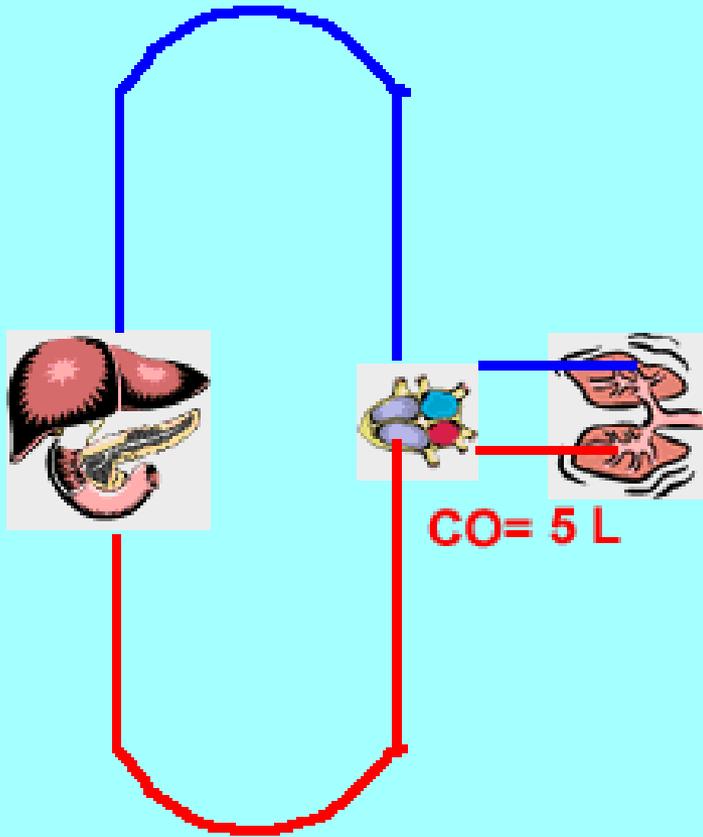
**La tragedia se registró en Río Lagartos y en Dzilam de Bravo. Otros ocho fueron hospitalizados en clínicas de Tizimín por el mismo motivo. Lea más notas policíacas**

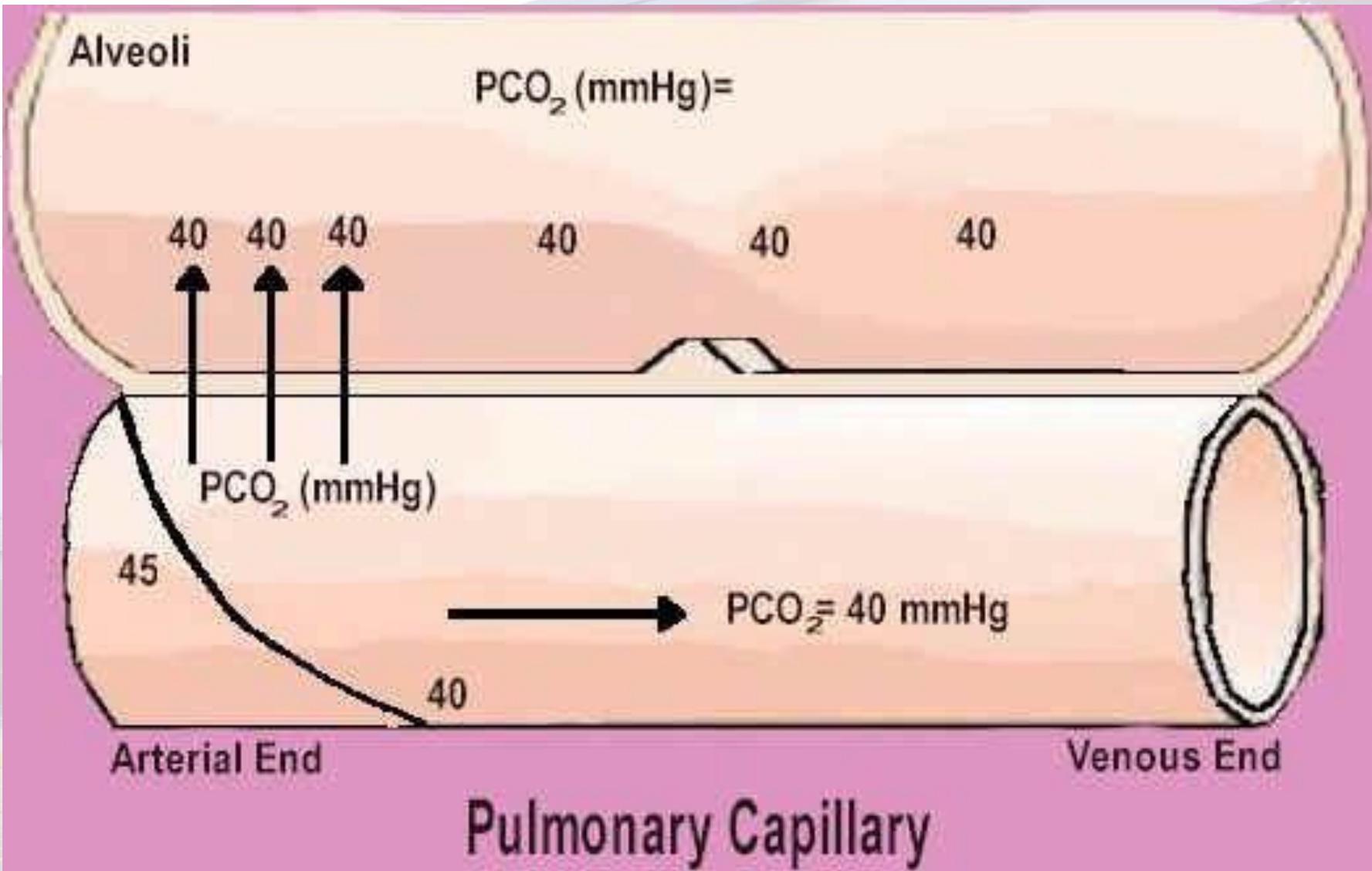


# Resonancia Magnética



CO<sub>2</sub>





# Alveolar-arterial Difference

## Oxygenation Failure

$$p_iO_2 = 150$$

$$pCO_2 = 40$$

$$p_{alv}O_2 = 150 - 40/0.8$$
$$= 150 - 50$$
$$= 100$$

$$pO_2 = 45$$

$$\Delta = 100 - 45 = 55$$

## Ventilation Failure

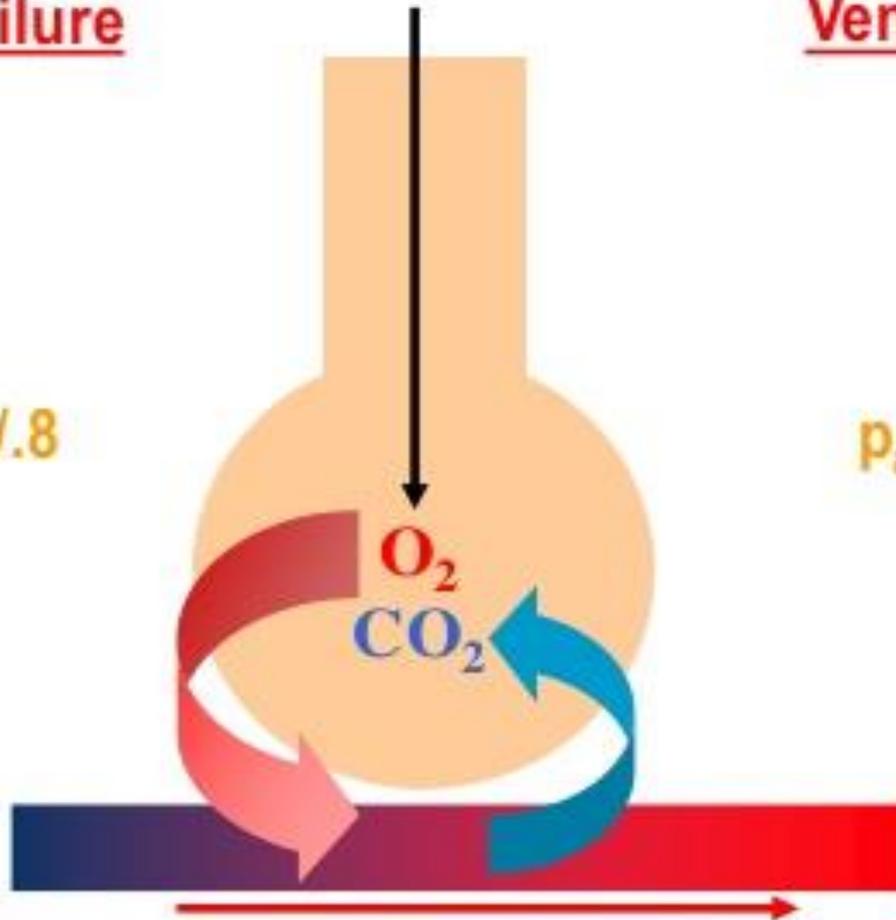
$$p_iO_2 = 150$$

$$pCO_2 = 80$$

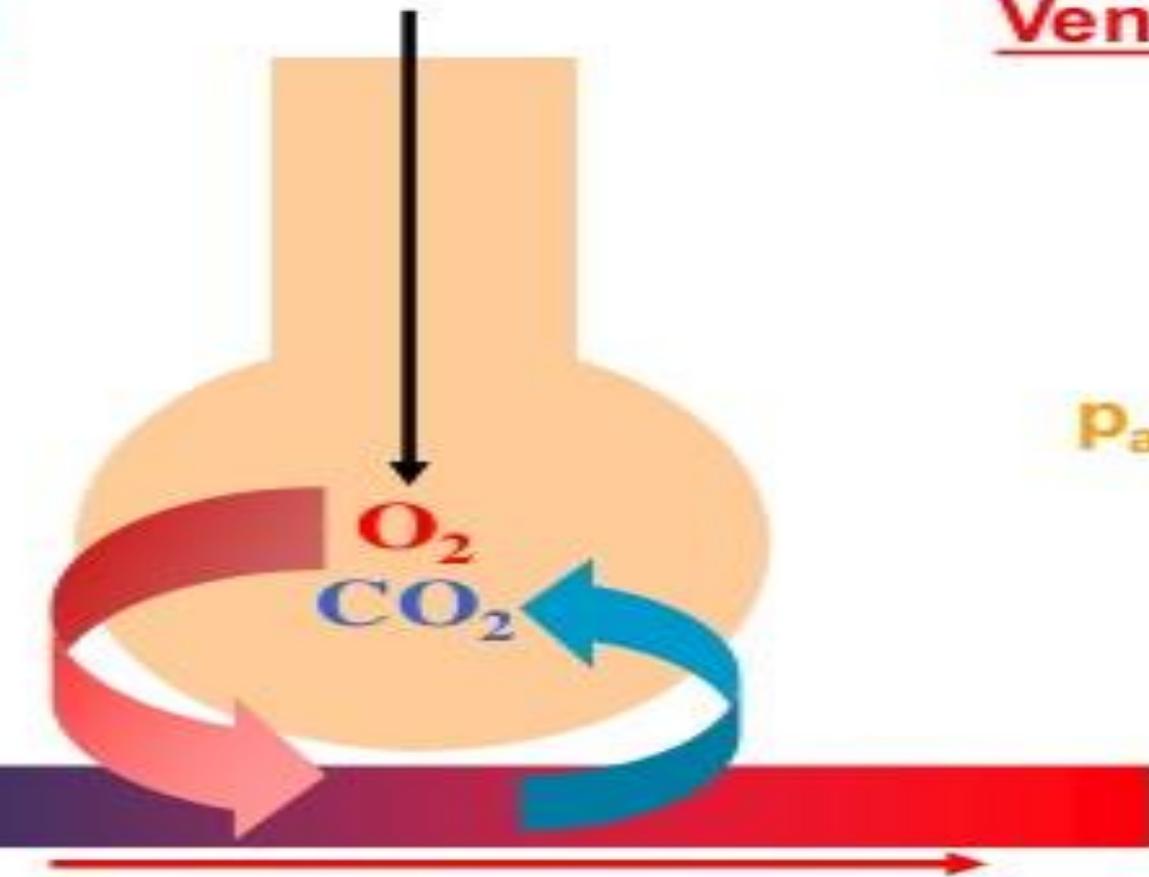
$$p_{alv}O_2 = 150 - 80/0.8$$
$$= 150 - 100$$
$$= 50$$

$$pO_2 = 45$$

$$\Delta = 50 - 45 = 5$$



# -arterial Difference



## Ventilation Failure

$$p_i\text{O}_2 = 150$$

$$p\text{CO}_2 = 80$$

$$\begin{aligned} p_{\text{alv}}\text{O}_2 &= 150 - 80 / 0.8 \\ &= 150 - 100 \\ &= 50 \end{aligned}$$

$$p\text{O}_2 = 45$$

$$\Delta = 50 - 45 = 5$$



Muchas gracias