



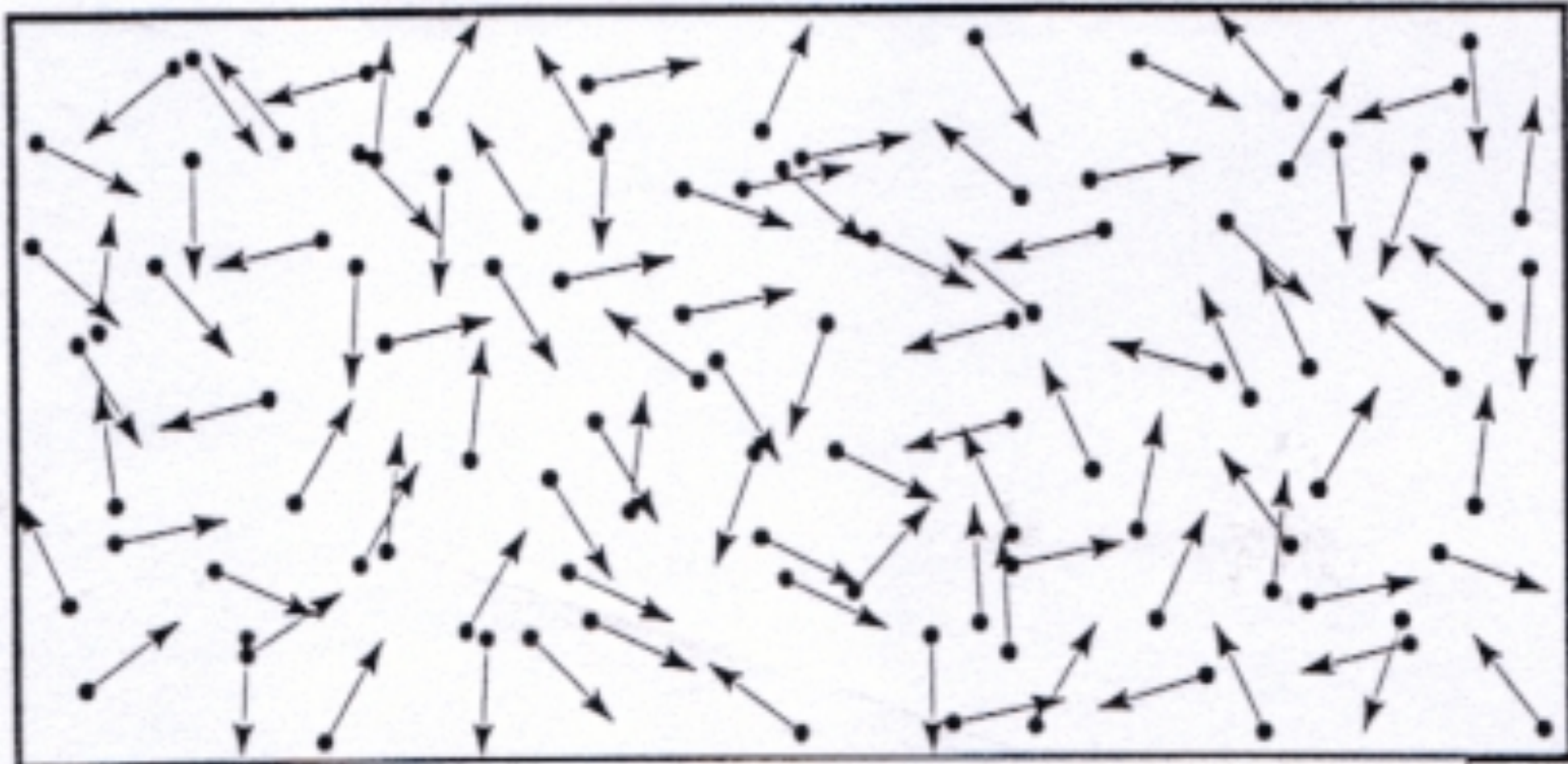
MEDIZINISCHE UNIVERSITÄT
INNSBRUCK

Oxigenación

Dr. Salvador Navarro Psihas
University of Innsbruck
Austria

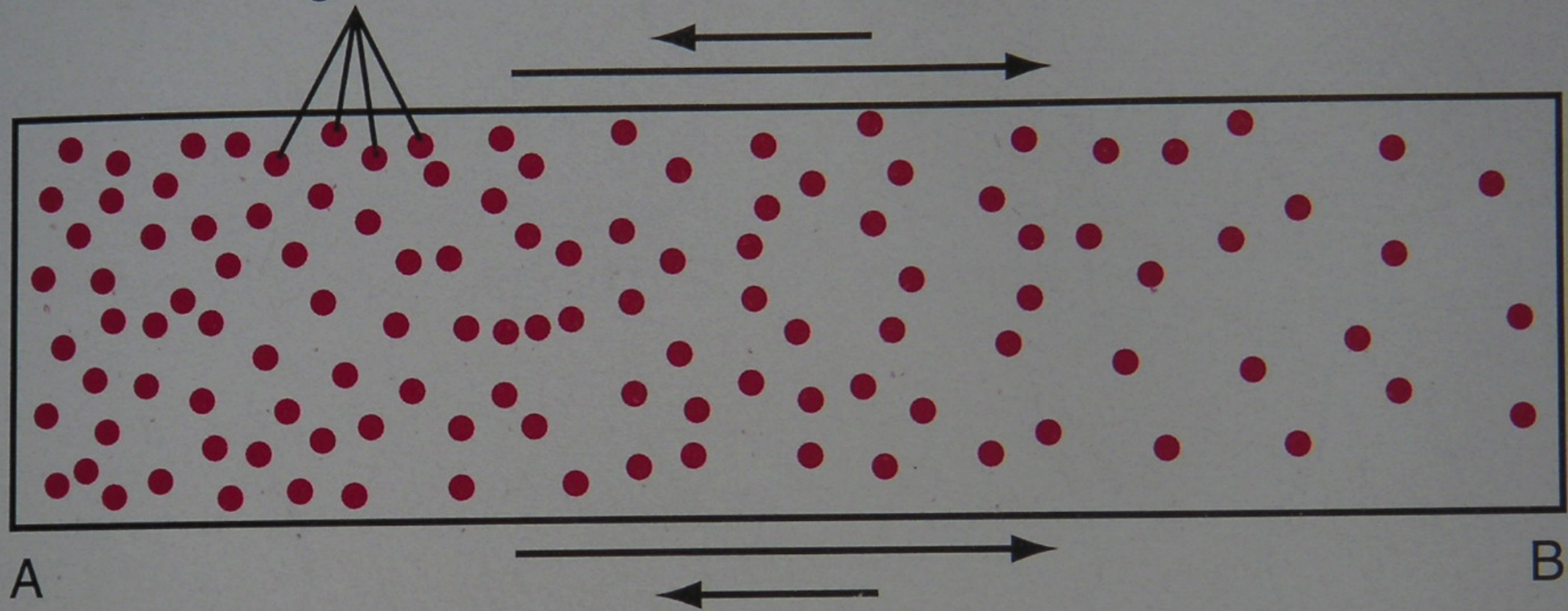
Difusión gaseosa

ATMOSPHERIC AIR



$\text{N}_2=79\%$ $\text{O}_2=21\%$ $\text{CO}_2=0.04\%$ $\text{H}_2\text{O}=0.5\%$

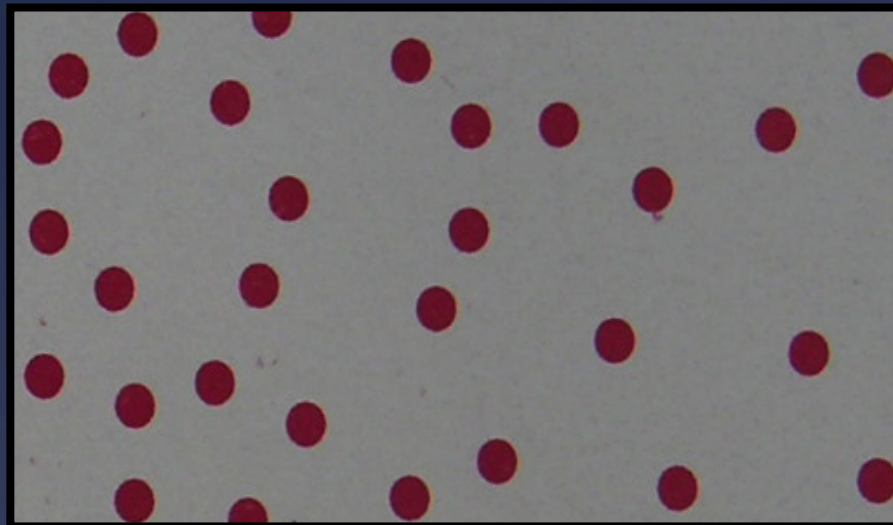
Dissolved gas molecules



Difusión gaseosa depende de

- Características del gas
 - Peso molecular
 - Solubilidad

$$P1 = P2$$



Baja solubilidad



Alta solubilidad

Difusión gaseosa depende de

- Características del medio

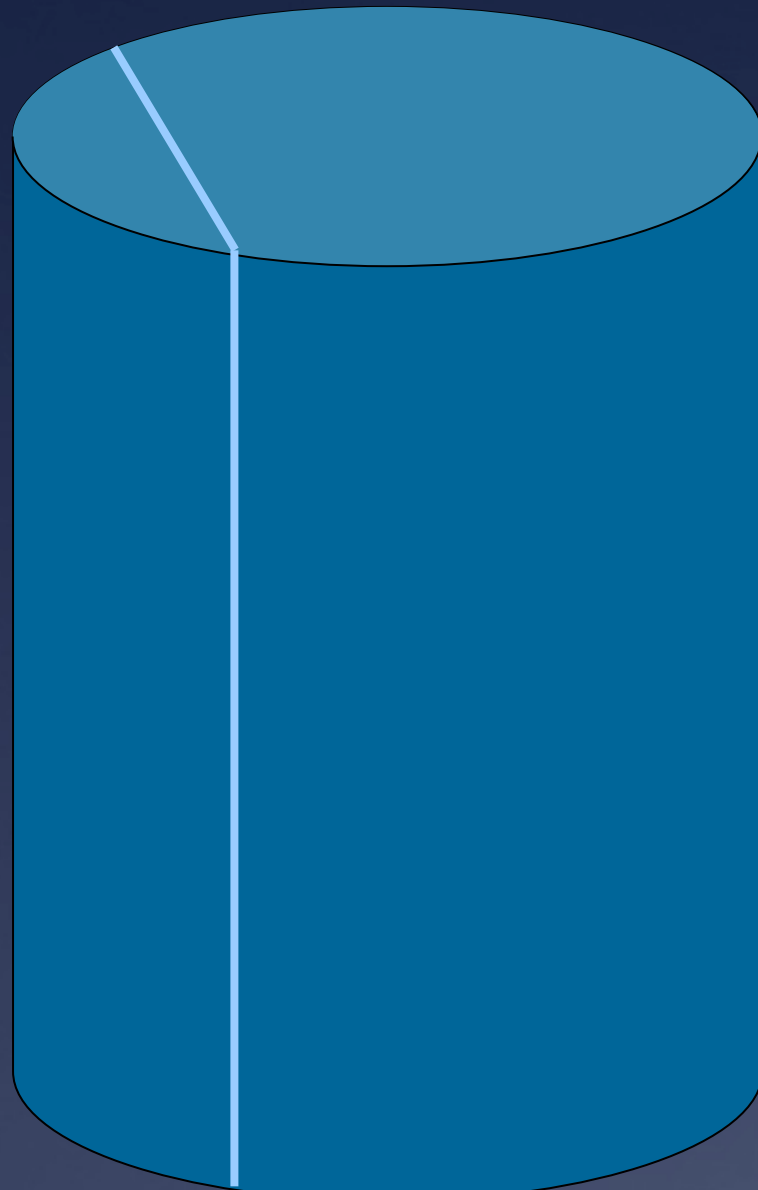
- Diferencia de presión
- Area total de difusión
- Distancia
- Temperatura

¿Como incrementar la difusión?

- Incremento de la presión parcial
 - Incremento de la FiO_2
 - Hiperventilación
- Incremento del área total de difusión

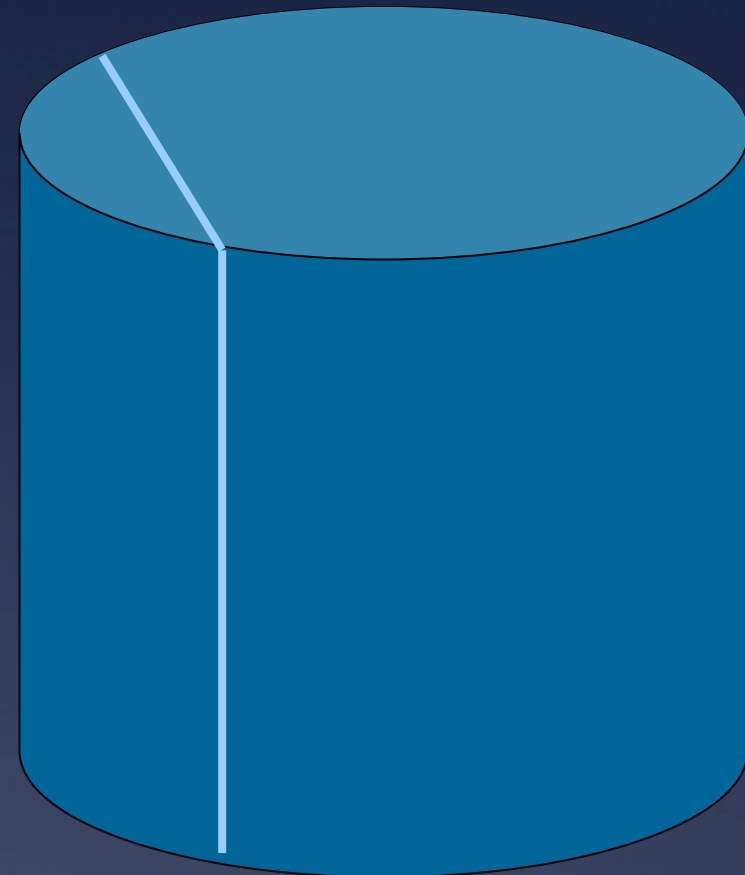
Presión parcial de oxígeno

21%



$P = 760 \text{ mmHg}$
 $PP = 156 \text{ mmHg}$

21%



$P = 600 \text{ mmHg}$
 $PP = 126 \text{ mmHg}$

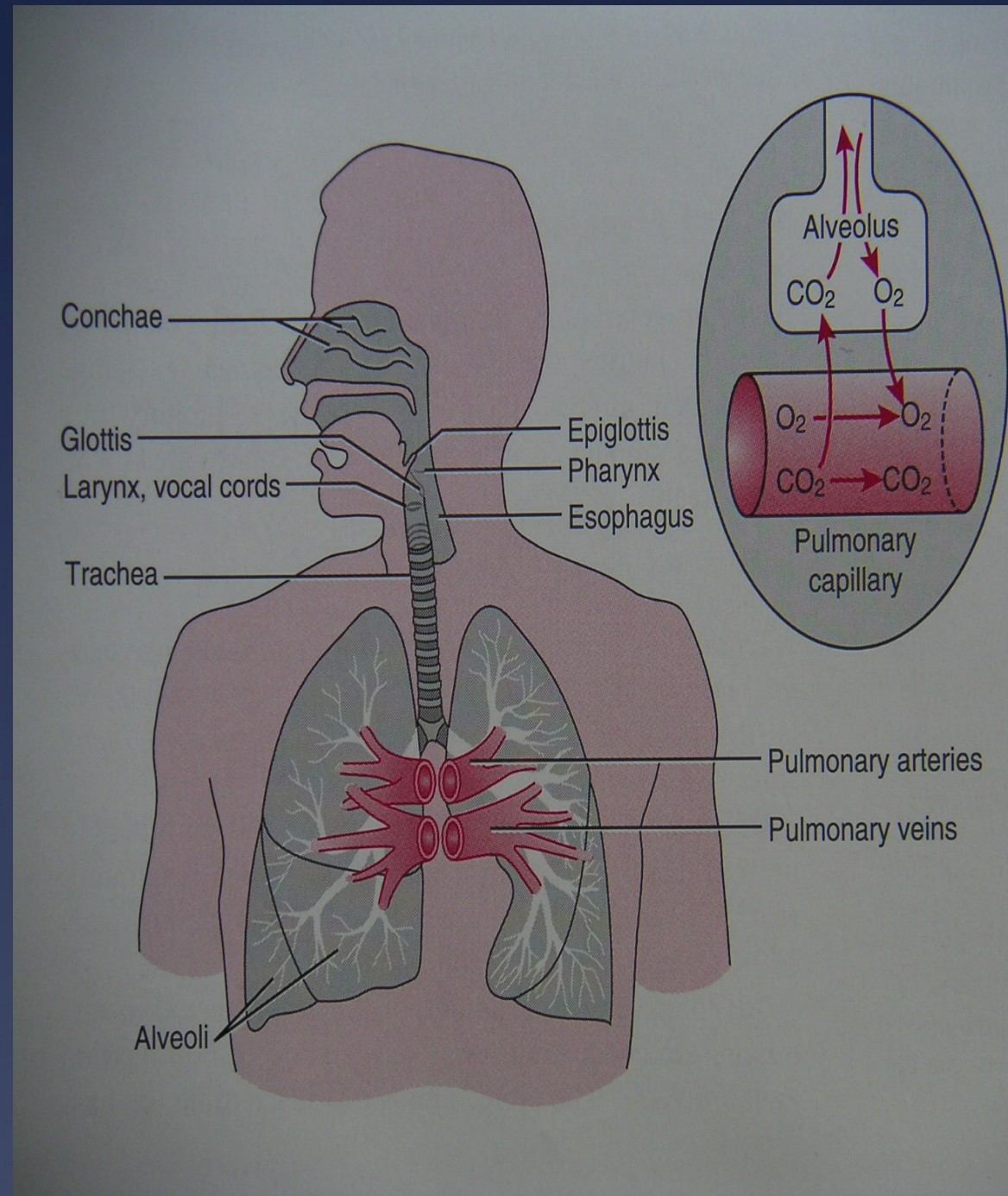
Atmospheric air



Addition of water vapor



Extraction of oxygen
Addition of CO₂



Atmospheric air

$$PO_2 = P_B \cdot FIO_2$$

$$760 \cdot 0.21 = 160 \text{ mmHg}$$

Humidified air

$$PIO_2 = (P_B - 47) \cdot FIO_2$$

$$(760 - 47) \cdot 0.21 = 150 \text{ mmHg}$$

Alveolar air

$$PAO_2 = PIO_2 - (pACO_2/0.8)$$

$$150 - 50 = 100 \text{ mmHg}$$

Increase in FIO₂

Atmospheric air

$$PO_2 = PB \cdot FIO_2$$

$$760 \cdot 1 = 760 \text{ mmHg}$$

Humidified air

$$PIO_2 = (PB - 47) \cdot FIO_2$$

$$(760 - 47) \cdot 1 = 713 \text{ mmHg}$$

Alveolar air

$$PAO_2 = PIO_2 - (pACO_2/0,8)$$

$$713 - 50 = 663 \text{ mmHg}$$

FIO ₂	Aproximated PIO ₂ (Pbar)	Approximated PIO ₂	Simplified Version
100% or 1.0	698 (745) to 713 (760)	713	700
10% or 0.1	69.8 to 71.3	71.3	70
1% or 0.01	6.9 to 7.1	7.1	7

¿Como incrementar la difusión?

- Incremento de la presión parcial
 - Incremento de la FiO_2
 - Hiperventilación
- Incremento del área total de difusión

Hiperventilación

Hyperventilation

Atmospheric air

$$PO_2 = P_B \cdot FIO_2$$

$$760 \cdot 0,21 = 160 \text{ mmHg}$$

Humidified air

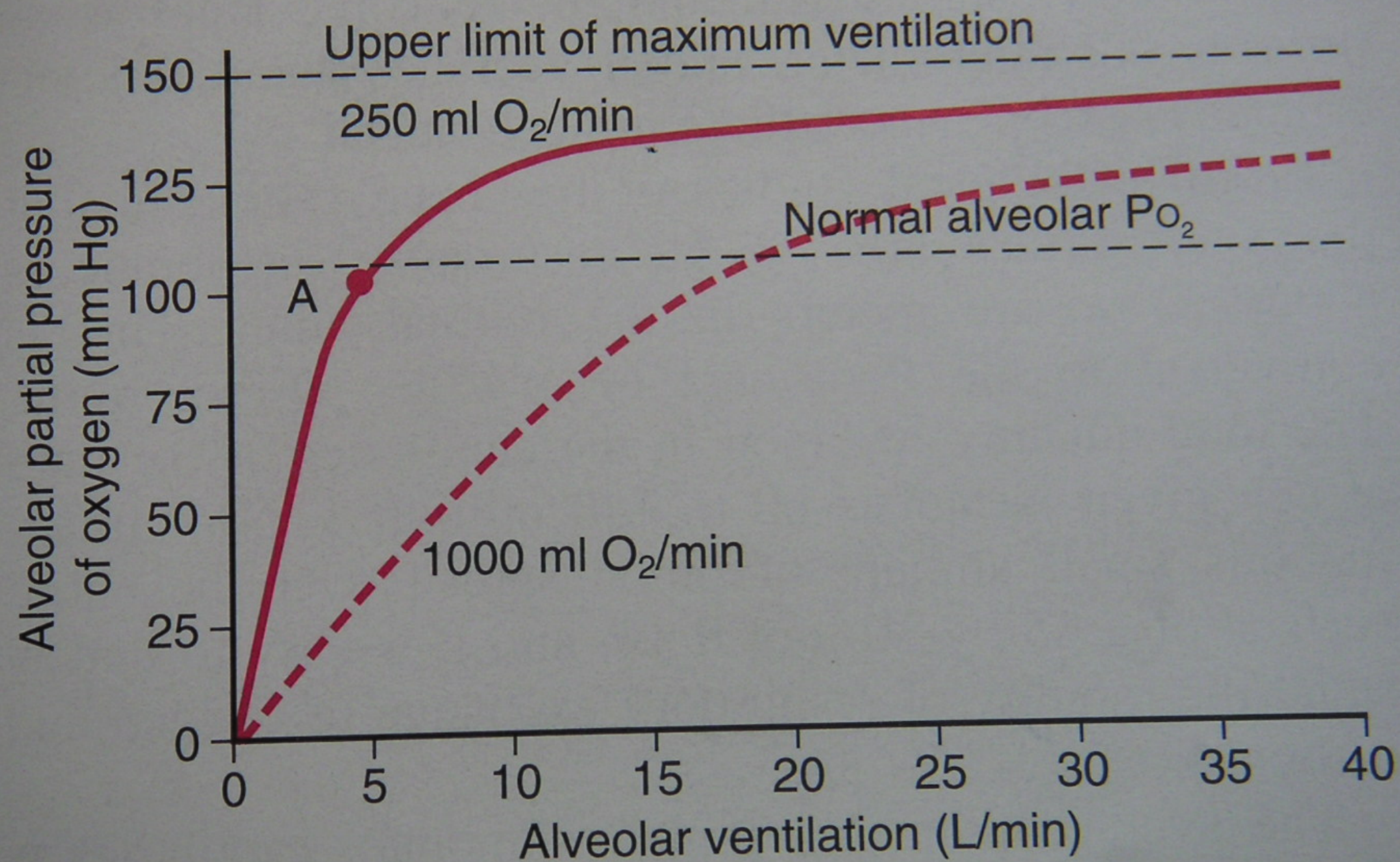
$$PIO_2 = (P_B - 47) \cdot FIO_2$$

$$(760 - 47) \cdot 0,21 = 150 \text{ mmHg}$$

Alveolar air

$$PAO_2 = PIO_2 - (pACO_2/0,8)$$

$$150 - 0 = 150 \text{ mmHg}$$



Difusión gaseosa depende de

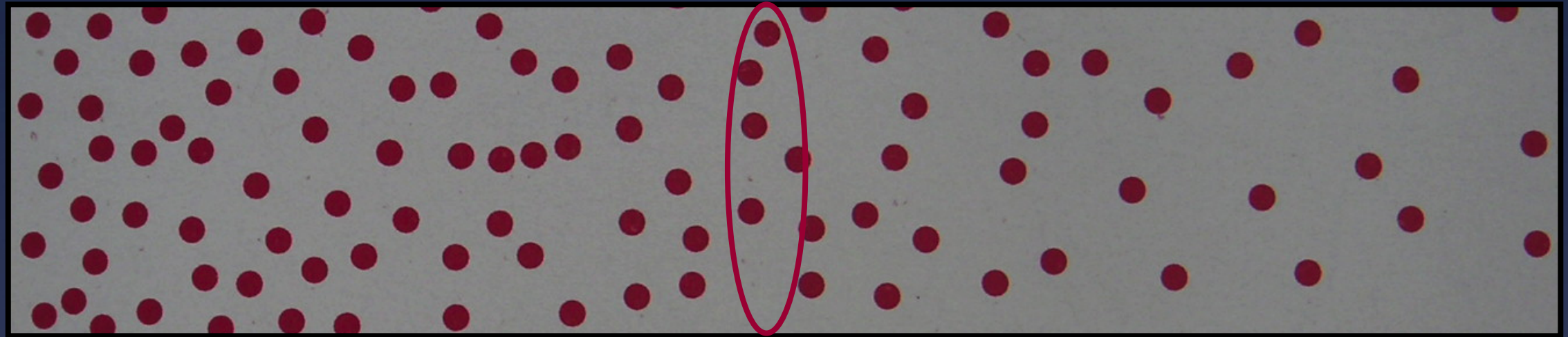
- Características del medio
 - Diferencia de presión
 - Area total de difusión
 - Distancia
 - Temperatura

Aumento del área de difusión

Difusión de oxígeno

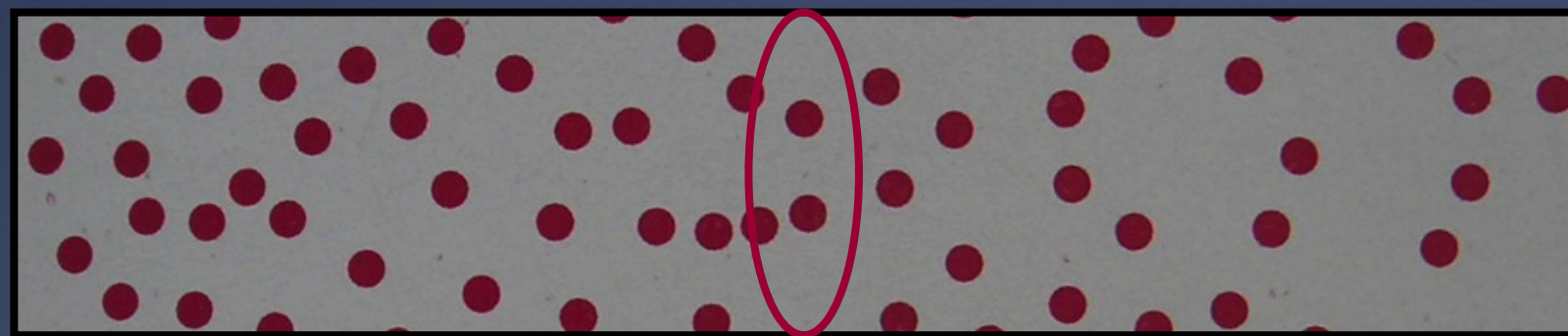
P1

P2

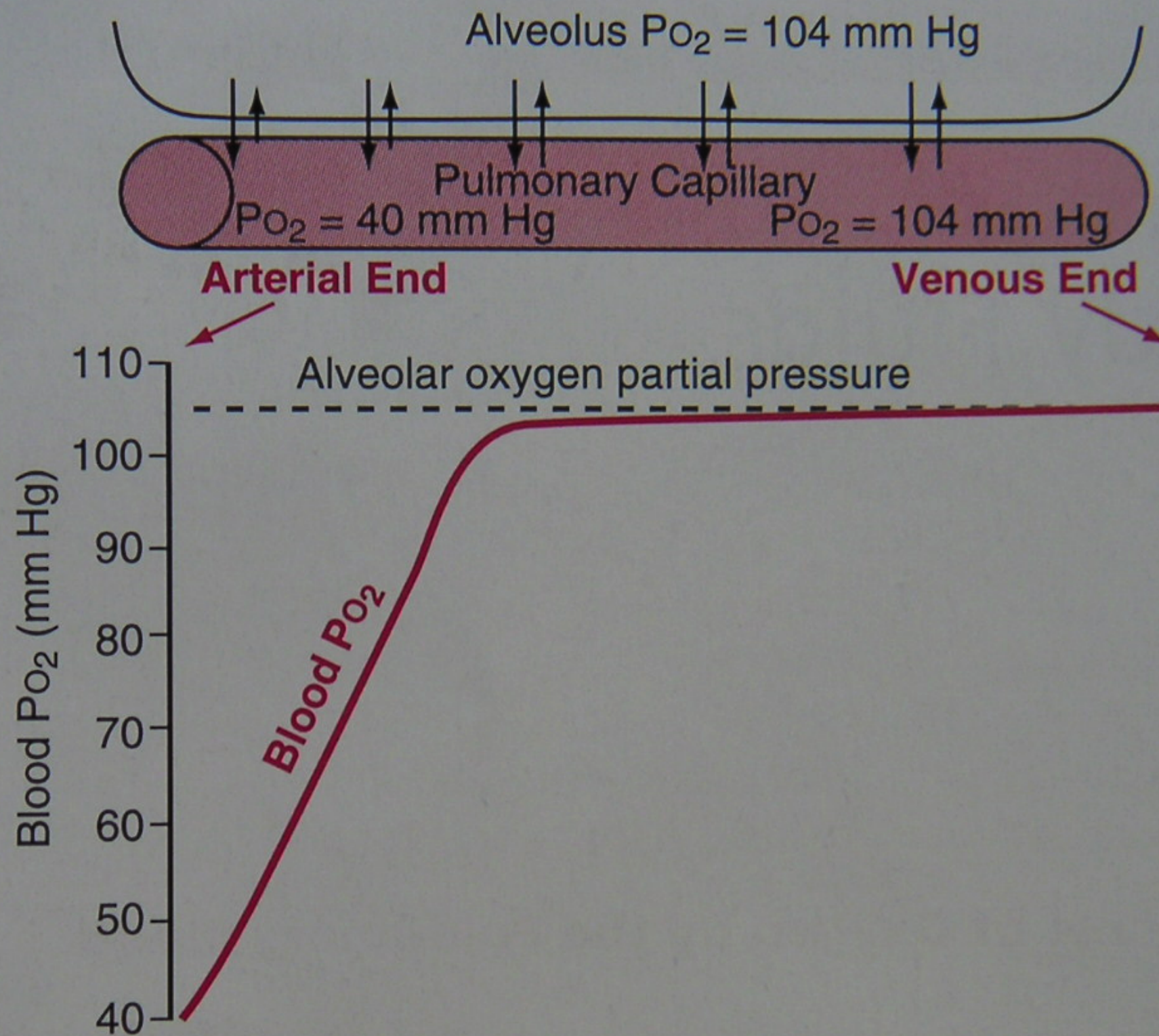


P1

P2



Dif. de presión, área de difusión,
distancia



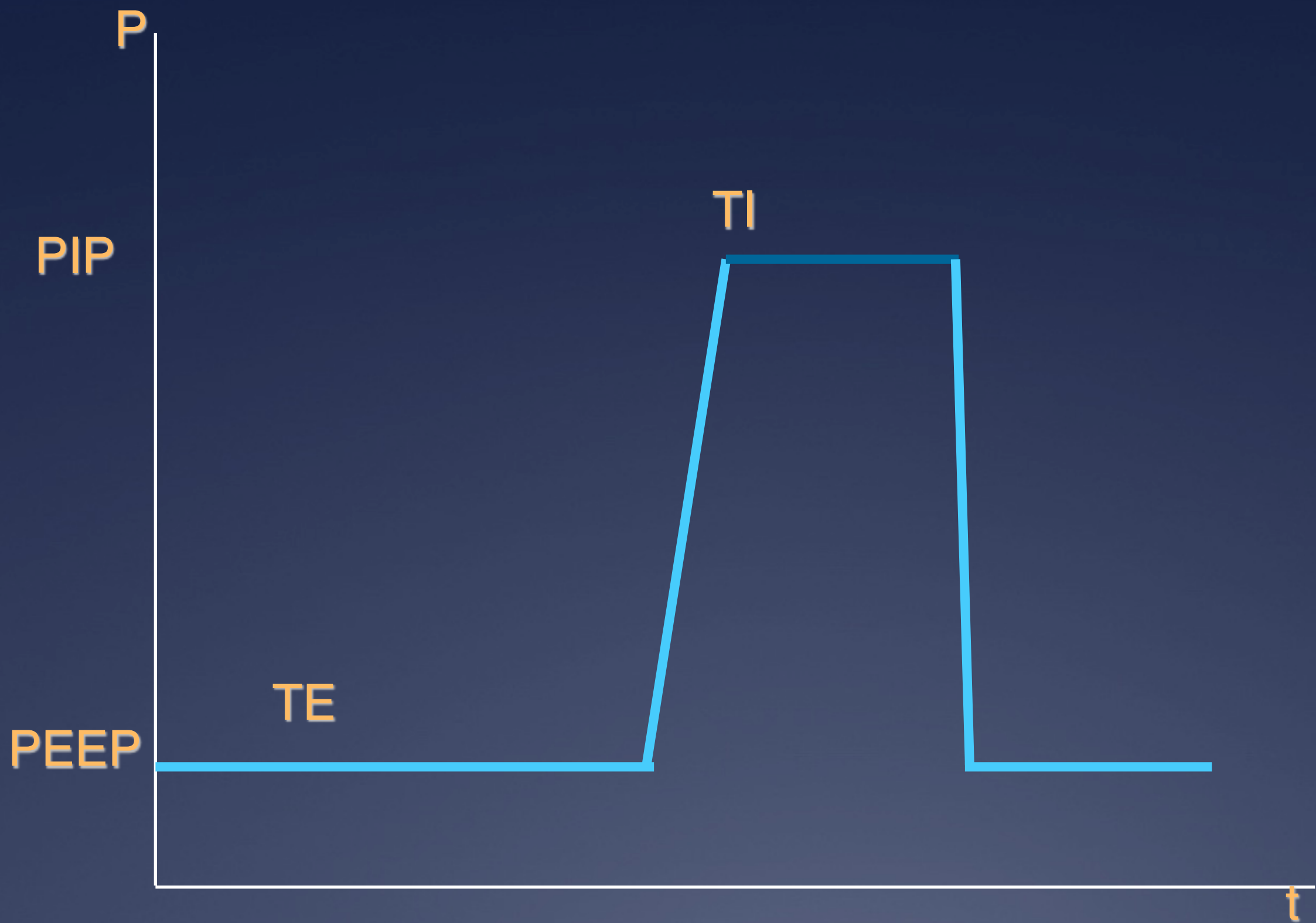
Incremento de la difusión

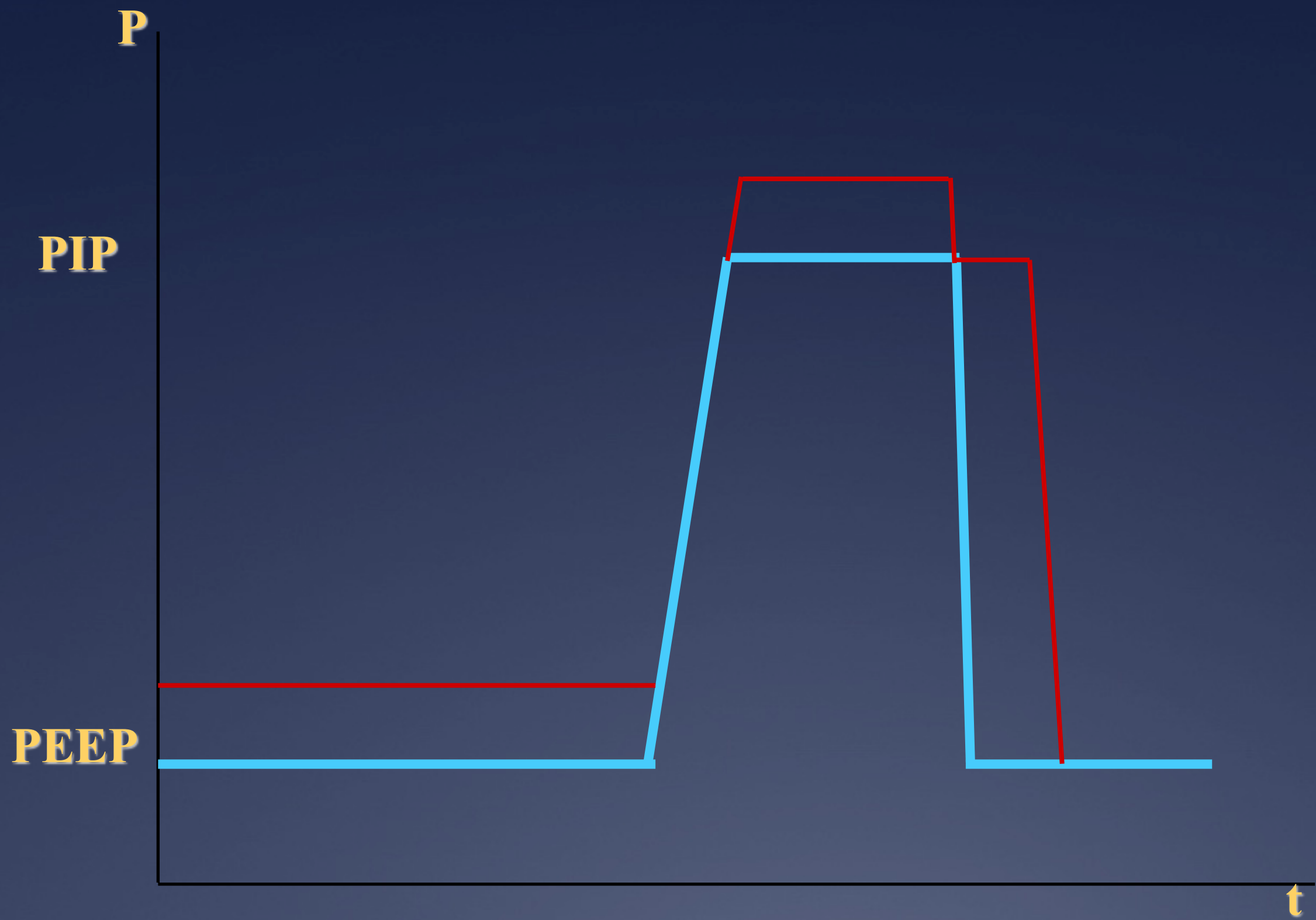
Presión  Area de difusión

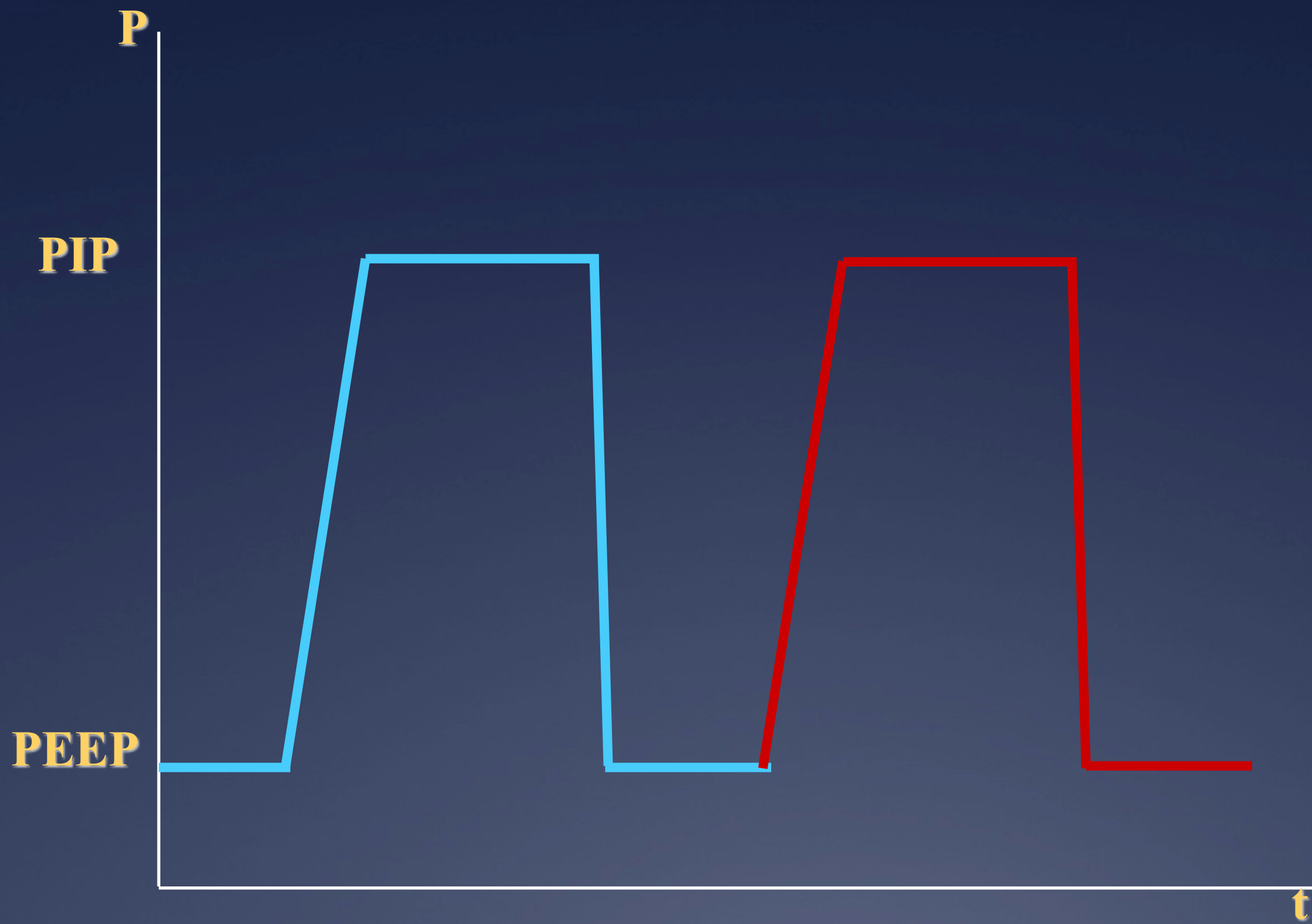
En ventilación convencional:

PIP y PEEP

$$\text{MAP} = \frac{(\text{PIP} \cdot \text{TI}) + (\text{PEEP} \cdot \text{TE})}{\text{TI} + \text{TE}}$$







Evaluación del intercambio de gases

Evaluación del intercambio de gases

Aa difference

AaDO₂

PAO₂ – PaO₂

a/A Ratio

a/A

PaO₂ / PAO₂

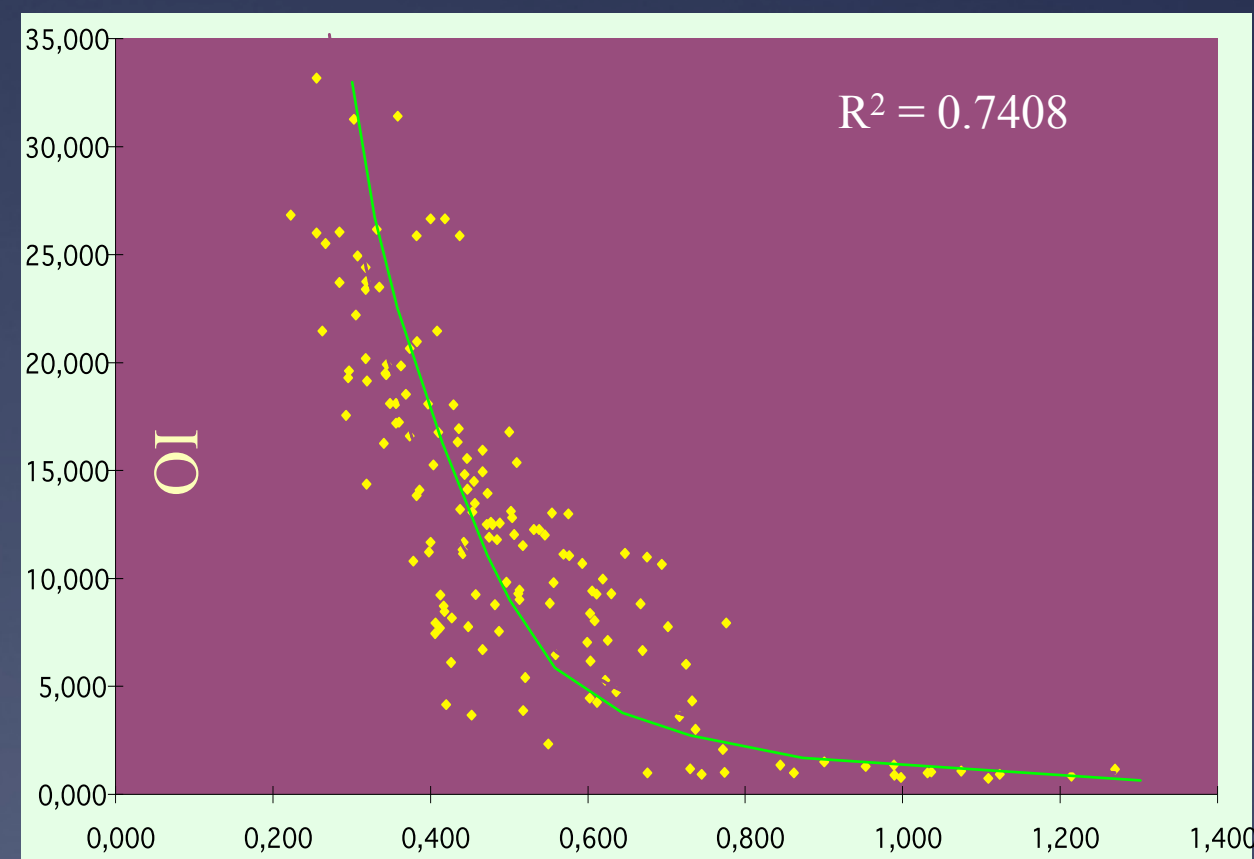
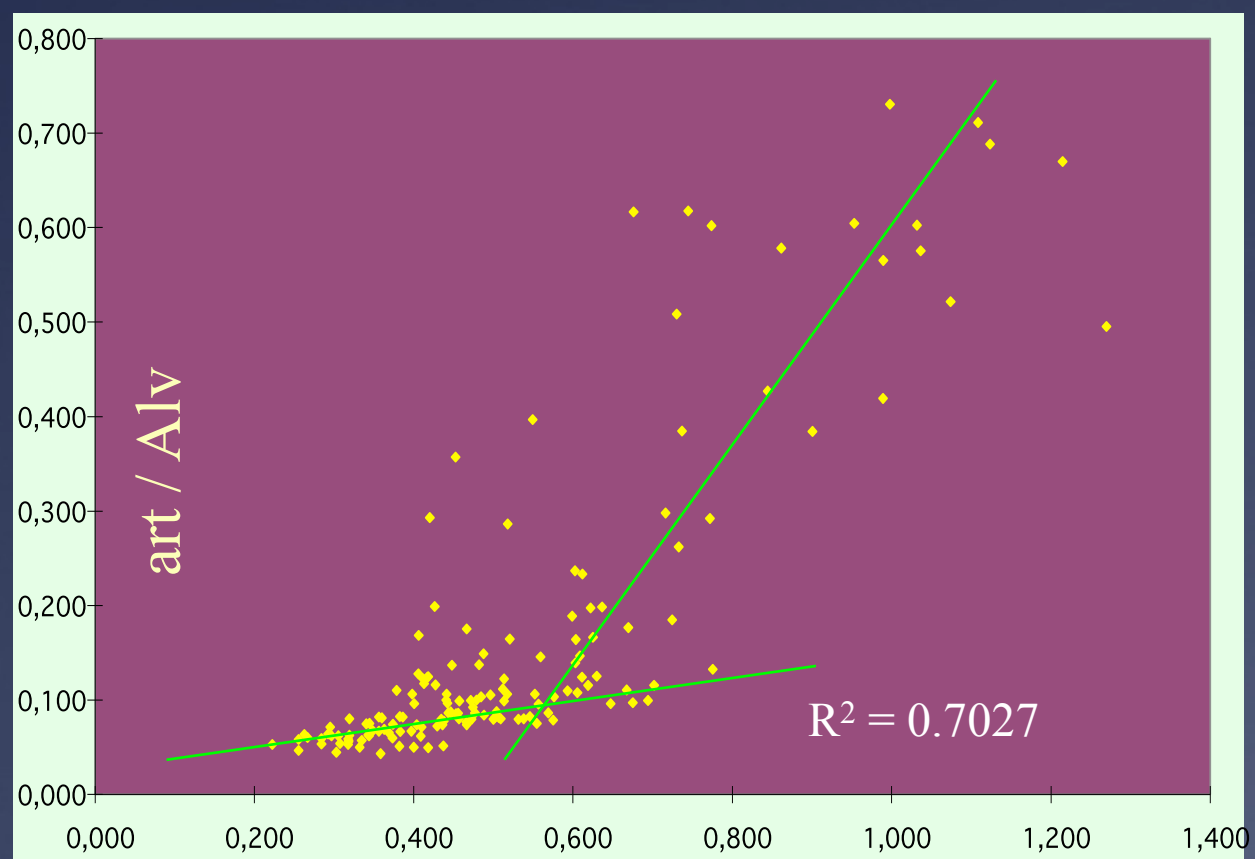
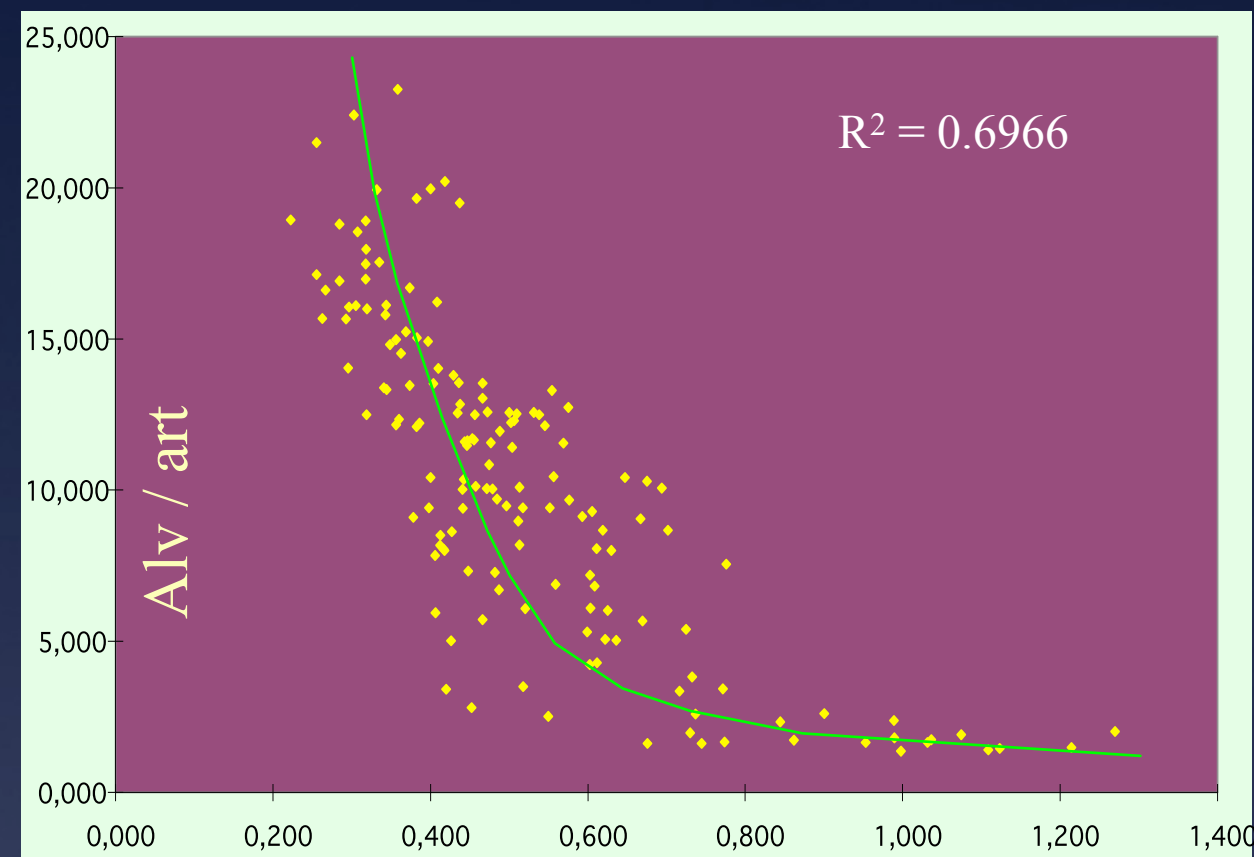
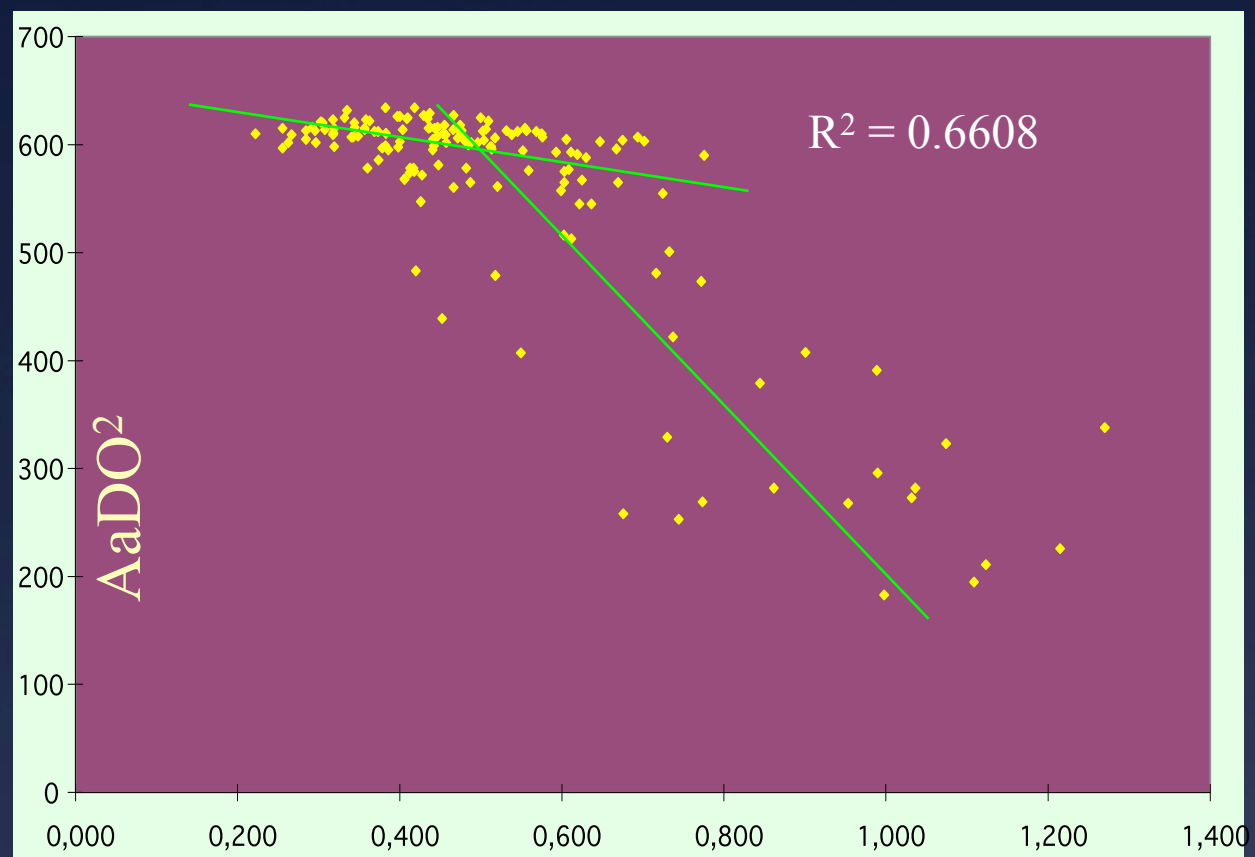
A/a Ratio

A/a

PAO₂ / PaO₂

Oxyg. Index OI

$$\frac{\text{MAP} \cdot \text{FIO}_2 \cdot 100}{\text{PaO}_2}$$



Compliance

S. Navarro-Psihas

Causas de la alteración del intercambio de gases

Causas de alteración en el intercambio de gases

- Hipoventilación
- Ventilation / perfusion mismatch
- Alteraciones de la difusión
- Shunts o corto circuitos

Aporte de oxígeno

Oxigenación como meta:

- Oxigenación = Saturación de O₂
- Oxigenación = O₂ disponible para la célula
- Oxigenación = Oferta de oxígeno

Transporte de oxígeno: Un dilema



En ausencia de eritrocitos

- A una presión parcial de 100 mmHg:
 - 100 ml de plasma transportan 0.3 ml de oxígeno
 - El gasto cardiaco tendría que ser de 80 l/min incluso con una extracción del 100%
 - ¡Hb incrementa el transporte de oxígeno 65 veces!

Transporte de oxígeno en sangre

1 g de Hb transporta un máximo de 1.34 ml de O₂

Si 100 ml de sangre contienen 15g hemoglobina

$$15 \times 1.34 = 20.1$$

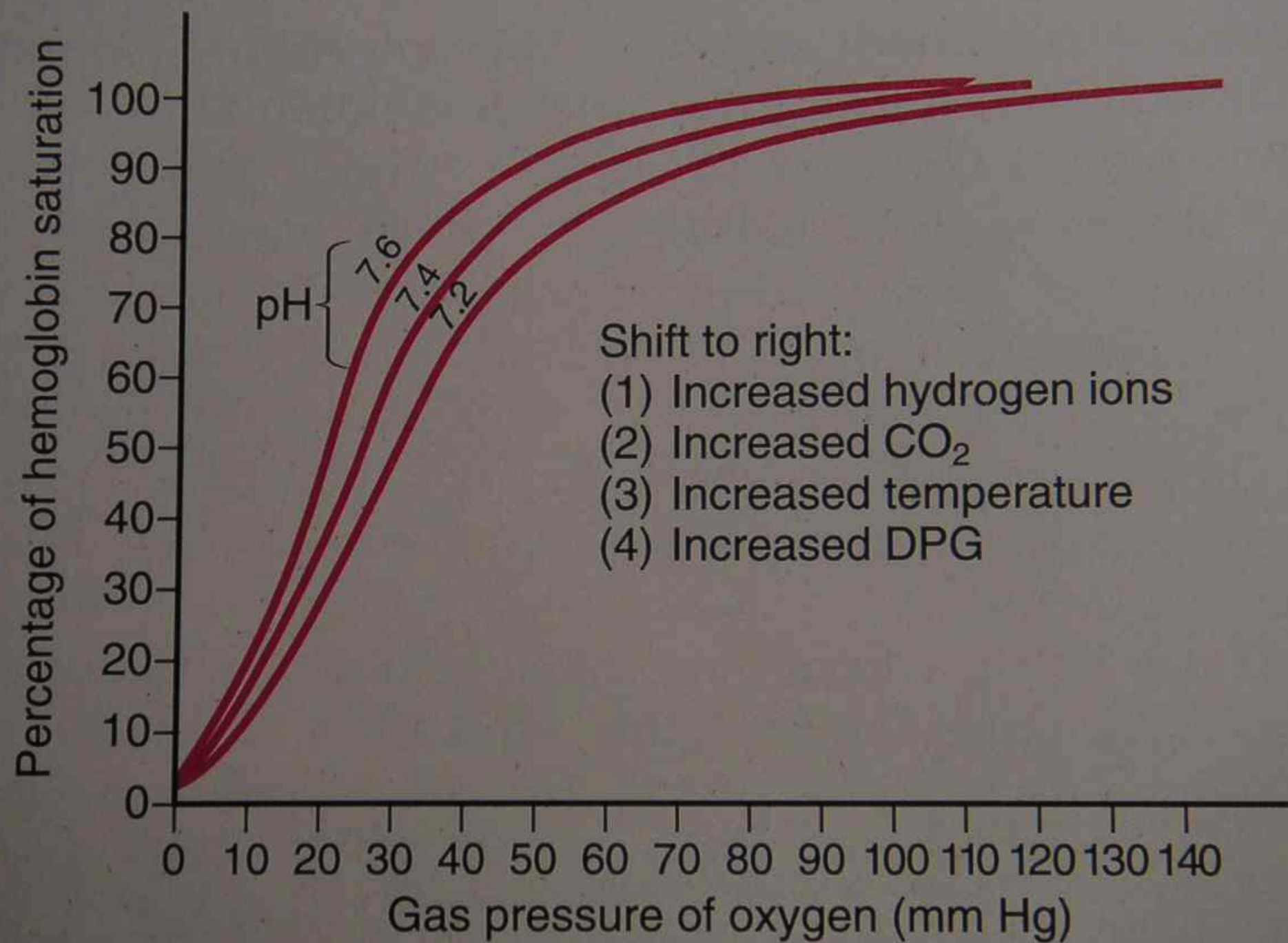
100 ml de sangre contienen: 20.1 ml de O₂

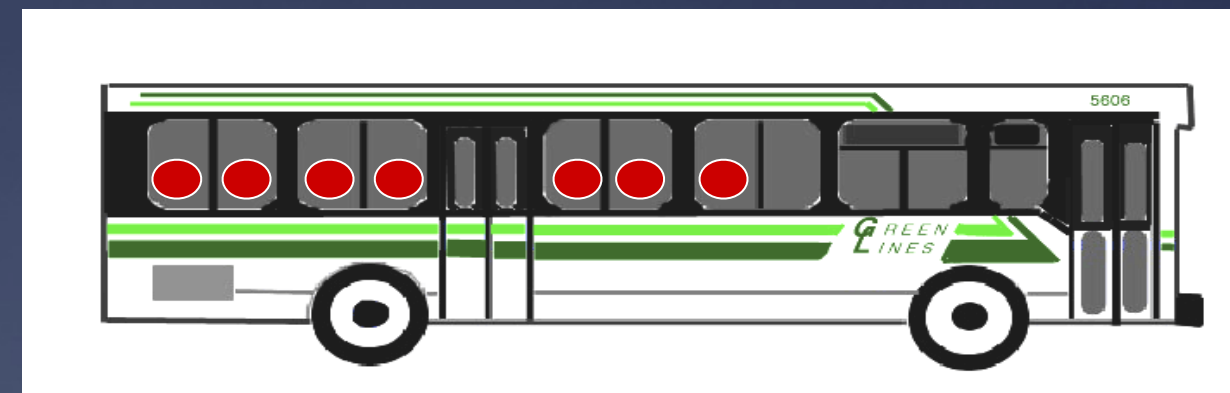
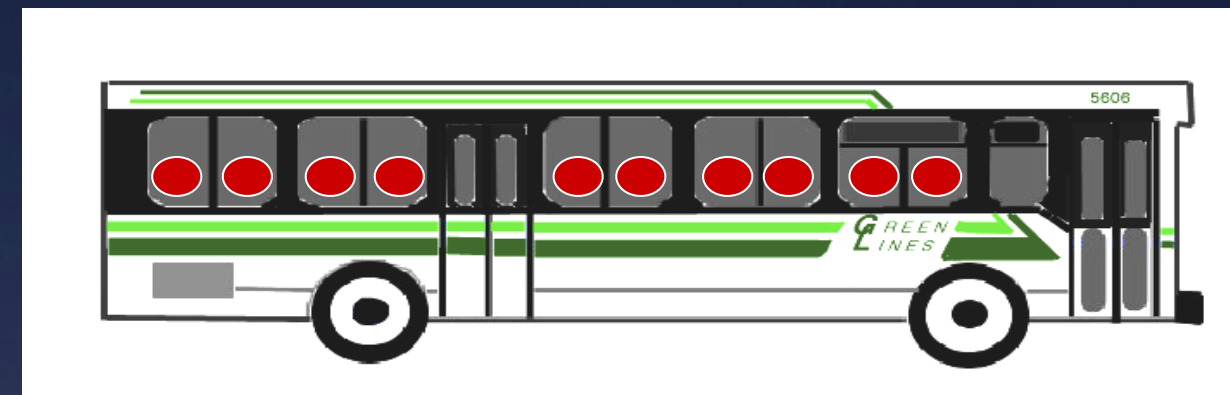
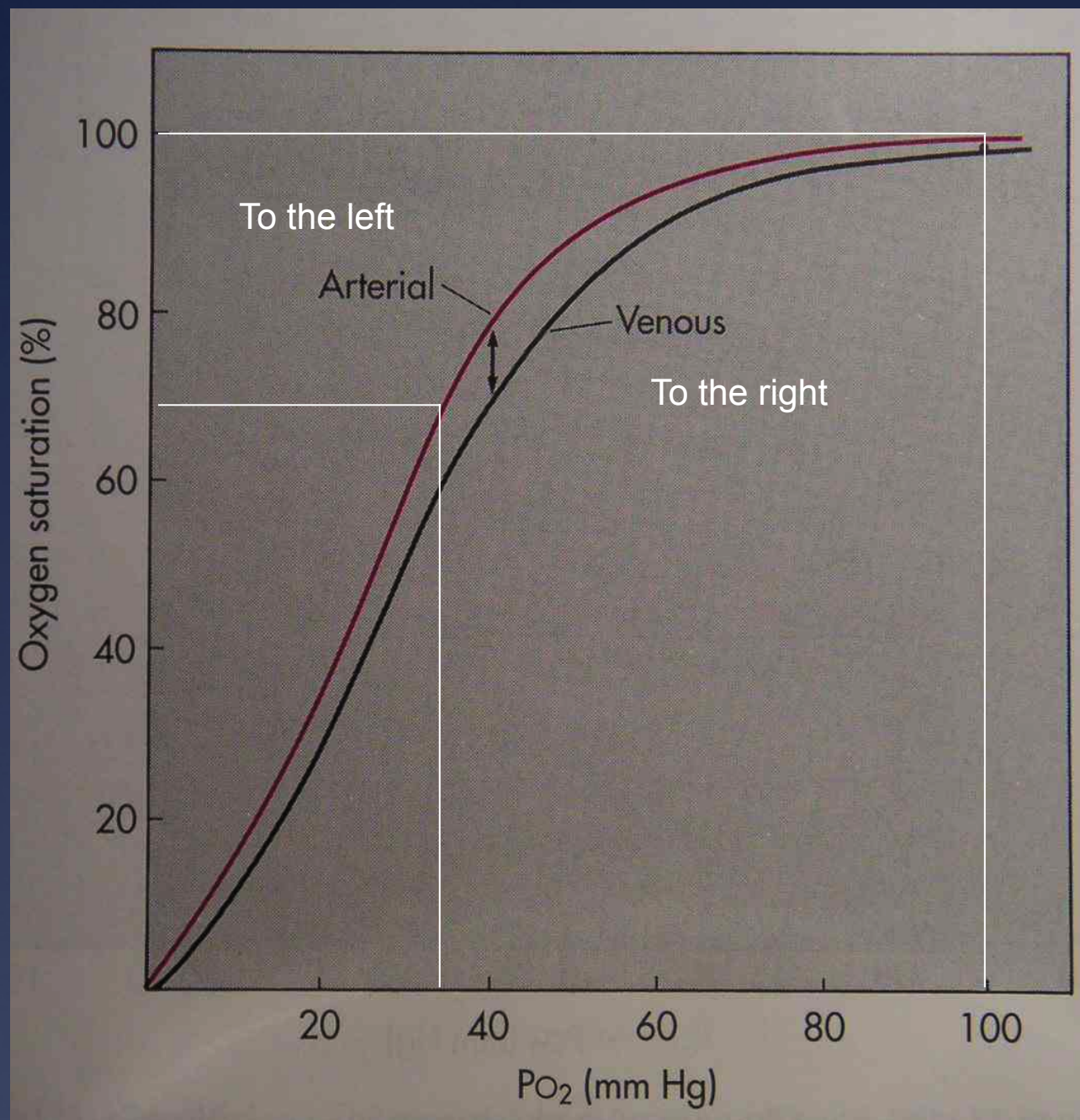
Contenido de O₂

Contenido de oxígeno

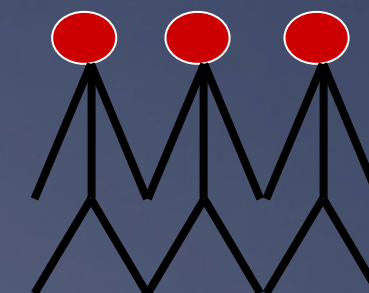
$$\text{Contenido de O}_2 = \text{Sat O}_2 \times \text{Hb}$$

Saturación de oxígeno

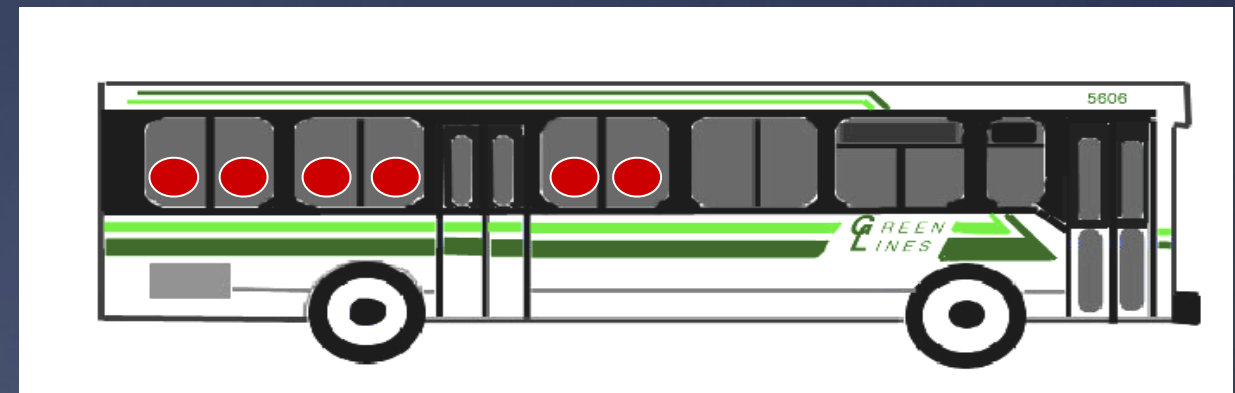
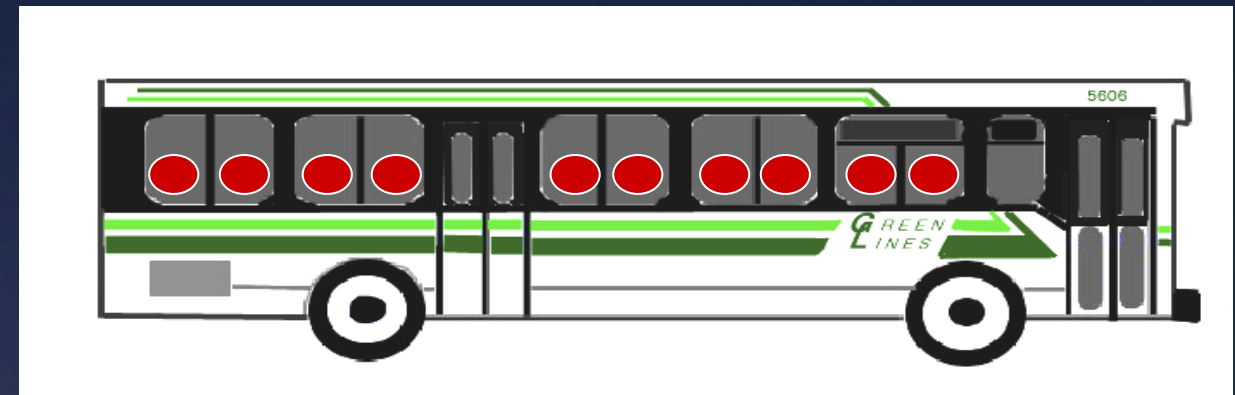
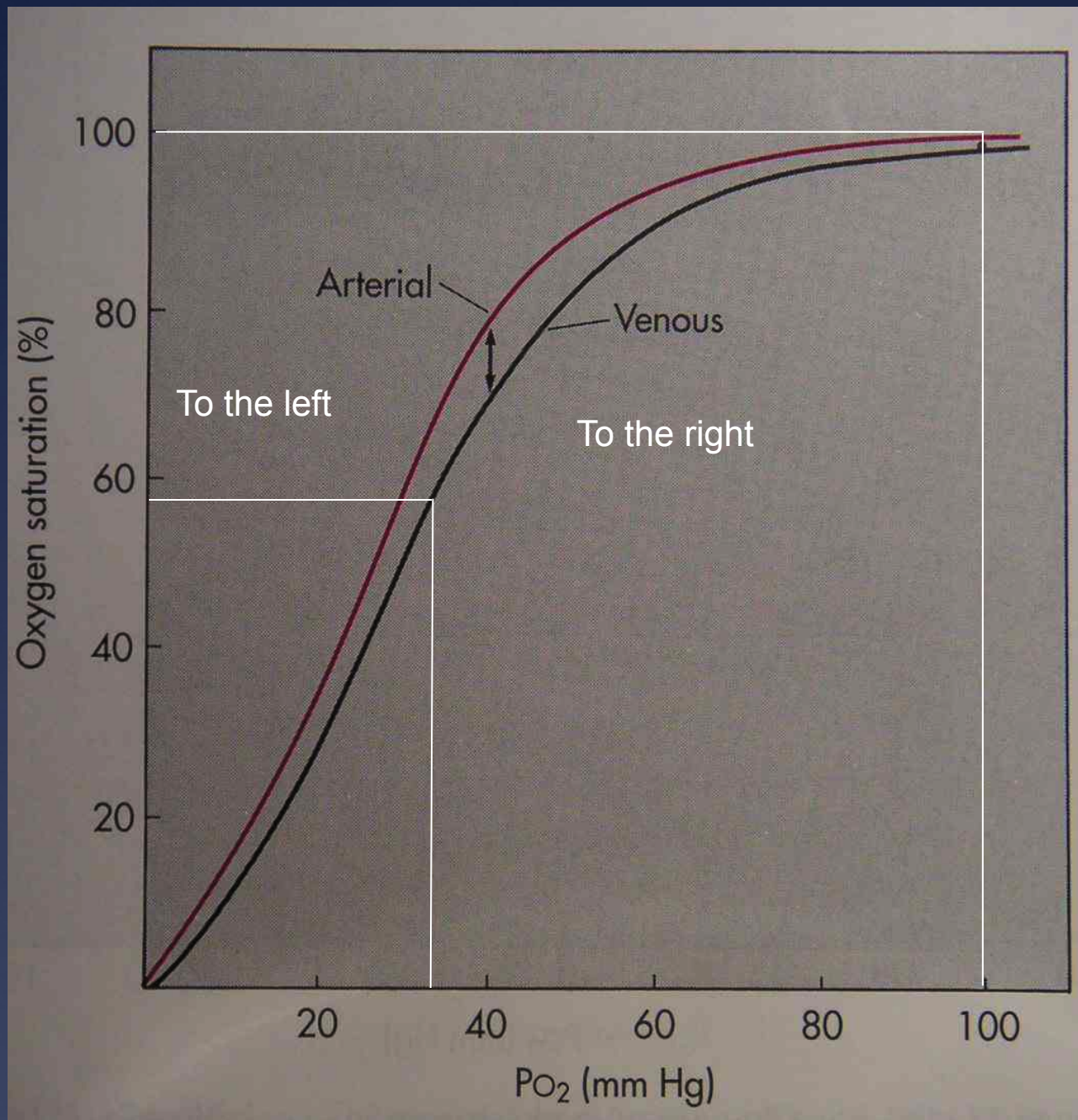




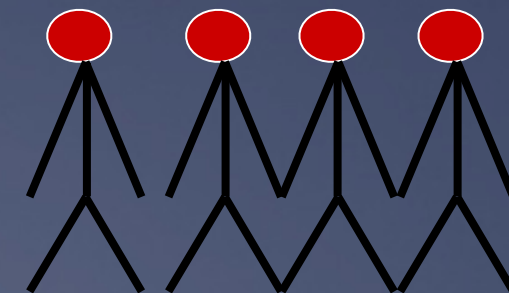
Oxygen extraction



S. Navarro-Psihas



Oxygen extraction



Contenido de oxígeno

$$\text{Contenido de oxígeno (CaO}_2\text{)} = \text{Hb} \cdot 1.34 \cdot \text{SaO}_2$$

Ejemplo:

Hb: 7g/dl SaO₂ 95%

$$\text{CaO}_2 = 7 \times 1,34 \times 0.95 = 9 \text{ ml/100 ml}$$

Incremento del aporte de oxígeno

Contenido de O₂ = Saturación x Hb x 1.34

Ejemplo: Hb: 10 SaO₂: 83%

20% del contenido de O₂ equivale a:

A) SaO₂: 83%  100%

B) Hb: 10  Hb: 12

Oferta de oxígeno

$$\text{Oferta de O}_2 = \text{Contenido de O}_2 \times \text{Gasto cardiaco}$$

$$\text{Contenido de O}_2 = \text{Sat O}_2 \times \text{Hb}$$

Aporte de oxígeno

Aporte de O₂ =

$$(DO_2) = CaO_2 \cdot CO$$

Ejemplo:

CaO₂: 20 ml/100ml CO: 50 dl/min

$$DO_2 = 20 \times 50 = 1000 \text{ ml}$$

Posibilidades de compensación

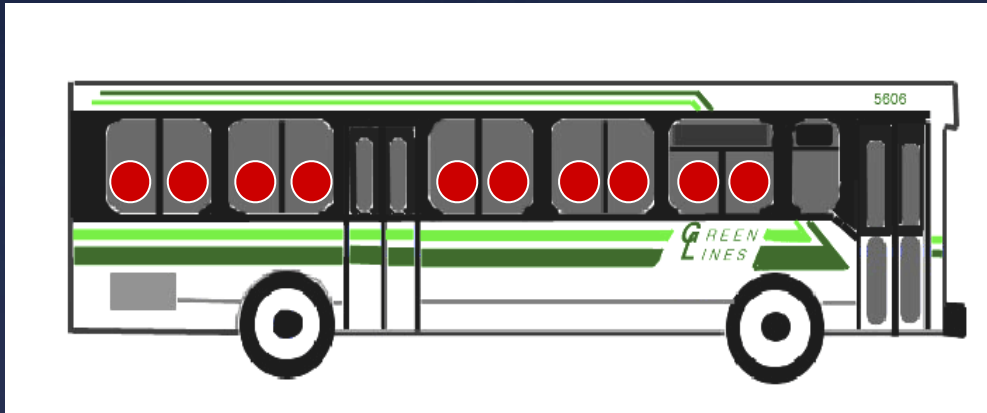
Contenido O2

$$\text{Oferta de O}_2 = \boxed{\text{Hb} \times \text{Sat O}_2} \times \text{Gasto C}$$

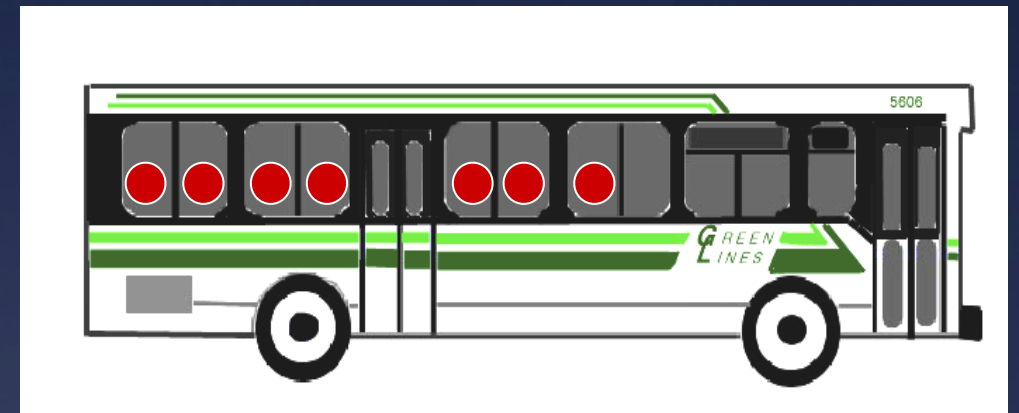
Evaluación de la oxigenación tisular

- Acidosis metabólica
- Producción de lactato
- Funcionamiento orgánico (riñón, corazón)
- Saturación venosa central
- Extracción de oxígeno

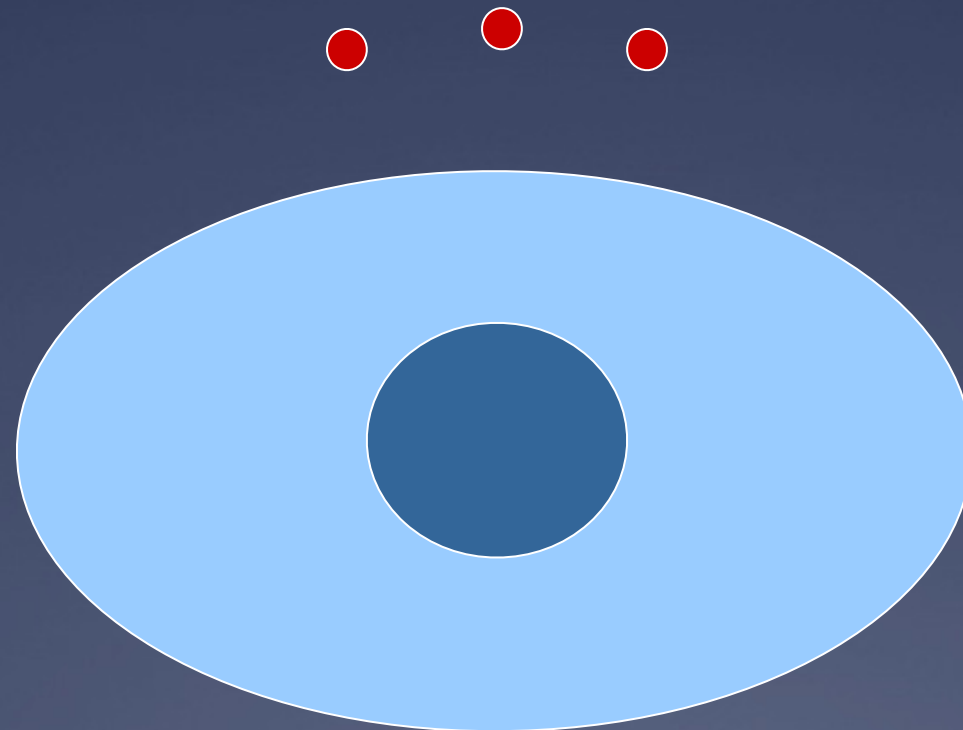
SaO2 = 100%



SaO2 = 70%



O2 extracción = 30%

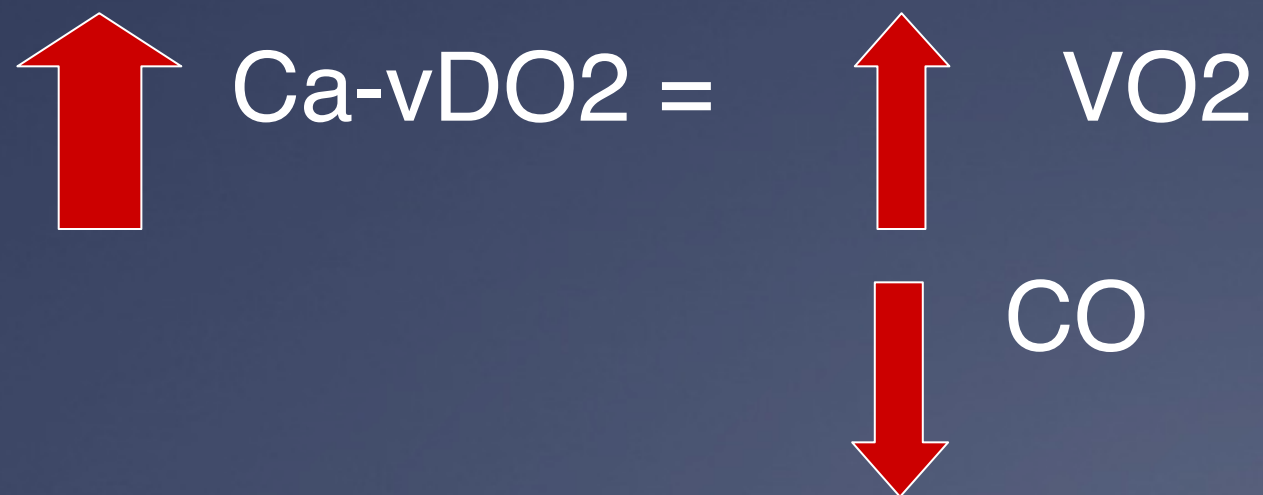


Consumo de oxígeno

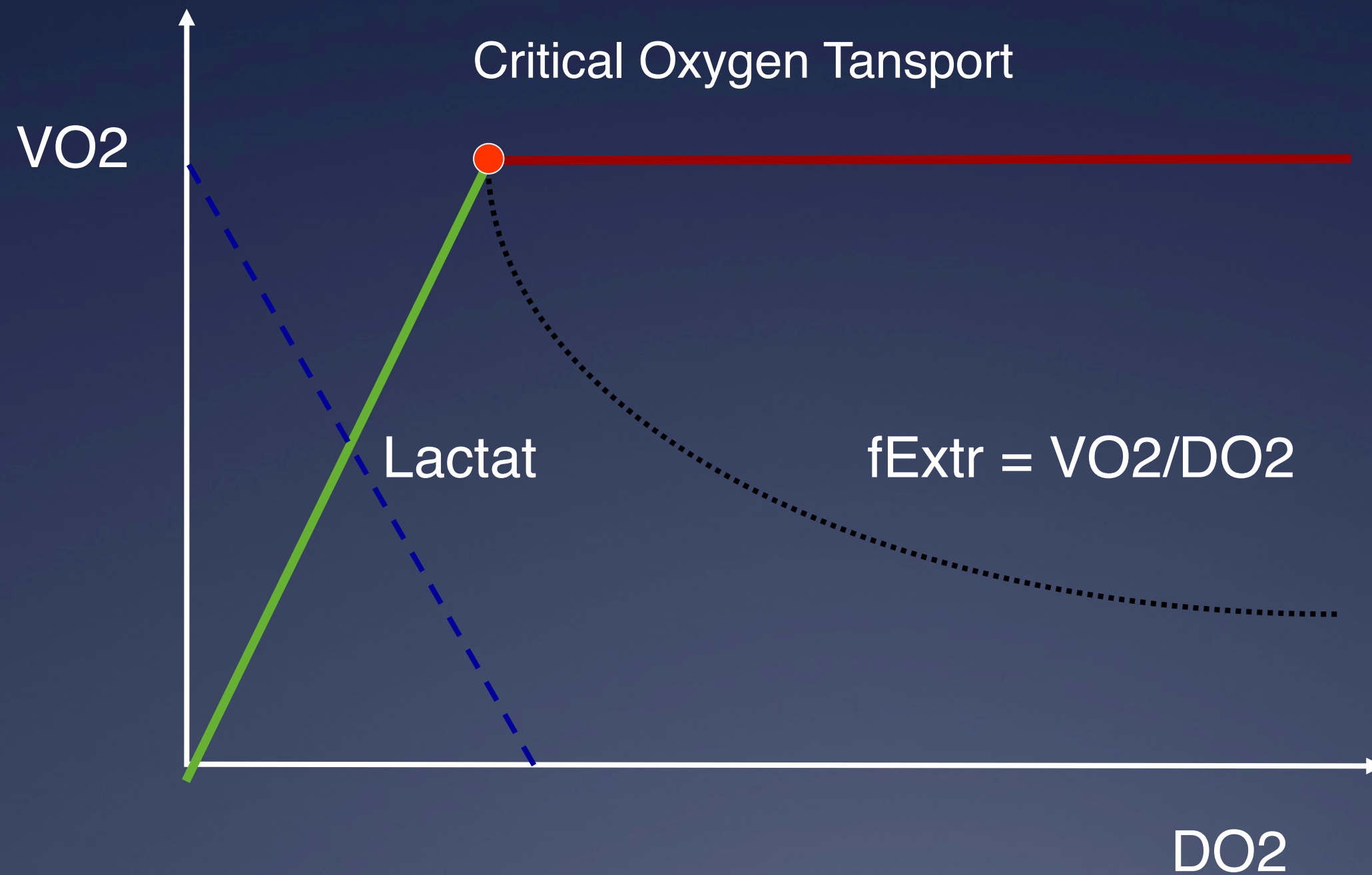
Consumo de O₂

$$VO_2 = (CaO_2 - CvO_2) \cdot CO$$

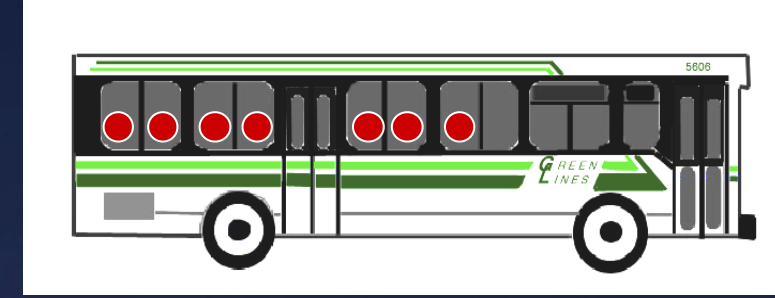
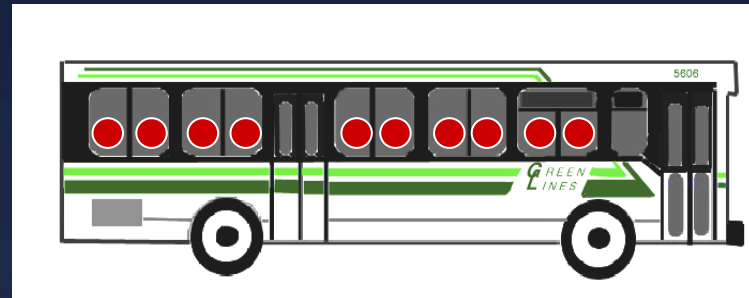
$$avO_2D = \frac{VO_2}{CO}$$


$$\uparrow Ca-vDO_2 = \frac{VO_2}{CO}$$

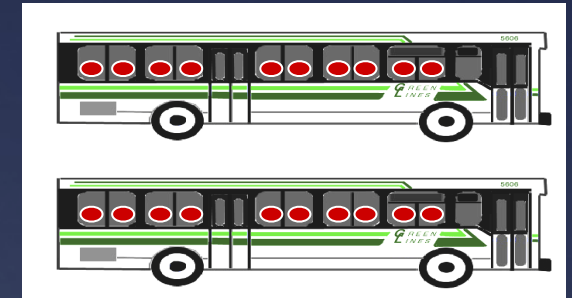
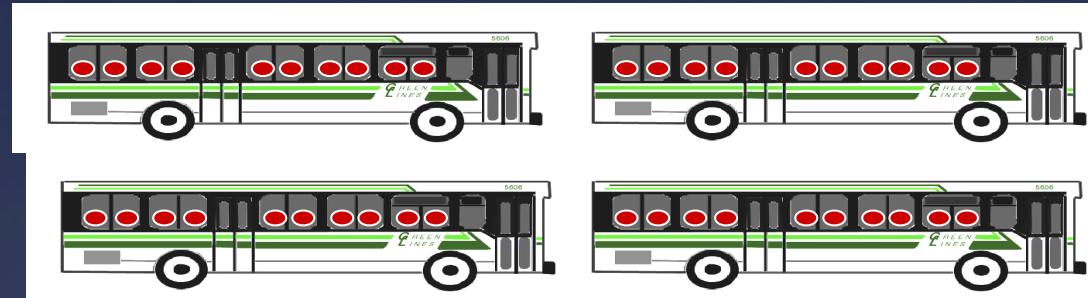
Transporte de oxígeno



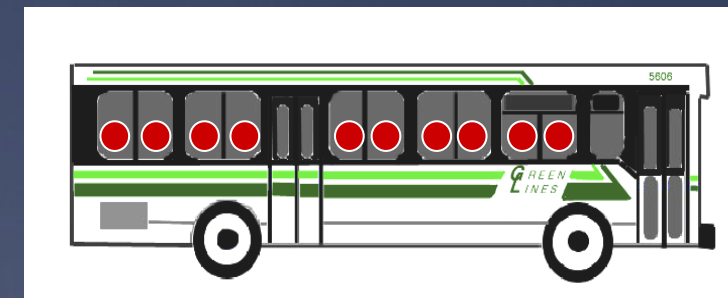
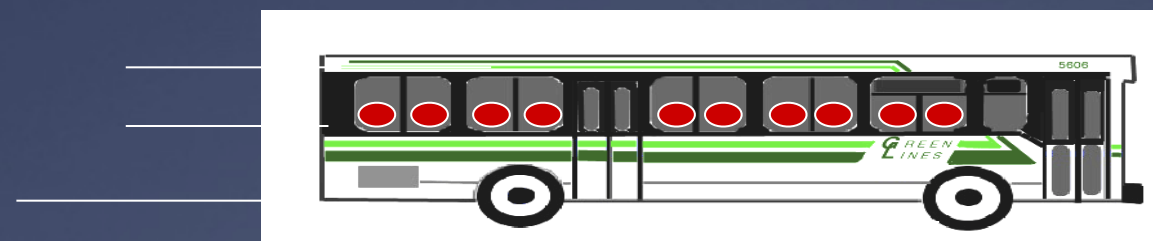
O₂-Saturation



Hb



CO



¡Gracias!