

## Lección 38.

- Ventilación alveolar.
- Espacio muerto anatómico.
- Medida de la ventilación alveolar.
- Espacio Muerto fisiológico
- Efectos de la gravedad y diferencias regionales en la ventilación.

Composición del gas en vías aéreas y alvéolos.

- Factores que modifican la composición del gas alveolar. (x2)

# Renovación del aire alveolar (intercambio) y composición

- VC o VT . Volumen corriente.
- .VD EMA. Espacio muerto anatómico.
- .VA . Volumen alveolar.
- .EA. Espacio alveolar.

## VD; EMA. Espacio muerto anatómico

$$VD = VC - VA = 500 - 350 \text{ ml} = 150 \text{ ml}$$

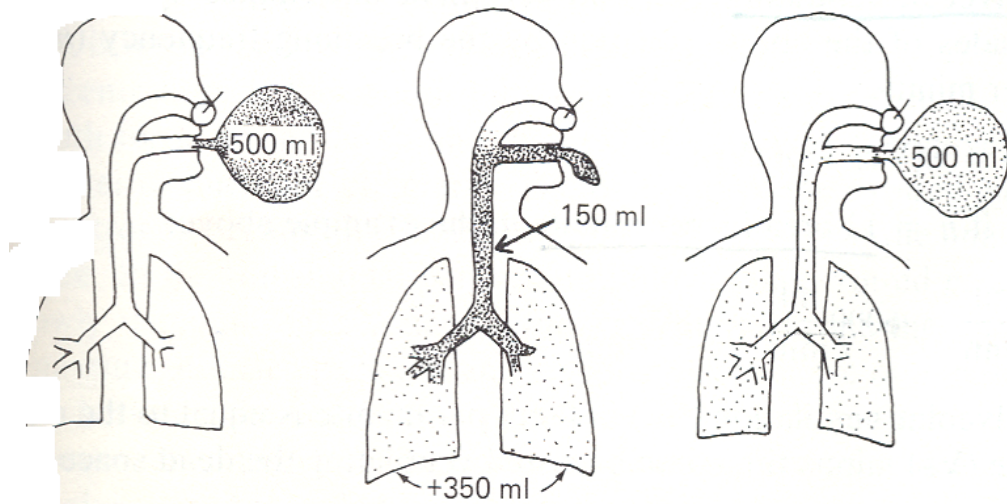
Modifica durante el ciclo ventilatorio

VA; Volumen alveolar: aire del VC que

ingresa en EA  $VA = VC - VD = 350 \text{ ml}$

EA ; Espacio alveolar: volumen de aire

en alvéolos  $EA \text{ a CRF} = \text{CRF} - VD$



.VD inspiración: 150ml aire inspirado (ext)

VD espiración : 150ml EA ó Aire alveolar

. El VC espirado : 150ml aire inspirado

350ml EA .

# Ventilación alveolar ( $\dot{V}_A$ )

$$\dot{V}_A = VA \times F_{ci} = 5250 \text{ ml/min}$$

$$\dot{V}_A = (VC - VD) \times 15$$

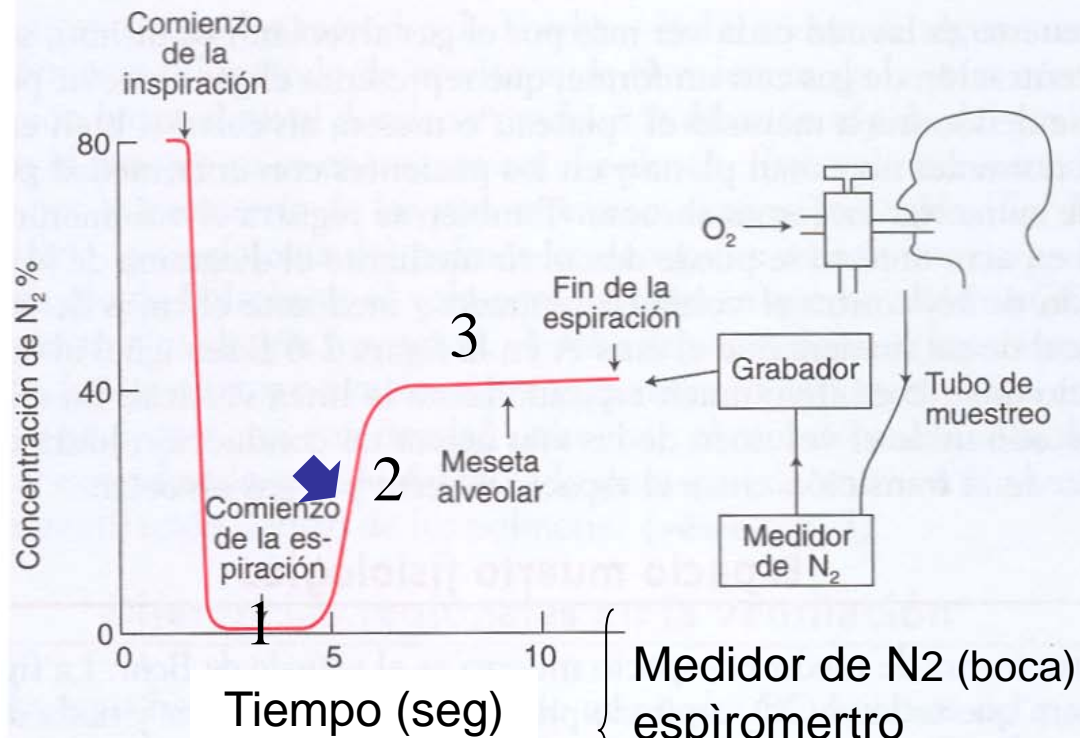
## Medida $\dot{V}_A$

VD? { Tablas  
método de Fowler

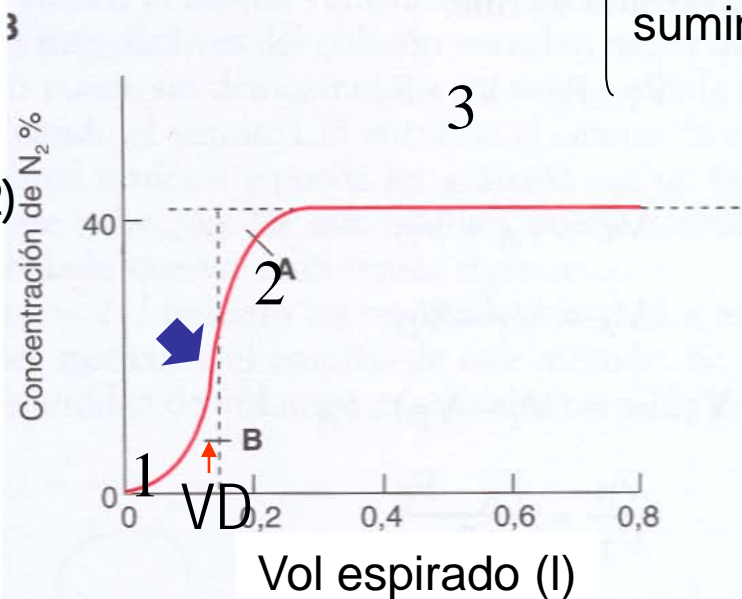
## Método de Fowler

- . Inspiración profunda 100% O<sub>2</sub> (0 N<sub>2</sub>)
- . Mantiene varios seg (equilibrio 60%O<sub>2</sub>)
- . Espiración profunda
- . Registro % N<sub>2</sub>: Fases 1, 2 y 3

VD = V<sub>esp</sub> a ½ fase 2  
o transicional



Medidor de N<sub>2</sub> (boca)  
espirometro  
suministro de O<sub>2</sub>



# Espacio muerto fisiológico (EMF)

Concepto funcional: Volumen Corriente que no interviene en el intercambio gaseoso

$$VC = VA_{\text{efect}} + EMF \quad \dots \text{ En cn} \quad \longrightarrow \quad EMA = EMF \quad (\text{todos los alvéolos bien perfundidos})$$

$$\longrightarrow \quad VMA_{lv} = 0$$

Medida del EMF (espacio que no produce CO<sub>2</sub>)

- Sólo se produce CO<sub>2</sub> en los alvéolos que intercambian  $\overline{V_{e \text{ CO}_2}} = VA_{\text{efect}} \text{ CO}_2$

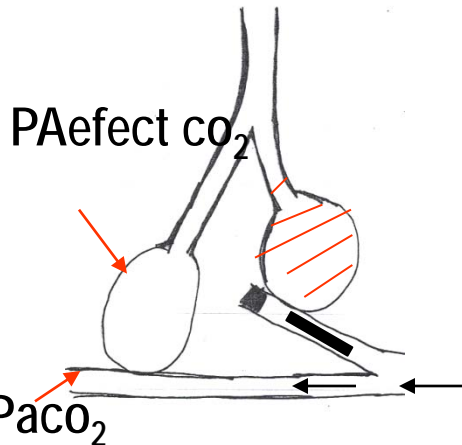
$$-F_{\text{CO}_2} = P_{\text{CO}_2} / P_t$$

$$-V_{\text{CO}_2} = V \times F_{\text{CO}_2}$$

$$\hookrightarrow Vc \times F_{\text{esp CO}_2} = VA_{\text{efect}} \times FA_{\text{efect CO}_2}$$

$$Vc = VA_{\text{efect}} + EMF$$

$$VA_{\text{efect}} = Vc - EMF$$



$$PA_{\text{efect CO}_2} = Paco_2$$

$$F = P_p / P_t$$

$$\text{Si } P_t = \text{cte}$$

$$F \propto P_p$$

$$Vc \times F_{\text{esp CO}_2} = (Vc - EMF) \times FA_{\text{efect CO}_2}$$

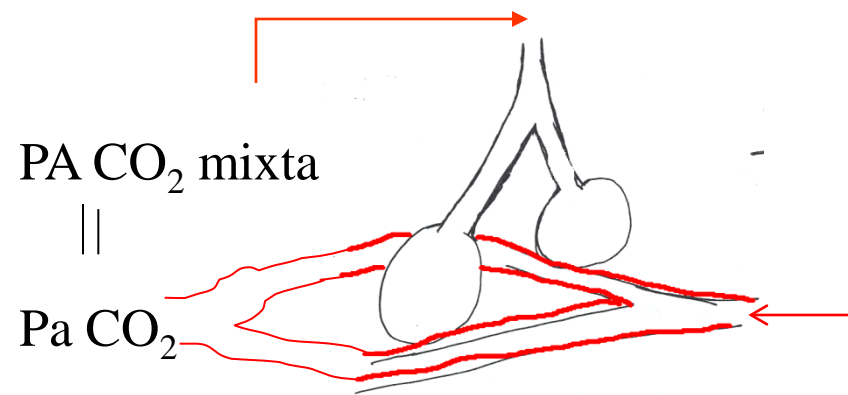
$$EMF / Vc = (FA_{\text{efect CO}_2} - F_{\text{esp CO}_2}) / FA_{\text{efect CO}_2}$$

$$= (PA_{\text{efect CO}_2} - P_{\text{esp CO}_2}) / PA_{\text{efect CO}_2}$$

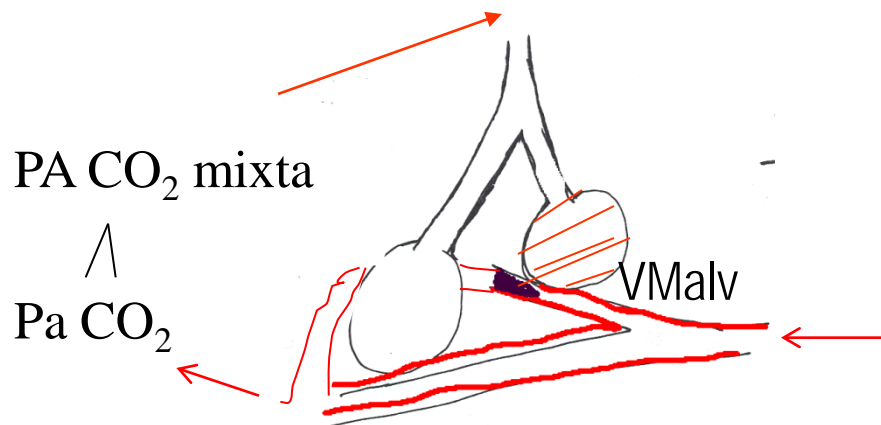
$$= (Pa_{\text{CO}_2} - P_{\text{esp CO}_2}) / Pa_{\text{CO}_2}$$

# Valoración del VMAlv: comparación de Pa CO<sub>2</sub> y PA CO<sub>2</sub> mixta

a) PA CO<sub>2</sub> mixta = Pa CO<sub>2</sub> → VMalv = 0 → EMF = VD



b) PA CO<sub>2</sub> mixta < Pa CO<sub>2</sub> → VMalv > 0 → EMF > VD



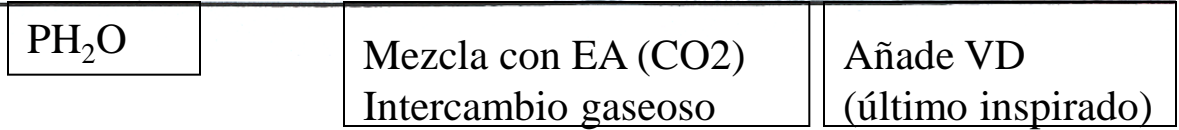
{ Pa CO<sub>2</sub> normal ↑  
PACO<sub>2</sub> ↓↓

# Modificación de la composición del gas desde exterior a alvéolos

**Tabla 39-1.** PRESIONES PARCIALES DE LOS GASES RESPIRATORIOS SEGUN ENTRAN Y SALEN DE LOS PULMONES (A NIVEL DEL MAR)

$P_p$	Aire atmosférico * (mm Hg)	F	Aire humidificado (mm Hg)	Aire alveolar (mm Hg)	Aire espirado (mm Hg)	
$N_2$	597.0	(78.62 %)	563.4	(74.09 %)	566.0	(74.5 %)
$O_2$	159.0	(20.84 %)	149.3	(19.67 %)	104.0	(13.6 %)
$CO_2$	0.3	(0.04 %)	0.3	(0.04 %)	40.0	(5.3 %)
$H_2O$	3.7	(0.50 %)	47.0	(6.20 %)	47.0	(6.2 %)
TOTAL	760.0	(100.00 %)	760.0	(100.00 %)	760.0	(100.00 %)

Incorporación nuevos componentes  
modificación de proporciones



## Composición del gas alveolar

.depende de fase ciclo ventilatorio

.Otros factores:

- EA: volumen composición
  - $\dot{V}_A$
  - Composición aire inspirado
- $\left\{ \begin{array}{l} \circ \dot{V}_{CO_2} \\ \circ \dot{V}_{O_2} \end{array} \right.$

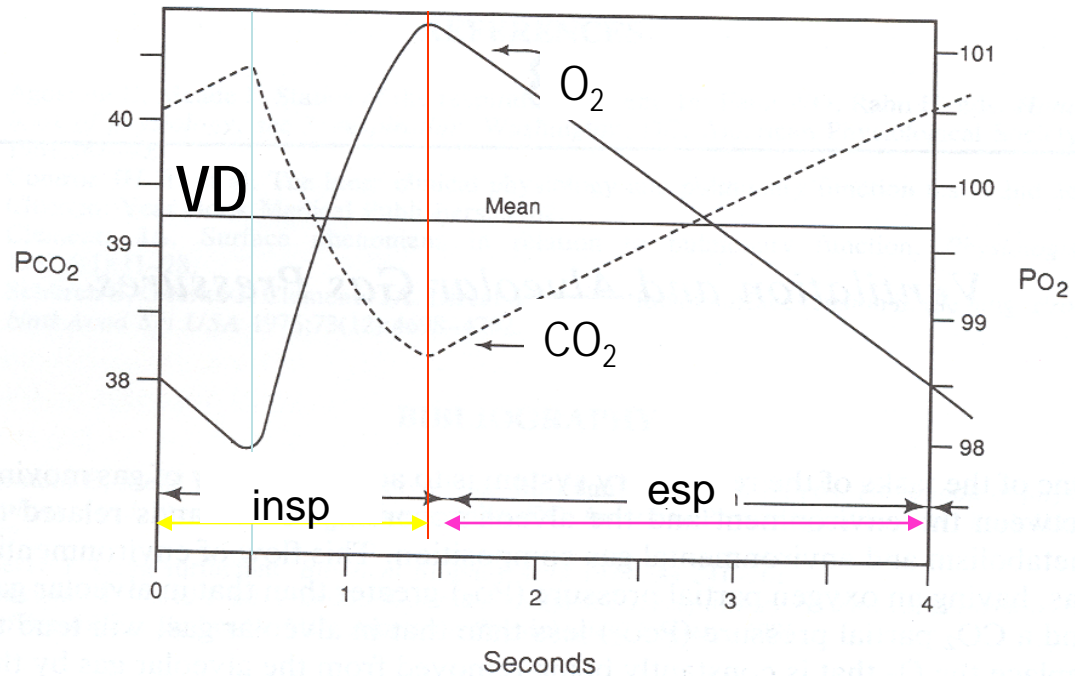


FIG. 1-9

## PACO<sub>2</sub>, V̇<sub>A</sub> y V̇<sub>CO<sub>2</sub></sub>

$$PACO_2 \propto \frac{V \dot{CO}_2}{V \dot{A}}$$

## PAO<sub>2</sub>, V̇<sub>A</sub> y V̇<sub>O<sub>2</sub></sub>

$$PAO_2 \propto \frac{V \dot{A}}{V \dot{O}_2} \quad \text{Limitante } PIO_2$$

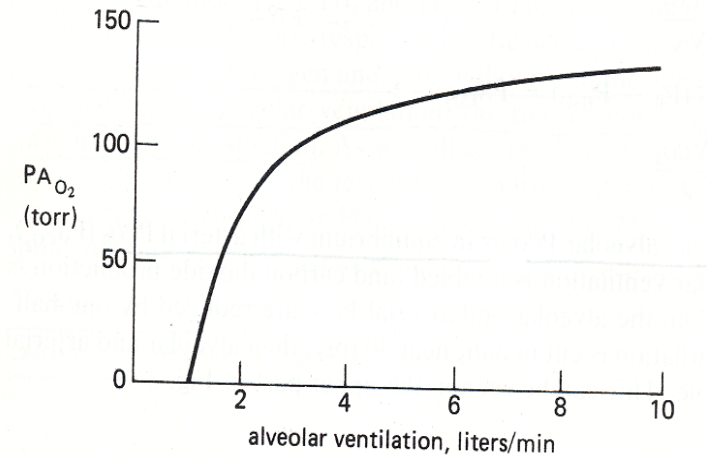
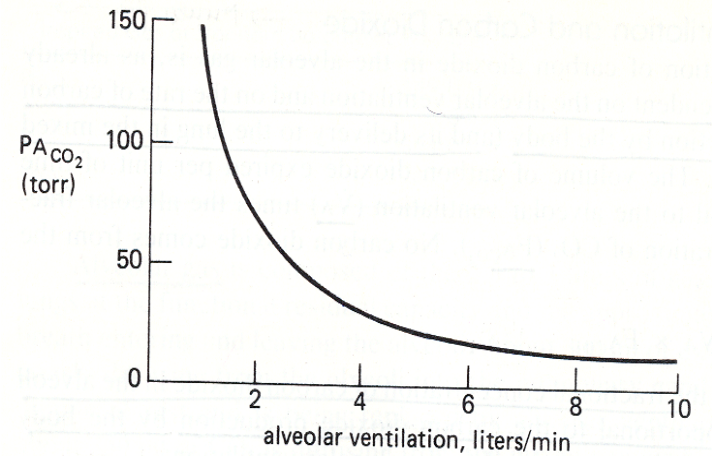
$$PAO_2 = PIO_2 - PACO_2 \left[ FiO_2 + \frac{1 - FiO_2}{R} \right] \quad R = \frac{V \dot{CO}_2}{V \dot{O}_2}$$

$$\text{Si } R = 1 \rightarrow \left[ FiO_2 + \frac{1 - FiO_2}{R} \right] = 1$$

$$\rightarrow PAO_2 = PIO_2 - PACO_2 \rightarrow PAO_2 < PIO_2$$

### Conclusiones:

$$\downarrow \dot{V}_A \rightarrow \begin{cases} \downarrow PAO_2 \\ \uparrow PACO_2 \end{cases} \quad \uparrow \dot{V}_A \rightarrow \begin{cases} \uparrow PAO_2 \\ \downarrow PACO_2 \end{cases}$$



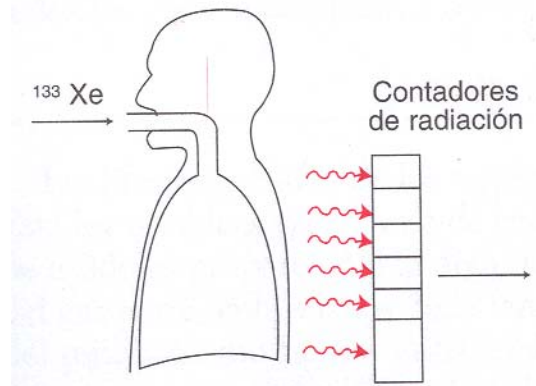


# Distribución regional de la VA

VA No homogénea

## Prueba del $^{133}\text{Xe}$

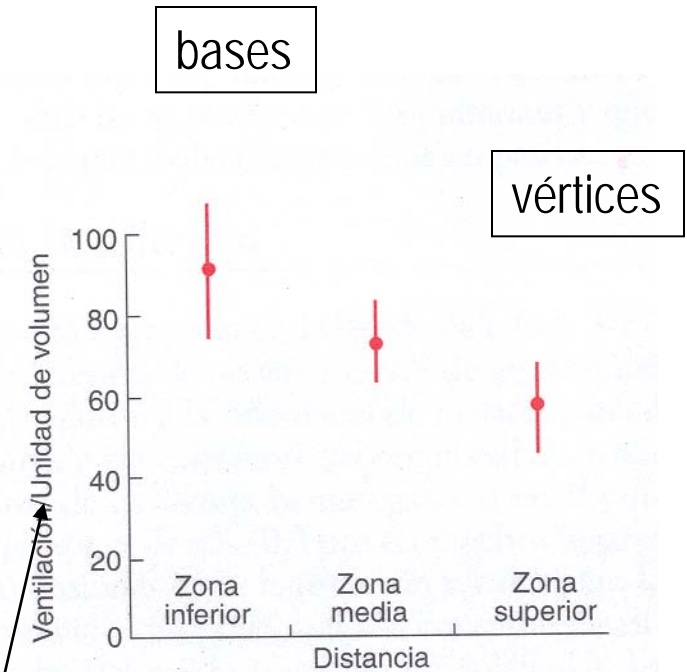
- Inspiración de pie
- pantallas



-Ppl distinta → dist PTM → dist Vol de alvéolos  
Gravedad (peso pulmón)

-  $\Delta V / \Delta \text{PTM}$  no lineal (compliance)

acumulación  $^{133}\text{Xe}$   
(ventilación relativa)





# Ventilación en distintas unidades alveolares a distintos volúmenes pulmonares

**VR**

Ppl      PTM      V. alvéolo

Vértices

Bases



Al inspirar

$\Delta P \rightarrow \Delta V$  distinto  $\rightarrow \Delta V / \Delta P$  (distinta pte)

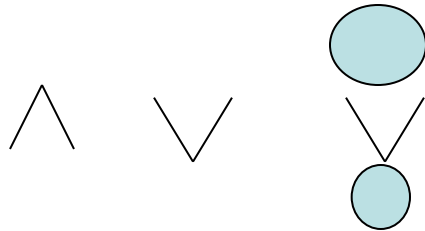
$\Delta V$  Vértice  $>$   $\Delta V$  bases

**CRF**

Ppl      PTM      V. alvéolo

Vértices

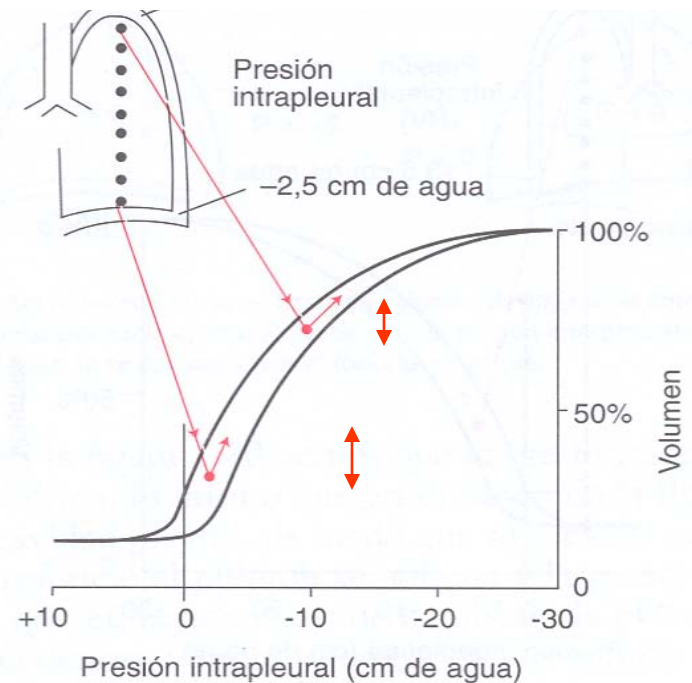
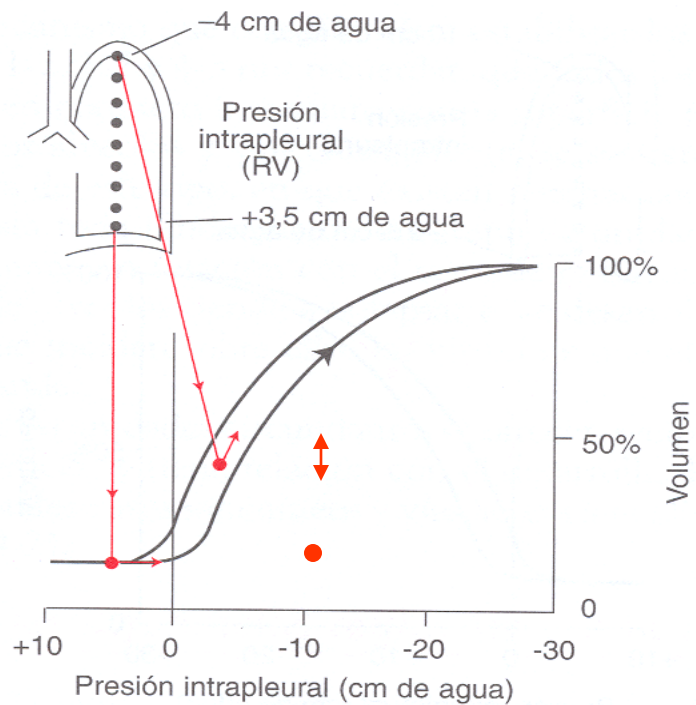
Bases



Al inspirar

$\Delta P \rightarrow \Delta V$  distinto  $\rightarrow \Delta V / \Delta P$  (distinta pte)

$\Delta V$  Vértice  $<$   $\Delta V$  bases



# Conclusiones VR → CPT

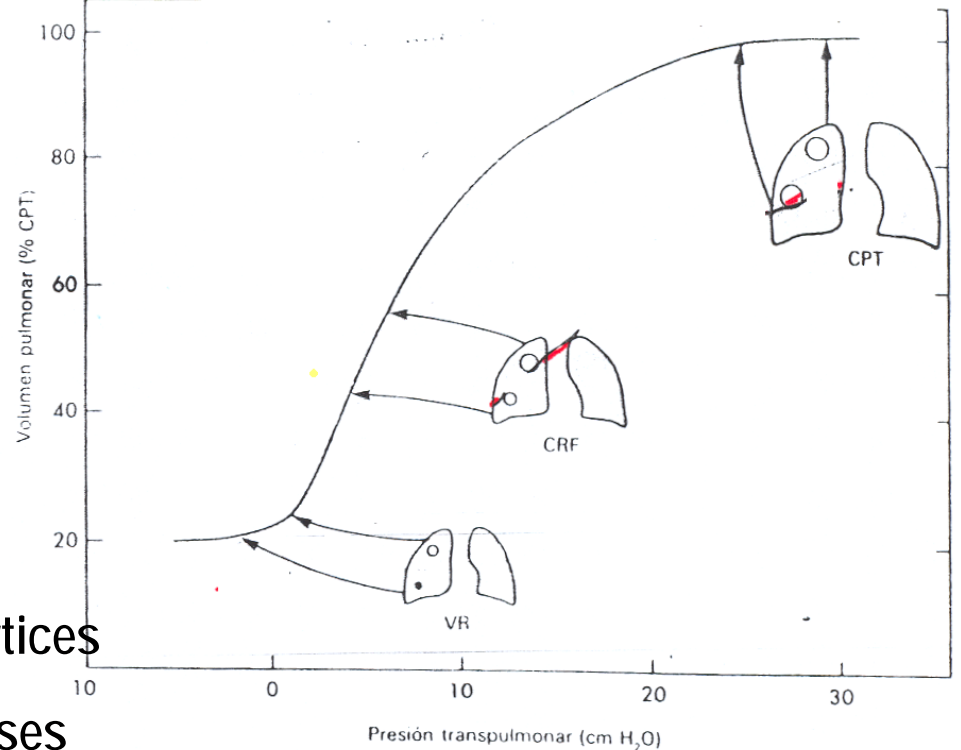
## 1.- Orden de llenado:

- 1) vértices y descolapso bases
- 2) bases > vértices ( CRF)
- 3) bases y vértices

## 2.- Renovación bases > vértices

3.- Enfisema → (↑ RVA) → vent vértices

Fibrosis → (↓ RVA) → vent bases



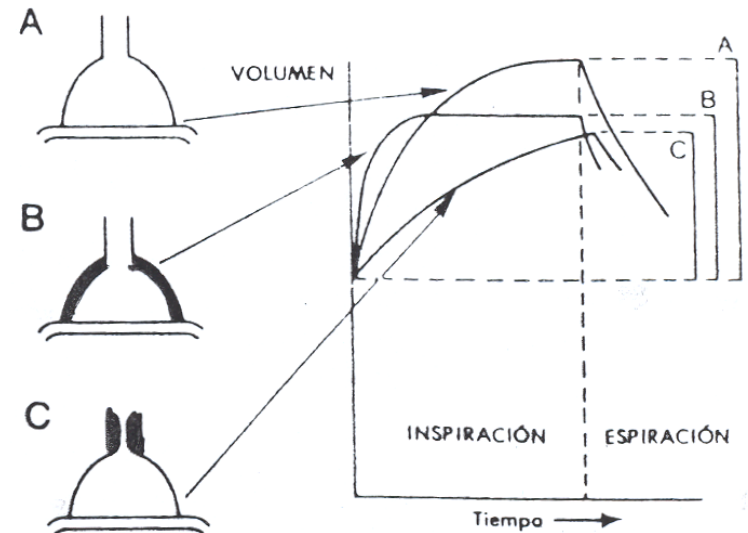
## Distribución regional en función de las características de las unidades respiratorias

**fibrosis**

{ Vías abiertas, llena fácil pero poco

**obstrucción**

{ Vías cerradas, llena pero lentamente



# Volumen de cierre

-Volumen pulmonar al que comienzan a cerrarse los alvéolos

-Método de Fowler:

-Inspiración con 100%O<sub>2</sub> desde VR

-Alvéolos de bases más renovados que vértices (>%O<sub>2</sub>)

-Fase meseta (III) sale aire alveolar de bases y vértices

-Fase pendiente (IV) comienza el cierre de bases y sigue saliendo aire de vértices (<%O<sub>2</sub>)

