

Equilibrio Ácido - Base

OBJETIVOS

- ❑ Comprender la importancia de mantener los valores de pH dentro del rango normal
- ❑ Analizar los diferentes mecanismos de regulación que permiten mantener el equilibrio ácido-base
- ❑ Interpretar los diferentes parámetros de laboratorio que aportan información a cerca del estado ácido-base
- ❑ Reconocer los diferentes trastornos del equilibrio ácido-base
- ❑ Aplicar los conocimientos adquiridos a la resolución de problemas

Producción de ácidos y bases

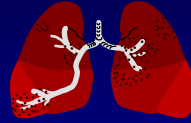
- Ácido volátil (15-20 moles/día) → CO_2 ↑
- Ácidos no volátiles (150-200 mEq/día):
 - Láctico
 - Cetoácidos
 - Sulfúrico (met, cys)
 - Clorhídrico (lys, arg, his)
 - Fosfórico
- Bases (100 mEq/día)
 - HCO_3^- (citrato)
 - Alcali (glu, asp)

DIETA

- pH intracelular = 6.9 – 7.3
- pH sangre arterial = 7.4
(Rango normal: 7.35 -7.45)
- pH compatible = 6.8 – 8.0

1) Sistemas Amortiguadores o Buffers

2) Control respiratorio



3) Regulación renal



1) Sistemas Amortiguadores
($AH \longleftrightarrow A^- + H^+$)

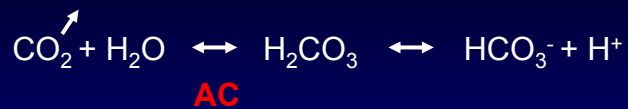
Extracelulares

- Sistema $HCO_3^- - H_2CO_3$
- Proteínas
- Fosfatos $HPO_4^{2-} - H_2PO_4^-$

1) Sistemas Amortiguadores Intracelulares

- ❑ Amortiguadores intracelulares
 - Proteínas
 - Fosfatos
 - $\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{CO}_3$
- ❑ Amortiguación metabólica
 - Metabolismo del lactato
- ❑ Amortiguación por organelas
 - Mitocondrias-Lisosomas

Buffer $\text{CO}_2/\text{HCO}_3^-$

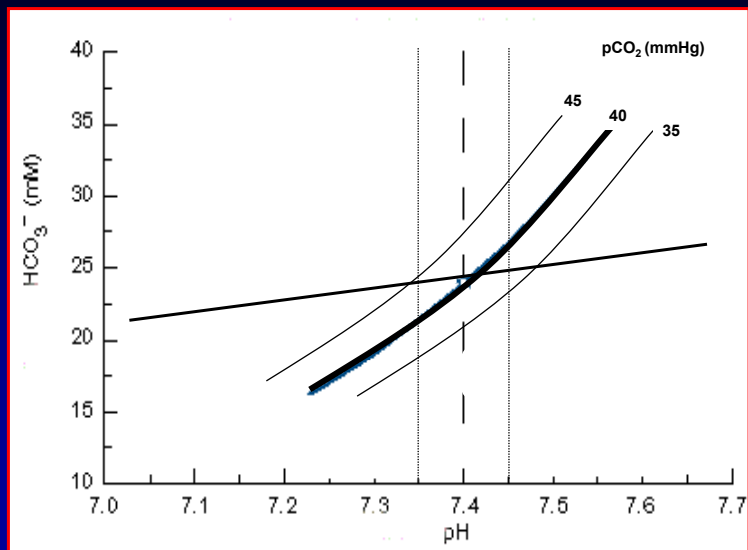


Ecuación de Henderson -Hasselbach

$$\text{pH} = \text{pKa} + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]}$$

$$0.03 \cdot \text{pCO}_2$$

Diagrama de Davenport



Sistemas Amortiguadores

- ¿Cuál es la diferencia entre la capacidad amortiguadora de la sangre entera, la del plasma y la de la solución fisiológica?

Diagrama de Davenport

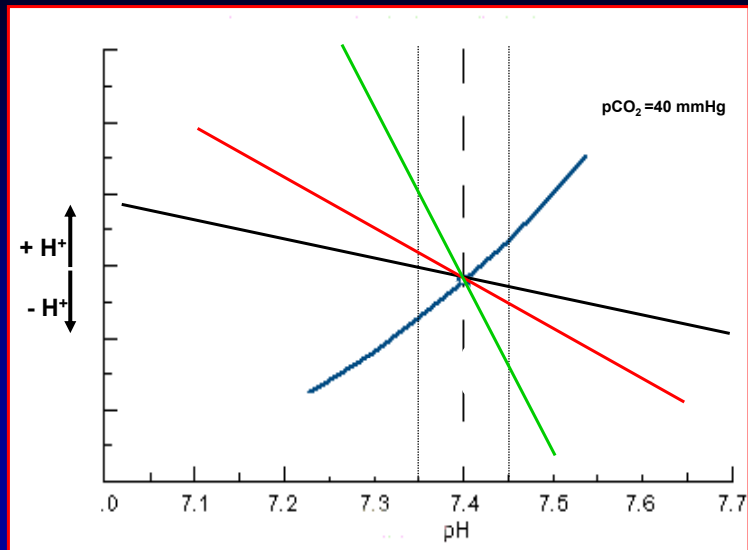
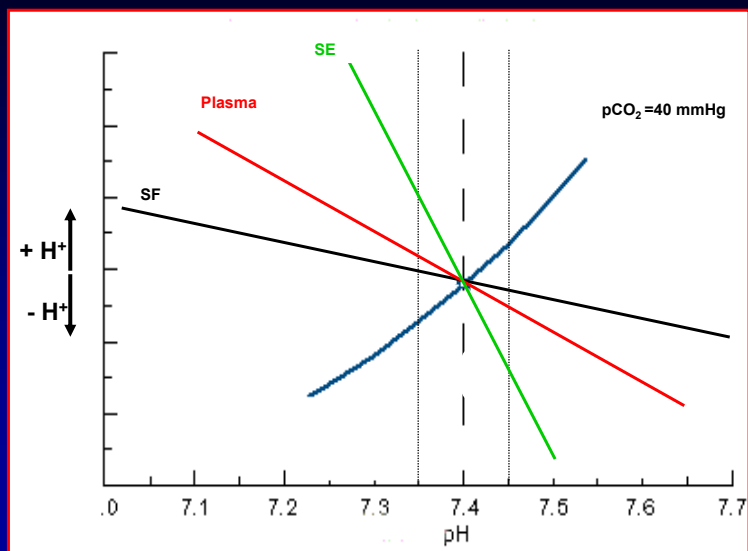


Diagrama de Davenport



Sistemas Amortiguadores

- Existen diferencias en la capacidad buffer de la Hb cuando se oxigena (HbO_2)?

Diagrama de Davenport

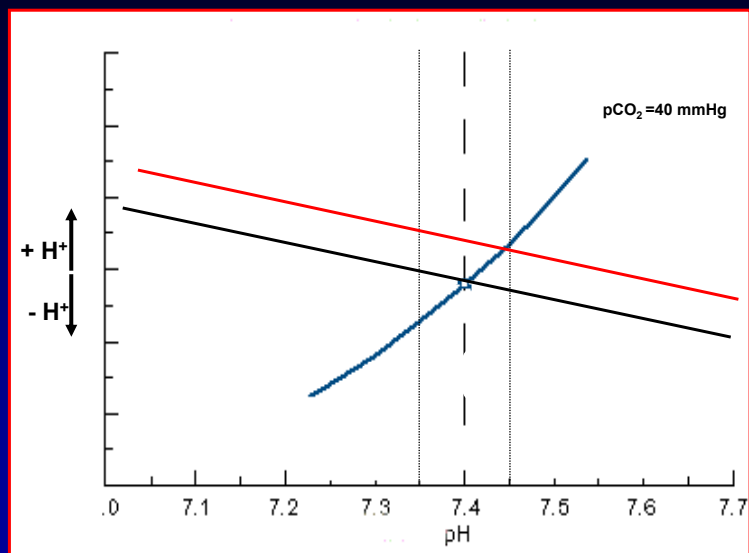
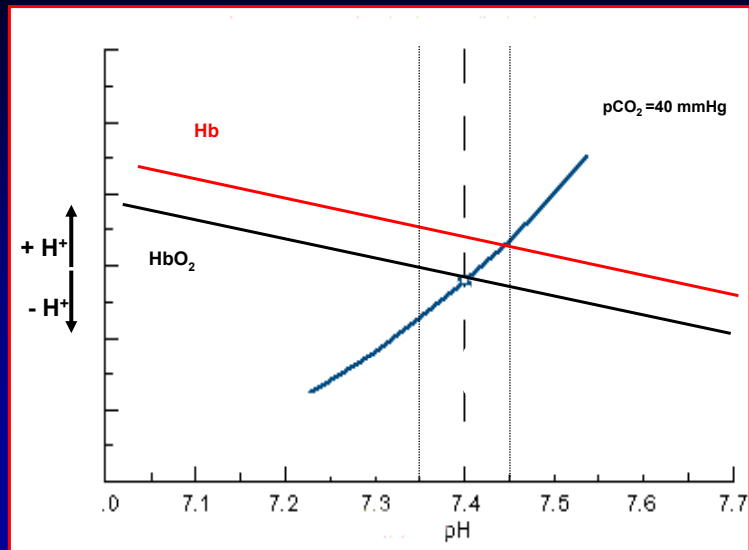
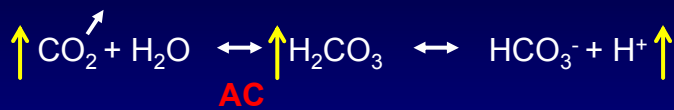


Diagrama de Davenport



2) Control respiratorio

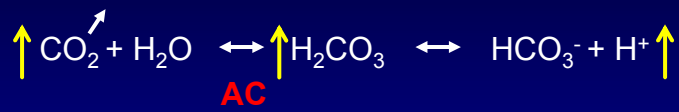
Hipoventilación



$$\text{pH} = \text{pKa} + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{0.03 \cdot \text{pCO}_2}$$

2) Control respiratorio

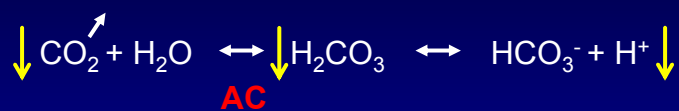
Hipoventilación



$$\downarrow \text{pH} = \text{pKa} + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{0.03 \cdot \text{pCO}_2 \uparrow}$$

2) Control respiratorio

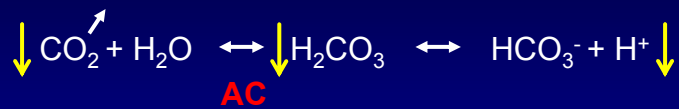
Hiperventilación



$$\text{pH} = \text{pKa} + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{0.03 \cdot \text{pCO}_2}$$

2) Control respiratorio

Hiperventilación

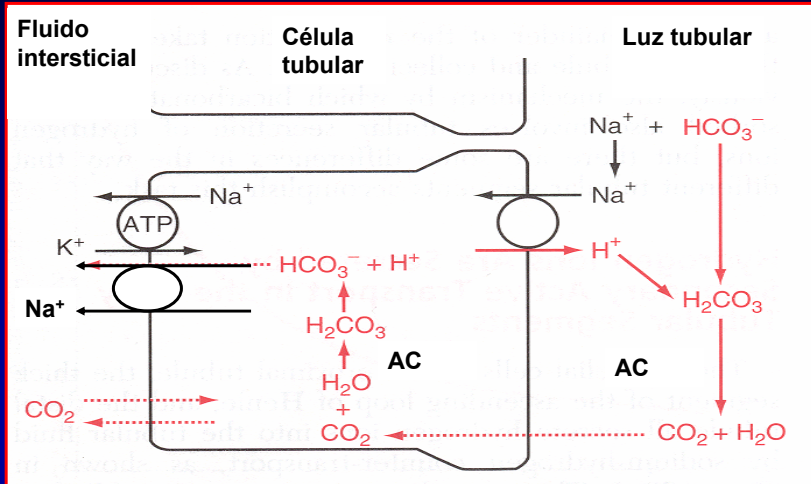


$$\uparrow \text{pH} = \text{pKa} + \frac{\log [\text{HCO}_3^-]}{0.03 \cdot \text{pCO}_2 \downarrow}$$

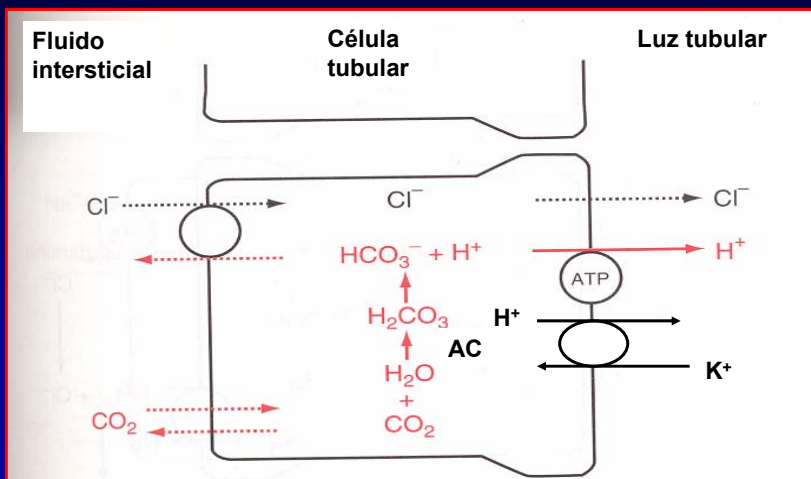
3) Regulación renal

- ❑ Excreción de protones
- ❑ Recuperación y ganancia de bicarbonato
- ❑ Buffers urinarios
- ❑ Secreción de bicarbonato

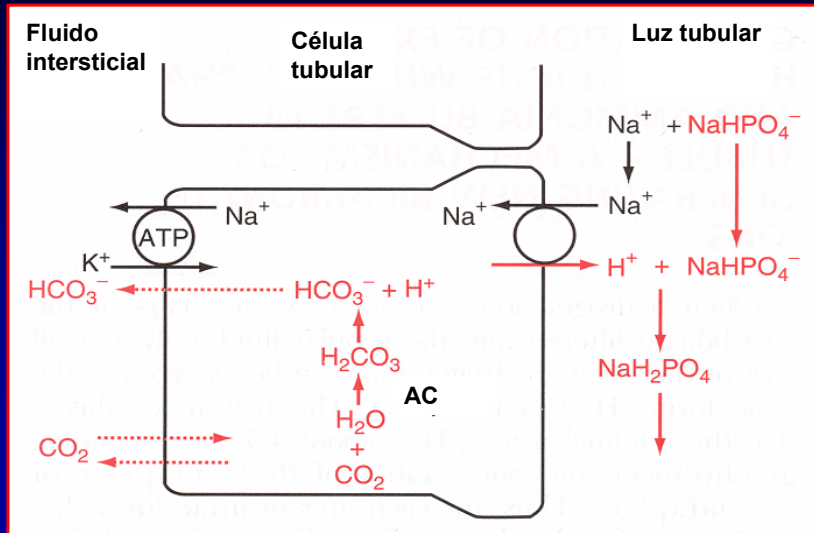
3) Regulación renal Túbulo contorneado proximal



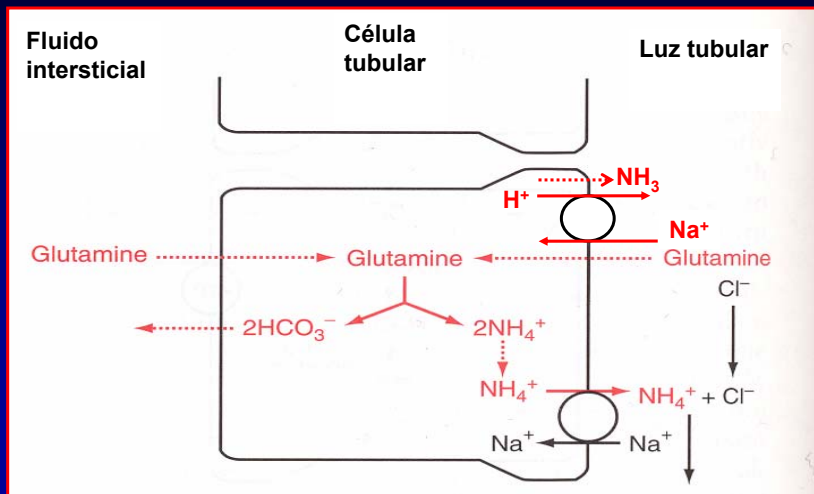
3) Regulación renal Túbulo contorneado distal y colector



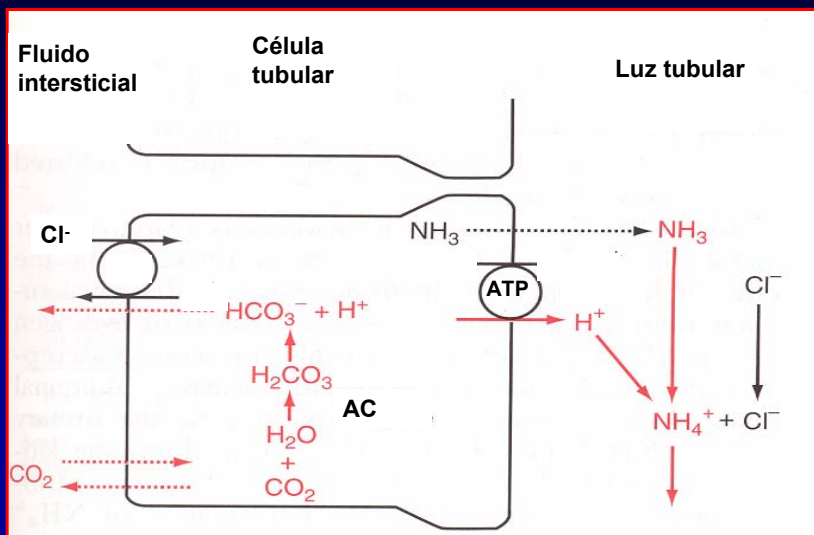
3) Regulación renal Buffer fosfato → acidez titulable



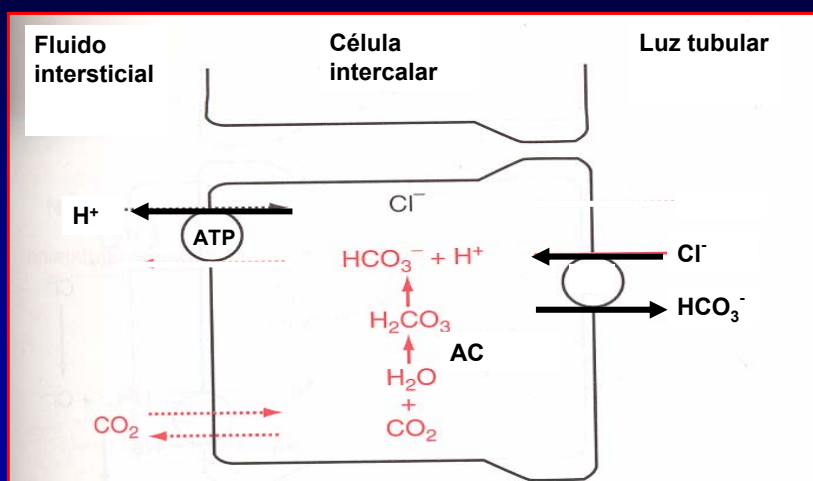
3) Regulación renal Secreción proximal de amonio



3) Regulación renal Secreción distal de amonio



3) Regulación renal Secreción de bicarbonato en túbulo contorneado distal y colector



Alteraciones del equilibrio ácido-base

- ❑ Acidosis metabólica
- ❑ Alcalosis metabólica
- ❑ Acidosis respiratoria
- ❑ Alcalosis respiratoria
- ❑ Trastornos mixtos

➤ Exceso de base

Cantidad de base o ácido necesaria para llevar 1 L de sangre a pH = 7.4 (37 °C, pCO₂, 40 mmHg)

$$VN = \pm 2 \text{ mEq /L}$$

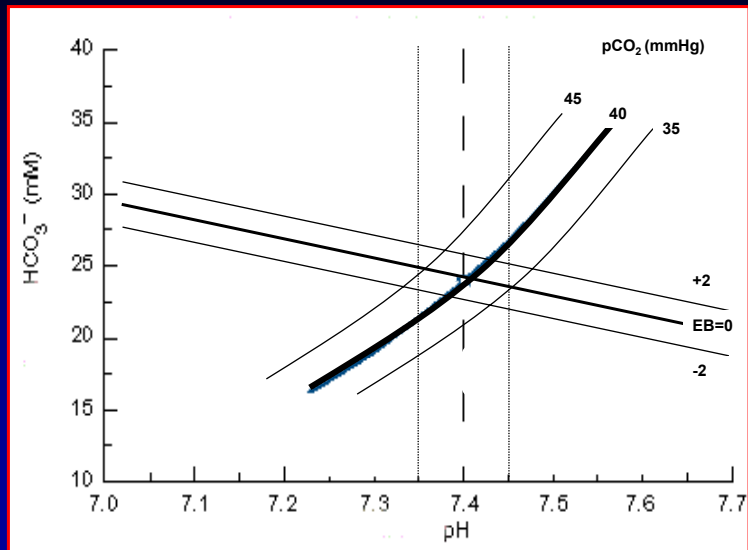
➤ Anión Gap o Brecha Aniónica

Diferencia entre los aniones y los cationes séricos no medibles

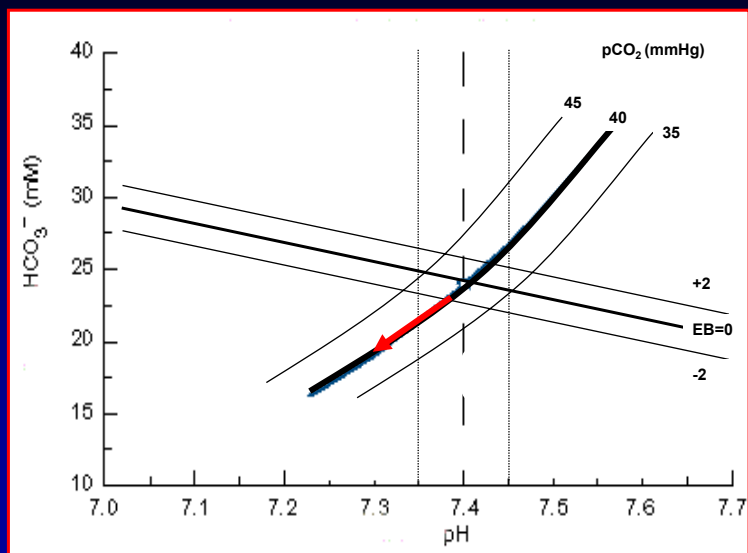
$$\text{Anión GAP} = [\text{Na}^+] - ([\text{Cl}^-] + [\text{HCO}_3^-])$$

$$VN = 8-16 \text{ mEq/L}$$

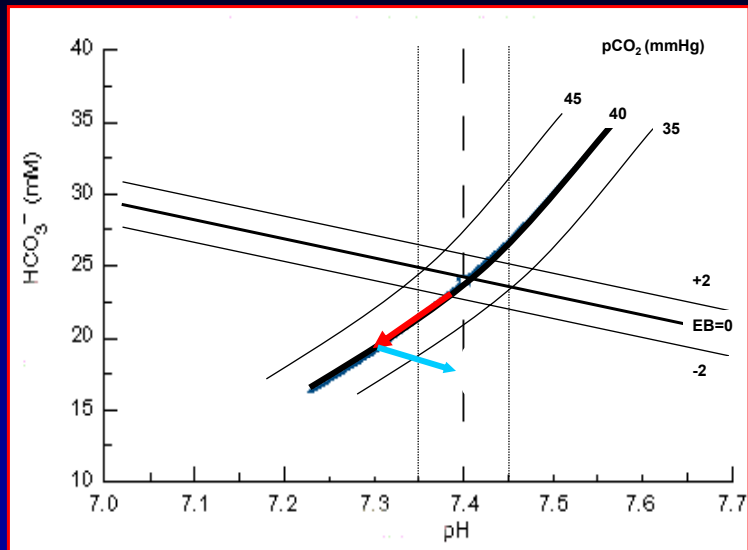
Diagrama de Davenport



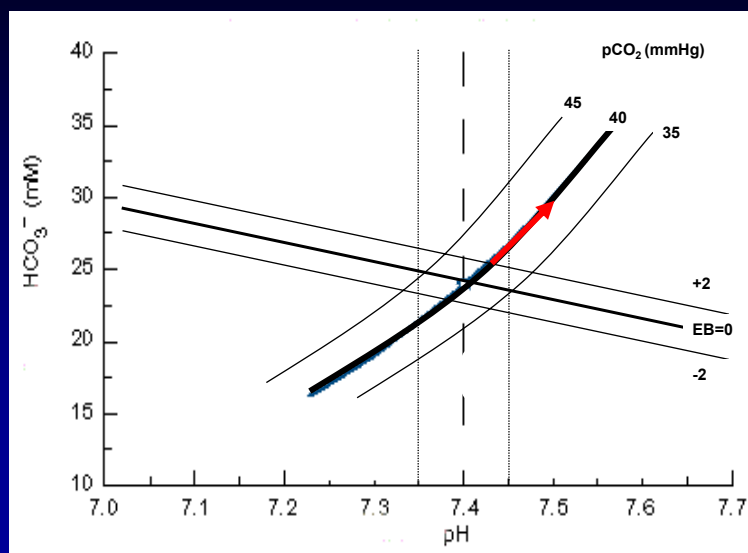
Acidosis metabólica



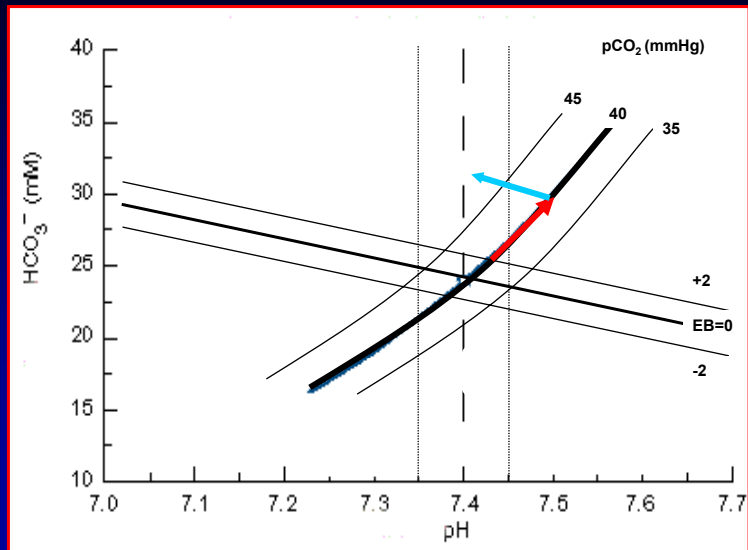
Acidosis metabólica → compensación



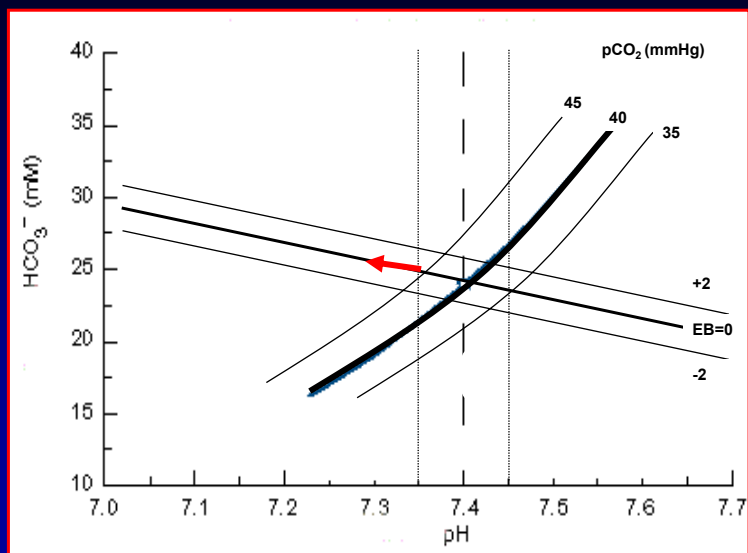
Alcalosis metabólica



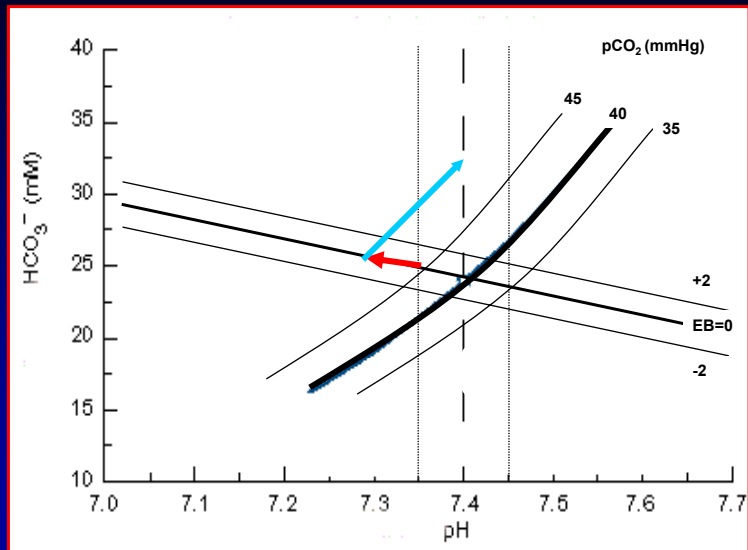
Alcalosis metabólica → compensación



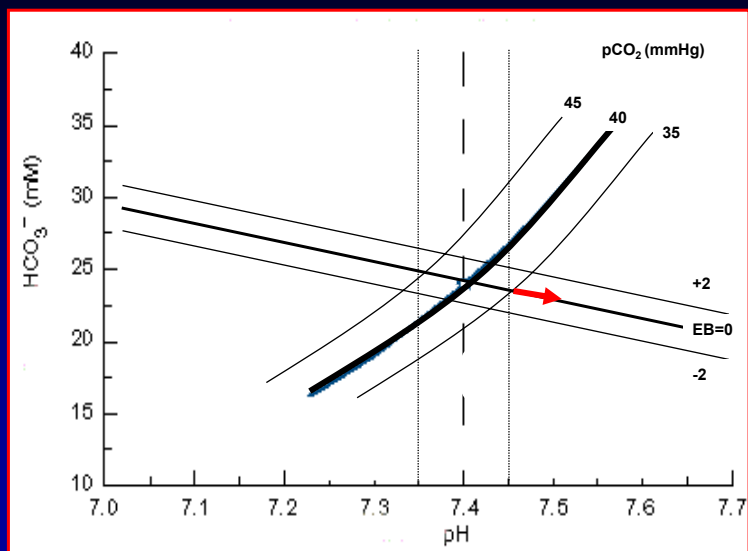
Acidosis respiratoria



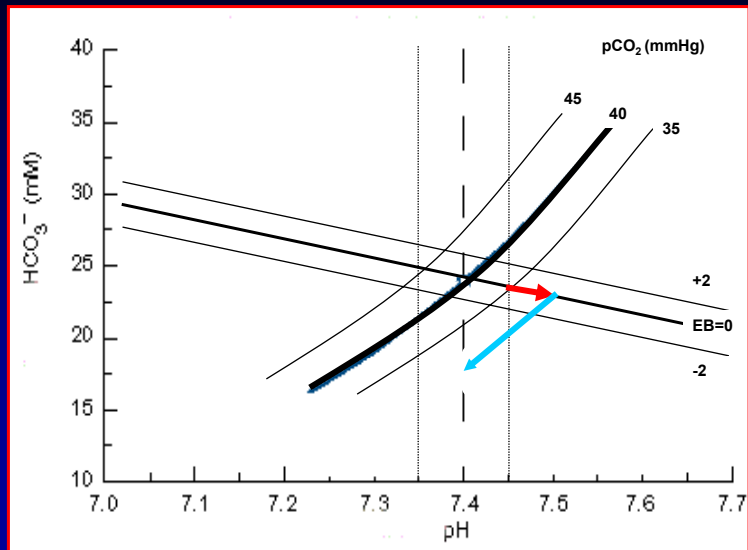
Acidosis respiratoria → compensación



Alcalosis respiratoria



Alcalosis respiratoria → compensación



En resumen:

	Trastorno primario	pH	Respuesta compensatoria	Orina
Acidosis metabólica				
Alcalosis metabólica				
Acidosis respiratoria				
Alcalosis respiratoria				

En resumen:

	Trastorno primario	pH	Respuesta compensatoria	Orina
Acidosis metabólica	↓ CO_3H^-	↓	↓ pCO_2	↑ Acidez titulable NH_4^+
Alcalosis metabólica				
Acidosis respiratoria				
Alcalosis respiratoria				

En resumen:

	Trastorno primario	pH	Respuesta compensatoria	Orina
Acidosis metabólica	↓ CO_3H^-	↓	↓ pCO_2	↑ Acidez titulable NH_4^+
Alcalosis metabólica	↑ CO_3H^-	↑	↑ pCO_2	↓ Acidez titulable NH_4^+ CO_3H^-
Acidosis respiratoria				
Alcalosis respiratoria				

En resumen:

	Trastorno primario	pH	Respuesta compensatoria	Orina
Acidosis metabólica	↓ CO_3H^-	↓	↓ pCO_2	↑ Acidez titulable NH_4^+
Alcalosis metabólica	↑ CO_3H^-	↑	↑ pCO_2	↓ Acidez titulable NH_4^+ ↓ CO_3H^-
Acidosis respiratoria	↑ pCO_2	↓	↑ CO_3H^-	↑ Acidez titulable NH_4^+
Alcalosis respiratoria				

En resumen:

	Trastorno primario	pH	Respuesta compensatoria	Orina
Acidosis metabólica	↓ CO_3H^-	↓	↓ pCO_2	↑ Acidez titulable NH_4^+
Alcalosis metabólica	↑ CO_3H^-	↑	↑ pCO_2	↓ Acidez titulable NH_4^+ ↓ CO_3H^-
Acidosis respiratoria	↑ pCO_2	↓	↑ CO_3H^-	↑ Acidez titulable NH_4^+
Alcalosis respiratoria	↓ pCO_2	↑	↓ CO_3H^-	↓ Acidez titulable NH_4^+ ↓ CO_3H^-



Bibliografía

- Tresgerres, J.A.F. "Fisiología humana." 3º ed. Mexico. Mc Graw Hill. 2005
- Best & Taylor. Bases Fisiológicas de la Práctica Médica. 13º ed. Madrid. Ed. Panamericana. 2003.
- Cingolani, H & Houssay, A. Fisiología Humana de Houssay. 7º ed. Buenos Aires. Ed. El Ateneo. 2000.
- Rose, B. & Post, T. Trastornos del los electrolitos y del equilibrio ácido-base. 51 ed. Madrid. Marbán Libros, S.L. 2002.