Estado ácido – Base
Interpretación de Gases arteriales

Jairo Ramírez Palacio.

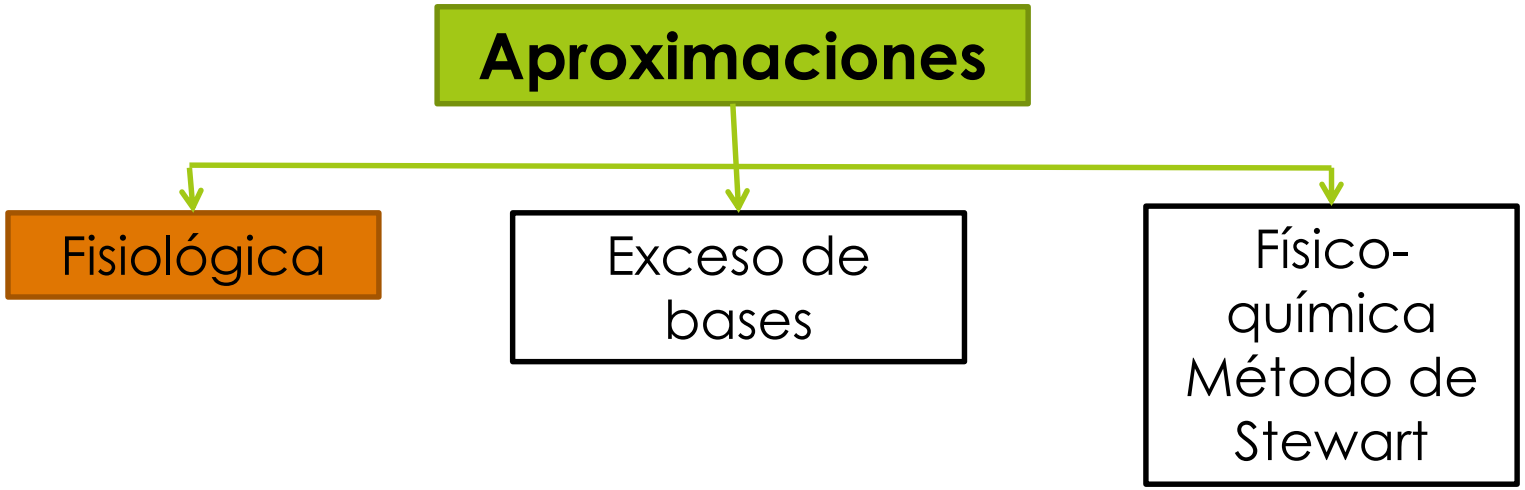
Cirugía General y Laparoscopía Avanzada.

Miembro de la ACC - ASMBS

Profesor UTP

Introducción

- Homeostasis interna del estado ácido base fundamental para mantener la vida
- Alteraciones acido-base pueden ser primarias o secundarias.
- Interpretación a tiempo y correcta: salva vidas.
- Reto diagnóstico.



Aproximación Fisiológica

- Sistema buffer ácido carbónico – bicarbonato

<u>Principio isohídrico:</u>

- Ácidos donadores de H+
- Bases aceptores de H+

$$CO_2 + H_2O \rightleftarrows H_2CO_3 \rightleftarrows H^+ + HCO_3$$

*Reacción catalizada por Anhidrasa Carbónica

*Henderson y Hasselbalch

Cambio primario en la PaCo2 → Respuesta secundaria HCO3

Cambio primario en la HCO3 → Respuesta secundaria PaCO2

Aproximación Fisiológica

- Cambio [H+] → alteración función membranas y proteínas

Condiciones normales:

- [H+] = 40 nmol/L = pH 7,40
- pH = -log [H+] → refleja estado ácido base

pH anormal/ alto	Alcalemia
pH anormal/ bajo	Acidemia
[H+] alta	Alcalosis
[H+] baja	Acidosis

Aproximación Fisiológica

pH y [H+]

pH	[H+] (nEq/L)	pH	[H+] (nEq/L)
6.9	1.26	7.4	40
7.0	100	7.5	32
7.1	80	7.6	25
7.2	64	7.7	20
7.3	50	7.8	16

[H+] = 24 (PaCO2 / HCO3)

Aproximación Fisiológica

Mecanismos compensatorios:

1. Sistema Respiratorio: Elimina o retiene CO_2 a través de cambios en ventilación alveolar, generando cambios en la $PaCO_2$.

2. Sistema Renal: Aumenta o disminuye la secreción de H^+ por cambios en la filtración en túbulo proximal y túbulo contorneado distal. Además puede producir HCO_3 mediante transformaciones en Fosfatos y Amonio.

Aproximación Fisiológica

Cambios en niveles plasmáticos de H+:

1. Metabolismo de la comida ingerida
2. Secreción TGI
3. Generación de novo de ácidos-bases de la grasa y glicógeno
4. Cambios en la producción de CO2

Aproximación Fisiológica

Trastornos del estado ácido base:

Interpretación paso a paso

Paso 1 Historia clínica y examen físico

Signos vitales	
Estado neurológico	
Signos de infección	Respiratoria
Síntomas gastrointestinales	Vómito Diarrea
Condiciones médicas	DM Embarazo ERC Falla cardíaca Enfermedad Pulmonar
Medicamentos	Laxantes Diuréticos Topiramato Metformina
Intoxicación	Olor a acetona: cetoacidosis diabética/isopropil/ OH Alteraciones visuales: metanol

Interpretación paso a paso

Paso 2 Determinar el trastorno primario

pH compatible con la vida = 6,8 – 7,8 = [H+] 16 – 160nmol/L

Valores de referencia	
pH	7,4 ± 0,02
PaCo2	40 ± 2 mmHg
HCO3	24 ± 2 mmol/L

Interpretación paso a paso

Paso 2 Determinar el trastorno primario

Trastorno Primario Ácido Base	
Acidosis Metabólica	pH < 7,38 + HCO3 < 22 mmol/L
Alcalosis Metabólica	pH > 7,42 + HCO3 >26 mmol/L
Acidosis Respiratoria	pH < 7,38 + PaCo2 >42
Alcalosis Respiratoria	pH > 7,42 + PaCo2 <38

Interpretación paso a paso

Paso 3 Determinar la respuesta secundaria

Trastornos metabólicos		
Acidosis Metabólica	↑ Ventilación minuto	↓ PaCO2
Alcalosis Metabólica	↓ Ventilación minuto	↑ PaCO2

Interpretación paso a paso

Paso 3 Determinar la respuesta secundaria

Trastornos metabólicos	
Acidosis Metabólica 12-24 horas	$PaCO_2 = 1.5\ [HCO_3] + 8 \pm 2$ $PaCO_2 = [HCO_3] + 15$
Alcalosis Metabólica 24-36 horas	$PaCO_2 = 0.7 \times ([HCO_3] - 24) + 40 \pm 2$ $PaCO_2 = 0.7 \times ([HCO_3] + 20)$ $PaCO_2 = [HCO_3] + 15$

- Si $PaCO_2$ < predicha → Alcalosis respiratoria sobreagregada
- Si $PaCO_2$ > predicha → Acidosis respiratoria sobreagregada

Interpretación paso a paso

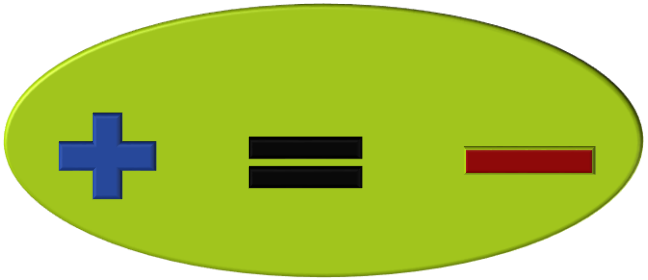
Paso 3 Determinar la respuesta secundaria

Trastornos respiratorios 2-5 días Por cada ↑ 10mmHg de la PaCO2 > 40mmHg		
	Agudos	Crónicos
Acidosis Respiratoria	↑[HCO3] 1mmol/L	↑[HCO3] 4-5mmol/L
Por cada ↓ 10mmHg de la PaCO2 < 40mmHg		
	Agudos	Crónicos
Alcalosis Respiratoria	↓[HCO3] 2mmol/L	↓[HCO3] 4-5mmol/L

- Si [HCO3] < predicha → Acidosis metabólica sobreagregada
- Si [HCO3] > predicha → Alcalosis metabólica sobreagregada

Interpretación paso a paso

Paso 4 Evaluación del componente metabólico: ANION GAP



Valor referencia antiguo: 12 ± 4
Valor referencia actual: 3-11

Anión gap = Na – (Cl + HCO3)

Albúmina:

Principal anión no medido y determinante del AG

↑2.3 - 2.5 por cada ↓1gr/dl albúmina

Interpretación paso a paso

Paso 4 Evaluación del componente metabólico: ANION GAP

Causas anión gap elevado
Glicoles: etileno, propileno
Ácido piroglutámico
L-lactato
D-lactato
Metanol
ASA
Falla renal
Rabdomiolisis
Cetoacidosis

↑ *Anión gap cuando* ↑ *producción de ácidos*

Interpretación paso a paso

Paso 4 Evaluación del componente metabólico: ANION GAP

Causas anión gap bajo
Hipercloremia por ↑cationes:
• Toxicidad por Litio
• Gammapatía monoclonal IgG
• Hipermagnesemia
• Hipercalcemia
Causas anión gap negativo
Pseudohipercloremia:
• Toxicidad por yodo
• Toxicidad por bromo

Interpretación paso a paso

Paso 4 Evaluación del componente metabólico: ANION GAP

Causas anión gap normal Acidosis metabólica hiperclorémica	
Pérdida de HCO3	
1. Gastrointestinales	• Diarrea • Diversión ureteral • Fístula pancréatica-biliar
2. Renales	• Acidosis renal tubular proximal tipo 2 • Intoxicación por tolueno • Iofosfamida • Tenofovir • Topiramato • Acetazolamida

Interpretación paso a paso

Paso 4 Evaluación del componente metabólico: ANION GAP

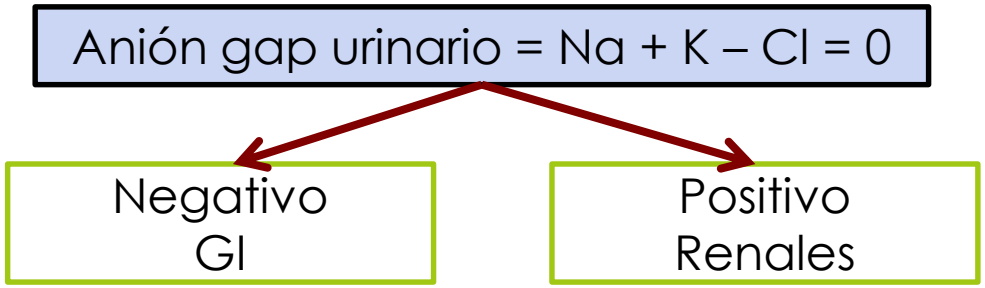
Causas anión gap normal Acidosis metabólica hiperclorémica	
Disminución excreción renal de ácidos	
1. Acidosis urémica	
2. Acidosis renal tubular distal	• Tipo 1 • (anfotericina, litio) • Tipo 4(hipoaldosteronismo)
3. Otras casusas	• SS 0.9% • Hiperalimentación • Hidrocloruro • Cloruro de amonio • Colestiramida • Ácido sulfúrico

Interpretación paso a paso

Paso 4 Evaluación del componente metabólico: ANION GAP

Diferenciar pérdidas renales vs gastrointestinales

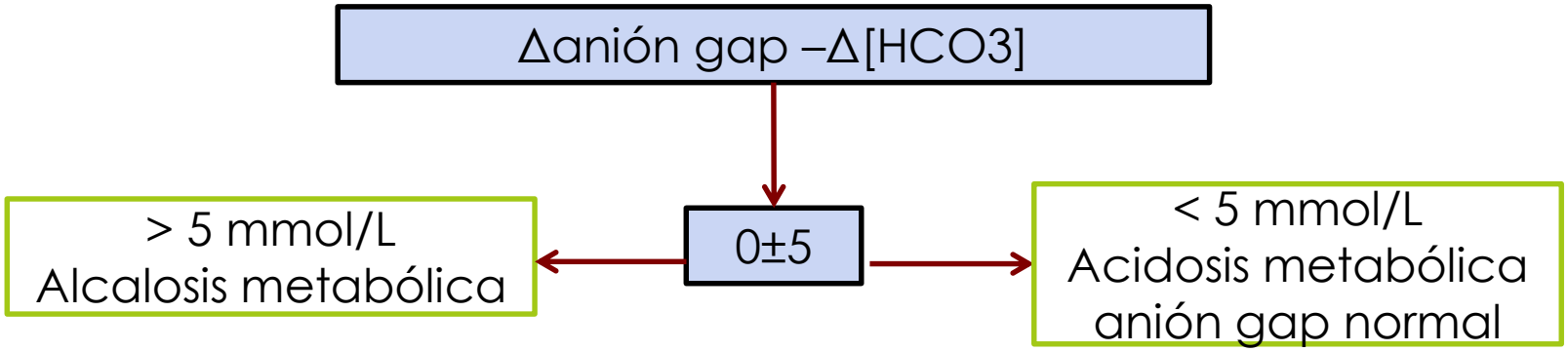
Medidas subrogadas de excreción renal de NH4



Interpretación paso a paso

Paso 4 Evaluación del componente metabólico: ANION GAP

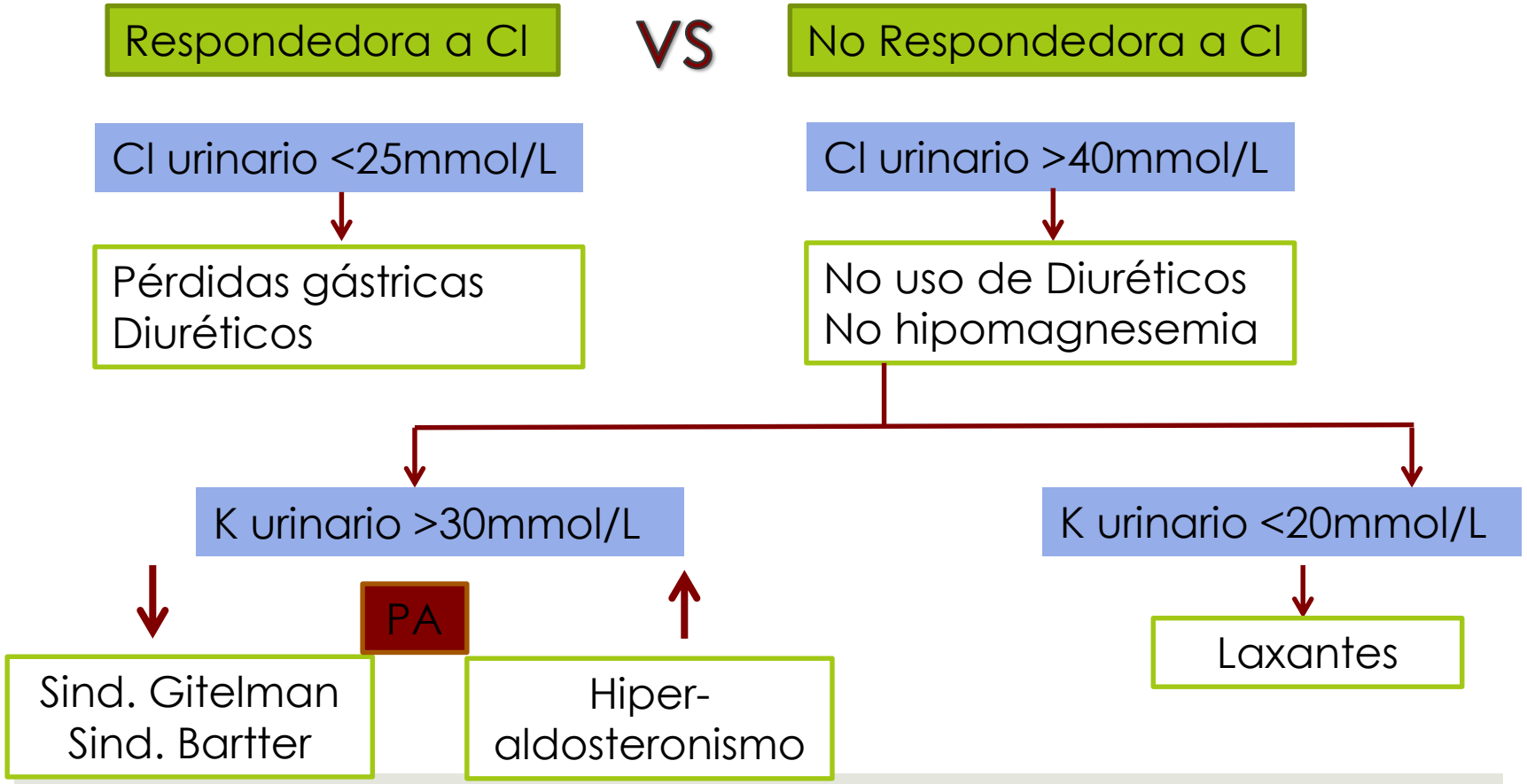
Trastornos mixtos en acidosis metabólica



Interpretación paso a paso

Paso 4 Evaluación del componente metabólico:

ALCALOSIS METABÓLICA



Interpretación paso a paso

Paso 5 Evaluación del componente respiratorio:

A-a = FiO2 x (700-47) – PaO2- (PCO2/0.8)

Normal

↓

Hiperventilación Extrapulmonar

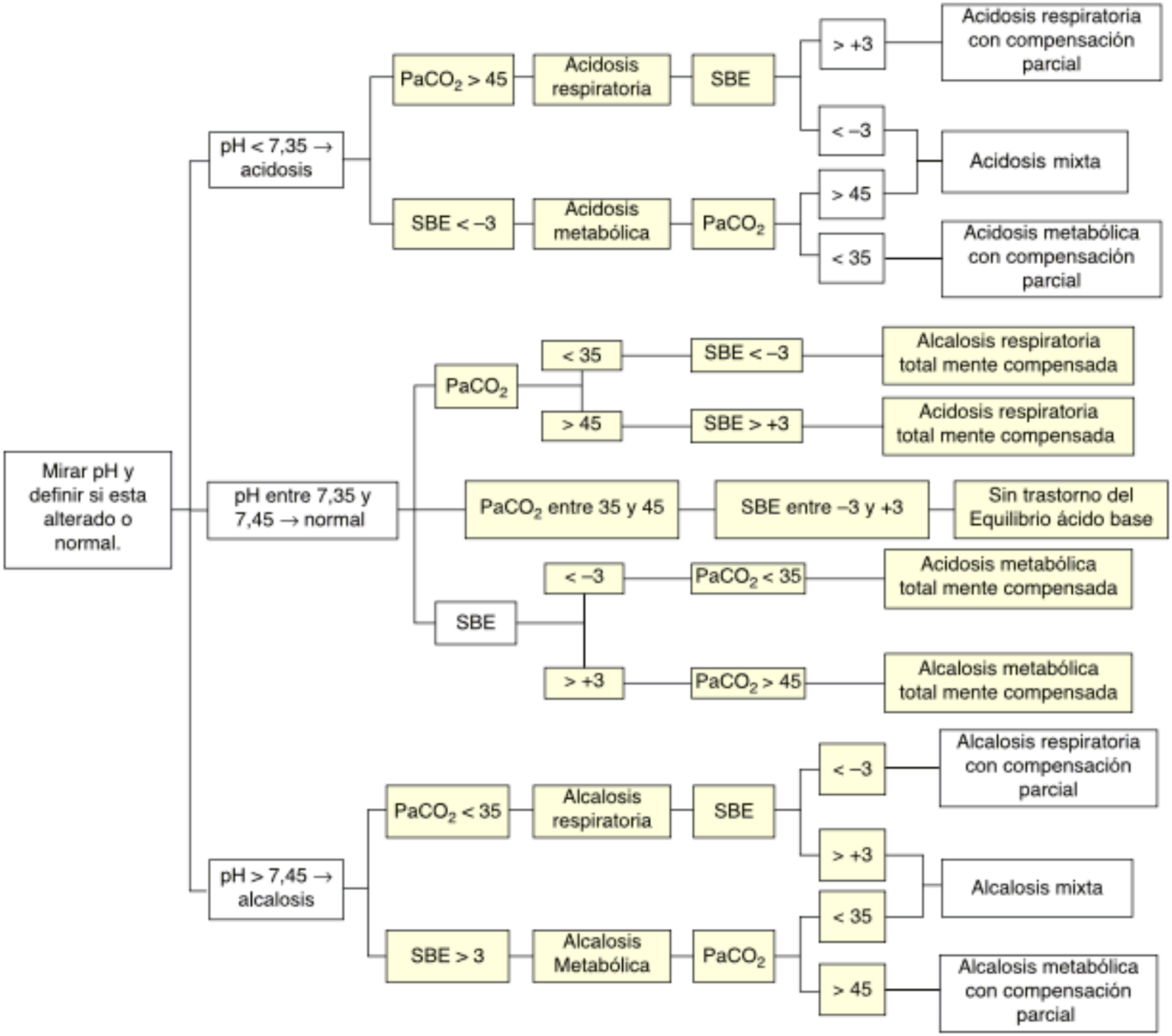
Fiebre
Embarazo

>10mmHg jóvenes
>20mmHg ancianos

↓

Hiperventilación Pulmonar

Neumonía
Edema Pulmonar
TEP
SDRA


Mirar pH y definir si esta alterado o normal.
pH < 7,35 → acidosis
PaCO2 > 45
Acidosis respiratoria
SBE
> +3
Acidosis respiratoria con compensación parcial
< –3
Acidosis mixta
SBE < –3
Acidosis metabólica
PaCO2
> 45
< 35
Acidosis metabólica con compensación parcial
pH entre 7,35 y 7,45 → normal
PaCO2
< 35
SBE < –3
Alcalosis respiratoria total mente compensada
> 45
SBE > +3
Acidosis respiratoria total mente compensada
PaCO2 entre 35 y 45
SBE entre –3 y +3
Sin trastorno del Equilibrio ácido base
SBE
< –3
PaCO2 < 35
Acidosis metabólica total mente compensada
> +3
PaCO2 > 45
Alcalosis metabólica total mente compensada
pH > 7,45 → alcalosis
PaCO2 < 35
Alcalosis respiratoria
SBE
< –3
Alcalosis respiratoria con compensación parcial
> +3
Alcalosis mixta
SBE > 3
Alcalosis Metabólica
PaCO2
< 35
> 45
Alcalosis metabólica con compensación parcial

BIBLIOGRAFÍA

- AARC clinical practice guideline. Sampling for arterial blood gas analysis. American Association for Respiratory Care. Respir Care 1992; 37:913.
- Williams AJ. ABC of oxygen: assessing and interpreting arterial blood gases and acid-base balance. BMJ 1998; 317:1213.
- Raúl E. Aristizábal-Salazar. Equilibrio ácido-base: el mejor enfoque clínico. Rev Colomb Anestesiol. 2015;43(3):219–224.