

## 7. ESTUDIO DEL EQUILIBRIO ACIDO – BASE DE UN PACIENTE

### ESQUEMA

- Estudio del equilibrio ácido-base de un paciente
- Trastornos del equilibrio ácido – base. Mecanismos de compensación
  - Situaciones fisiopatológicas
  - Acidosis metabólica
  - Acidosis respiratoria
  - Alcalosis metabólica
  - Alcalosis respiratoria

### Estudio del equilibrio ácido-base de un paciente

En el equilibrio ácido – base en sangre tiene una gran importancia el sistema del carbónico – bicarbonato. Como se ha indicado anteriormente, la ecuación de Henderson Hasselbalch aplicada a este sistema es:

$$pH = pK_a + \log_{10} \frac{[HCO_3^-]}{[H_2CO_3]}; pH = pK_a + \log_{10} \frac{[HCO_3^-]}{aP_{CO_2}}$$

$P_{CO_2}$  : Presión parcial del  $CO_2$  en mm Hg

a: Factor de conversión de  $P_{CO_2}$  a  $[CO_2]$  en mM (0.03 mmol/mmHg)

$P_{CO_2}$  está regulada por la amplitud y frecuencia respiratorias, por lo que se denomina de forma genérica **componente respiratorio**.

Procedencia del  $[HCO_3^-]$ : Existen pequeñas cantidades de  $KHCO_3$ ,  $Ca(HCO_3)_2$  y  $Mg(HCO_3)_2$  en los líquidos extracelulares. Sin embargo, en el líquido intracelular hay muy poco  $NaHCO_3$ , y el

$HCO_3^-$  es proporcionado por el  $KHCO_3$  y  $Mg(HCO_3)_2$ . La  $[HCO_3^-]$  está regulada por su reabsorción renal, por lo que recibe el nombre genérico de **componente metabólico o renal**.

Mediante la aplicación de la ecuación de Henderson-Hasselbalch podemos deducir que en un individuo normal, con un  $pH = 7.4$ , la relación existente entre el ion bicarbonato y el ácido carbónico es de 20:1, por lo que el organismo tratará de corregir cualquier alteración de esta relación para mantener la estabilidad de este equilibrio.

En condiciones normales, tanto los pulmones como los riñones son capaces de aumentar o disminuir el nivel de sus respectivos constituyentes tampón para alcanzar el objetivo primario; es decir, la relación 20:1, que es esencial para mantener el  $pH$  normal de la sangre. Este mecanismo es denominado compensación.

Para estudiar el equilibrio ácido-base de un paciente se han de medir por lo menos dos de estos tres parámetros:  $pH$ ,  $P_{CO_2}$  y  $[HCO_3^-]$ .

Los trastornos del equilibrio ácido-base se denominan acidosis o alcalosis, bien respiratoria o bien metabólica.

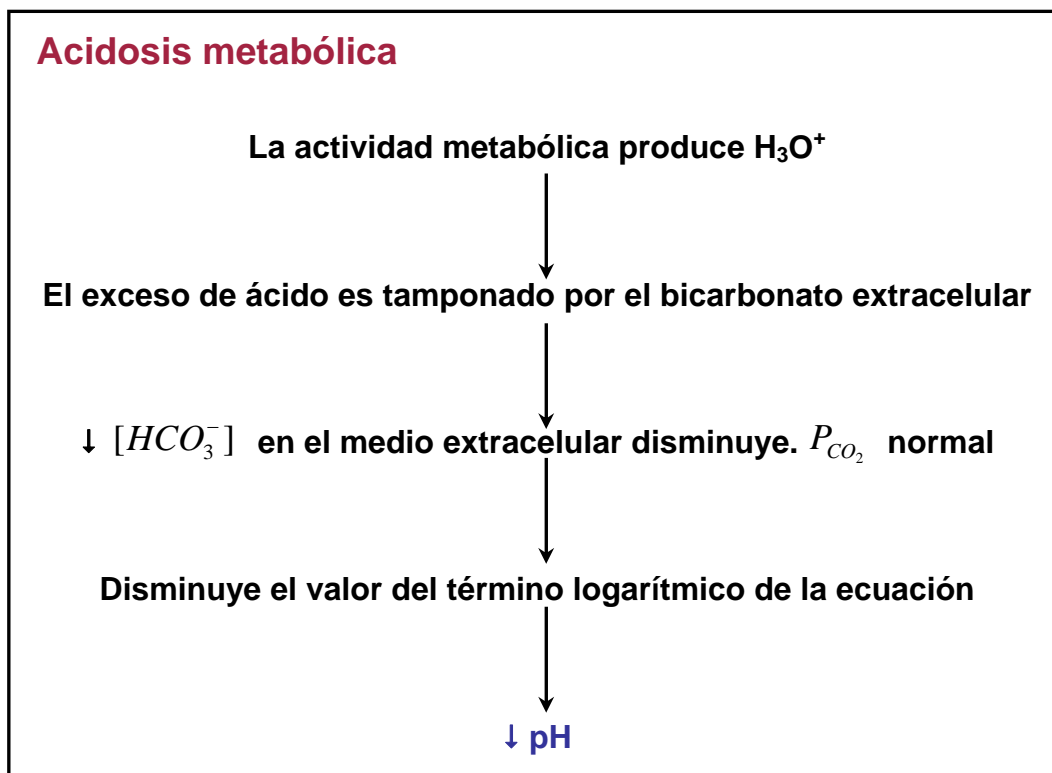
## Trastornos del equilibrio ácido – base. Mecanismos de compensación

### Situaciones fisiopatológicas

Tipo de trastorno	pH	$[H_3O^+]$	$PCO_2$	$[HCO_3^-]$
[valores normales]	7.35-7.45	$\approx 40$ nEq / L	40 mmHg	24 mEq/L
Acidosis metabólica	↓	↑	normal ó ↓	↓↓
Acidosis respiratoria	↓	↑	↑↑	normal ó ↑
Alcalosis metabólica	↑	↓	normal ó ↓	↑↑
Alcalosis respiratoria	↑	↓	↓↓	normal ó ↓

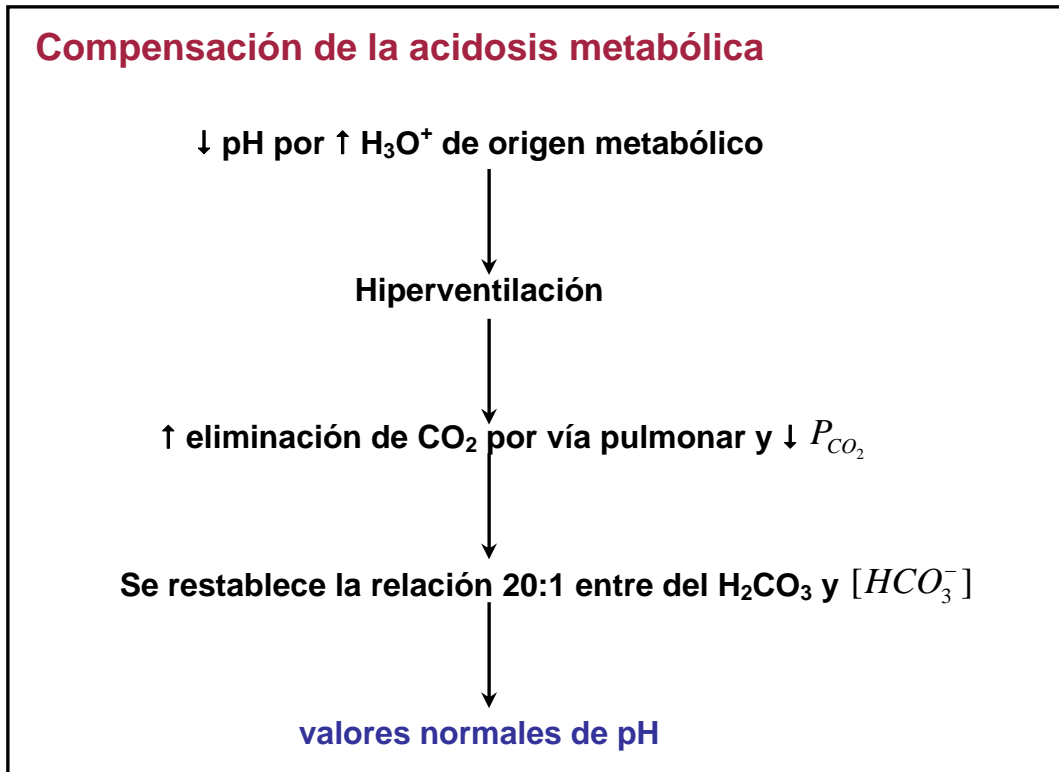
## Acidosis metabólica

En determinadas situaciones la actividad metabólica produce compuestos que presentan carácter ácido. El excedente de ácido es tamponado por el bicarbonato extracelular, por lo que su concentración en el medio extracelular disminuye. Asimismo, en situaciones de acidosis metabólica, el riñón no elimina el exceso de hidrogeniones y/o no reabsorbe una cantidad suficiente de iones bicarbonato. Un nivel disminuido de iones bicarbonato en presencia de una  $P_{CO_2}$  normal produce una disminución de la relación entre el bicarbonato y el ácido carbónico (menos de 20:1), por lo que disminuye el valor del término logarítmico de la ecuación y se reduce el pH.



Esta situación se compensa disminuyendo la  $P_{CO_2}$ . Para ello, el organismo incrementa la amplitud y la frecuencia respiratorias (hiperventilación). Al disminuir proporcionalmente el denominador del término logarítmico de la ecuación, se restablece el pH normal.

Estas situaciones metabólicas que producen disminuciones del pH del medio extracelular son la cetosis diabética, el ayuno prolongado (que provoca la producción de cuerpos cetónicos), la intoxicación ácida (por ejemplo, por el ácido acetilsalicílico), hipoxia y acidosis láctica por sobrecarga muscular.



La acidosis metabólica también puede originarse por pérdida de bicarbonato del líquido extracelular, bien por vía intestinal (diarrea severa, fístulas), bien por vía renal (el riñón no es capaz de reabsorber el bicarbonato filtrado).

### Acidosis respiratoria

La acidosis respiratoria se caracteriza por la incapacidad de los pulmones para eliminar todo el CO<sub>2</sub> producido por el organismo, por lo que la  $P_{CO_2}$  tiende a aumentar. La existencia de un nivel normal de bicarbonato produce una disminución en la relación bicarbonato / ácido carbónico, que se traduce en un incremento del denominador del término logarítmico de la ecuación de Henderson-Hasselbalch. Como resultado, se produce una disminución del pH.

## Acidosis respiratoria

Incapacidad de los pulmones para eliminar todo el  $\text{CO}_2$  producido

↓  
 $\uparrow P_{\text{CO}_2}$

↓  
Disminuye el valor del término logarítmico de la ecuación

↓  
 $\downarrow \text{pH}$

El aumento de la  $P_{\text{CO}_2}$  se compensa con un aumento del  $[\text{HCO}_3^-]$ . Para ello, el organismo responde inhibiendo la excreción renal de  $\text{HCO}_3^-$ , con lo cual aumenta su concentración extracelular. El numerador del término logarítmico de la ecuación tiende a aumentar, compensando así el aumento del denominador; como resultado final se consigue restablecer un valor de pH normal. Asimismo, se aumenta la excreción de hidrogeniones por vía renal.

## Compensación de la acidosis respiratoria

$\downarrow \text{pH}$  por  $\uparrow P_{\text{CO}_2}$

↓  
 $\uparrow$  excreción renal de  $[\text{HCO}_3^-]$

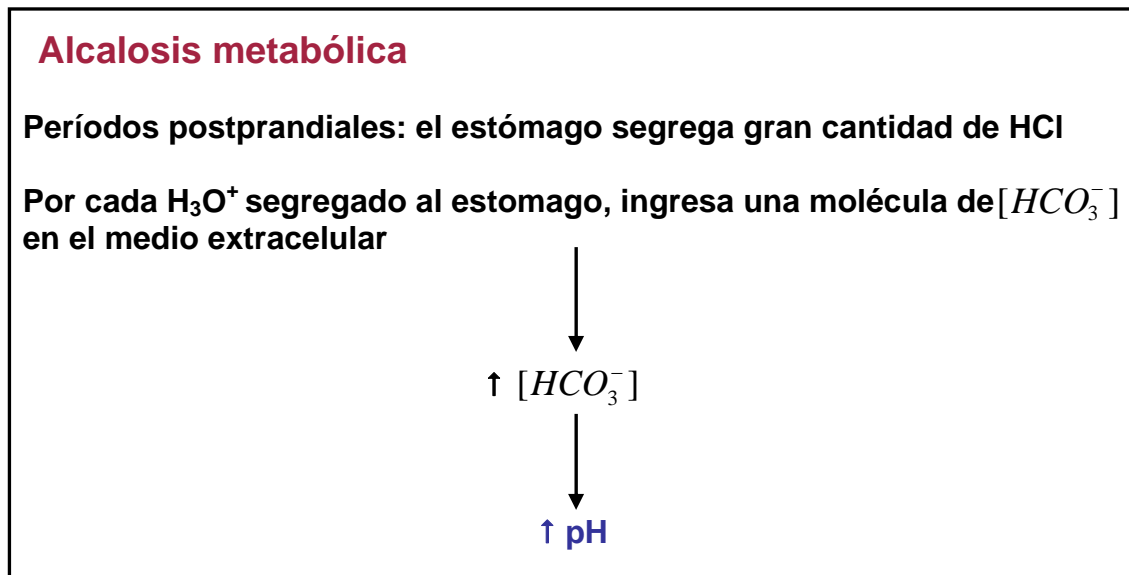
↓  
Se restablece la relación 20:1 entre del  $\text{H}_2\text{CO}_3$  y  $[\text{HCO}_3^-]$

↓  
valores normales de pH

Algunas causas de la reducción en la eliminación del  $\text{CO}_2$  por vía pulmonar son la enfermedad broncopulmonar, la insuficiencia respiratoria, EPOC, la intoxicación por barbitúricos (depresión neurológica), la respiración asistida mal realizada y la asfixia.

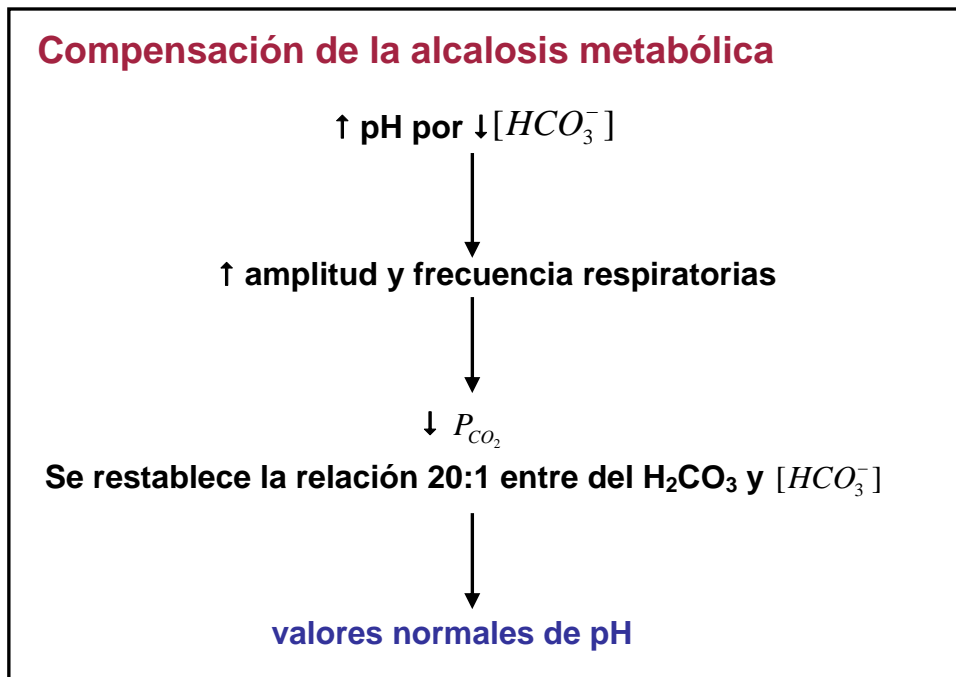
### Alcalosis metabólica

En los períodos postprandiales, el estómago segrega gran cantidad de HCl. Por cada hidrogenión segregado en el estómago, ingresa en el medio extracelular una molécula de bicarbonato  $\text{HCO}_3^-$ . La concentración de iones bicarbonato aumenta en dicho medio, y el pH aumenta.



Esta situación se compensa con un aumento de la  $P_{\text{CO}_2}$ . Para ello, el organismo disminuye la frecuencia y amplitud respiratorias y el pH tiende a normalizarse. Asimismo, también existen una compensación a nivel renal, excretándose el exceso de bicarbonato; no obstante, esta compensación es mucho más lenta.

La alcalosis metabólica puede producirse por aumento de bicarbonatos exógenos, o por pérdida de ácido clorhídrico (vómitos rebeldes) ó por pérdida de potasio (se aumenta la excreción renal de hidrogeniones, vómitos, diuréticos).



### **Alcalosis respiratoria**

La alcalosis respiratoria se produce por hiperventilación pulmonar (voluntariamente o por intoxicación por salicilatos, insuficiencia hepática, ansiedad, fiebre...). En este caso, la  $P_{CO_2}$  disminuye y el pH aumenta.

Esta situación ha de compensarse disminuyendo la  $[HCO_3^-]$ . Para ello, el organismo incrementa la excreción renal de bicarbonato y el pH normal se restablece.