



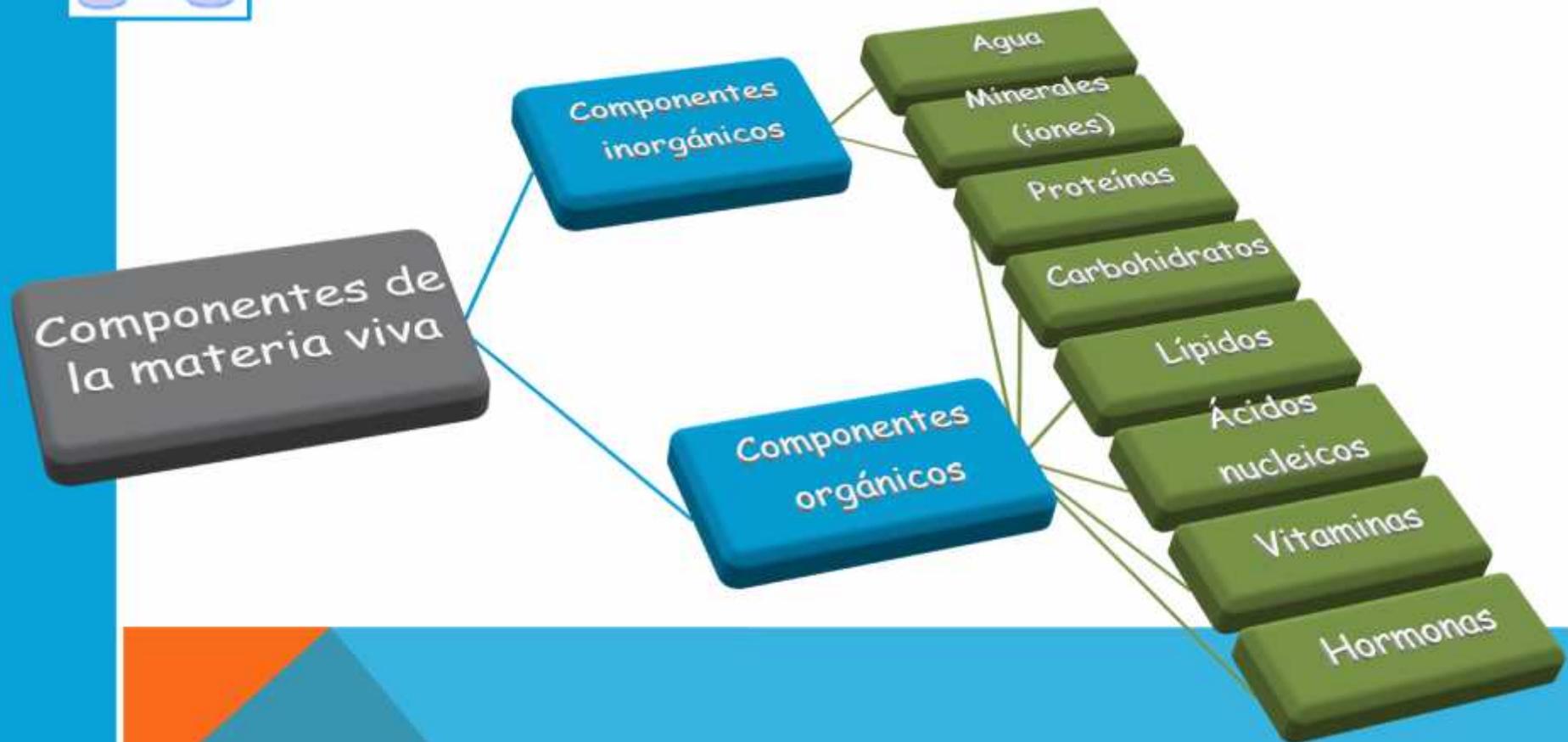
## Tema # 2

# Compuestos celulares

- Agua y constante de disociación
- pH
- Curvas de titulación de ácidos débiles
- Amortiguadores
- Elementos químicos de la materia viva
- Componentes orgánicos

**PROF. MARIA EUGENIA LUCENA**

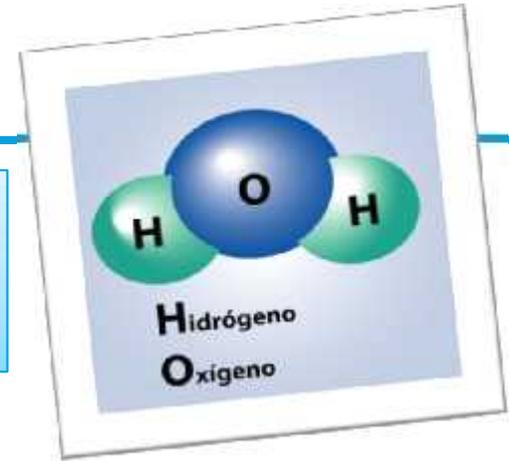
# La materia





# El agua

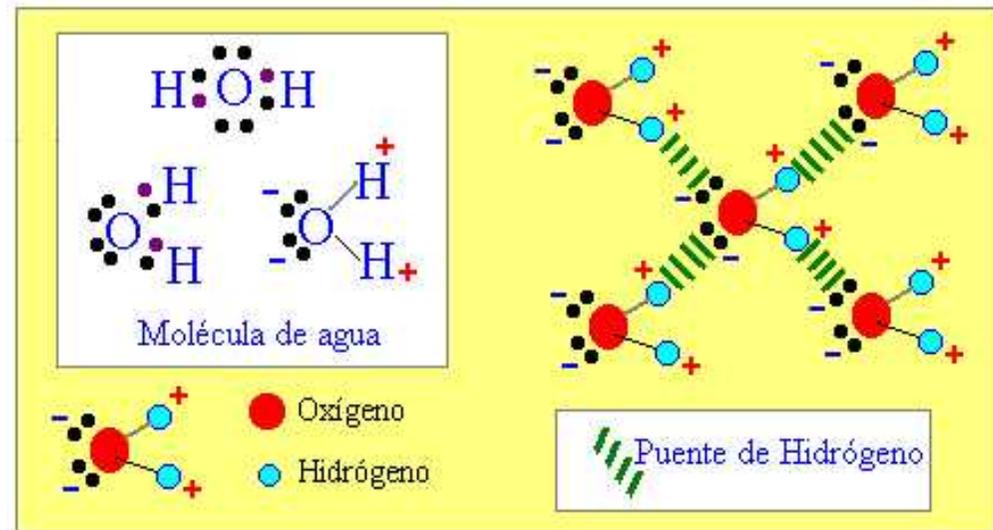
## Funciones que desempeña el agua en el organismo:



- ❖ Es el disolvente más universal de las sustancias nutritivas, tanto orgánicas como inorgánicas.
- ❖ Todas las reacciones vitales se llevan a cabo en presencia de agua.
- ❖ Su reducida viscosidad favorece desplazamientos de órganos lubricados por líquidos orgánicos ricos en agua (músculos y articulaciones).
- ❖ Actúa también como agente regulador de la temperatura.
- ❖ Debido a poseer una elevada tensión superficial es el líquido más idóneo para provocar en el citoplasma cambios bruscos de dicha tensión.



# El agua

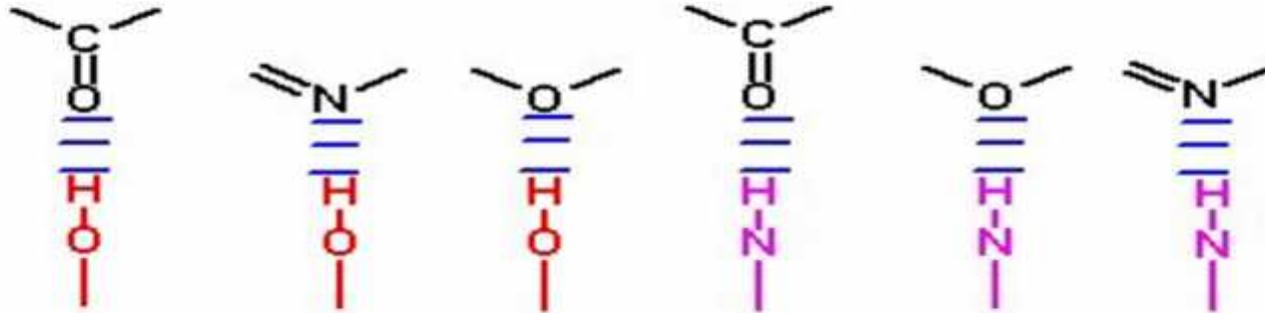


1. Polar
2. Forma puentes de hidrógeno
3. Promueve interacciones hidrofóbicas (estructuras de membranas celulares, plegamiento de proteínas y estructura secundaria de ácidos nucleicos).



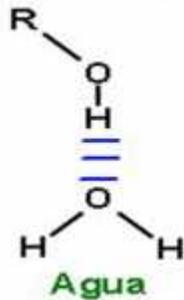
## Representación de los puentes de Hidrógeno más comunes en los sistemas biológicos

Carboxilo Amida Cetona Carboxilo Cetona Amida

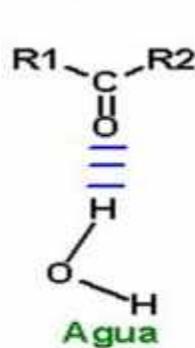


## Puentes de Hidrógeno comunes en las biomoléculas

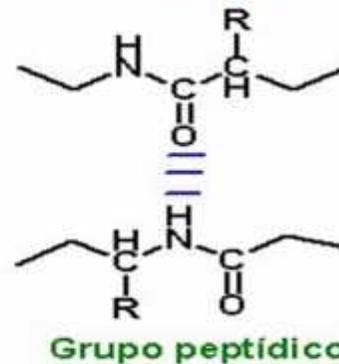
Grupo hidroxilo de un alcohol



Grupo carbonilo de una cetona



Grupo peptídico



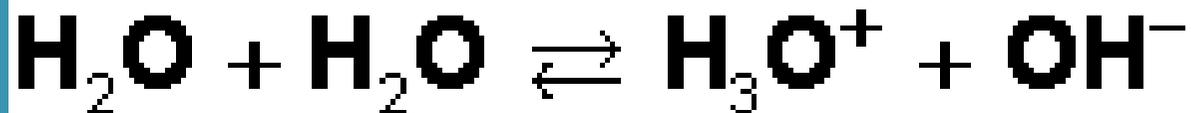
Base nitrogenada





# Constante de disociación del agua

- El agua pura es un electrolito débil que se disocia en muy baja proporción en sus iones hidronio o hidrógeno  $H_3O^+$  (también escrito como  $H^+$ ) e hidróxido o hidróxilo  $OH^-$ .
- De todos modos, dos moléculas polares de agua pueden ionizarse debido a las fuerzas de atracción por puentes de hidrógeno que se establecen entre ellas.
- Aunque lo haga en baja proporción, esta disociación del agua en iones, llamada **ionización**, se representa según la siguiente ecuación





# Constante de disociación del agua

La cual, resumiendo un poco queda como



O, más resumida aún, queda como





# Constante de disociación del agua

Al producto de la concentración de iones hidroxonio o hidronio ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) por la concentración de iones hidróxido o hidroxilo ( $\text{OH}^-$ ) se le denomina **producto iónico del agua** y se representa como  $K_w$ . Las concentraciones de los iones  $\text{H}^+$  y  $\text{OH}^-$  se expresan en **moles / litro (molaridad)**.

Este producto tiene un valor constante igual a  $10^{-14}$  a  $25^\circ\text{C}$ , como se grafica en la siguiente ecuación

$$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1 \cdot 10^{-14}$$



# Constante de disociación del agua

O, que es lo mismo:

$$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1 \cdot 10^{-14}$$

Debido a que en el agua pura por cada ion hidronio (o ion hidrógeno) hay un ion hidróxido (o hidroxilo), la concentración es la misma, por lo que:

$$10^{-7} \cdot 10^{-7} = 10^{-14}$$

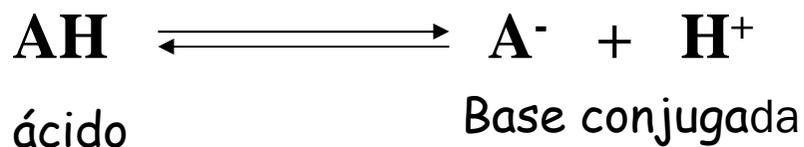
Este producto tiene un valor constante igual a  $10^{-14}$  a  $25^\circ \text{C}$ , como se grafica en la siguiente ecuación



# El pH

A partir del producto iónico del agua se introduce la escala de pH

El pH de una solución se determina por medio de la concentración relativa de ácido y base



El valor de 7 para el pH de una solución neutra no es un valor arbitrario, se deriva del valor absoluto del producto iónico del agua a 25 °C.





# Amortiguadores

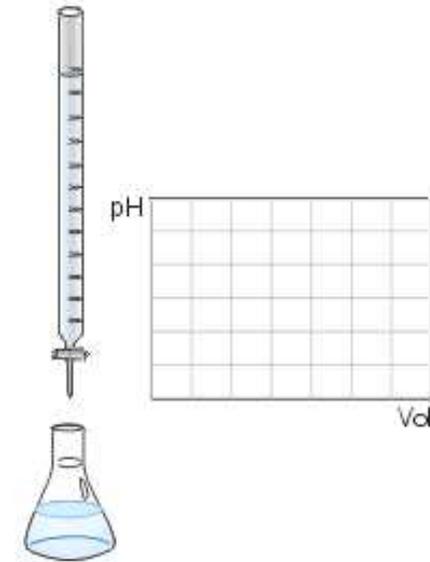
Un amortiguador es una solución que resiste los cambios de pH cuando se le agregan pequeñas cantidades de ácidos o de base. Las soluciones amortiguadoras se preparan con un ácido o una base débil y una de sus sales.





# Amortiguadores

La gran mayoría de ácidos y bases que regulan el pH de nuestro cuerpo son débiles y por tanto poco disociados.

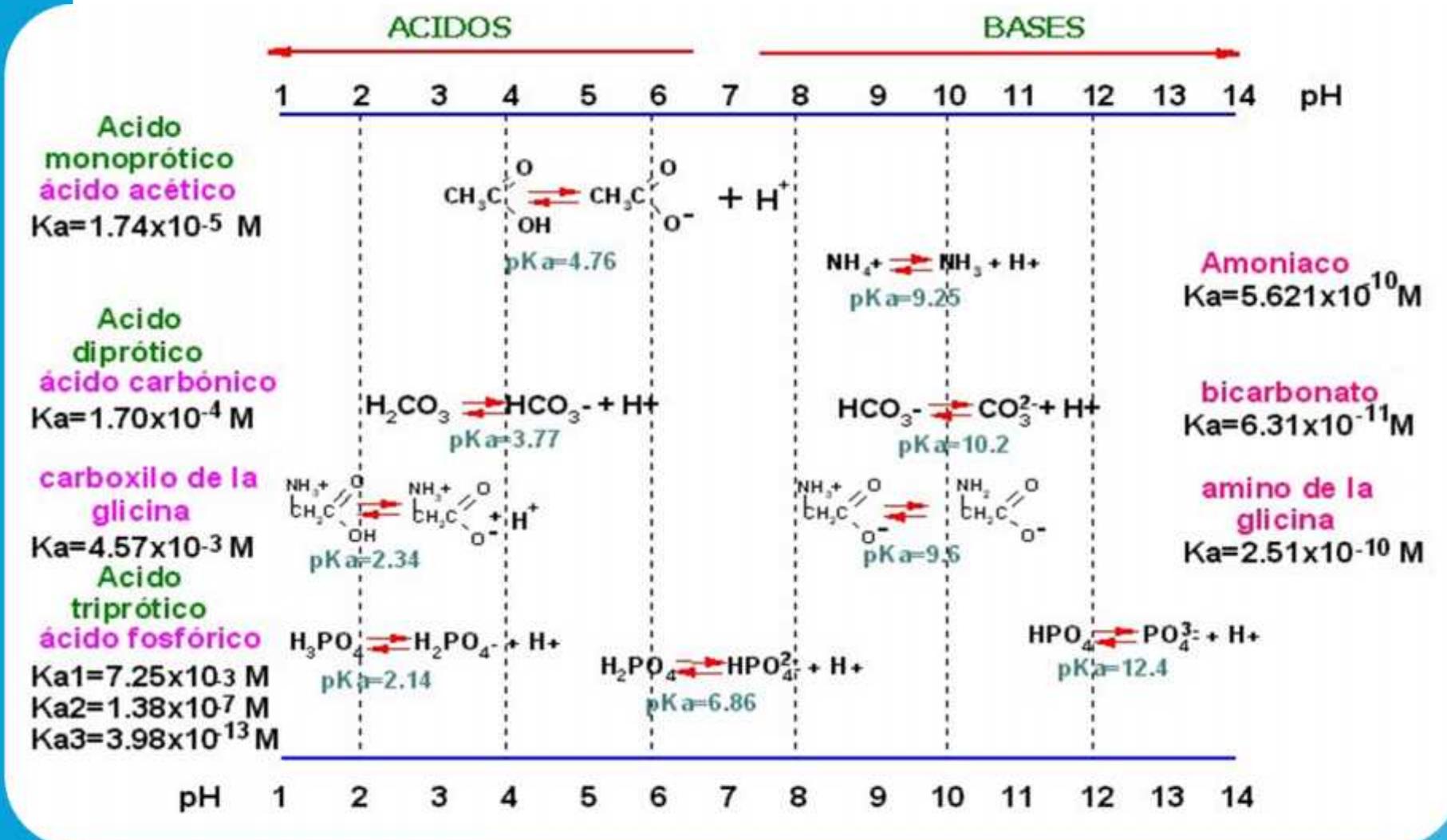


Esta disociación o las constantes de equilibrio de las reacciones de ionización viene regida por la **CONSTANTE DE DISOCIACIÓN O IONIZACIÓN** del ácido o de la base, representada como  $K_a$  o  $K_b$ .

**EL PK DE UN ÁCIDO DÉBIL ES EL pH EN EL CUAL LAS ESPECIES PROTONADAS Y LAS NO PROTONADAS ESTÁN PRESENTES EN IGUAL CONCENTRACIÓN.**



# Localización del pKa de algunos ácidos orgánicos.





# Tampones fisiológicos

- Sistema fosfato:



- Sistema carbonato:



Línea de defensa frente a los cambios de pH

# BIOQUÍMICA DE ÁCIDOS Y BASES

## Definiciones :

- **Ácidos:** Compuesto químico que puede donar un ión hidrogenión (protón) a otra molécula
  - **Compuesto básico:** Sustancia que puede aceptar un ión hidrógeno ( $H^+$ ) de otro compuesto
  - **Ácido fuerte:** Ácido que se disocia rápidamente y libera grandes cantidades de  $H^+$  en una solución, i.e. HCl
  - **Ácido débil:** Ácido con menor tendencia sus iones, liberando  $H^+$  con mayor dificultad, i.e.  $H_2CO_3$
  - **Sistema tampón o “buffer”:** Sustancia que puede unirse con  $H^+$  de forma reversible:  
 $Buffer + H^+ \rightleftharpoons H\ Buffer$  (ácido débil)
  - **pH:** La acidez de una solución depende de la actividad ó concentración de los  $H^+$  en la misma
    - En soluciones **muy diluidas:** Actividad  $H^+$  similar a su concentración
    - En soluciones **muy concentradas:** Actividad  $H^+$  inferior a su concentración
    - En sangre:** Actividad  $H^+$  se considera **similar** a su concentración
- Rango actividad de  $H^+$  en una solución se expresa mediante **escala de pH:**  
 **$pH = - \log [H^+]$**

# BIOQUÍMICA DE ÁCIDOS Y BASES

## Definiciones :

- En el cuerpo humano:

Rango de pH oscila entre 1 (ácido gástrico) y 7.5 (páncreas)

Sangre arterial: **7.4**, normalidad: **7.35-7.45**

- Según fórmula:  $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$

$\text{pH} \Rightarrow \downarrow [\text{H}^+]$ , alcalinización del medio

$\downarrow \text{pH} \Rightarrow [\text{H}^+]$ , acidificación del medio

- En el ser humano: Los  $\text{H}^+$  son cationes fuertes que interaccionan especialmente con proteínas, de carga negativa (aniones débiles)  $\Rightarrow$  cambios estructurales + funcionales

- Ejemplos:

- Hemoglobina pierde afinidad por el Oxígeno en condiciones de pH bajo (Fenómeno de Bohr)

- Extremos de pH: **pH > 7.8** ó **pH < 6.9** Incompatibles con la vida

# BIOQUÍMICA DE ÁCIDOS Y BASES

## Origen del pH :

- La principal fuente de H<sup>+</sup> es el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), producto final del catabolismo oxidativo de la glucosa y ácidos grasos:



- En los **capilares pulmonares**: Este proceso se revierte, el CO<sub>2</sub> diluido en sangre pasa la barrera alveolo-capilar y se elimina mediante la ventilación alveolar. El ácido carbónico pasa entonces a gas (ácido volátil) y es eliminado por los pulmones
- **Ácidos no volátiles**: Representan sólo un 0.2% del total de ácidos producidos  
Ejemplos: **ácido sulfúrico** (metabolismo cisteína), **ácido fosfórico** (fosfolipoproteínas), **ácido láctico** (metabolismo anaeróbico glucosa) CO<sub>2</sub>, ingesta accidental ó farmacológica, ácidos derivados de procesos patológicos (cetoacidosis diabética). Eliminación este tipo ácidos: Tracto digestivo ± Riñón

# BIOQUÍMICA DE ÁCIDOS Y BASES

## Sistemas de Defensa contra los cambios de $[H^+]$ :

- Sistemas tampón ácido-base
- Centro respiratorio: regula la eliminación de  $CO_2$  ( $H_2CO_3$ )
- Riñones: excretan orina ácida o alcalina

## Puesta en marcha:

- Cuando se produce una modificación en la  $[H^+]$ , los sistemas tampón reaccionan en fracciones de segundo para minimizar estos cambios
  - **Los sistemas tampón NO eliminan ni añaden  $H^+$  al organismo, sólo los mantienen “controlados” hasta el restablecimiento del equilibrio**
  - El sistema respiratorio actúa en pocos minutos para eliminar el  $CO_2$
- Estos 2 sistemas mantienen “controlados” los niveles de  $H^+$  hasta que actúan los:
- Riñones: más lentos en actuar, pero eliminan el exceso de ácido o base del cuerpo
  - A pesar de su lentitud en actuar, al cabo de unas pocas horas y días, los riñones constituyen el sistema regulador del equilibrio ácido-base más potente

# BIOQUÍMICA DE ÁCIDOS Y BASES

## **SISTEMAS TAMPÓN :**

- En el **rango fisiológico**: bicarbonato, fosfatos, y proteínas actúan como tampones de forma permanente

-



# BIOQUÍMICA DE ÁCIDOS Y BASES

## 1.- Sistema Bicarbonato :

- Consta de una pareja de tampones de ácido débil (ácido carbónico) y su base conjugada (bicarbonato)
- Su capacidad de actuar como tampón de ácidos se debe en gran parte a la capacidad de los pulmones de eliminar CO<sub>2</sub>
- **A 37°C**: 0.03 mmol de CO<sub>2</sub> por mmHg se disuelve en 1L de plasma, [CO<sub>2</sub>] disuelto:  
0.03 x PaCO<sub>2</sub> mmol/L, **CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O  $\rightleftharpoons$  H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>  $\rightleftharpoons$  HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> + H<sup>+</sup>**

En plasma: - equilibrio de esta reacción desplazado hacia la izquierda

- 1000 veces más CO<sub>2</sub> disuelto en plasma que en forma de ácido carbónico
- CO<sub>2</sub> disuelto en equilibrio con el ácido carbónico no disociado de la ecuación de H-H para el sistema bicarbonato:

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

dado que [H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>] insignificante  $\text{pH} = \text{pK} + \log \left[ \frac{\text{HCO}_3^-}{0.03 \times \text{PaCO}_2} \right]$

Según el diagrama de Henderson-Hasselbach: para cada valor de pH y [HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>] existe un valor correspondiente de PaCO<sub>2</sub>

# BIOQUÍMICA DE ÁCIDOS Y BASES

## 2.- Sistema Fosfatos :

- Sistema tampón que consta de 2 pares de aniones: mono y dihidrógeno de fosfato, equilibrio:  $\text{H}_2\text{PO}_4^- \Leftrightarrow \text{H}^+ + \text{HPO}_4^{2-}$
- El pK de la forma ácida: 6.8, cercano a 7
- A pH fisiológico de 7,4, la concentración de  $\text{HPO}_4^{2-}$  (un 80%) es 4 veces superior a la de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (un 20%)
- Ejercen su acción sobre todo en el medio intracelular

## 3.- Proteínas:

- Varios grupos de proteínas pueden actuar como potenciales tampones
- Pero sólo el grupo de los **imidazoles** posee un pK situado en el rango del pH sangre
- Grupo imidazol sito en el residuo histidina de las cadenas peptídicas
- pK oscilan: 5.5-8.5, amplio rango de tampón
- Hemoglobina: rango pK 7-8
- Hemoglobina en forma desoxi-Hb ácido más débil que Hb en forma oxi-Hb
- A medida que oxígeno liberado de la Hb en capilares tisulares, los grupos imidazol Hb eliminan  $\text{H}^+$  del interior hematíes  $\Rightarrow$   $\text{CO}_2$  se transporte en forma de bicarbonato
- Este mismo proceso se revierte en capilares pulmonares

# BIOQUÍMICA DE ÁCIDOS Y BASES

## SISTEMA RESPIRATORIO:

-Mediante la modificación del nivel de ventilación se regula el pH

$$PaCO_2 = VCO_2 \text{ (producción tisular } CO_2) / VA \text{ (ventilación alveolar)}$$

- Si acidosis:  $\uparrow [H^+] \Rightarrow$  Quimiorreceptores  $\Rightarrow \uparrow VA \Rightarrow \downarrow PaCO_2 \Rightarrow \uparrow pH$

- Mecanismo muy **sensible** e **inmediato** al inicio de la acidosis

- Si alcalosis:  $\downarrow VA \Rightarrow \uparrow PaCO_2 \Rightarrow \downarrow pH$

- Se induce así alcalosis ó acidosis respiratoria como mecanismos de compensación respiratoria, respectivamente

## SISTEMA RENAL:

- Controlan la acidosis ó alcalosis mediante:

- Excreción de ácidos fijos  
- Reteniendo bicarbonato } **Acidosis**

- Reduciendo la excreción de hidrogeniones  
- Reduciendo la retención de bicarbonato } **Alcalosis**

# TRASTORNOS DEL EQUILIBRIO ÁCIDO-BASE

## ACIDOSIS RESPIRATORIA :

- La  $\text{PaCO}_2$  depende del nivel de ventilación pulmonar
- Los sistemas de control permiten mantenerla alrededor de 40 mmHg normalmente
- Si  $\downarrow \text{VA} \Rightarrow \uparrow \text{PaCO}_2 \Rightarrow \downarrow \text{pH}$ , el nivel de pH para cada nivel de  $\text{PaCO}_2$  depende del bicarbonato y otros tampones en sangre
- En acidosis respiratoria:  $\uparrow$  bicarbonato para tamponar  $\text{H}^+$  liberados por la disociación ácido carbónico
- Si se mantiene la hipercapnia:  $\uparrow$  bicarbonato por efecto compensación renal, riñón  $\uparrow$  excreción ácidos y cloro  $\Rightarrow$  alcalosis hipoclorémica
- Tiempo para tamponamiento completo: 3-5 días
- Tener en cuenta, que según la ecuación del gas alveolar:

**Acidosis respiratoria  $\varnothing$  Hipoxemia  $\varnothing$  MUERTE *per se* !!**

- Aparte de corregir la acidosis: Adecuada oxigenación,  $\uparrow$  nivel ventilación (ventilación mecánica, invasiva ó no), especialmente si  $\text{PaCO}_2 > 60$  mmHg !!

# TRASTORNOS DEL EQUILIBRIO ÁCIDO-BASE

## ACIDOSIS RESPIRATORIA :

### - Causas de Acidosis Respiratoria agudas:

- Obstrucción Vía Aérea
- Estatus Asmático
- Neumonía
- Edema Pulmonar
- Enfermedades Neuromusculares
- Fallos Restrictivos Caja Torácica

- Causas de Acidosis Respiratoria Crónicas: Secundarias a neumopatías crónicas que cursan con deterioro del sistema de ventilación alveolar (alvéolos, vías aéreas, y caja torácica).

- Presentan hipercapnia crónica, si bien aparecen descompensaciones
- Posible aparición de encefalopatía hipercápnica:
- Evitar uso de sedantes y de ↑ fracciones oxígeno
- Tratar causa desencadenante
- ↓ Alcalosis metabólica
- Se intenta evitar la intubación y VM, prefiriendo, en todo caso, la no invasiva

# TRASTORNOS DEL EQUILIBRIO ÁCIDO-BASE

## ACIDOSIS RESPIRATORIA :

### - Causas de Acidosis Respiratoria agudas:

- Obstrucción Vía Aérea
- Estatus Asmático
- Neumonía
- Edema Pulmonar
- Enfermedades Neuromusculares
- Fallos Restrictivos Caja Torácica

- Causas de Acidosis Respiratoria Crónicas: Secundarias a neumopatías crónicas que cursan con deterioro del sistema de ventilación alveolar (alvéolos, vías aéreas, y caja torácica).

- Presentan hipercapnia crónica, si bien aparecen descompensaciones
- Posible aparición de encefalopatía hipercápnica:
- Evitar uso de sedantes y de ↑ fracciones oxígeno
- Tratar causa desencadenante
- ↓ Alcalosis metabólica
- Se intenta evitar la intubación y VM, prefiriendo, en todo caso, la no invasiva

# TRASTORNOS DEL EQUILIBRIO ÁCIDO-BASE

## ACIDOSIS RESPIRATORIA :

### - Causas de Acidosis Respiratoria Crónicas:

- Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC)
- Fibrosis Pulmonar
- Cifoescoliosis
- Obesidad mórbida
- Enfermedades Neuromusculares
- Encefalopatías
- Etc...



# TRASTORNOS DEL EQUILIBRIO ÁCIDO-BASE

## ALCALOSIS METABÓLICA:

- Como consecuencia de una pérdida excesiva de ácidos, como consecuencia de la ingesta, infusión ó exceso de reabsorción renal de álcalis (bicarbonato)
- Alcalemia grave, pH > 7.6: VC arterial  $\Rightarrow$   $\downarrow$  flujo miocárdico y cerebral, Cefalea, Convulsiones, Delirio, Letargia, Arritmias, Miocardio muy sensible a la isquemia
- En pacientes con neumopatías:  $\downarrow$  Ventilación  $\Rightarrow$  Se asocia a hipercapnia !
- Hipopotasemia: Arritmias, Debilidad muscular, Poliuria
- Alcalosis: Estimula glicolisis anaerobia  $\Rightarrow$   $\uparrow$  Ácido láctico y ceto-ácidos
- Alcalosis aguda:  $\uparrow$  unión oxígeno Hb  $\Rightarrow$   $\downarrow$  liberación tejidos  $\Rightarrow$  hipoxia tisular
- Alcalosis crónica:  $\uparrow$  [2,3-difosfoglicérico] hematíes  $\Rightarrow$  liberación oxígeno

## -Tratamiento:

- Causa desencadenante
- Inhibir vómitos
- Reducir dosis diuréticos
- Repleción de líquidos con potasio y cloro
- En casos graves/muy graves: Ácido clorhídrico a dosis ajustadas ó su precursor (Cloruro de amonio), Hemodiálisis + Ultrafiltración

# TRASTORNOS DEL EQUILIBRIO ÁCIDO-BASE

## ACIDOSIS METABÓLICA (Acidosis no respiratoria):

- Si acidemia grave:  $\text{pH} < 7.2$ ; Efectos sistémicos: cardiovasculares,  $\downarrow$  gasto cardiaco,  $\downarrow$  TA, arritmias,  $\downarrow$  flujo sanguíneo periférico,  $\downarrow$  extracción glucosa tejidos,  $\downarrow$  captación ácido láctico por hígado, hiperkaliemia ( $\uparrow$  secreción potasio), alteración metabolismo cerebral  $\Rightarrow$  Obnubilación y Coma

-Tratamiento: En general, Bicarbonato + Causa desencadenante

--- Acidosis láctica: Causa específica + Oxigenación

--- Cetoacidosis diabética: Insulina + líquidos + electrolitos

### - Etiología múltiple:

--- Cetoacidosis: Diabetes, Alcoholismo, Desnutrición extrema

--- Acidosis láctica: *Shock* etiología diversa, Insuf. Resp. Aguda, Anemia

--- Pérdida bicarbonato: Diarrea, Disfunción Renal

--- Sustancias Tóxicas: Etanol, Metanol, Salicilatos, Cloruro de Amonio

# TRASTORNOS DEL EQUILIBRIO ÁCIDO-BASE

## ALCALOSIS RESPIRATORIA:

- Hiperventilación:  $\text{PaCO}_2 < 35 \text{ mmHg}$
- Hipocapnia  $\Rightarrow \downarrow \text{H}^+ \Rightarrow \downarrow \text{Bicarbonato} \Rightarrow \uparrow \text{pH}$
- En general, las consecuencias de la alcalosis no son manifiestas
- Causas más frecuentes:
  - Ansiedad
  - Encefalitis
  - Tumores cerebrales
  - Fiebre
  - Agudización asma
  - Embolia Pulmonar
  - Altura
  - Embarazo

# TRASTORNOS DEL EQUILIBRIO ÁCIDO-BASE

## ALCALOSIS METABÓLICA:

### - Causas más frecuentes:

--- Ingestión ó administración excesiva de alcalinos:

----- Bicarbonato

----- Ingestión de antiácidos

--- Pérdidas de iones hidrógeno ( $H^+$ )

----- Vómitos

----- Fístulas gástricas

----- Diuréticos

----- Tratamiento con corticosteroides





# Los elementos

Se los conoce con la sigla CHNOPS

ELEMENTOS		COMENTARIO
Primer Nivel	Carbono (C) Hidrógeno (H) Nitrógeno (N) Oxígeno (O)	Los más abundantes en todos los organismos
Segundo Nivel	Calcio (Ca) Cloro (Cl) Magnesio (Mg) Fósforo (P) Potasio (K) Sodio (Na) Azufre (S)	Mucho menos abundantes, pero se encuentran en todos los organismos
Tercer Nivel	Cobalto (Co) Cobre (Cu) Hierro (Fe) Manganeso (Mn) Zinc (Zn)	Metales presentes en pequeñas cantidades en todos los organismos, pero son esenciales para la vida
Cuarto nivel	Aluminio (Al) Galio (Ga) Yodo (I) Molibdeno (Mo) Níquel (Ni) Selenio (Se) Sílice (Si)	Se encuentran o son necesarios en algunos organismos en cantidades mínimas
	Arsénico (As) Boro (B) Bromo (Br) Cromo (Cr) Flúor (F) Tungsteno (W) Vanadio (V)	



# Minerales (iones)

Elemento	Alimentos	Funciones
Fluoruro	El alimento que más fluoruro contiene es el pescado, aunque también se encuentra en el té, el café, la soja e, incluso, el agua potable.	<ul style="list-style-type: none"><li>▪Fortalece el esmalte y previene la caries dental</li><li>▪Conservación del cabello</li><li>▪Favorece la cicatrización de heridas.</li></ul>
Zinc	Pescado, carne, mariscos... También en legumbres, huevos y pan integral.	Interviene en el metabolismo general. Fortalece los huesos. Facilita el crecimiento y desarrollo sexual.
Sodio	Casi todos los alimentos contienen sodio. Además de la sal de mesa, la cual se añade a las comidas para darles más sabor, los principales alimentos que contienen sodio son todos aquellos procesados: la carne o el pescado ahumado, el pan, los cereales, el queso...	Controla la acumulación de agua en los tejidos. Controla el ritmo cardíaco. Interviene en la generación de impulsos nerviosos y la contracción muscular



# Minerales (iones)

Calcio	La leche, tanto entera como desnatada, los productos lácteos, las verduras, las legumbres, el pescado, etc. son los alimentos que contienen más calcio.	Formación y conservación de huesos. Transmisión de impulsos nerviosos. Contracción muscular. Coagulación sanguínea.
Potasio	El potasio se encuentra, predominantemente, en el pan integral, las verduras, legumbres, leche y fruta, especialmente plátano y naranjas.	Controla la acumulación de agua en los tejidos. Controla el ritmo cardíaco. Interviene en la generación de impulsos nerviosos y la contracción muscular
Hierro	Se encuentra en abundancia en la carne, el pescado, el hígado, el pan integral, algunas verduras, cereales, nueces y legumbres.	Forma parte de la hemoglobina, por lo que un posible déficit en la dieta puede ocasionar anemia ferropénica. Forma parte de diversos enzimas



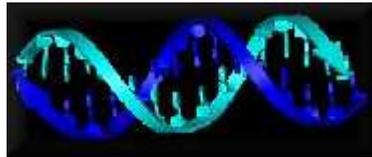
# Minerales (iones)

Selenio	Carne, pescado, mariscos y productos lácteos. También verduras.	Conserva la elasticidad de los tejidos. Retrasa, al parecer, el envejecimiento celular. Reduce, al parecer, el riesgo de cáncer.
Cobre	Hígado, mariscos, pescado, legumbres, pan integral...	Interviene en numerosas reacciones enzimáticas del metabolismo.
Yodo	Pescados de mar y mariscos, principalmente.	Forma parte de las hormonas tiroideas, que controlan el crecimiento y el desarrollo, así como en la producción de dentro de las células.



# Biomoléculas

## Ácidos nucleicos

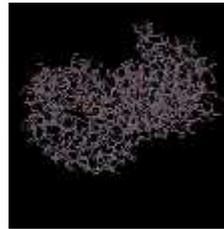


ADN

ARN

Subunidade  
s  
Nucleotidos

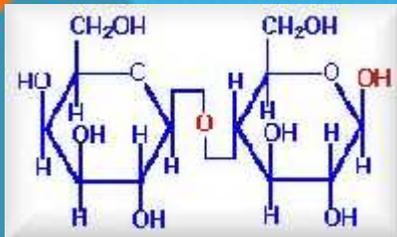
## PROTEÍNAS



15 %

Subunidades  
Aminoácidos

## CARBOHIDRATOS



1 %

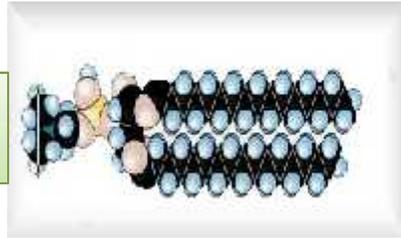
Polisacáridos

Subunidades  
Glucosa

# Biomoléculas



LÍPIDOS



15 %

Grasas neutras

Fosfolípidos

VITAMINAS

Coenzimas

Enzimas

Desempeñan un papel importante  
en la catálisis de reacciones  
biológicas