

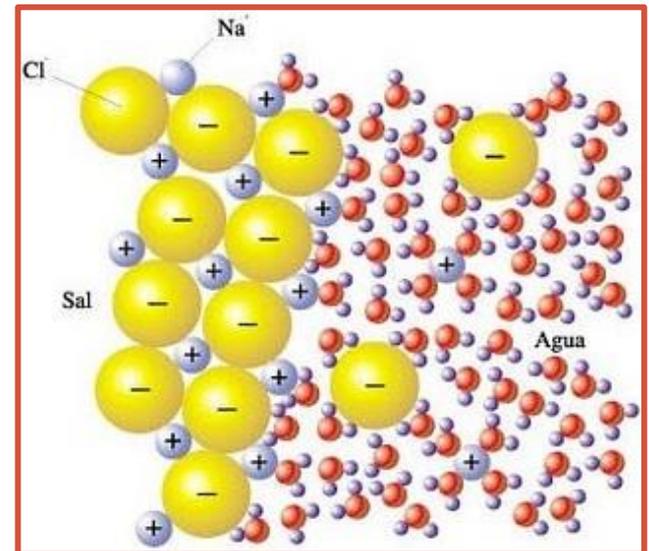
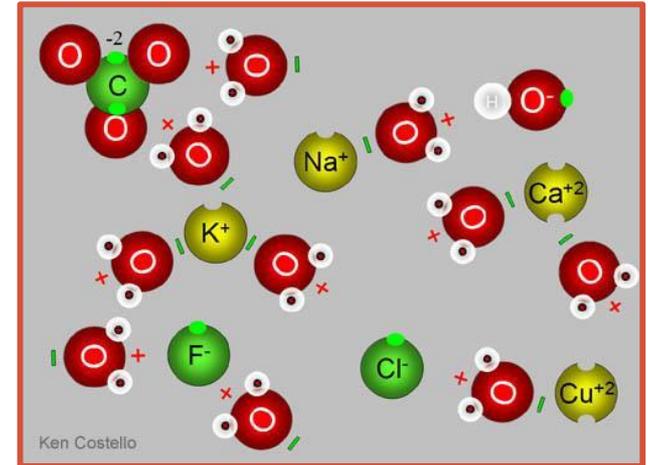


LIC. JAVIER CESPEDES  
MATA ME.

# Electrólitos

Son sustancias cuyas moléculas se disocian o se dividen en iones cuando se colocan en agua.

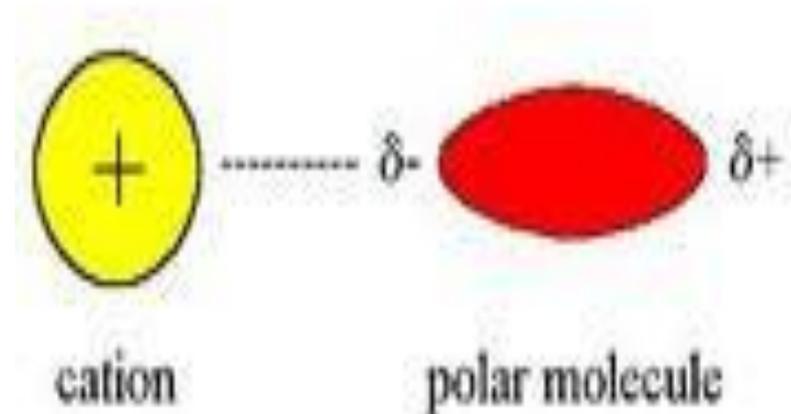
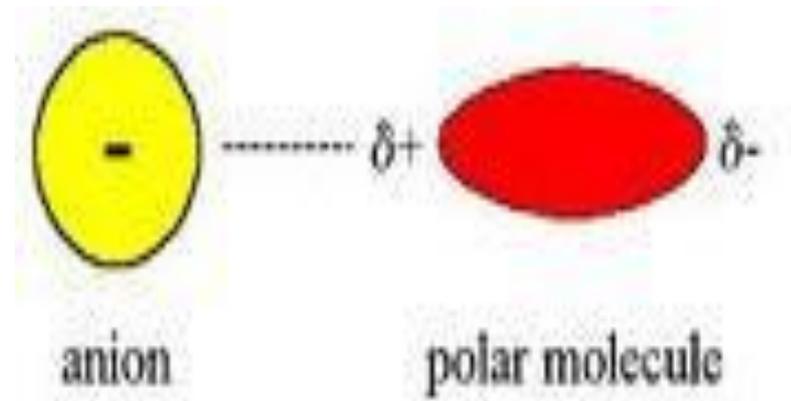
Los iones son partículas cargadas eléctricamente.



# Electrólitos

**Los cationes** son iones con carga positiva ejemplo: Sodio ( $\text{Na}^+$ ), Potasio ( $\text{K}^+$ ), Calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) y Magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ).

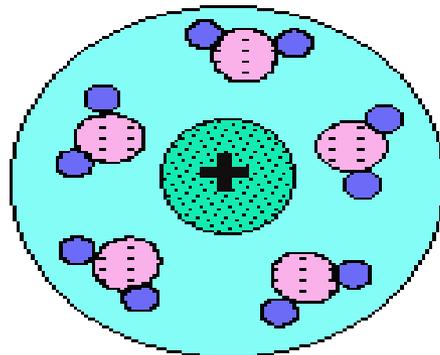
**Los aniones** son iones con carga negativa ejemplo: Bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), Cloruro ( $\text{Cl}^-$ ) y Fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ).



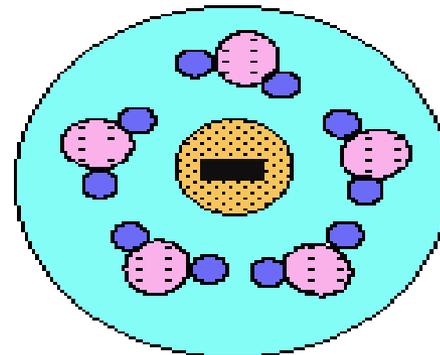
# Propiedades del agua:

- **Acción disolvente:** El agua es el líquido que más sustancias disuelve, por eso decimos que es el **disolvente universal**.

## Capa de solvatación

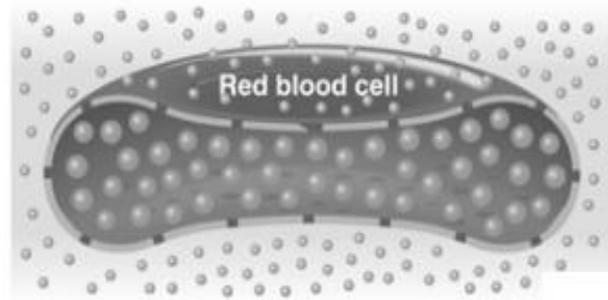


iones de  
 $\text{Na}^+$

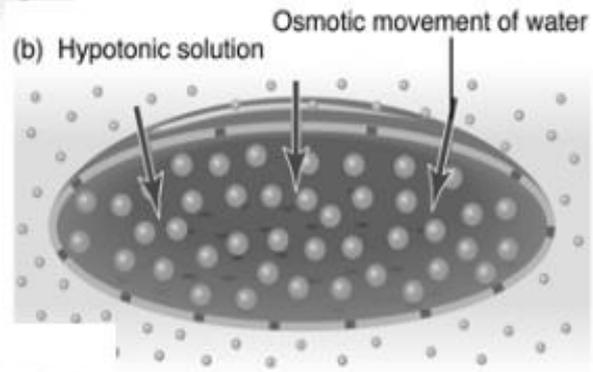


iones de  
 $\text{Cl}^-$

(a) Isotonic solution



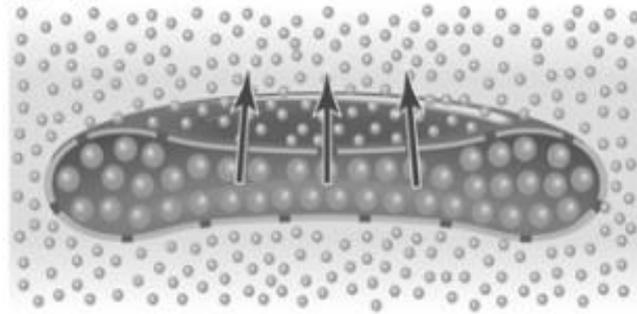
Disolución isotónica: no hay cambio de volumen en el eritrocito



(b) Hypotonic solution

Disolución hipotónica: aumento de volumen en el eritrocito

(c) Hypertonic solution



Disolución hipertónica: disminución de volumen en el eritrocito

# Osmolaridad y Osmolalidad

- Osmol: Es la cantidad de sustancia que contiene 1 mol de partículas
- Osmolalidad: Una medida de concentración total de solutos por kilogramos de solvente.

Ejemplo: Osmolalidad = Osmoles por kilogramo de agua.

Su unidad, en medicina: Miliosmoles por kilogramo de agua (mOsm/kg)

- Osmolaridad: Una medida de concentración total de solutos por litros de solución.

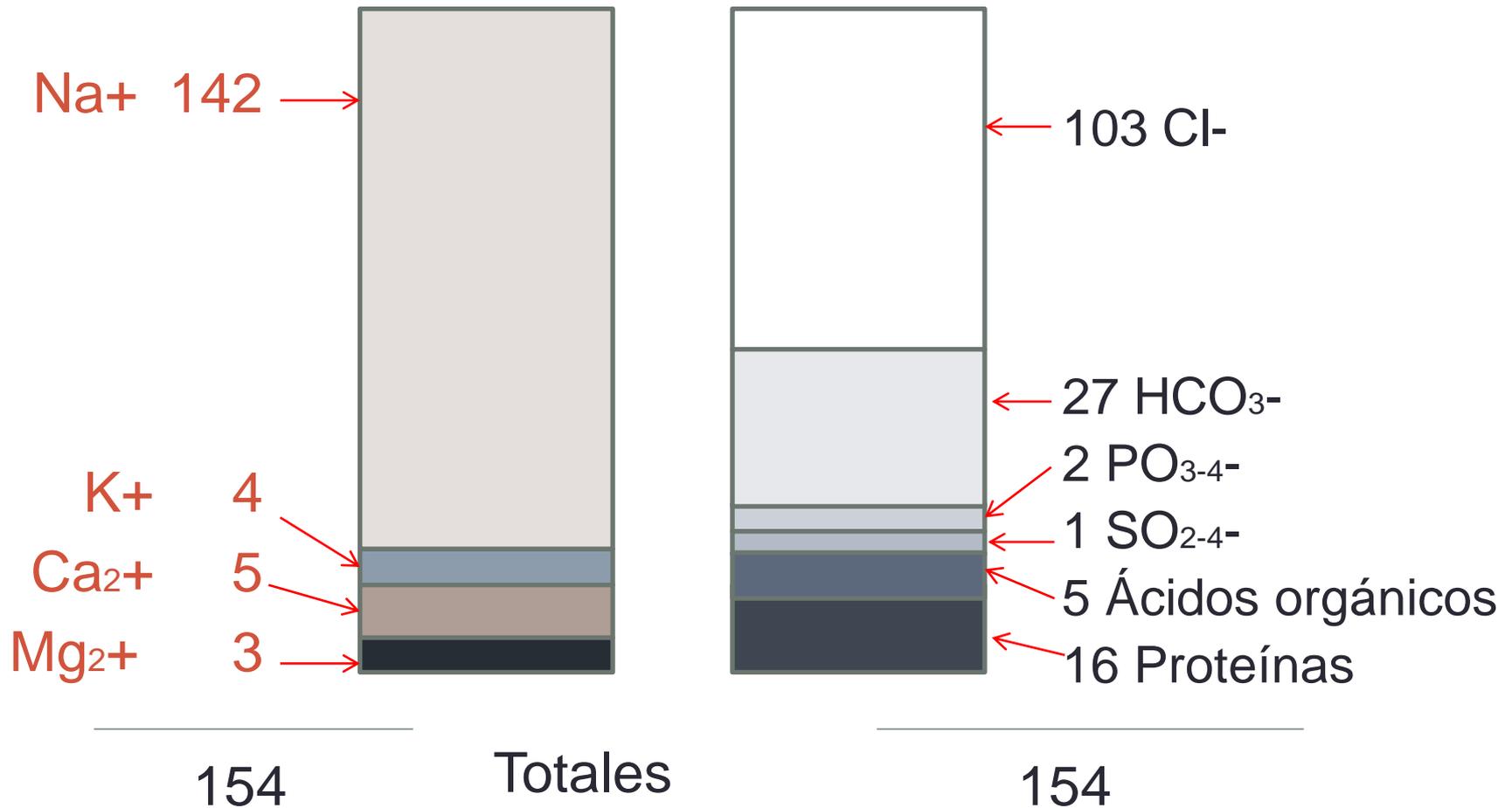
Ejemplo: Osmolaridad = Osmoles por litro de solución

Su unidad, en medicina: Miliosmoles por litro de solución (mOsm/L)

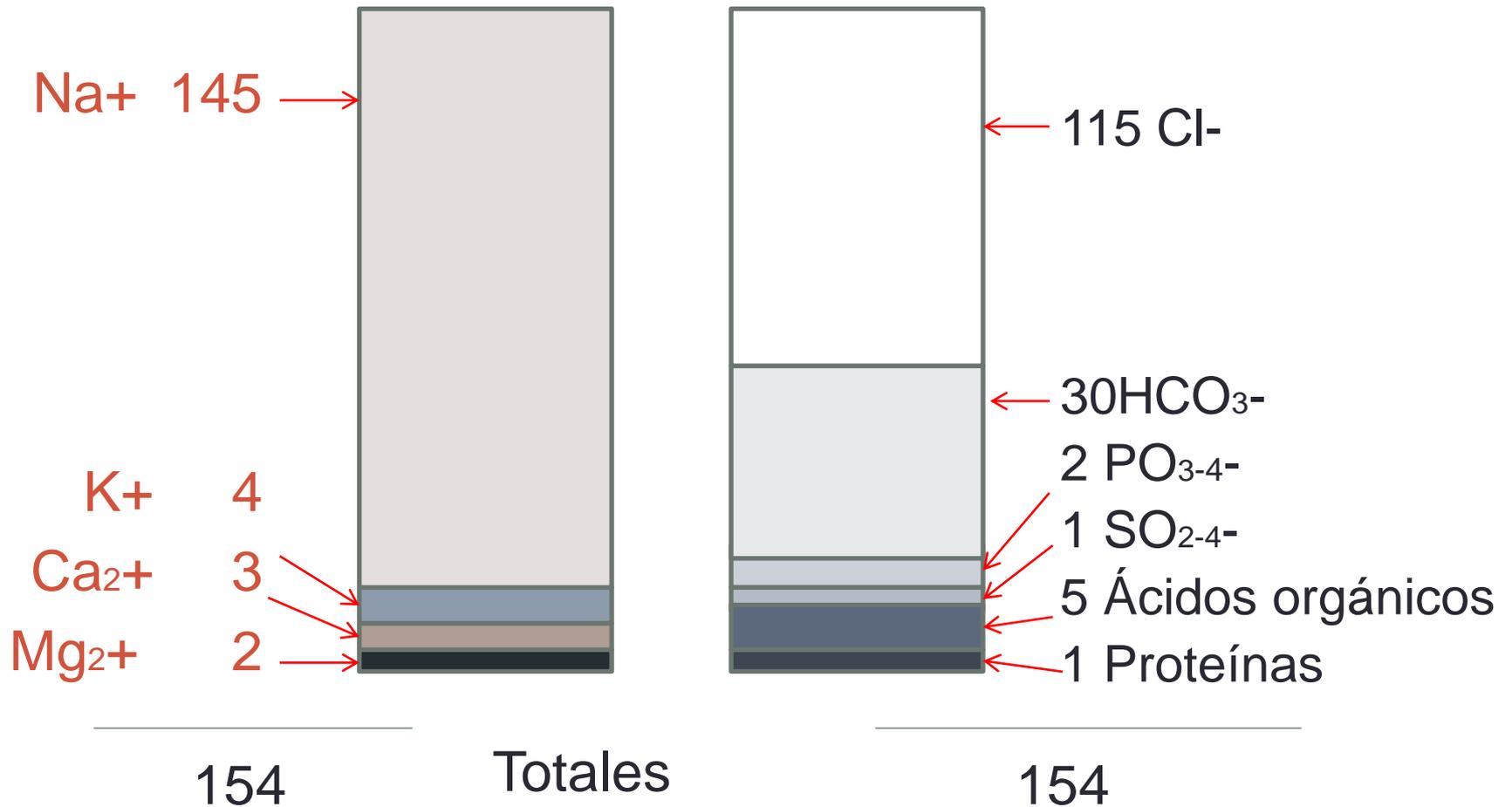
**TABLA 1.VIII COMPOSICION  
ELECTROLITICA DEL PLASMA HUMANO**

<b>CATIONES</b>	<b>mEq/L</b>
Sodio (Na <sup>+</sup> )	142
Potasio (K <sup>+</sup> )	4
Calcio (Ca <sup>2+</sup> )	5
Magnesio (Mg <sup>2+</sup> )	2
<b>TOTAL DE CATIONES</b>	<b>153</b>
<b>ANIONES</b>	
Cloruro (Cl <sup>-</sup> )	102
Bicarbonato (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	26
Fosfato (HPO <sub>4</sub> <sup>=</sup> )	2
Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> )	1
Acidos orgánicos	6
Proteínas	16
<b>TOTAL DE ANIONES</b>	<b>153</b>

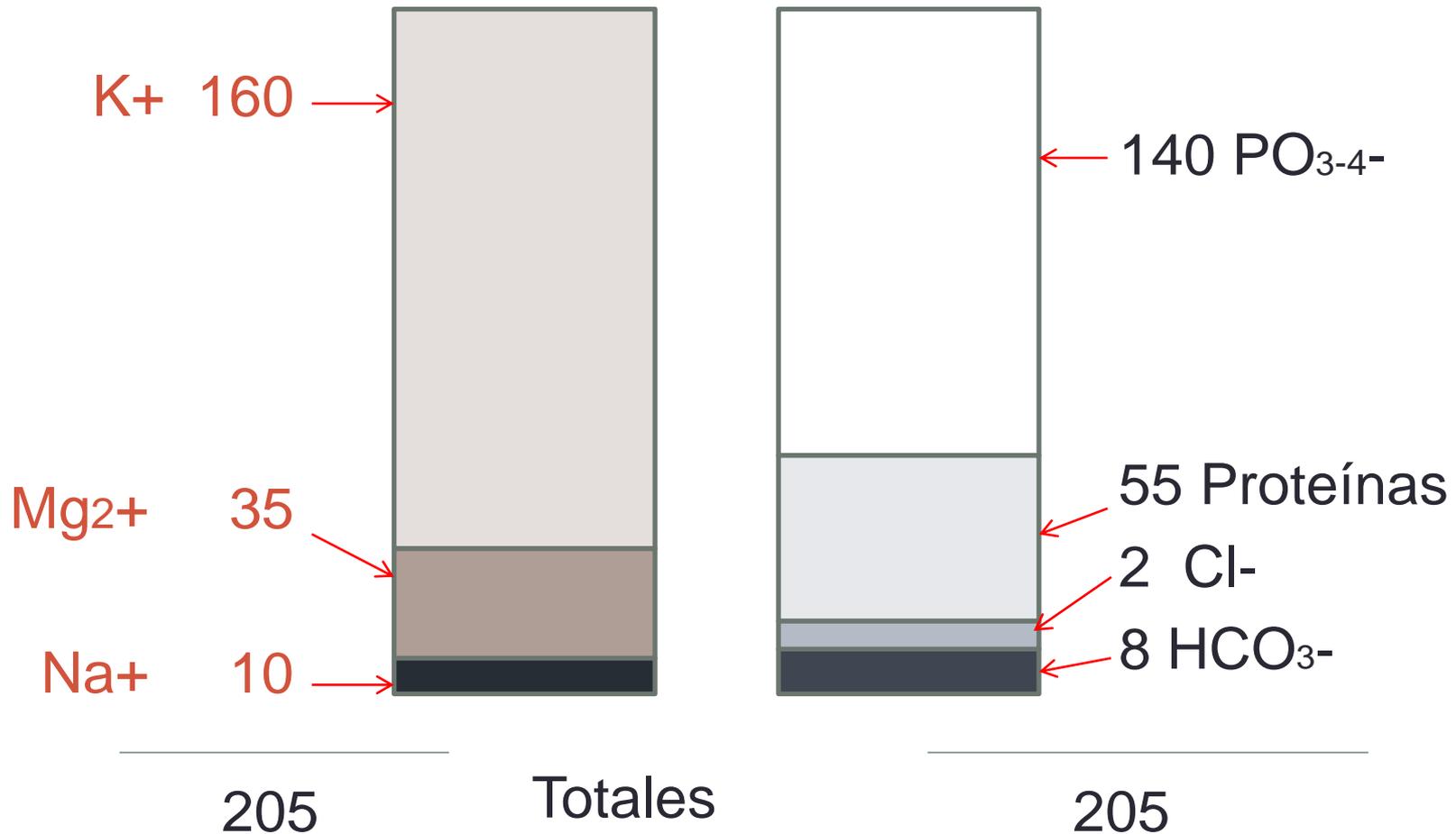
# Composición de electrolitos en plasma en el compartimiento intravascular (mEq/l)



# Composición de electrolitos del liquido intersticial (mEq/l)



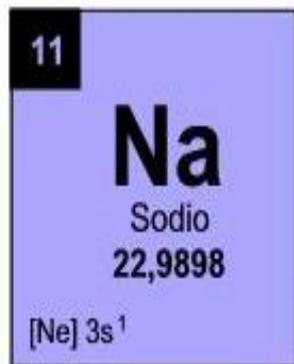
# Composición de electrolitos del líquido intracelular (mEq/l)



# ALTERACIONES ELECTROLÍTICAS

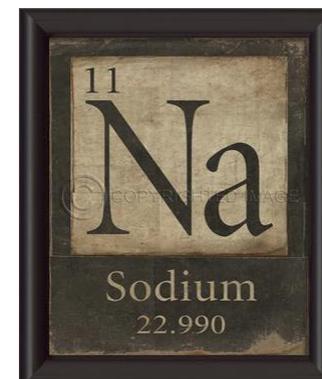
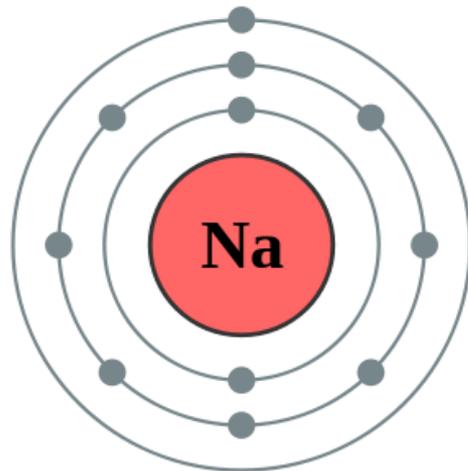
---

Lic. Javier Céspedes Mata, M.E.



Número atómico 11.

## El sodio

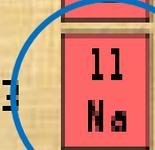


Es un elemento químico de símbolo Na.

Es un metal alcalino blando, untuoso, de color plateado, muy abundante en la naturaleza, encontrándose en la sal marina y el mineral halita. Es muy reactivo, arde con llama amarilla, se oxida en presencia de oxígeno y reacciona violentamente con el agua.

Grupo →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
↓ Período																			
1	1 H																		2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne	
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar	
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr	
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe	
6	55 Cs	56 Ba		72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn	
7	87 Fr	88 Ra		104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Uut	114 Uuq	115 Uup	116 Uuh	117 Uus	118 Uuo	
			Lantánidos	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	
			Actínidos	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr	

# Sodio



# Sodio ( $\text{Na}^+$ ) 135 – 145 mEq/l.

El catión sodio ( $\text{Na}^+$ ) tiene un papel fundamental en el metabolismo celular.

Mantiene el volumen y la osmolaridad.

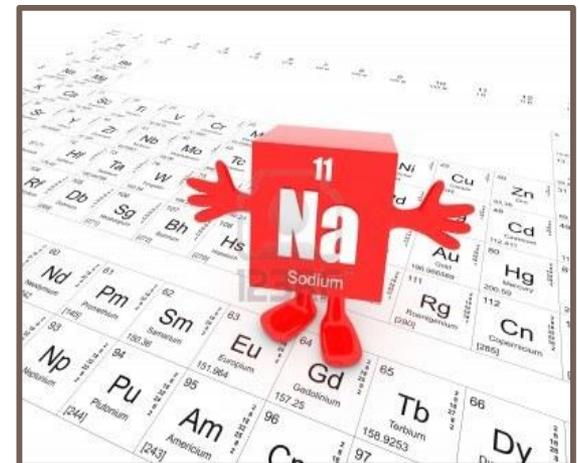
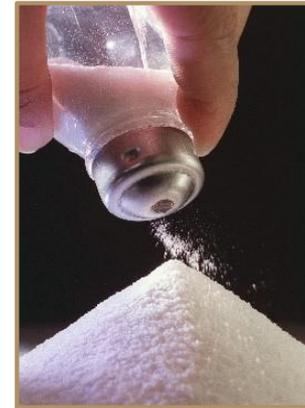
## Participa en:

La transmisión del impulso nervioso.

La contracción muscular.

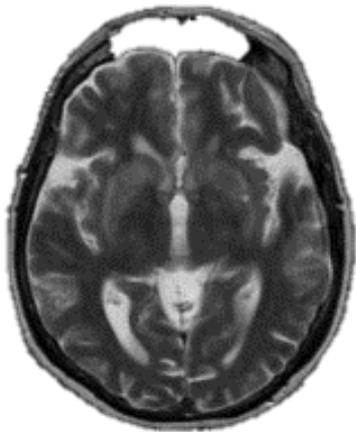
El equilibrio ácido-base.

La absorción de nutrientes por las membranas.



# Hiponatremia

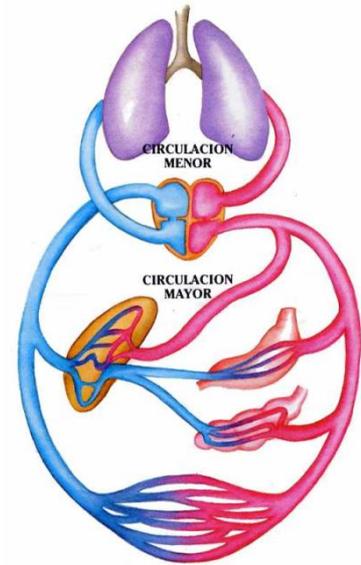
La hiponatremia se define como una concentración de sodio ( $\text{Na}^+$ ) en plasma  $< 135 \text{ mEq/l}$  y es una situación relativamente frecuente en la práctica clínica.



**hiponatremia equivale a hipoosmolalidad**

# Hiponatremia

- La principal función fisiológica del  $\text{Na}^+$  es mantener el Volumen del LEC y por ende del Volumen circulante efectivo (VCE).
- La excreción renal de  $\text{Na}^+$  se regula primariamente en respuesta al estado del VCE y no de la ( $\text{Na}^+\text{p}$ ).
- El principal mecanismo por el que se regula la ( $\text{Na}^+\text{p}$ ) es por el Control del balance de Agua, primariamente por la secreción de la HAD y también por el mecanismo hipotalámico de la SED.



**$\text{Na}^+\text{p}$ :** Sodio plasmático

# Métodos de diagnóstico

- ✓ Historia Clínica y exploración física.
- ✓ Radiografía de tórax y abdomen.
- ✓ Electrocardiograma.
- ✓ Analítica a solicitar:
  - Sistemático de sangre.
  - Bioquímica sanguínea (glucosa, urea, iones, creatinina).
  - Gasometría venosa.
  - Orina: sistemático, iones, osmolalidad.

Calculo de la Osmolalidad plasmática (Osm. p)

$$\text{Osm p.} = 2 (\text{Na}+\text{K}) + \text{Glucosa}/18 + \text{Urea}/5,2$$

(normal = 280-295 mOsm/kg)

# HIPONATREMIAS FALSAS:

1. Osmolalidad plasmática normal (280-295) (Hiponatremia isotónica).

Causas: hiperlipidemia, hiperproteinemia.

Tratamiento: no precisa.

2. Osmolalidad plasmática alta ( $> 295$ ) (Hiponatremia hipertónica).

Causas: acumulación de sustancias osmóticamente activas (glucosa, manitol, glicerol).

Tratamiento: de la causa subyacente (ej. control de la glucemia).

# HIPONATREMIA VERDADERA:

Osmolalidad plasmática baja ( $< 280$ ) (Hiponatremia hipotónica).

En este caso habrá que valorar el estado del "volumen extracelular" (VEC)

(tensión arterial, presión venosa central, turgencia cutánea, urea, creatinina)

1. Hiponatremia hipovolémica (VEC bajo)
2. Hiponatremia euvolémica (VEC normal)
3. Hiponatremia hipervolémica (VEC alto)
4. Hiponatremia secundaria a diuréticos

## Hiponatremia hipovolémica (VEC bajo)

### 1. Pérdidas extrarrenales:

- Gastrointestinales.
- Quemados.
- Pérdidas tercer espacio (pancreatitis, obstrucción intestinal, etc.).

### 2. Pérdidas renales:

- Enfermedad renal.
- Exceso de diuréticos.
- Diuresis osmótica (glucosuria diabética).
- Déficit de mineralcorticoides (Addison, hipoaldosteronismo).

## Hiponatremia euvolémica (VEC normal)

### 1. Síndrome de secreción inadecuada de ADH (SSIADH).

### 2. Antes de diagnosticar SSIADH, descartar:

- Hipotiroidismo.
- Polidipsia psicógena.
- Potomanía por cerveza.
- Déficit de glucocorticoides (Addison).
- Liberación de hormona antidiurética (ADH): estrés, dolor, cirugía...

## Hiponatremia hipervolémica (VEC alto)

(Estados edematosos)

Volumen circulante efectivo disminuido:

- Insuficiencia cardíaca, cirrosis hepática, sind. Nefrótico.

Volumen circulante efectivo aumentado:

- Insuficiencia renal crónica, fracaso renal agudo establecido.

## Hiponatremia secundaria a diuréticos

Es la causa más frecuente de hiponatremia hipotónica en pacientes ambulatorios.

La patogenia es multifactorial, y puede encontrarse tanto con depleción de volumen como con VEC normal .

TIPOS DE SIGNOS	HIPONATREMIA	
	MODERADA	GRAVE
NEUROLÓGICO	<p>Calambres musculares</p> <p>Hiperreflexia tendinosa</p> <p>Hipertensión endocraneal (Fase compensada).</p>	<p>Convulsiones</p> <p>Arreflexia</p> <p>Hipert. endocraneal (Fase descompensada)</p>
CARDIOVASCULARES	<p>Cambios de la TA y el pulso sec.</p> <p>Hipert. Intracraneal.</p>	
HÍSTICOS	<p>Salivación, lagrimación y diarrea acuosa. La piel conserva la huella</p>	

# CRITERIOS DE INGRESO

Hiponatremia leve (135-125 mEq/l): el ingreso o no, depende de la patología subyacente y de la situación clínica (valorar cada caso).

Hiponatremia moderada (125-115 mEq/l) o grave ( $\ll$ 115 mEq/l): ingreso.

# TRATAMIENTO DE LA HIPONATREMIA HIPOTÓNICA

Si es sintomática (habitualmente aguda) o grave ( $\text{Na}^+ < 115 \text{ mEq/l}$ ):

- Tratarla de forma agresiva aunque paulatina (riesgo de mielinolisis pontina), tras calcular el déficit de sodio, hasta llegar a unos niveles seguros (120-125 mEq/l).
- S. Salino hipertónico (3%) junto con Furosemida intravenosa a dosis de 1 mg/kg/6-8 h.

# TRATAMIENTO DE LA HIPONATREMIA HIPOTÓNICA

Si es asintomática (habitualmente crónica):

1. Hiponatremia hipovolémica: S. salino fisiológico (0,9%).
2. Hiponatremia euvolémica:
  - Restricción de la ingesta de agua (500-700 ml/día).
  - Si SSIADH, además de la restricción hídrica y dieta rica en sodio, habrá que tratar la causa si es posible.
  - Si no es suficiente puede ser necesario añadir furosemida o demeclocilina por vía oral.
3. Hiponatremia hipervolémica ê Restricción de líquidos y sal.  
Diuréticos: Furosemida.
4. Hiponatremia secundaria a diuréticos ê Suspender el agente causal.

# Cálculo del déficit de sodio:

$$\text{Déficit de Na} = 0,6 \times \text{Peso (kg)} \times (\text{Na deseado} - \text{Na actual})$$

Pasar la mitad del déficit calculado en las primeras 12 horas, con controles analíticos periódicos y el resto en 24-36 horas.

Volumen S. salino	S. Salino fisiológico 0,9%	S. salino hipertónico 3%
250 cc	38,5 mEq	128 mEq
500 cc	77 mEq	256,5 mEq
1.000 cc	154 mEq	513 mEq

# HIPERNATREMIA

Se define la hipernatremia por una concentración de  $\text{Na}^+$   $>145$  mEq/l, lo cual conduce a un aumento en la osmolalidad del espacio extracelular.

En situaciones normales esto provocaría sensación de sed por estímulo a nivel hipotalámico, corrigiéndose el trastorno con la ingestión de agua. Por lo que este cuadro ocurre en pacientes ancianos, niños, enfermos graves o con deterioro del nivel de conciencia. Hipernatremia equivale a hiperosmolalidad, y la sintomatología, fundamentalmente neurológica, es a causa de la deshidratación de las neuronas, dependiendo la gravedad de la rapidez de instauración del cuadro.

# Métodos de diagnóstico

Historia Clínica y exploración física.

Radiografía de tórax y abdomen.

Electrocardiograma.

Analítica a solicitar:

- Sistemático de sangre.
- Bioquímica sanguínea (glucosa, urea, iones, creatinina).
- Gasometría venosa.
- Orina: sistemático, iones, osmolalidad.

$$\text{Osm p.} = 2 (\text{Na}+\text{K}) + \text{Glucosa}/18 + \text{Urea}/5,2$$

(normal = 280-295 mOsm/kg)

osmolalidad plasmática (Osm. p)

# Sintomatología

Consiste en hiperreflexia, irritabilidad, convulsiones, confusión, letargia y coma, pudiendo llegar a producir trombosis de los senos venosos cerebrales y hemorragias cerebrales (intraparenquimatosa o subaracnoidea).

# SIGNOS Y SÍNTOMAS DE LA HIPERNATREMIA

- Inicio : con el 2 % de pérdida del peso corporal en agua
  - Evidentes : con pérdidas del 8-10 % del peso corporal en agua
  - Graves : con pérdidas mayores del 15 % del peso corporal en agua
  - \* S E D: Con disminución del 2% del peso en ACT
  - \* PIEL SECA, PÉRDIDA DE TURGOR, SIGNO DE PLIEGUE: Con disminución del 6 % del ACT
  - \* MUCOSA BUCAL SECA
  - \* DISMINUCIÓN DE LA TENSION DE GLOBOS OCULARES
  - \* OLIGURIA, UREMIA PRERENAL
  - \* TAQUICARDIA, HIPOTENSIÓN ORTOSTÁTICA, SHOCK
  - \* LETARGIA, HIPERREFLEXIA, TEMBLOR MUSCULAR,: Con disminución del 7-15 % del ACT
- CONVULSIONES, COMA (Osm plasmática > 310-315 mOsm/L).
- \* TROMBOSIS DE SENOS VENOSOS CRANEALES HEMORRAGIAS CEREBRALES (Tracción de estructuras vasc.)
  - \* INCREMENTO DE OSMOLARIDAD PLASM., INCREMENTO DEL HtO.; INCREMENTO DE LA DENSIDAD
- Y OSMOLARIDAD URINARIA (Excepto Diabetes insípida), NATRIURIA BAJA (<20 meq/l)

# CRITERIOS DE INGRESO

Si la cifra de sodio es  $< 160$ , el ingreso o no, depende de la patología responsable y situación clínica del enfermo.

Si la cifra de sodio es  $> 160$  o el paciente está sintomático, debe ingresar.

# Ante una hipernatremia hay que valorar el estado del volumen extracelular (VEC).

VEC bajo (hipovolemia). ¡Es lo más frecuente! Es por pérdida de Na + y agua.

1. Pérdidas extrarrenales (Na + en orina  $<20$  mEq/l, Osm u. ).
  - Externas (diarrea, vómitos, sudor).
  - Internas (pérdidas a tercer espacio).
2. Pérdidas renales (Na + en orina  $>20$  mEq/l, Osm u. £ Osm p.).
  - Diuresis osmótica (presencia de iones no electrolitos en orina).
    - ✓ Glucosa (diabetes mellitus, ingesta excesiva).
    - ✓ Urea (ingesta proteica excesiva, catabolismo aumentado).
    - ✓ Manitol (tras su administración intravenosa).
  - Diuréticos de asa.

# TRATAMIENTO

Si VEC bajo:

1. Reponer la volemia con s. salino hipotónico (0,45%) o isotónico (0,9%) hasta normalizar el VEC (estabilizar la tensión arterial).
2. Reponer el agua vía oral o intravenosa (s. glucosado 5%) (ver cálculo del déficit de agua).

VEC normal (euvoemia). Por pérdida pura de agua.

- Hipodipsia primaria (ausencia de la sensación normal de sed).
- Hipodipsia geriátrica.
- Falta de acceso al agua o incapacidad para beber (niños, ancianos).
- Aumento de las pérdidas insensibles (fiebre, calor, hiperventilación).
- Diabetes insípida (DI): síndrome caracterizado por la disminución de la capacidad renal de concentrar la orina, y es consecuencia de una deficiencia de hormona antidiurética (ADH) cuando es de origen central, o de falta de respuesta renal a la acción de la ADH cuando es de origen nefrogénico.

# Tratamiento Si VEC normal:

1. Reponer el agua vía oral o intravenosa (s. glucosado 5%) (ver cálculo del déficit de agua).
2. Si DI central: tratamiento sustitutivo con ADH.
  - En situaciones agudas: Desmopresina vía sc., im., o iv. a dosis de 0,5-2 mcg.
  - En situaciones crónicas: Desmopresina en forma de aerosol intranasal a dosis de 10-20 mcg (1-2 insuflaciones) cada 12 h. También se puede usar carbamacepina (100-300 mg/día) o clofibrato (500 mg/día).
3. Si DI nefrogénica:
  - Corregir los trastornos metabólicos (hipopotasemia, hipercalcemia).
  - En situaciones crónicas se pueden usar tiazidas como la hidroclorotiazida a dosis de 25 a 100 mg/día.

VEC alto (hipervolemia). ¡Raro!. Por adición de sodio habitualmente, como por ejemplo en la administración de s. salino hipertónico, bicarbonato 1M, nutrición parenteral, diálisis con líquidos hipertónicos, ingesta de agua de mar. También se puede producir en situaciones de hiperaldosteronismo.

# Tratamiento Si VEC alto

¡El edema pulmonar es frecuente!

- Con función renal normal: Furosemida + s. glucosado 5%.
- Con función renal alterada: diálisis (avisar al nefrólogo).

Cálculo del déficit de agua

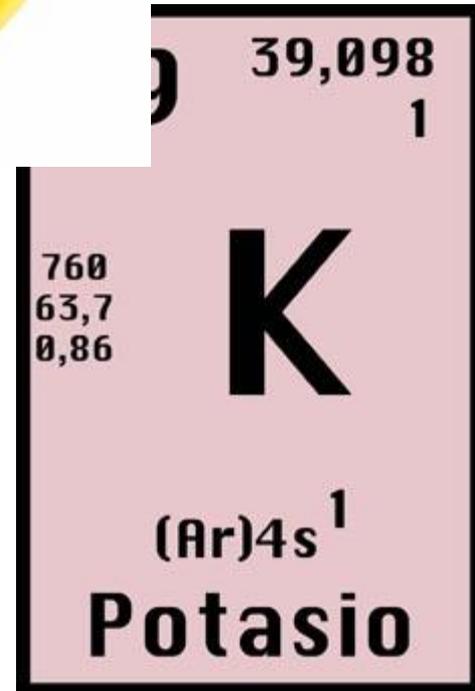
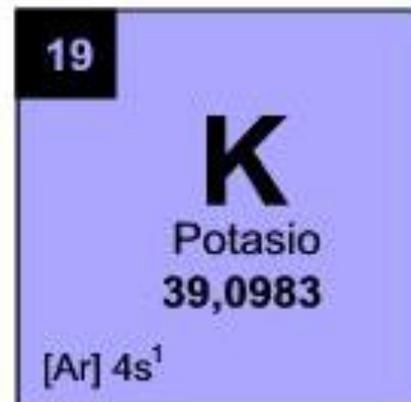
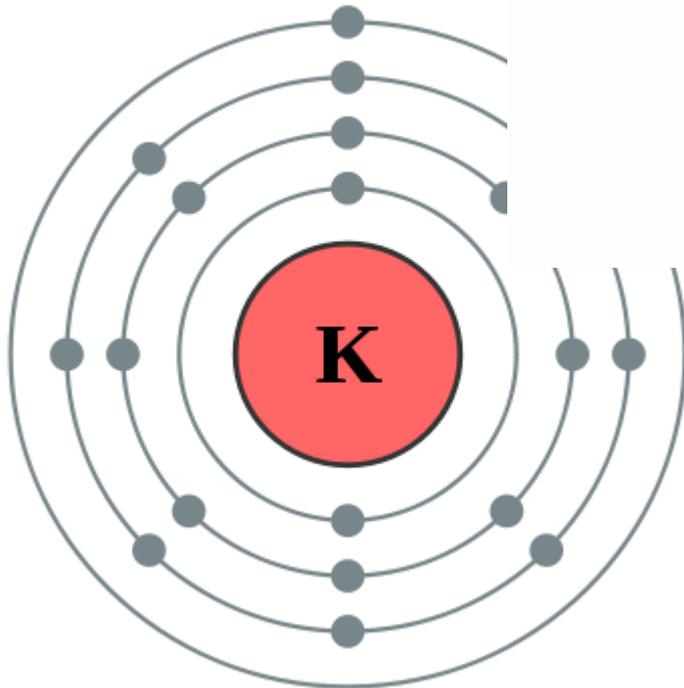
$$\text{Déficit de agua} = 0,6 \times \text{peso (kg)} \times \left[ \frac{\text{Na actual}}{\text{Na deseado}} - 1 \right]$$

¡Reposición lenta!:

- Al volumen calculado añadir las pérdidas insensibles (800-1.000 ml).
- No administrar más del 50% del déficit calculado en las primeras 24 horas.
- No disminuir la osmolalidad plasmática a una velocidad superior a 2 mOsm/kg/h.
- Tratar la causa subyacente.

# Potasio (k+) 3.5 – 5.0 mEq/l.

## 19: Potassium



# Potasio (k<sup>+</sup>)

El contenido total de potasio en un adulto de 70 Kg es de 3.500 mEq (50 mEq/Kg), localizándose el 98% del mismo en el espacio intracelular (140-150 mEq/l) y el 2% restante en el espacio extracelular (3.5-5 mEq/l).

# Potasio ( $K^+$ )

Esta amplia diferencia de concentración a ambos lados de la membrana celular es el determinante del potencial de membrana en reposo, siendo fundamental para la transmisión

neuromuscular y el mantenimiento de las funciones celulares.

El aporte del  $K^+$  al organismo se produce a través de la ingesta y la eliminación se realiza en el 90% por el riñón y el 10% por el colon.

La alcalosis, insulina, catecolaminas y aldosterona favorecen la entrada de potasio en la célula. La acidosis, el ejercicio y la lisis celular entre otros sacan el potasio de la célula.

# Hipopotasemia

Disminución del potasio plasmático por debajo de 3.5 mEq/l. Puede ser el reflejo de una pérdida absoluta de  $K^+$  o de la redistribución de éste por su paso al interior de las células.

# ETIOLOGÍA

## 1) Por falta de aporte:

- Anorexia nerviosa.
- Perfusión de líquidos sin potasio a pacientes en ayunas.
- Alcoholismo.

## 2) Por redistribución (extracelular a intracelular):

- Alcalosis.
- Aporte de insulina.
- Descarga de catecolaminas en situaciones de estrés.
- Fármacos betadrenérgicos.
- Hipotermia.
- Parálisis periódica hipopotasémica.
- Tratamiento de anemia megaloblástica con B12 y ácido fólico.

# ETIOLOGÍA

3) Por pérdidas extrarrenales ( $K^+$  en orina  $< 20$  mEq/l):

- a) Si acidosis metabólica à diarrea, laxantes, fístulas.
- b) Si alcalosis metabólica à aspiración nasogástrica, vómitos, adenoma vellosos de colon.

4) Por pérdidas renales ( $K^+$  en orina  $> 20$  mEq/l):

- a) Si acidosis metabólica, calcular el anión GAP

$$[Na - (Cl + CO_3H)]$$

- Normal (10-14) à acidosis tubular renal.
- Alto à cetoacidosis diabética.

# ETIOLOGÍA

b) Si alcalosis metabólica:

- TA elevada à hiperaldosteronismo, HTA maligna, estenosis arteria renal, corticoides, regaliz, Sind. Cushing.
- TA normal à diuréticos, síndrome de Bartter.

c) Si equilibrio ácido-base variable à poliuria postnecrosis tubular aguda y postobstructiva, hipomagnesemia, penicilina, carbenicilina, leucemiasn (sobre todo la mielomonocítica).

# MANIFESTACIONES CLÍNICAS

No suelen existir manifestaciones por encima de 3 mEq /l.

<b>Neuro-musculares</b>	<b>Debilidad, astenia, parálisis con hiporreflexia e incluso parada respiratoria por afectación de los músculos respiratorios, rabdomiolisis con fracaso renal agudo (hipopotasemia grave) y atrofia muscular (hipopotasemia crónica).</b>
Cardíacas	Alteraciones ECG tales como aplanamiento e inversión de las ondas T, onda U prominente, descensos del ST, prolongación del QT y PR. Todo ello predispone a latidos ectópicos aurículo-ventriculares y se potencia la toxicidad digitálica, pudiendo producirse arritmias mortales.
Renales	por alteración de la función tubular, produciendo una disminución de la capacidad de concentrar la orina con poliuria y polidipsia secundaria.
SNC	letargia, irritabilidad, síntomas psicóticos, favorece la entrada en encefalopatía hepática (en hipopotasemia grave crónica).
Metabólicas	alcalosis metabólica, intolerancia a los hidratos de carbono.