



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
CARRERA DE MEDICINA
BIOQUÍMICA I
UNIDAD I. BIOQUÍMICA Y MEDICINA- EQUILIBRIOS

1.7. Equilibrio Electrolítico

1.7.1. Importancia Biomédica

1.7.2. Composición y Regulación del Equilibrio Electrolítico de Líquidos corporales

1.7.3.. Absorción de electrolitos y sus Mecanismos Reguladores

1.7.1 Importancia Biomédica

El estudio del equilibrio electrolítico es fundamental en la biomedicina porque los electrolitos son esenciales para una serie de funciones fisiológicas críticas en el cuerpo humano. Los electrolitos son iones cargados que se disuelven en los líquidos corporales y juegan un papel clave en mantener el funcionamiento adecuado de las células, tejidos y órganos. A continuación, se detallan algunas de las razones por las cuales es tan importante estudiar y entender el equilibrio electrolítico desde una perspectiva biomédica:

1. Regulación del volumen y la presión sanguínea

Los electrolitos, como el sodio (Na^+), el potasio (K^+), el cloro (Cl^-) y el calcio (Ca^{2+}), son cruciales para el mantenimiento del equilibrio de fluidos en el cuerpo. El sodio, en particular, es clave para regular el volumen sanguíneo y la presión arterial. Un desequilibrio en los niveles de sodio puede provocar hiponatremia (bajos niveles de sodio en la sangre) o hipernatremia (niveles elevados de sodio), lo que puede llevar a condiciones graves como edema, hipertensión o insuficiencia renal.

2. Transporte de señales eléctricas

Los electrolitos son fundamentales para la conducción de impulsos eléctricos a través de las membranas celulares. Por ejemplo, en las células nerviosas y musculares, la transmisión de señales eléctricas se produce mediante el intercambio de iones a través de las membranas celulares. Esto es vital para funciones como el pensamiento, la contracción muscular, la actividad cardíaca y la regulación de la respiración. El potasio y el sodio, a través de la bomba sodio-potasio, mantienen el potencial eléctrico de la célula y facilitan la transmisión nerviosa.

3. Función muscular y cardíaca

Un equilibrio adecuado de electrolitos es esencial para la función muscular normal, incluida la contracción y relajación de los músculos esqueléticos y el músculo cardíaco. El desequilibrio de potasio (hipokalemia o hiperkalemia) puede causar debilidad muscular, calambres o, en casos graves, arritmias cardíacas que podrían poner en riesgo la vida. La hipocalcemia (bajos niveles de calcio) también puede afectar la contracción muscular, mientras que la hipercalcemia (altos niveles de calcio) puede afectar la excitabilidad de las células, afectando negativamente la función cardíaca y nerviosa.

4. Acidosis y alcalosis

El equilibrio ácido-base en el cuerpo depende en gran medida de los electrolitos. El bicarbonato (HCO_3^-), el sodio y otros iones ayudan a regular el pH sanguíneo, manteniéndolo dentro del rango estrecho necesario para la función enzimática y otras reacciones bioquímicas. Alteraciones en los niveles de electrolitos pueden causar trastornos como acidosis (cuando los niveles de ácido en la sangre aumentan) o alcalosis (cuando el pH sanguíneo se vuelve demasiado alcalino). Ambos trastornos pueden ser peligrosos y requieren intervención médica para restablecer el equilibrio.

5. Función renal

Los riñones juegan un papel clave en el mantenimiento del equilibrio electrolítico, regulando la excreción de iones y líquidos a través de la orina. Cualquier alteración en el funcionamiento renal, como en casos de insuficiencia renal, puede afectar la capacidad del cuerpo para mantener un equilibrio adecuado de electrolitos, lo que a su vez puede llevar a condiciones como la hiperpotasemia (altos niveles de potasio) o la hiponatremia.

6. Manejo de enfermedades y condiciones médicas

El monitoreo y ajuste del equilibrio electrolítico es esencial en el tratamiento de muchas enfermedades y condiciones médicas. Por ejemplo, los pacientes con enfermedades cardiovasculares, insuficiencia renal, diabetes, trastornos endocrinos o deshidratación severa a menudo requieren corrección del desequilibrio electrolítico. El uso adecuado de fluidos intravenosos y soluciones electrolíticas es una parte importante del tratamiento hospitalario.

7. Deshidratación e hidratación

El equilibrio de electrolitos es crucial en situaciones de deshidratación, que puede ocurrir por diversas causas como diarrea, vómitos, fiebre, o ejercicio extremo. Durante estos eventos, el cuerpo pierde tanto agua como electrolitos. Reponer tanto el volumen de agua como el equilibrio de electrolitos es vital para restaurar la función celular y evitar complicaciones.

1.7.2. Composición y Regulación del Equilibrio Electrolítico de Líquidos corporales

Como se había señalado anteriormente, La célula está constituida de componentes orgánicos e inorgánicos.

Componentes inorgánicos.-

Agua (75-85%)

otros materiales inorgánicos en 1% (sales e iones)

Componentes orgánicos.- Son las *moléculas biológicas* que se distribuyen de la siguiente manera:

10-20% *proteínas*

2-3% *lípidos*

1% *carbohidratos*

SALES E IONES

Las sales se encuentran disociadas en iones.

Los iones son importantes para conservar la presión osmótica, como activadores en las reacciones enzimáticas, en el mantenimiento del equilibrio ácido-base, en la transmisión de los impulsos nerviosos y como componentes estructurales.

Los principales aniones son: Cl^- , HPO_4^{2-} , $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$, PO_4^{3-} , HSO_4^- , HCO_3^-

Los principales cationes son: Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} .

Los principales iones intracelulares son: K^+ , Mg^{2+} , HPO_4^{2-} , $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$, PO_4^{3-} , HCO_3^-

Los principales iones extracelulares son: Cl^- , Na^+

El calcio es un componente importante de la sangre y las células, es un activador de funciones celulares. En el tejido óseo se encuentra unido al fosfato y el carbonato.

El fosfato se encuentra libre en la sangre y los compartimientos líquidos del organismo, incluyendo el espacio intracelular. También puede estar unido a diferentes macromoléculas como los fosfolípidos, nucleótidos, fosfoproteínas, azúcares fosforilados.

El HCO_3^- constituye el mayor amortiguador o buffer químico. El H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} también es un importante amortiguador.

El hierro forma parte de la estructura de la hemoglobina, ferritina, citocromos y algunas coenzimas.

Oligoelementos: Manganeso, cobre, cobalto, yodo, selenio, níquel, molibdeno, zinc.

1.7.3. Absorción de electrolitos y sus Mecanismos Reguladores

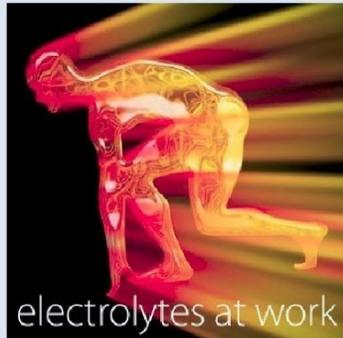
Los electrolitos son componente esenciales de la materia viva, en forma de aniones y cationes.

A continuación se resumen gráficamente los mecanismos tomado de

<https://es.slideshare.net/Mudsy/regulacion-y-reemplazo-de-fluidos-y-electrolitos>

Funciones de los Electrolitos

- Regular la distribución de agua
- Regular la transmisión de impulsos nerviosos
- Promover la contracción muscular
- Asistir en la regulación del balance ácido-base
- Asistir en los procesos de coagulación sanguínea
- Asistir en los procesos metabólicos del cuerpo en especial en la producción de energía (ATP)



electrolytes at work

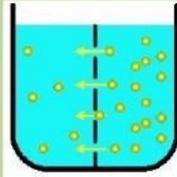
Mecanismos de Homeostasis de los Fluidos y Electrolitos

- Difusión
- Osmosis
- Transporte Activo
- Filtración
- Presión Osmótica
- Presión Hidrostática
- Presión de Filtración
- Baroreceptores
- Osmoreceptores

Mecanismos de Homeostasis de los Fluidos y Electrolitos

• Difusión

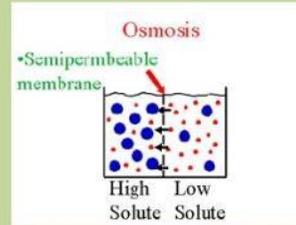
- ✓ Paso de moléculas de un área de mayor concentración a una de menor concentración a través de una membrana semipermeable



Diffusion

• Osmosis

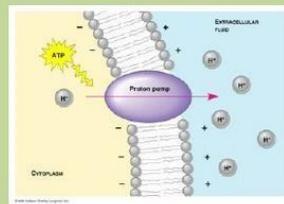
- ✓ Paso de un líquido de un área de menor concentración de soluto a una de mayor concentración de soluto a través de una membrana semipermeable



Mecanismos de Homeostasis de los Fluidos y Electrolitos

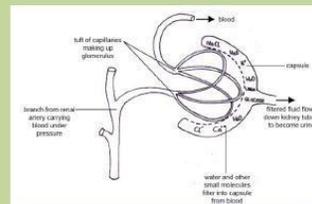
• Transporte Activo

- ✓ Paso de un ion o molécula de un área de menor concentración a una de mayor concentración a través de una membrana semipermeable mediante el uso de energía.



• Filtración

- ✓ Paso de agua y sustancias disueltas en estas de un área de mayor presión a una de menor presión a través de una membrana semipermeable



Mecanismos de Homeostasis de los Fluidos y Electrolitos

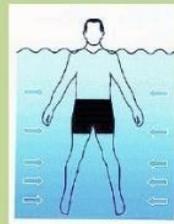
• Presión Osmótica

- ✓ Fuerza que ejercen las partículas no disueltas para atraer agua hacia ellas



• Presión Hidrostática

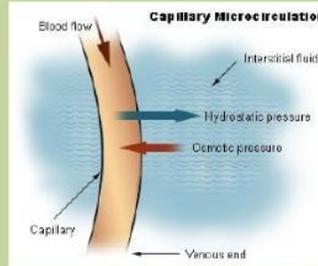
- ✓ Presión ejercida por el agua, lo que produce que esta se filtre de una área de mayor presión a una de menor presión



Mecanismos de Homeostasis de los Fluidos y Electrolitos

• Presión de Filtración

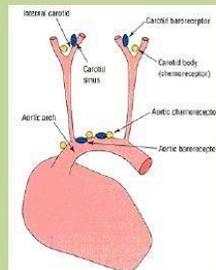
- ✓ Es la diferencia de la presión hidrostática menos la presión osmótica.
- ✓ Responsable de el movimiento de fluidos al intersticio o a las venas.



Mecanismos de Homeostasis de los Fluidos y Electrolitos

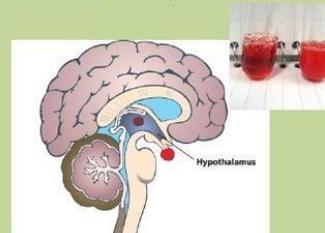
• Barorreceptores

- ✓ Receptores sensibles a cambios de presión
- ✓ Localizados en arterias y venas mayores del cuerpo



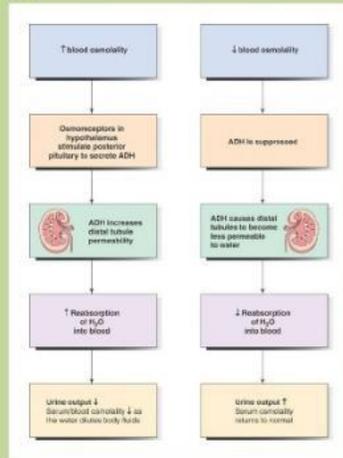
• Osmoreceptores

- ✓ Receptores sensibles a cambios en la osmolaridad (cantidad de partículas disueltas en un líquido) y osmolalidad (concentración de sustancias disueltas en un peso dado de fluidos).
- ✓ Localizados en el hipotálamo



Mecanismos de Homeostasis de los Fluidos y Electrolitos

- Osmoreceptores



Factores que afectan la Homeostasis de los Fluidos y Electrolitos

- ✓ Edad (> en niños y viejos)
- ✓ Género (> mujeres lactantes)
- ✓ Ambiente
- ✓ Nutrición (masa corporal)
- ✓ Medicamentos
- ✓ Estrés (hormonas retención Na y H₂O)
- ✓ Actividad
- ✓ Enfermedades



Órganos envueltos en el balance de líquidos y electrolitos

Órgano	Función
Riñones	Retienen y excretan fluidos y electrolitos del cuerpo
Corazón y Vasos Sanguíneos	Circulan la sangre a los riñones con la suficiente presión hidrostática para la formación de orina Estimulan la retención o excreción de fluidos mediante el mecanismo de baroreceptores
Pulmones	Eliminan agua mediante la respiración
Glándulas Adrenales	Secretan aldosterona en presencia de disminución en volumen, promoviendo la retención de agua, sodio y potasio
Glándula Pituitaria	Almacena y libera la hormona antidiurética (ADH) para retener o excretar agua. Estimulan la retención o excreción de fluidos mediante el mecanismo de osmoreceptores
Glándulas Paratiroidea	Secreta la hormona paratiroidea (PTH) aumentando la reabsorción de calcio y reduciendo la concentración de fosfatos.

HIPERTÓNICAS

Solución que contiene más osmolaridad (solutos), que la solución dentro de la célula.

Ejemplo, si el líquido extracelular tiene una mayor osmolaridad que el citoplasma de la célula, el agua saldrá de la célula a la región de mayor concentración de soluto.



Eritrocito deshidratado

ISOTÓNICAS

La concentración de soluto es igual afuera y dentro de la célula.

Ejemplo, el líquido extracelular tiene la misma osmolaridad que la célula y no habrá ningún movimiento de agua hacia adentro o hacia afuera de esta.



Eritrocito normal

HIPOTÓNICAS

Solución que contiene menos soluto que la solución dentro de la célula.

Ejemplo, si el líquido extracelular tiene una menor osmolaridad que el líquido al interior de la célula, el flujo de agua será hacia el interior de esta.



Eritrocito hinchado

@creandomedicos

<https://images.app.goo.gl/BaAXQCL91CDzB6dm8>

Las necesidades de electrolitos en la dieta varia mucho, deben ingerirse en pequeñas cantidades, se retienen cuando el consume es escaso, el calcio y potasio se eliminan continuamente, por lo que debe ser consumidos de forma regular. El exceso de su consumo se compensa con su eliminación, principalmente por la orina.

El intestino delgado es el lugar donde se reabsorbe el agua y los electrolitos, allí también se realiza su secreción, y conjuntamente con el colón se ejerce la acción reguladora.

En el tubo digestivo desembocan unos 9 litros de líquidos diariamente

Los electrolitos se absorben mediante un mecanismo de transporte activo, con gasto energético; por difusión pasiva, debido a una diferencia del gradiente electroquímico; o acompañando al agua en su respuesta a una diferencia del gradiente osmótico e hidrostático, el llamado arrastre por el solvente (solvent drag).

La absorción y secreción de agua y electrolitos están mediados por hormonas y neurotransmisores

Sodio Na^+

Principal cation extracelular.

Concentración sérica normal 136- 146 mEq/l

Concentración orina 30 – 280 mEq/l/día (significancia orina 24 horas)

Se filtra libremente a través del glomérulo y se reabsorbe activamente por los túbulos, originando el transporte pasivo de cloro y bicarbonato y la reabsorción pasiva de agua.

En homeostasis más del 99% de la carga de sodio es reabsorbida por los riñones, a nivel nefrona actúa el Sistema renina - angiotensina. aldosterona.

Funciones biológicas del Sodio

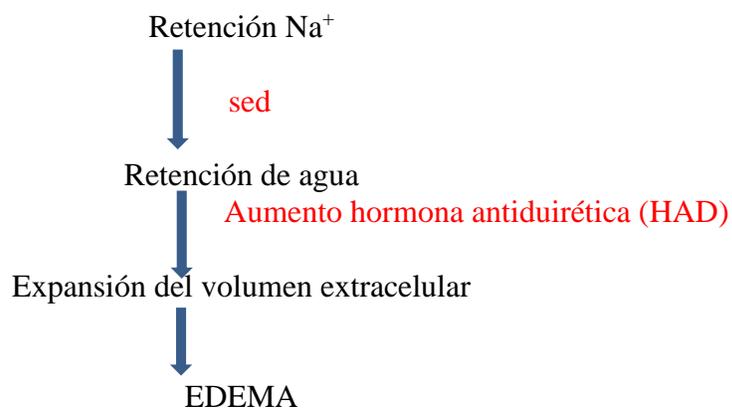
Balance osmótico

Actividad eléctrica

Actividad de enzimas

Alteraciones del metabolismo de Na^+

Si se ingiere o se retiene sodio en exceso, se origina hipernatremia transitoria ya que la sed hace que aumente la ingesta de agua.



Las pérdidas moderadas de sodio, sin agua, no producen disminución permanente de su concentración, reduce la secreción de HAD



Existe una clara relación entre la concentración de sodio y el volumen extracelular, cambios en la concentración evidencian alteración de la excreción de agua.

Hiponatremia disminución de la concentración

Potasio K⁺

Principal cation intracelular

Concentración sérica 3.5 – 5.1 mEq/l

Esencial para la vida celular, su equilibrio se mantiene al regularse la excreción renal diaria con su ingestión, eliminándose en pequeña porción por el sudor y las heces.

Se filtra libremente en el glomérulo, produciéndose una reabsorción tubular activa a lo largo de toda la nefrona, excepto en la rama descendente de Henle.

Función biológica

Ión determinante para la osmolalidad de líquidos corporales

Influencia sobre la función neuromuscular

Cofactor de varios procesos metabólicos

Relación de potasio intracelular y extracelular es el primer determinante del potencial de membrana en los tejidos excitables

La excreción neta depende:

- Contenido celular
- Aldosterona

El equilibrio ácido – base es otro factor que influye en la relación de potasio plasmático celular. Acidosis sale potasio de las células, alcalosis favorece el paso de potasio desde el fluido extracelular a las células.

Otras hormonas influyen en la distribución:

Favorecen el paso de potasio al interior de la célula: insulina, catecolaminas beta-andrenérgicas, aldosterona

Dificultan la captación de potasio por las células: agonistas alfa-adrenérgicos.

Alteraciones del metabolismo de K⁺

Alteraciones	Causas
Hipopotasemia o hipokalemia	Digestivas <ul style="list-style-type: none"> ➤ Ingesta deficiente ➤ Trastornos digestivos (vómitos, diarreas) Renales <ul style="list-style-type: none"> ➤ Alcalosis metabólica ➤ Diuresis osmótica (diuréticos) ➤ Exceso de efectos mineralocorticoides ➤ Enfermedades de túbulos renales ➤ Depleción de magnesio
Hiperpotasemia o hiperkalemia	Eliminación inadecuada de K ⁺ <ul style="list-style-type: none"> ➤ Insuficiencia renal ➤ Insuficiencia suprarrenal ➤ Diuréticos que inhiben la secreción de potasio Desplazamiento de K ⁺ desde los tejidos <ul style="list-style-type: none"> ➤ Lesión tisular ➤ Fármacos ➤ Acidosis ➤ Hiperosmolaridad ➤ Deficiencia de insulina ➤ Parálisis periódica hiperpotasemia

SEUDOHIPERPOTASEMIA

- Puede aparecer como artefacto el nivel de K⁺ sérico cuando se extrae la sangre, después de repetidos cierres del puño para hacer más prominentes las venas y con aplicación de torniquete – relacionar con electrocardiografías (no hay anomalías).
- Coagulación sanguínea in vitro porque las plaquetas y leucocitos liberan K⁺

Cloro Cl⁻

Principal anión extracelular

Concentración sérica 98 – 108 mEq/l

La mayor parte del cloro ingerido en la dieta queda absorbido y el exceso es excretado con los cationes en orina.

Función biológica

La concentración del Cl⁻ es paralela a la del Na⁺, influyen los mismos factores

La reabsorción a nivel de túbulos proximales es pasiva

La reabsorción a nivel de túbulos distales es activa

Alteraciones del metabolismo de Cl⁻

Alteraciones	Causas
Hipocloremia	Pérdida excesiva Cl ⁻ <ul style="list-style-type: none"> ➤ Gastrointestinal (pérdida de HCl) ➤ Cetoacidosis diabética ➤ Enfermedades por exceso de mineralocorticoides ➤ Enfermedades renales (Pérdida Na⁺)
Hipercloremia	Acidosis metabólica (pérdida de bicarbonato)

Es importante determinar el Cl⁻ en sudor para diagnóstico de trastorno glandular exócrino. Fibrosis quística.

Calcio Ca²⁺

El metabolismo no está estrechamente relacionado con el del agua
 Su influencia en el equilibrio anión – catión no es tan determinante

Niveles séricos 2.1 – 2.5 mmol/l

El Ca²⁺ es reabsorbido en los túbulos proximales gracias a la hormona paratiroidea (PTH)
 Su equilibrio depende de la cantidad ingerida y la eliminada por la orina, del tracto gastrointestinal y del sudor.

Función biológica

- Interviene en la biomineralización
- Regulador intra y extracelular
- Participa fenómenos eléctricos bioquímicos
- Regula actividades enzimáticas

Alteraciones del metabolismo de Ca²⁺

Alteraciones	Causas
Hipocalcemia	Hipoalbuminemia Hipoparatiroidismo posquirúrgico Hipoparatiroidismo hereditario Pseudohipoparatiroidismo
Hipercalcemia	Trastornos equilibrio ácido base Hemodiálisis Hiperparatiroidismo Neoplasia maligna Menos comúnmente por intoxicación por vitamina D Hipercalcemia hipocalciúrica familiar y sarcoidosis

Magnesio Mg^{2+}

Es el segundo catión en abundancia en el espacio intracelular

Huesos	50%
Líquido intracelular	45%
Líquido extracelular	5%

Niveles séricos 0.66 – 1.23 mmol/l

La filtración del Mg^{2+} de los glomérulos y su reabsorción en los túbulos proximales son paralelas al Ca^{2+} .

Función biológica

Activador de enzimas

Preservación estructura macromolecular del DN, RNA y ribosomas

Alteraciones del metabolismo de Mg^{2+}

Alteraciones	Causas
Hipomagnesemia	Malabsorción Diarrea abundante Alcoholismo Pancreatitis aguda Desnutrición Enfermedad renal crónica precoz Lactación excesiva
Hipermagnesemia	Insuficiencia renal avanzada Acidosis diabética aguda Enfermedad de Addison Deshidratación grave Ingesta excesiva de antiácidos con alto nivel de Mg^{2+}

Otros: Hierro, Cobre, Zinc

Brecha aniónica o anión gap o hiato aniónico, “Es la diferencia entre los cationes y aniones medidos en suero, plasma u orina. La magnitud de esta diferencia (brecha) en el suero es frecuentemente usada en medicina para tratar de identificar la causa de acidosis metabólica.

Cálculo

Las concentraciones son expresadas en mEq/l o mmol/l

Con Potasio

La brecha aniónica se calcula restando las concentraciones de aniones cloruro, bicarbonato y de cationes sodio y potasio

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

Sin Potasio

Dado que las concentraciones de potasio son muy bajas, la omisión del potasio se ha aceptado ampliamente dado que usualmente tiene poco efecto en el cálculo de la brecha. Esto deja la siguiente ecuación:

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

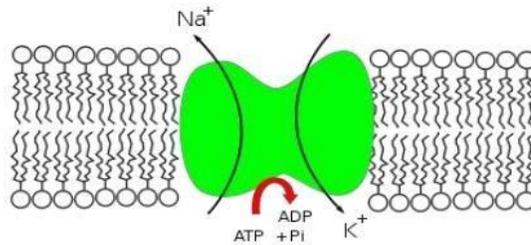
Valores Normales

El GAP normal se considera generalmente en 12 +/- 5mEq/l. Cuando la brecha es muy alta, la sangre es más ácida de lo normal, cuando la brecha es baja la sangre no es lo suficientemente ácida.

Ejercicio trabajar en <https://www.rccc.eu/calculadoras/AGAP.html>

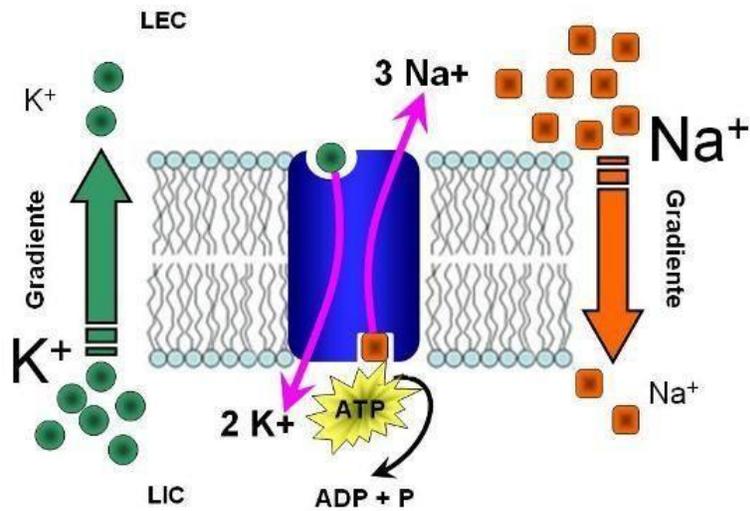
BOMBA SODIO-POTASIO

En bioquímica, la **bomba sodio-potasio** es una proteína de membrana fundamental en la fisiología de las células que se encuentra en todas nuestras membranas celulares. Su función es el transporte de los iones inorgánicos más importantes en biología (el sodio y el potasio) entre el medio extracelular y el citoplasma, proceso fundamental en todo el reino animal.



<https://images.app.goo.gl/sigD8Fc6sxd69NF56>

BOMBA DE Na^+ y K^+

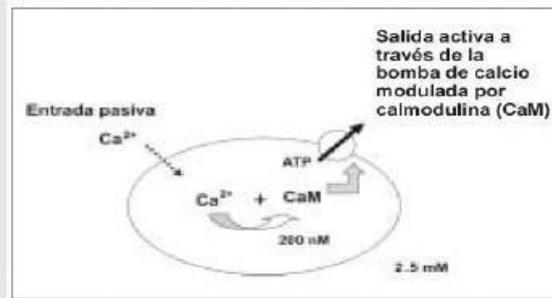


<https://images.app.goo.gl/jGYcvRRrNrNA6T1s5>

Bomba de Calcio

La bomba Ca^{++} -ATPasa funciona de una forma muy parecida a la bomba Na^+K^+ -ATPasa: dos iones de Ca^{++} son transportados fuera del citosol por cada molécula de ATP hidrolizado. La actividad de esta bomba está regulada de tal forma que si la concentración de Ca^{++} aumenta, la velocidad de bombeo aumenta hasta que la concentración citosólica se reduce a 0.1 mmolar.

Entran 3 de Na
Salen 2 de Ca
3x2



Recuperado de <https://images.app.goo.gl/1wdisRF6NZvGkTWM6>

Cuestionario 3 Unidad 2 PARA RESOLVER /Trabajo autónomo

1. Mediante esquemas gráficos indique concentración normal, función biológica, causas de la alteración de Na^+ , K^+ , Cl^- , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Fe^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} .
2. Explique el mecanismo de la bomba de sodio/potasio y su importancia biomédica
3. Explique el mecanismo de la bomba de calcio y su importancia biomédica
4. Acceda al link Ejercicio trabajar en <https://www.rccc.eu/calculadoras/AGAP.html> y trabaje con ejercicios simulando con valores normales aumentados y disminuidos de los electrolitos, el cálculo del GAP
5. Evaluar los artículos científicos y presentar resumen de lo relevante en términos, y en valores de referencia necesarios para evaluar los equilibrios links:
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-89092018000300156
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-74932006000100011

OTRAS ACTIVIDADES PARA DESARROLLAR

Revisar el Módulo facilitado por la docente y ampliar la revisión teórica en la Bioquímica de Harper 29^a edición, SECCIÓN I CAPÍTULOS 1 y otros libros de soporte bibliográfico, para analizar el resumen

BIBLIOGRAFÍA:

Murray, R., (2012), Bioquímica de Harper Ilustrada 29^a ed, México, DF: Editorial Manual Moderno

Brecha aniónica recuperado de https://es.wikipedia.org/wiki/Brecha_ani%C3%B3nica

