

100. ABSORCION DE AGUA Y ELECTROLITOS

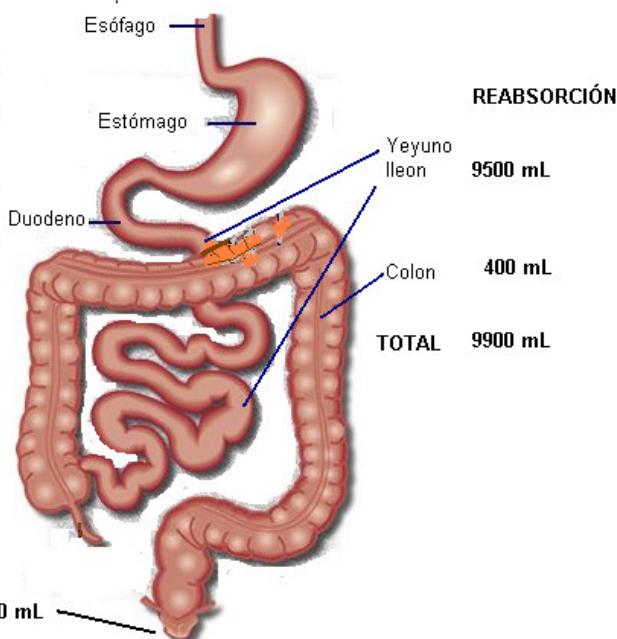
Dr. Fernando D. Saraví

Diariamente ingresan al tubo digestivo aprox. 10 L de líquido, del cual sólo 25 % procede del líquido ingerido y el agua de los alimentos. El resto proviene de secreciones digestivas (ver la figura). Sólo 1 a 2 % del total (100-200 mL/día) se excreta en heces, lo que indica una absorción muy eficiente. Asimismo, cuando el individuo ingiere cantidades de líquido superiores a las usuales, la cantidad absorbida aumenta y el porcentaje excretado disminuye.

En el **esófago** no hay secreción ni absorción. En el **estómago** no hay absorción neta, sino **secreción** de jugo gástrico. El **duodeno** puede absorber agua si el medio luminal es hipotónico o aprox. isotónico. No obstante, el quimo gástrico es usualmente hipertónico y la digestión de proteínas y glúcidos complejos aumenta aún más la **osmolaridad** luminal en el duodeno. Como el contenido se mantiene aquí aprox. **isotónico** con el plasma, predomina la **secreción duodenal neta**, con transferencia de agua hacia la luz. La absorción ocurre pues en el **yeyunoíleon** y el **colon**.

El intestino posee un epitelio columnar simple. Sus células (**enterocitos**) están funcionalmente **polarizadas**: la membrana **basolateral** (bañada por líquido intersticial) posee ciertos mecanismos de transporte y la membrana **apical** otros diferentes. El límite entre ambas partes de la membrana plasmática está dado por las **zonulae occludens** o uniones estrechas que mantienen unidos los enterocitos. El transporte transepitelial puede ocurrir a través de las células (pasando ambas membranas) o por las uniones estrechas; estas vías se denominan respectivamente **transcelular** y **paracelular**. La vía **paracelular** posee un gradiente de permeabilidad: es máxima en el duodeno y yeyuno, decrece en el íleon y disminuye aún más en el colon (y en este último, la permeabilidad es menor en el recto). Por esta razón las regiones más proximales poseen **gran capacidad de transferencia**, pero generan pequeños gradientes transepiteliales de concentración. En cambio, las más distales tienen menor capacidad de transferencia pero son capaces de generar **mayores gradientes de concentración**.

INGRESOS	
Ingerido	2500 mL
Saliva	1500 mL
Jugo gástrico	2000 mL
Jugo pancreático	1500 mL
Secreción biliar	1000 mL
Secr. duodenal	1500 mL
TOTAL	10000 mL



Diferencia de potencial transepitelial (DPT).

En el intestino existe una DPT (luz negativa con respecto al intersticio) cuyo valor depende de la magnitud del transporte de iones pero también de la permeabilidad del epitelio y de su **resistividad eléctrica**. El intestino delgado posee menor resistividad por poseer una vía paracelular muy permeable. Por tanto la DPT que genera es pequeña (p.ej. 2 a 5 mV) incluso con altas tasas de transporte. El epitelio del colon posee mayor

resistividad y la DPT es de 20 a 30 mV. El cociente entre la DPT y la resistencia transepitelial se denomina **corriente de cortocircuito** (Isc), que es una medida del transporte electrogénico.

Absorción de agua. Es **pasiva** (por gradiente osmótico) en toda la extensión del intestino, fundamentalmente por la vía paracelular, en forma **secundaria** a la absorción de electrolitos y moléculas osmóticamente activas, como monosacáridos y aminoácidos. Normalmente, **95 % de la absorción de agua y electrolitos tiene lugar en el yeyunoíleon** (aprox. 9500 mL/día) y **5 % en el colon** (aprox. 400 mL/día). La absorción en colon es importante, sin embargo, porque permite la **solidificación de las heces**. Además, cuando la absorción en yeyunoíleon está patológicamente reducida, el colon puede reabsorber hasta 2500 mL/día.

Absorción de electrolitos (ver resumen en la Tabla) En el **yeyuno** se absorbe Na, K, Cl y HCO₃. El Na ingresa al enterocito mediante un intercambiador apical Na⁺/H⁺ (electroneutro) y mediante

cotransporte (electrogénico) con glucosa o aminoácidos¹, y sale por la membrana basolateral por acción de la Na,K-ATPasa. La incorporación de Na crea una pequeña DPT entre la luz (negativa) y el intersticio, que causa la absorción paracelular de Cl y HCO₃. En la luz el HCO₃ también puede combinarse con H⁺ para formar agua y CO₂ que difunde hacia la célula (en el yeyuno la PCO₂ luminal alcanza 100 mmHg). Dentro del enterocito el CO₂ se rehidrata y disocia en H⁺ y HCO₃, que sale al intersticio. La salida pasiva de agua aumenta la concentración luminal de K, lo que impulsa al ión hacia el intersticio por la vía paracelular. El ingreso de agua al intersticio intercelular aumenta la presión hidrostática e impulsa la circulación del líquido hacia los capilares. En el **íleon** existen mecanismos similares a los del yeyuno, aunque menos activos. También hay **intercambio electroneutro de aniones** en la membrana apical con reabsorción de Cl y salida de HCO₃ procedente del intersticio, que es incorporado en la membrana basolateral por simporte con Na⁺.

En el **colon** no hay simporte de Na con glucosa o aminoácidos. El Na ingresa por canales apicales de Na que permiten su reabsorción electrogénica (proceso estimulado por la aldosterona). La I_{sc} es de aprox. 200 a 300 μA/cm² y dada su resistividad relativamente elevada (~ 100 Ω.cm²) genera una DPT de 20 a 30 mV. También hay antiporte Na⁺/H⁺. **secreción** neta de HCO₃, en intercambio con Cl y reabsorción pasiva (paracelular) de Cl. El K se secreta por la vía paracelular, pero se absorbe por una H,K-ATPasa similar a la gástrica. La absorción o secreción neta de K depende de la concentración intraluminal: hay secreción neta cuando [K] < 25 mmol/L y absorción cuando [K] > 25 mmol/L.

Segmento	Sodio	Potasio	Cloruro	Bicarbonato
Yeyuno	Antiporte Na ⁺ /H ⁺ Simportes con glucosa y aminoácidos	Pasiva	Pasiva según DPT	Absorción (forma CO ₂ que difunde al epitelio y regenera HCO ₃)
Íleon	Simporte con glucosa y aminoácidos Acoplada de NaCl	Pasiva	Pasiva según DPT Acoplada de NaCl Antiporte Cl/ HCO ₃	Secreción (Antiporte Cl/ HCO ₃)
Colon y recto	Acoplada de NaCl Canales de Na ⁺ (electrogénica)	Pasiva y activa (también secreción pasiva y activa)	Pasiva según DPT Acoplada de NaCl Antiporte Cl/ HCO ₃	Secreción (Antiporte Cl/ HCO ₃)

Secreción intestinal. Las criptas del intestino delgado y del colon pueden secretar cloruro por canales CFTR (regulados por cAMP). El Cl ingresa por la membrana basolateral mediante un simporte Na,K, 2 Cl (similar al del segmento grueso ascendente del asa de Henle. La secreción de Cl se acompaña de salida pasiva de Na y de agua. Las sustancias que aumentan la concentración de cAMP o Ca²⁺ estimulan la secreción. Dos estímulos fisiológicos son la **acetilcolina** y la **serotonina**. La **toxina colérica** y otras son capaces de activar la adenilato ciclasa y causar profusas diarreas acuosas.

Regulación. El balance entre secreción y absorción es influido por la inervación autónoma, hormonas y secreciones paracrinas por células enteroendocrinas o del sistema inmune del tubo digestivo. En la siguiente Tabla se dan algunos ejemplos.

	Producen secreción neta	Aumentan la absorción neta
Neuronales	Acetilcolina, óxido nítrico (NO), serotonina, VIP, Sustancia P	Noradrenalina, encefalinas, Neuropeptido Y
Paracrinas	Histamina, bradikinina, especies reactivas del oxígeno, prostaglandinas	Somatostatina
Hormonales	Atriopeptina (PNA), gastrina, motilina, bombesina, GIP	Adrenalina, opioides, aldosterona, glucocorticoides, angiotensina II, somatotropina
Luminales	Sales biliares, ácidos grasos largos	Ácidos grasos cortos

¹ El cotransporte de Na con glucosa o aminoácidos es el fundamento de las **soluciones de rehidratación oral** de gran utilidad en las diarreas secretorias. En éstas la capacidad de absorción está conservada, por lo que las mayores pérdidas pueden compensarse por mayor reabsorción. Una solución comercial, p.ej., tiene por litro Na 45 mmol, K 20 mmol, Cl 35 mmol, citrato 30 mmol (reemplaza al HCO₃), glucosa 111 mmol, fructosa 28 mmol. Puede prepararse una solución casera con 1 cucharada de té de sal de mesa, 8 cucharadas de azúcar (sacarosa) y ½ cucharada de bicarbonato de Na por litro de agua hervida.