Colegio de
San Francisco de Paula

Tema 11. Fisiología animal

11.1. El riñón y la osmorregulación

Germán Tenorio
Biología NS-Diploma BI

International Baccalaureate

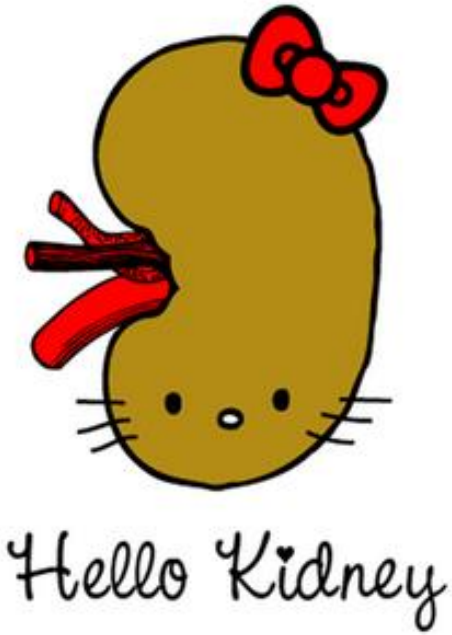
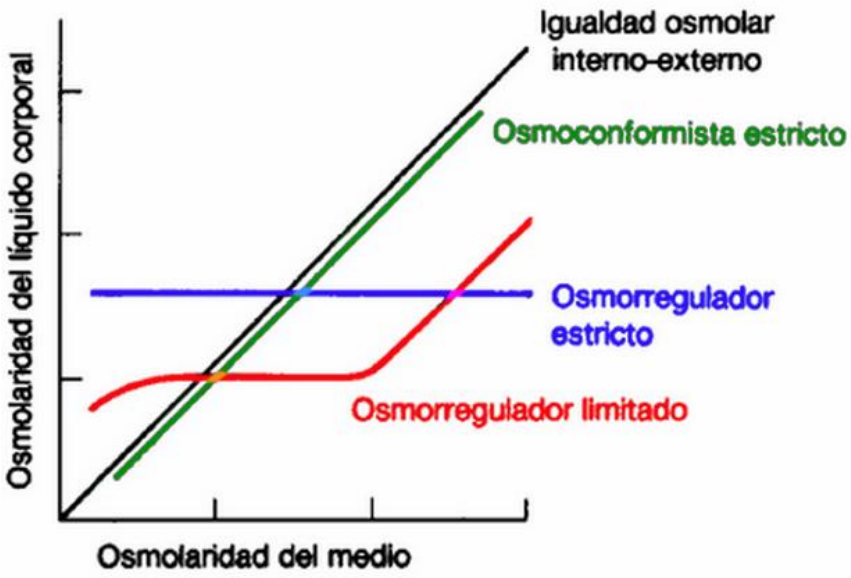


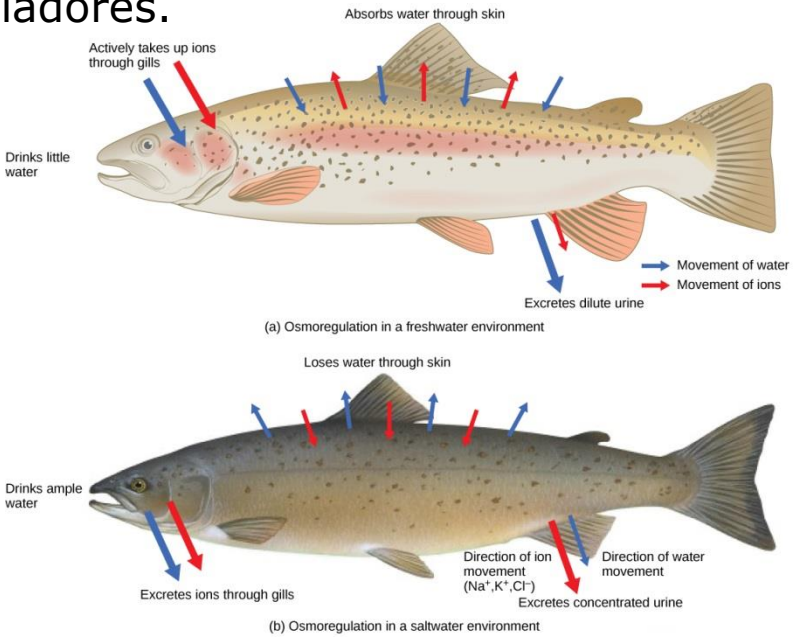
IMAGEN: static.fjcdn.com/

Idea Fundamental: Todos los animales excretan productos de desecho nitrogenados y algunos animales también equilibran el agua y las concentraciones de solutos.

Cambios en la osmolaridad del medio

- La **osmolaridad** hace referencia a la concentración de solutos de una disolución.
- Los **animales osmorreguladores** son aquellos **que mantienen una concentración interna de solutos constante.** Todos los **animales terrestres** y todos los **de agua dulce**, así como **algunos marinos** como los péces óseos, son osmorreguladores.





- Estos organismos mantienen su concentración interna de solutos alrededor de 1/3 de la concentración del agua de mar, y de unas 10 veces la del agua dulce.

Cambios en la osmolaridad del medio

- Los **animales osmoconformistas**, como la mayoría de los **animales marinos**, son aquellos cuya concentración interna de solutos tiende a ser la misma que la concentración de solutos en el medio.

IMAGEN: gulfspecimen.org/

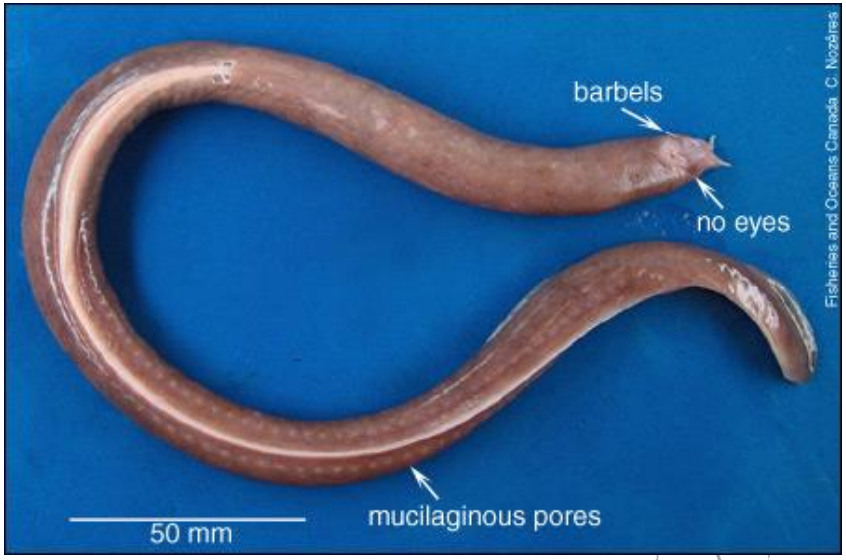


IMAGEN: 3.bp.blogspot.com

Cambios en la osmolaridad del medio

- La **osmorregulación** es una **forma de homeostasis** que mantiene la concentración interna de solutos dentro de un cierto rango. Así, **animales osmorreguladores** como los vertebrados, consiguen mantener constante su concentración interna de solutos gracias a los riñones, mientras que los invertebrados usan distintas estrategias.
- Cuando los animales metabolizan las proteínas, generan desechos nitrogenados que son muy tóxicos y deben ser excretados.

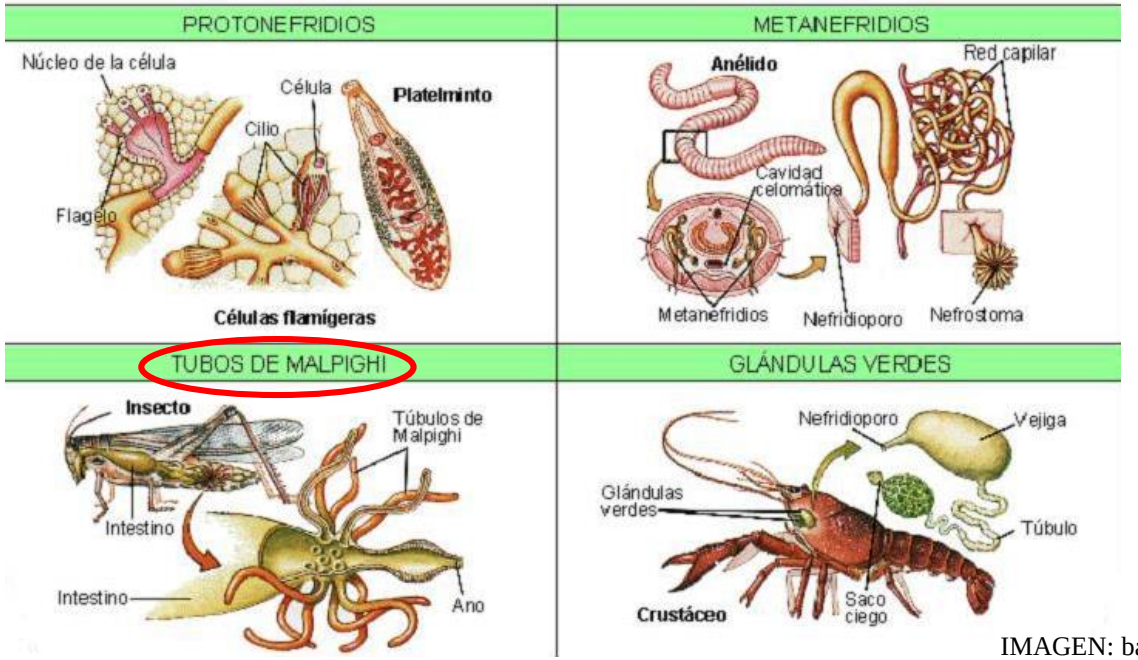


IMAGEN: bachibiology.wordpress.com

Cambios en la osmolaridad del medio

- Según la forma en la que excreten los desechos nitrogenados procedentes del metabolismo de las proteínas y los ácidos nucleicos, los animales pueden ser:

  - **amoniotélicos** que excretan amoníaco (animales acuáticos);

  - **ureotélicos**, que excretan urea, menos tóxico que el amoníaco (mamíferos);

  - **uricotélicos**, que excretan ácido úrico, menos tóxico e insoluble en agua, por lo que no necesita agua para ser desechado (aves e insectos).

- El tipo de producto de desecho nitrogenado guarda correlación con la historia evolutiva y el habitat.

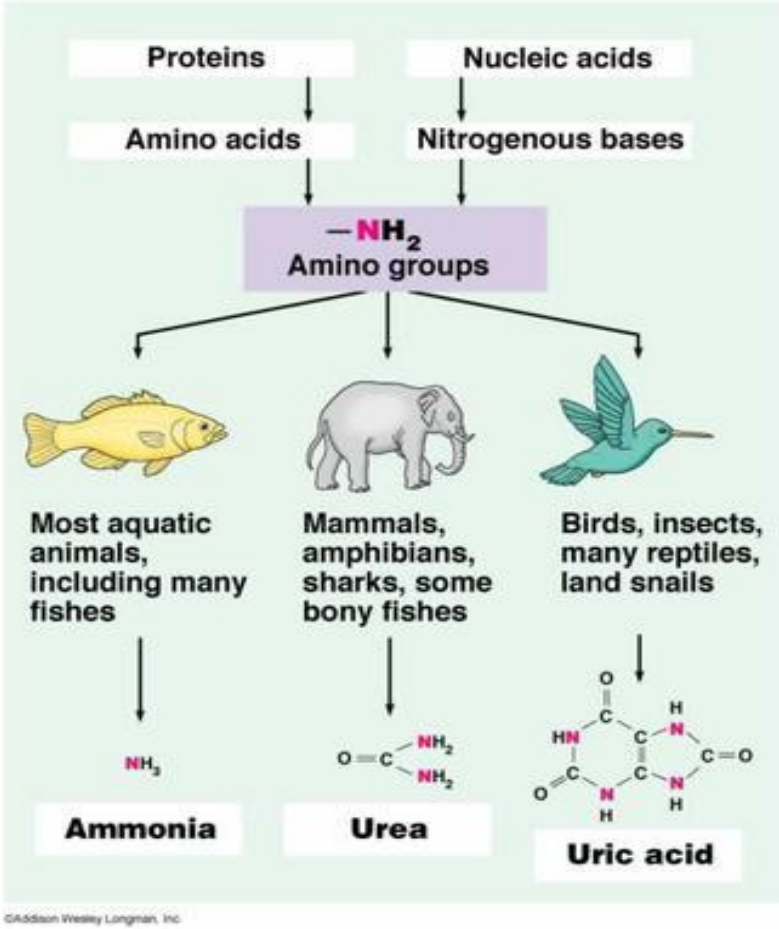


IMAGEN: hodnett-ap.wikispaces.com

Concepto de excreción

- La **excreción** consiste en expulsar del cuerpo los productos de desecho de las rutas metabólicas.

http://www.harvest-community.org/images/224.jpg

- La **defecación** no se considera excreción, ya que las heces fecales no son productos de desecho del metabolismo, sino alimento no digerido.

Sistema de túbulos de Malpighi

- Los insectos (artrópodos) son animales uricotélicos que llevan a cabo la **osmorregulación** y la **eliminación de productos de desecho nitrogenados** mediante el **sistema de túbulos de Malpighi**, consistente en una serie de tubos que se ramifican a partir del tracto intestinal.
- Los residuos nitrogenados en forma de amonio se acumulan en un fluido circulante denominado **hemolinfa**, desde donde son aborbidos por los túbulos de Malpighi.
- En el interior de los túbulos el amonio es **convertido activamente a ácido úrico**, una forma menos tóxica e insoluble.
- Las células que tapizan los túbulos, **transportan activamente** iones desde la hemolinfa al interior del lumen de los túbulos, generando un medio hipertónico respecto a la hemolinfa.

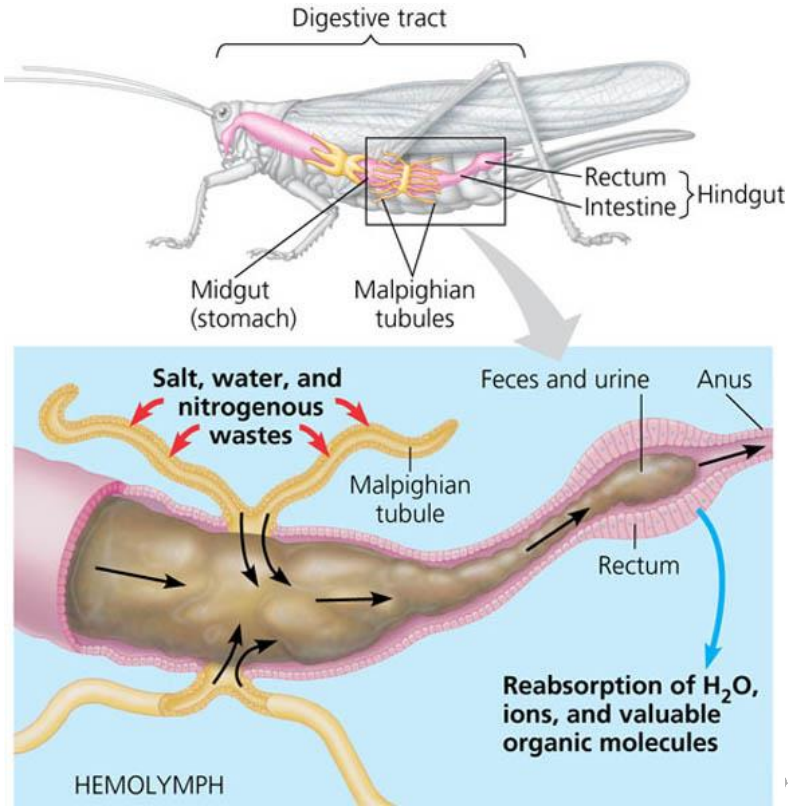


IMAGEN: osmoregandexcretion.wikispaces.com

Sistema de túbulos de Malpighi

- Al tener los túbulos una alta concentración de solutos, provoca el paso del agua mediante **ósmosis** a través de las paredes de los túbulos hacia el interior del lumen.
- Los túbulos vacían todo su contenido en el intestino, pero la mayoría de las sales (iones) y el agua son **reabsorbidas** en la parte posterior del intestino y retornan a la hemolinfa, mientras que el ácido úrico es excretado junto con las heces.
- El ácido úrico precipita formando un sólido que es excretado junto con las heces, posibilitando la conservación de agua.

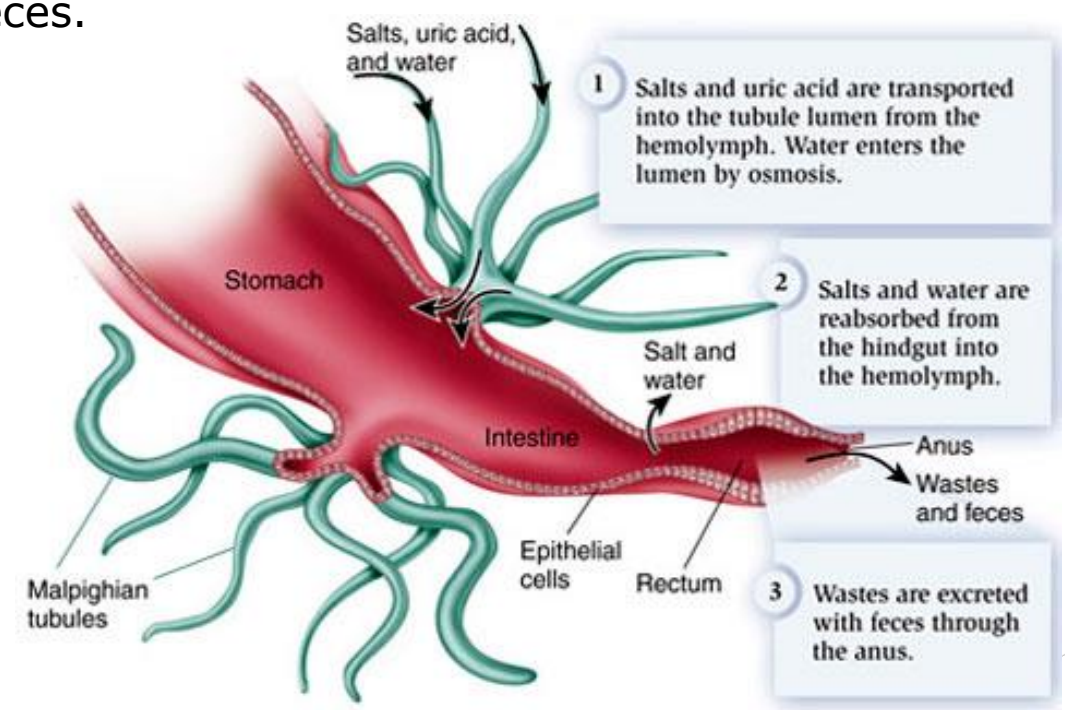
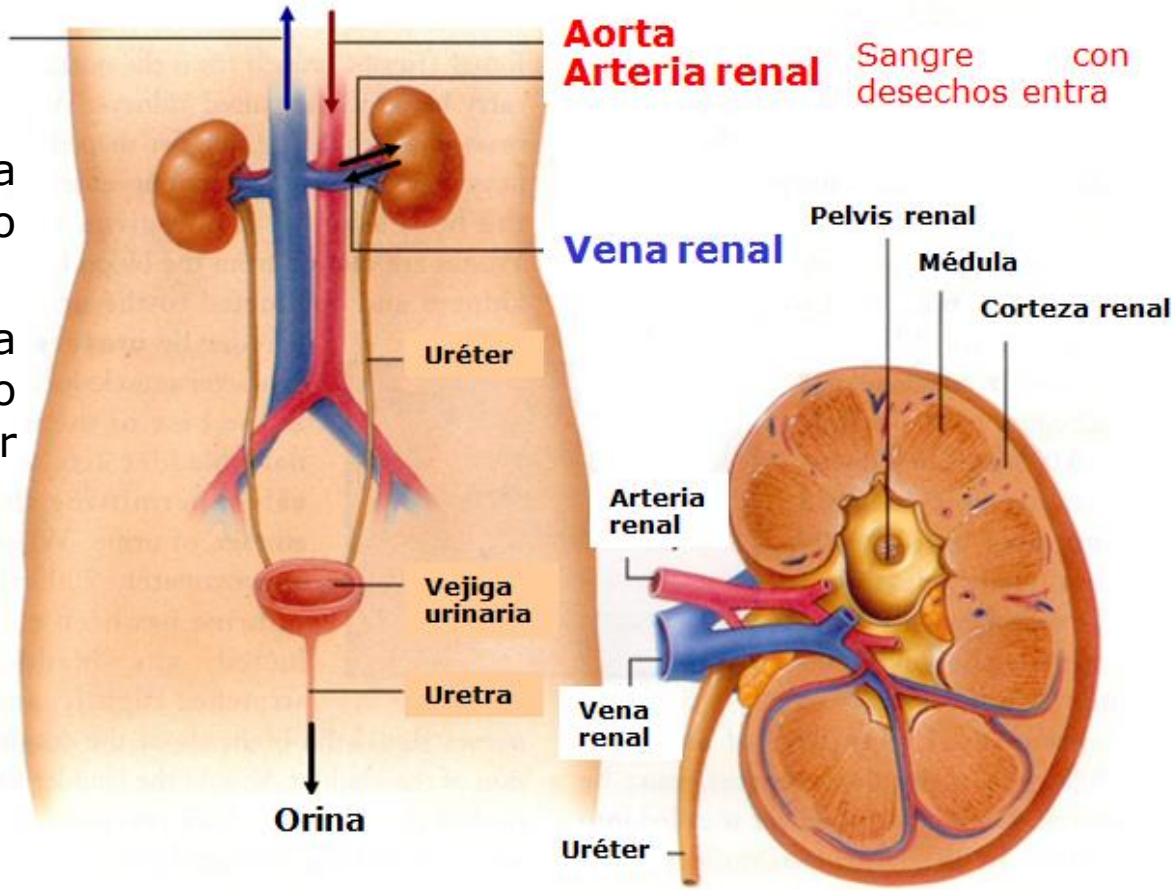


IMAGEN: https://www.proprofs.com/flashcards/

Video1

Los riñones

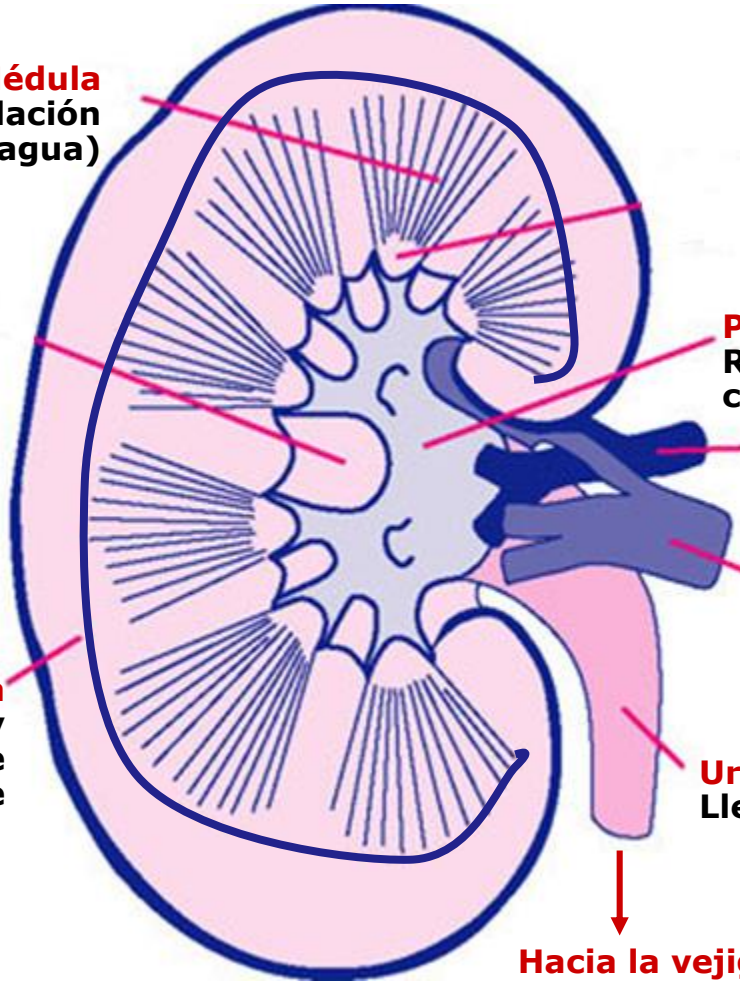
- Los mamíferos son animales ureotélicos que llevan a cabo la **osmorregulación** y la **eliminación de productos de desecho nitrogenados** mediante los **riñones**.



- Los riñones **filtran** la sangre produciendo la orina.
- Presentan forma ovalada, del tamaño de un puño y de color marrón rojizo.

Colegio de
San Francisco de Paula

HABILIDAD: Diagrama rotulado del riñón humano



Médula
Osmorregulación (reabsorción de agua)

Pelvis
Recolección de orina de los tubos colectores, para pasarla al uréter

Arteria renal
(sangre no equilibrada)

Vena renal
(sangre equilibrada)

Corteza
Ultrafiltración y reabsorción selectiva de componentes de la sangre

Uréter
Lleva la orina hacia la vejiga

Hacia la vejiga

IMAGEN: cancerresearchuk.org

Composición de la sangre en la arteria y la vena renal

- Los **riñones** eliminan los productos de desecho de la sangre, por lo que la composición de la sangre que entra en los riñones a través de la arteria renal, es diferente de la sangre que sale de ellos a través de la vena renal.
- Entre las sutancias presentes en **mayor cantidad en la arteria que en la vena renal**, están:

  - Toxinas y otras sustancias ingeridas y absorbidas pero no completamente metabolizadas, como ciertos pigmentos y los fármacos.
  - Productos de desecho nitrogenados, principalmente urea.

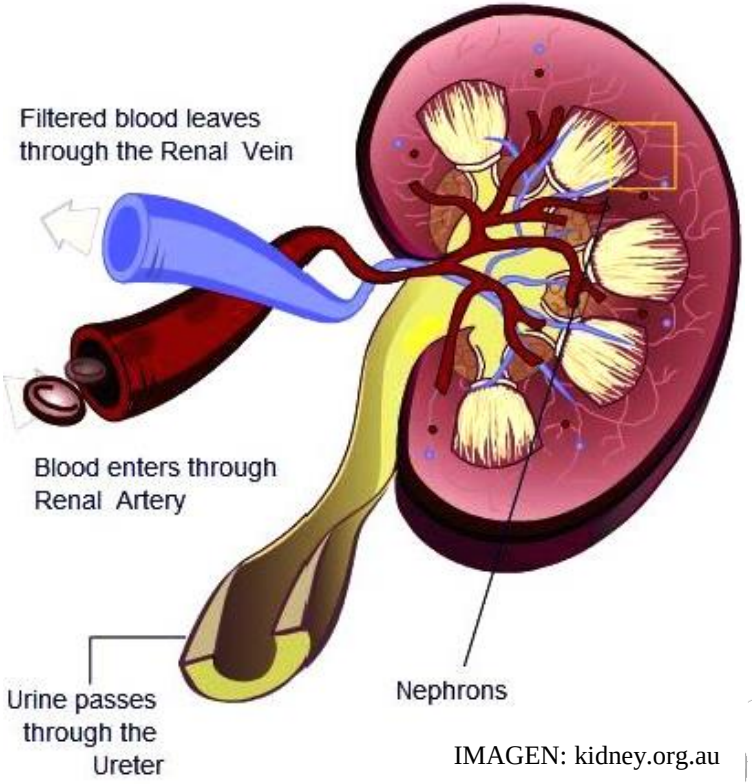


IMAGEN: kidney.org.au

Composición de la sangre en la arteria y la vena renal

- **Otras sustancias eliminadas de la sangre** por el riñón pero que no son productos de excreción, al no ser productos del metabolismo celular, son:

  - El exceso de agua, producida en la respiración celular o absorbida del alimento en el intestino grueso.

  - El exceso de sal, absorbida del alimento en el intestino delgado.

  La eliminación del exceso de agua y sales es parte del proceso de osmorregulación. Así, mientras que su concentración en la sangre arterial renal puede ser variable, es más constante en la sangre de la vena renal gracias al proceso de osmorregulación.

- **Otras diferencias entre la sangre arterial y venosa en el riñón** son:

  - La sangre en la vena renal es desoxigenada y con menor contenido en glucosa respecto a la sangre arterial dado que son consumidos en el metabolismo renal.

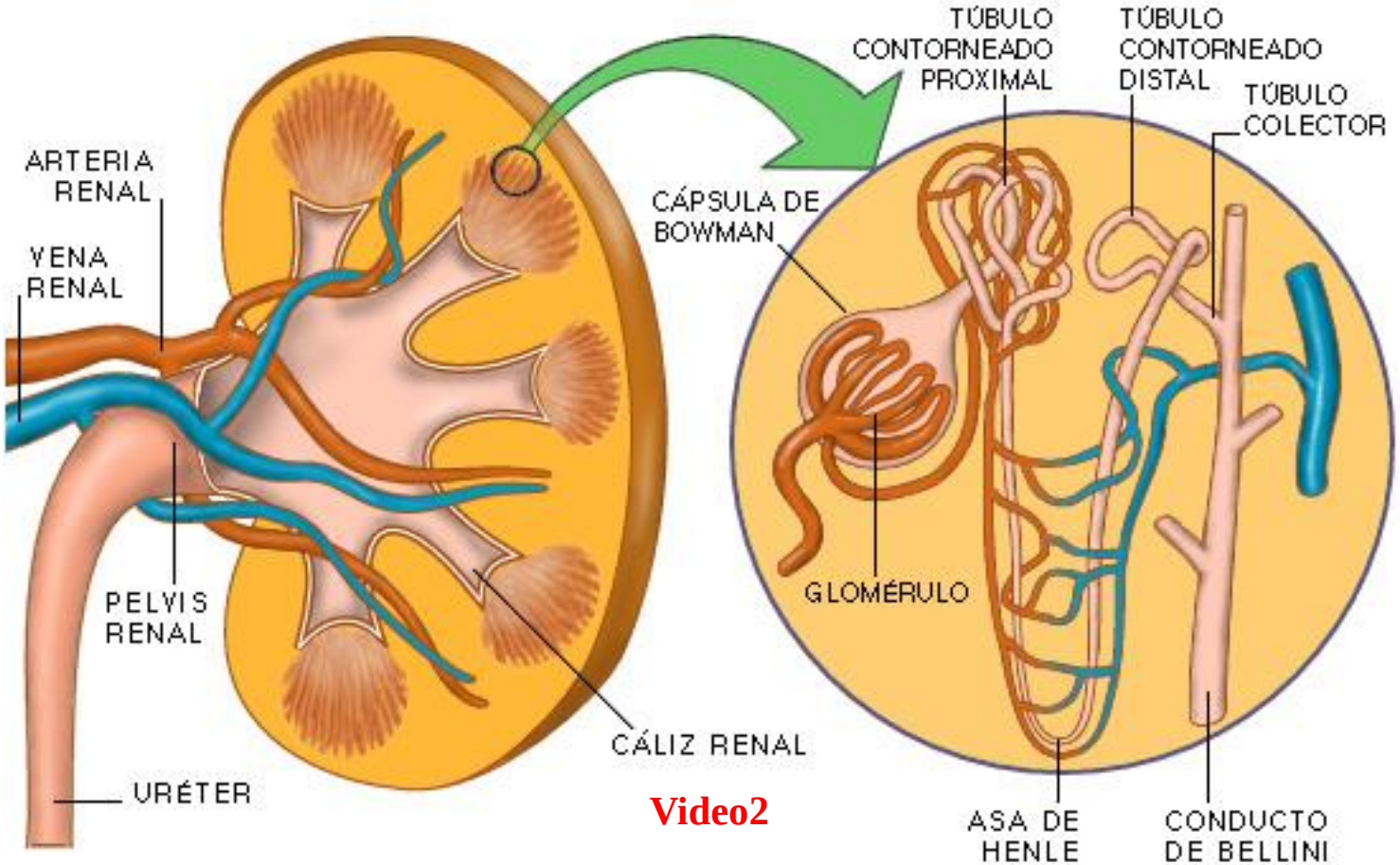
  - La sangre en la vena renal contiene un mayor contenido en CO_2 al ser un producto del metabolismo renal.

Composición de la sangre en la arteria y la vena renal

Sustancia en la sangre	Vena renal	Arteria renal
Toxinas y fármacos	Menor concentración	Mayor concentración
Urea	Menor concentración	Mayor concentración
Agua	Volumen constante al ser reabsorbida en la osmorregulación	Volumen variable al ser producida en la respiración celular o absorbida del alimento en el intestino grueso
Sales	Concentración constante al ser reabsorbidas en la osmorregulación	Concentración variable al ser absorbida del alimento en el intestino delgado
O_2 y glucosa	Menor concentración al ser consumidas en el metabolismo del riñón	Mayor concentración al ser sangre oxigenada proveniente del corazón
CO_2	Mayor concentración al ser un producto de desecho del metabolismo del riñón	Menor concentración al ser sangre oxigenada proveniente del corazón

Anatomía del riñón

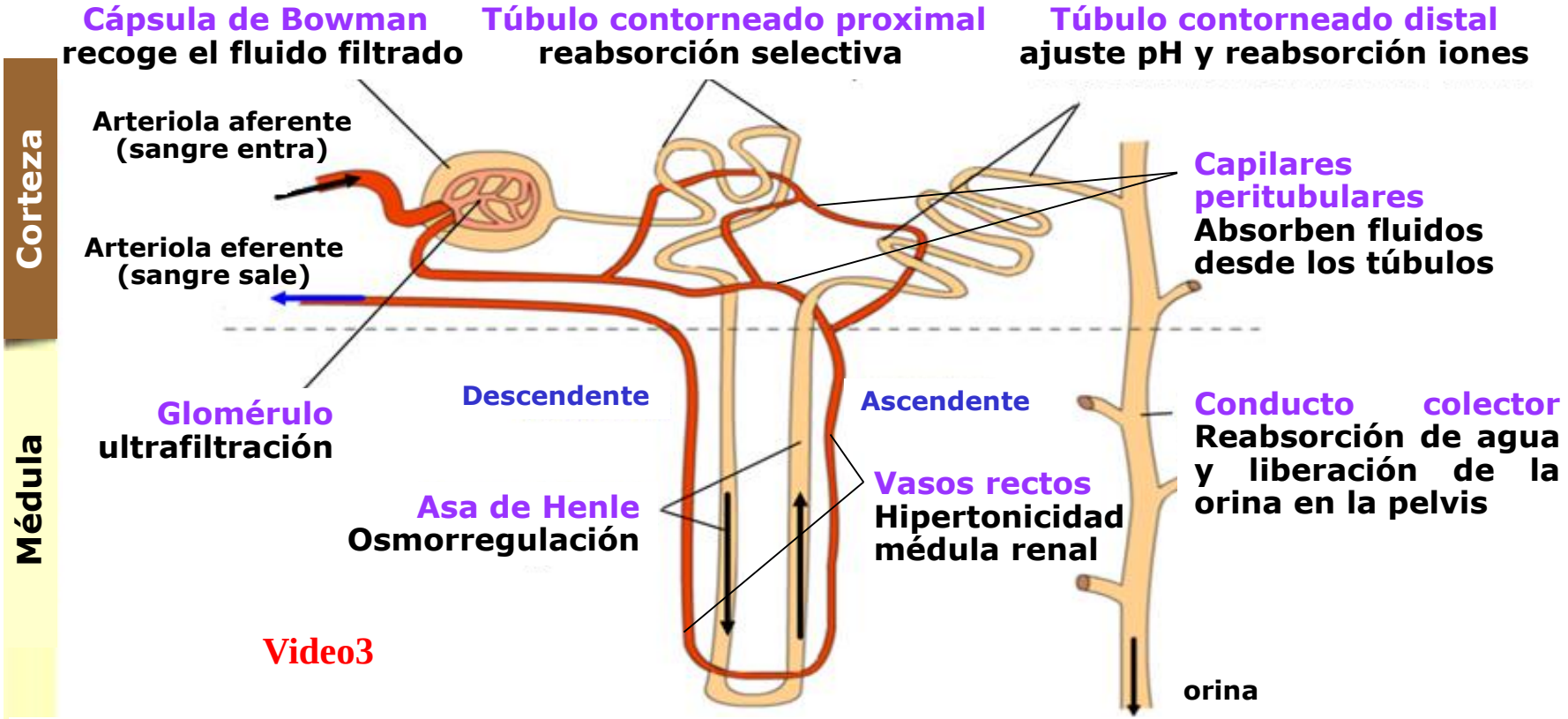
- La **nefrona es la unidad funcional del riñón**, donde se produce la orina. Cada riñón tiene de alrededor de $1 \cdot 10^6$ nefronas.



Video2

HABILIDAD: Diagrama anotado de la nefrona

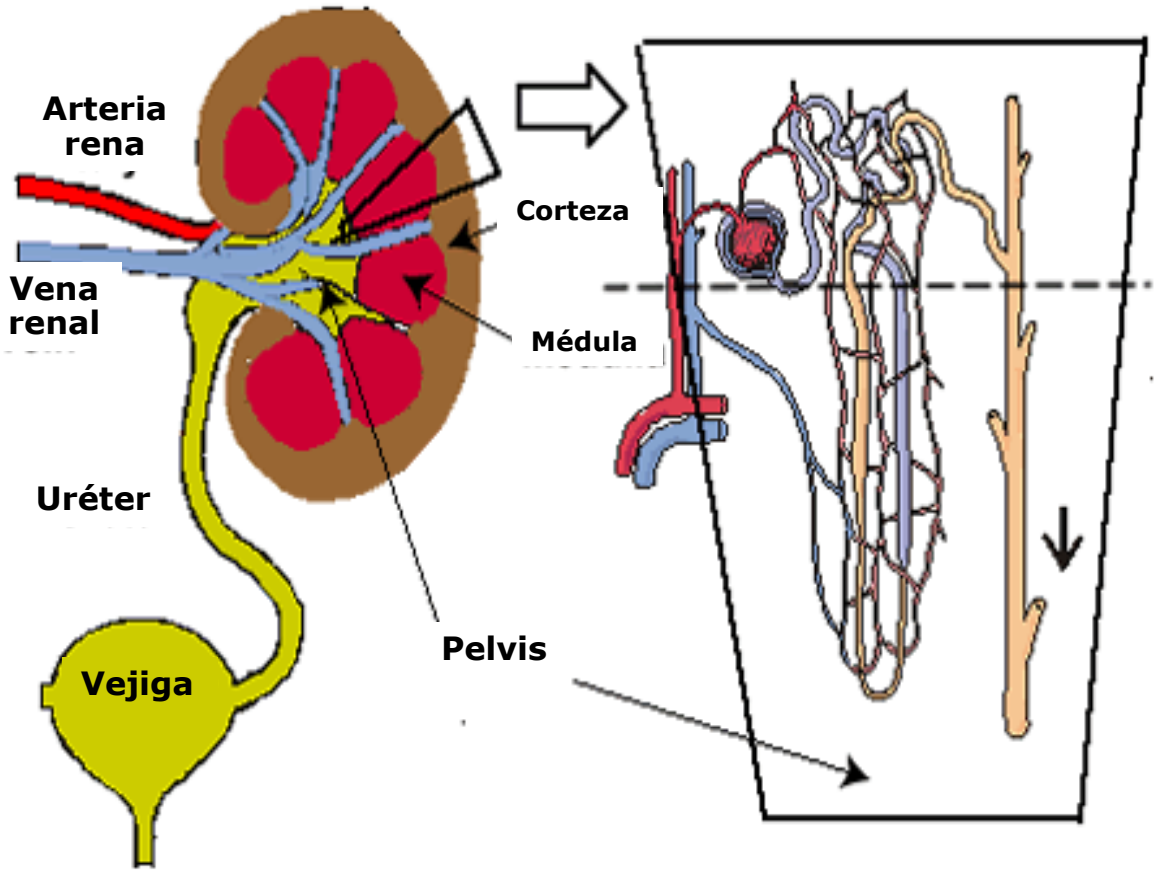
- La cápsula de Bowman, los túbulos contorneados y la parte superior de los conductos colectores se sitúan en el corteza renal.



- El asa de Henle y la parte inferior de los conductos colectores se sitúan en la médula renal.

Anatomía del riñón

- Parte de la nefrona se localiza en la corteza y parte en la médula.



Corteza
Contiene la cápsula de Bowman con el glomérulo, así como el túbulo contorneado y la parte superior del conducto colector.

Médula
Contiene el asa de Henle y la parte inferior del conducto colector. Parece formar unas regiones triangulares denominadas **pirámides**.

Pelvis
Cavidad que colecta la orina que emerge del conducto colector y la pasa a la vegija urinaria a través del uréter.

Fisiología del riñón

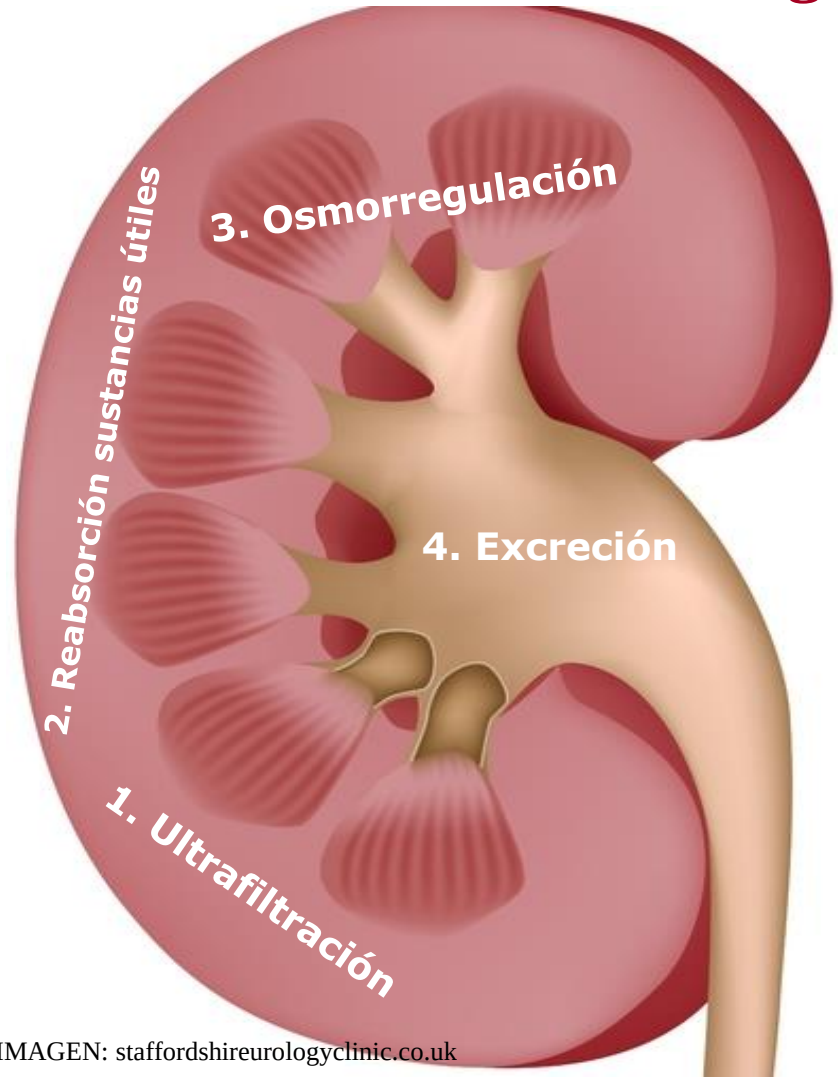


IMAGEN: staffordshireurologyclinic.co.uk

1. Ultrafiltración: Filtrado selectivo, en función del tamaño, de los componentes de la sangre. Ocurre en el glomérulo y la cápsula renal o de Bowman.

2. Reabsorción selectiva: Proceso de recuperación, desde el filtrado, de compuestos útiles para el organismo. Ocurre en el túbulo proximal.

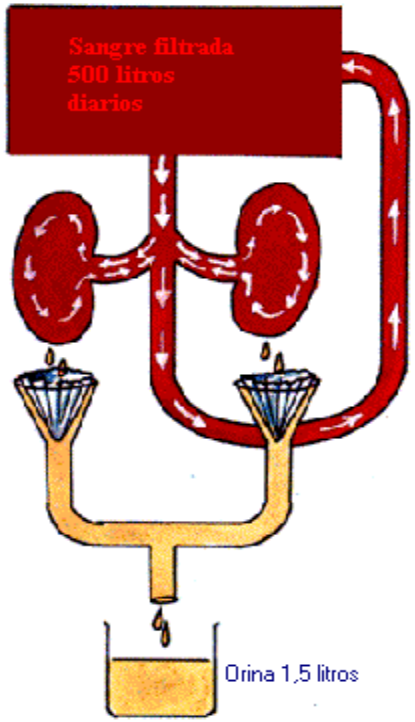
3. Osmorregulación: Proceso que mantiene la presión osmótica constante en la sangre y tejidos tisulares. Ocurre en el asa de Henle y conducto colector.

4. Excreción: Proceso de expulsión del cuerpo, en forma de orina, de los productos de desecho procedente del metabolismo celular.

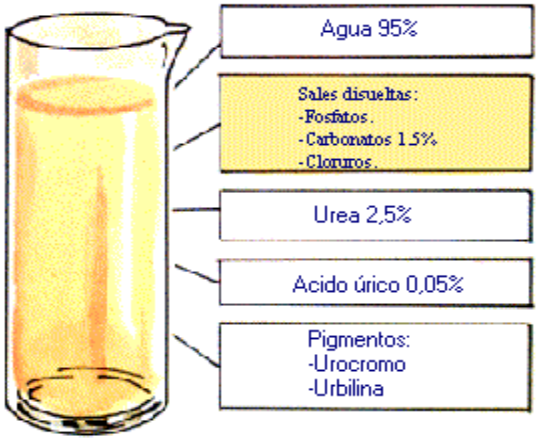
Animación1

Formación de la orina

- En los humanos se forma cada día de 1-1.5 L de orina, conteniendo unos 40-50 g de solutos de los que urea (30 g) y cloruro de sodio (15g) son los
- La nefrona produce la orina mediante un proceso continuo que puede dividirse en **varias etapas**, y que muestran como la compocisión de la sangre está regulada con precisión.



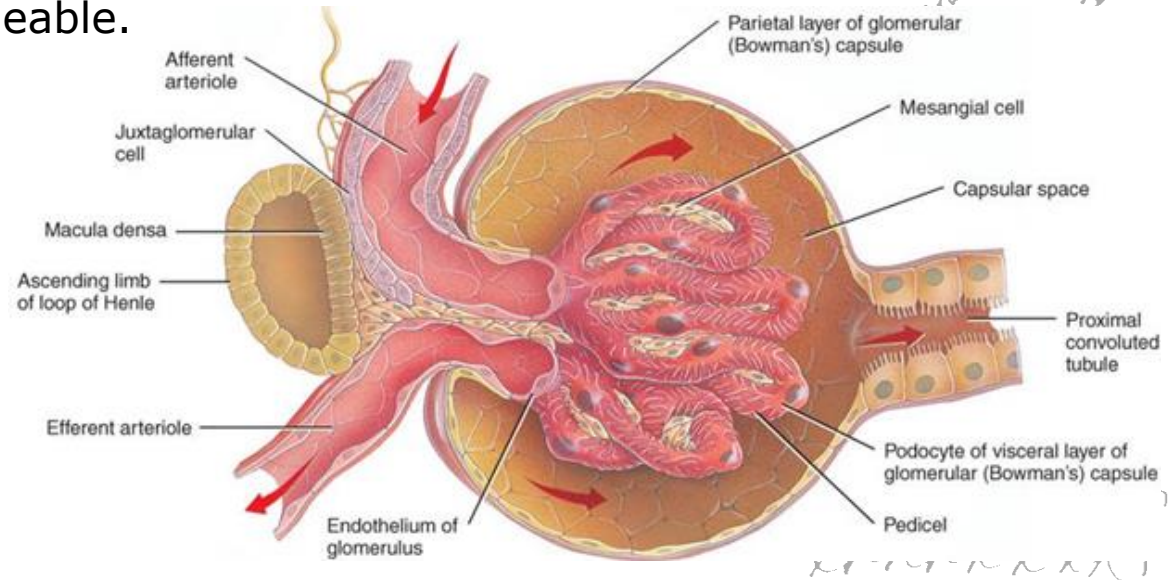
La producción de orina
Los riñones son los encargados de filtrar la sangre y separar los productos de desecho para expulsarlos al exterior mediante la producción de orina.
La cantidad de orina producida varía de un individuo a otro y de acuerdo al clima, a la cantidad de agua y líquidos ingeridos, a la actividad, etc. Normalmente se produce alrededor de un litro y medio al día, la composición de la orina es la siguiente:



1. Ultrafiltración en la cápsula renal.
2. Reabsorción selectiva en el túbulo contorneado proximal.
3. Conservación de agua (osmorregulación) en el asa de Henle.
4. Reabsorción de agua en el conducto colector.

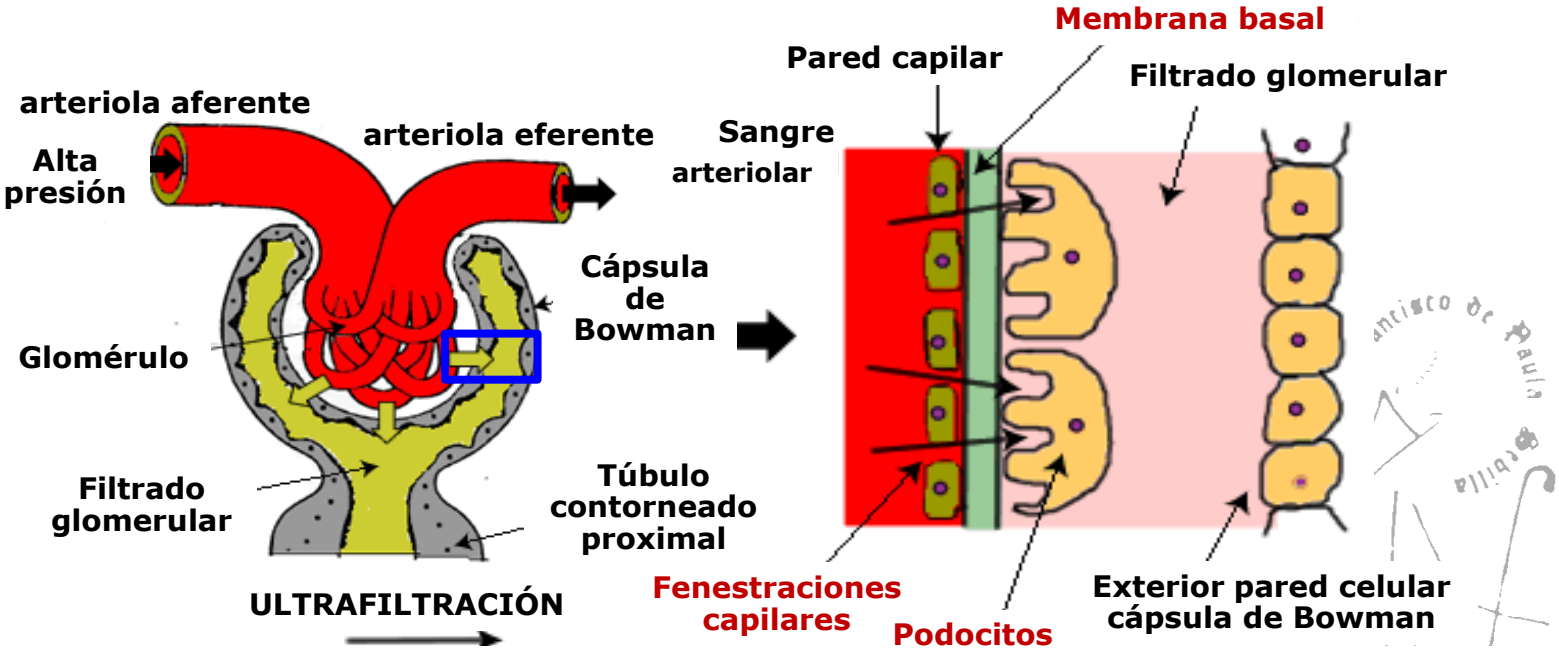
Ultrafiltración: Glomérulo y cápsula de Bowman

- La ultraestructura del glomérulo y de la cápsula de Bowman facilita la ultrafiltración.
- En el glomérulo, el agua y pequeñas moléculas del plasma sanguíneo, incluyendo sustancias útiles como iones, glucosa y aminoácidos junto con la urea como desecho, son forzados a salir de los capilares hacia el interior del lumen de la cápsula formando el **filtrado glomerular**.
- Este proceso de separación de partículas en función de su tamaño se denomina **ultrafiltración**, y se produce gracias a que la presión en los capilares del glomérulo es particularmente alta y a que la pared capilar es particularmente permeable.



Ultrafiltración: Glomérulo y cápsula de Bowman

- La presión sanguínea es tan alta como para que se produzca la ultrafiltración, porque la arteriola aferente (sangre de entrada) posee un diámetro mayor que la arteriola eferente (sangre de salida).

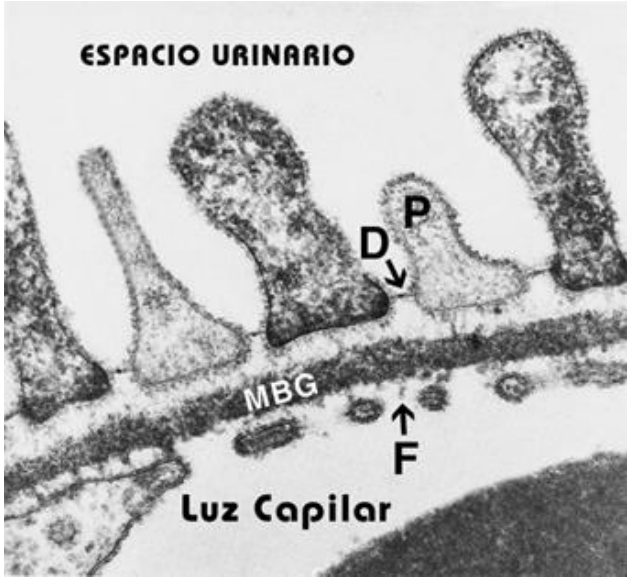


- El sistema de ultrafiltración está formado por tres componentes: Las **fenestraciones** en la pared de los capilares, el filtro formado por una **membrana basal** con capas de células a ambos lados, y las células del epitelio de la cápsula denomiandas **podocitos**.

Video4

Ultrafiltración: Glomérulo y cápsula de Bowman

- Las **fenestraciones** entre las células endoteliales que forman la pared de los capilares tienen una tamaño de unos 100 nm de diámetro, lo que permite que el fluido glomerular pase al interior de la cápsula, pero no las células sanguíneas.



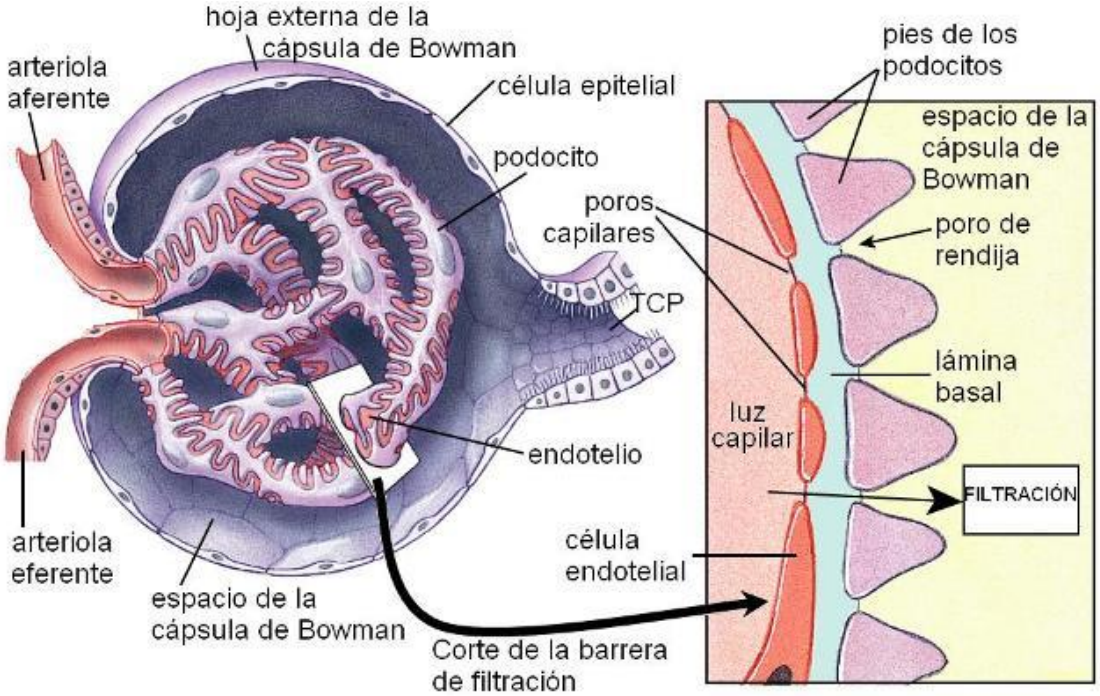
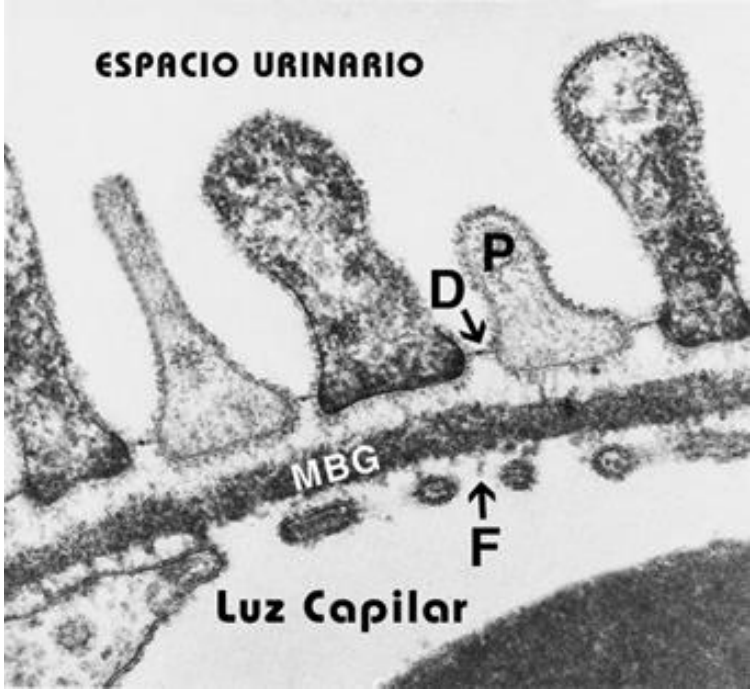
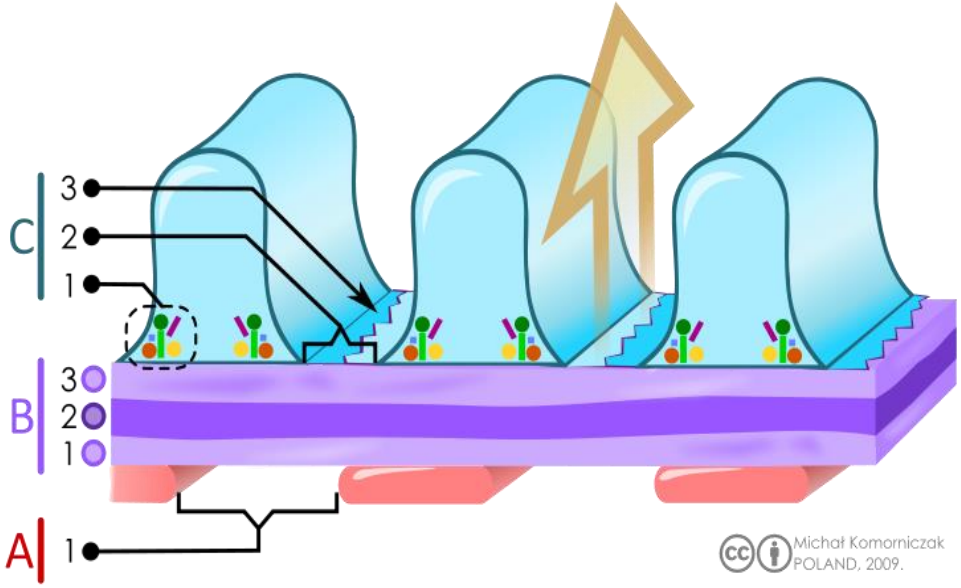


IMAGEN: genomasur.com

Ultrafiltración: Glomérulo y cápsula de Bowman

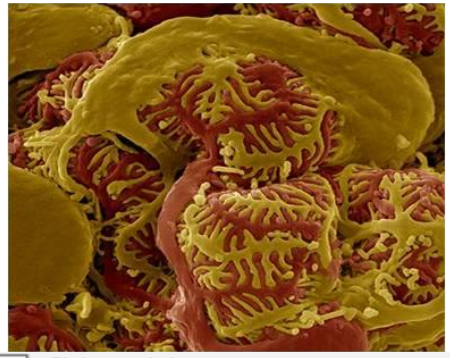
- La **membrana basal** cubre y da soporte a la pared de los capilares. Está hecha de glucoproteínas cargadas negativamente que forman una malla o red que previene que las proteínas pasen al filtrado glomerular, debido a su tamaño y carga negativa.

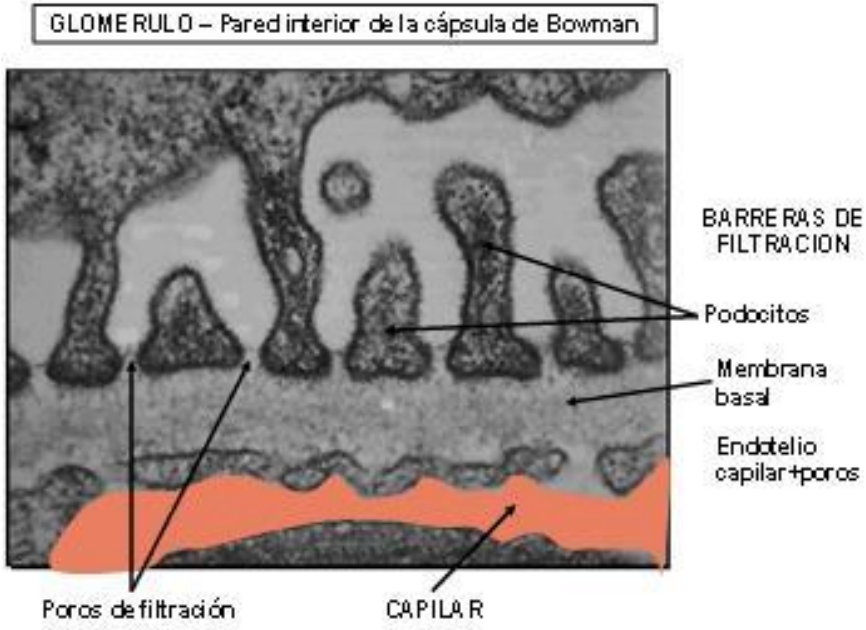


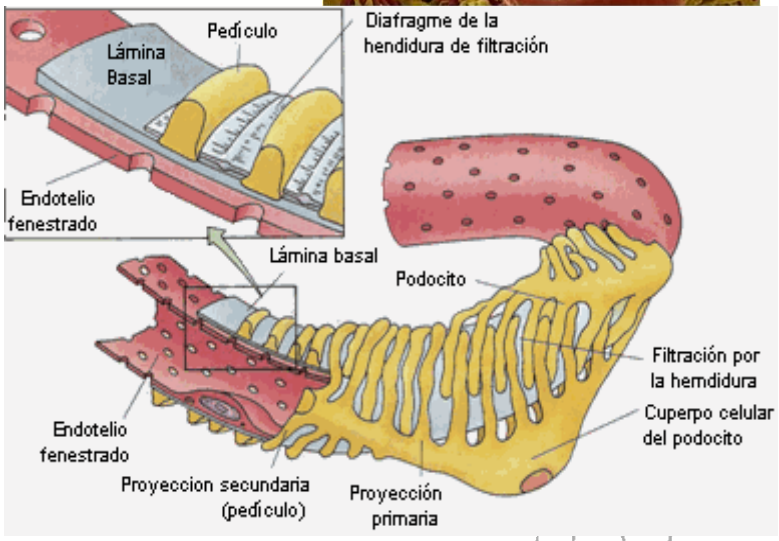


Ultrafiltración: Glomérulo y cápsula de Bowman

- Los **podocitos** forman la pared interna de la cápsula de Bowman. A partir de cada podocito se extienden miles de extensiones en forma de pies llamadas **pedicelos** que envuelven los capilares glomerulares.





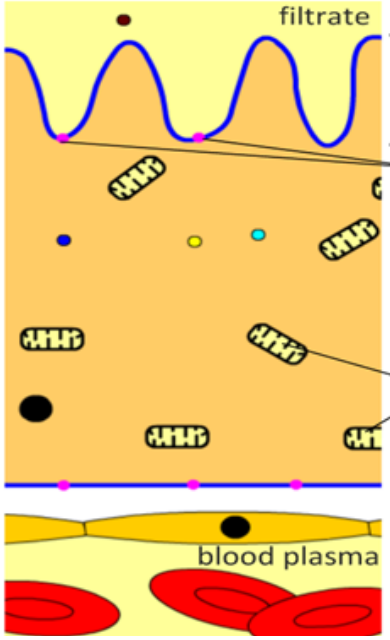


- Los espacios entre los pedicelos se denominan grietas de filtración, por lo que se dice que la pared del glomérulo se encuentra **fenestrada**, al igual que el endotelio de los capilares, que presenta **poros**.

Animación1

Reabsorción selectiva: Túbulo contorneado proximal

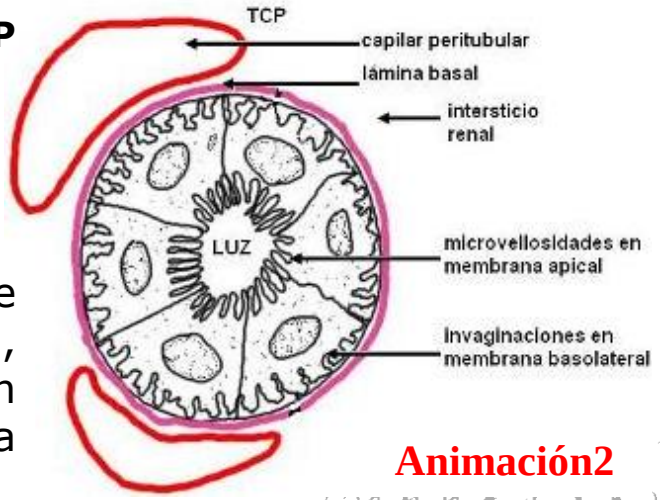
- El filtrado glomerular fluye hacia el túbulo contorneado proximal, donde se reabsorbe el 80 % del agua filtrada, así como glucosa, aminoácidos, iones y pequeñas proteínas mediante **transporte activo**.



Microvellosidades: incrementan el área superficial para la reabsorción.

Bombas y canales protéicos:
- Ósmosis de agua a través de los canales.
- Transporte activo de glucosa, aminoácidos e iones (hace la ósmosis más eficiente, ya que la concentración interna de solutos incrementa).
- Pinocitosis de las pequeñas proteínas.

Mitocondrias: producen ATP para el transporte activo.



- Su pared está formada por una única capa de células con gran cantidad de mitocondrias, microvellosidades en la cara que da al lumen del túbulo e invaginaciones en su cara que da a la membrana basal.

Animación2

Osmorregulación: Asa de Henle

- La función del asa de Henle es la de **crear y mantener unas condiciones hipertónicas en la médula renal**.
- Las células que forman la pared del **asa ascendente bombean activamente iones Na^+** desde el filtrado glomerular al fluido intersticial entre las células de la médula.
- Esto genera una diferencia de concentración de 200 mOsm, lo que crea una concentración de solutos en la médula de unos 500 mOsm.
- Además, el **asa ascendente es impermeable al agua**, por lo que es retenida en el filtrado, aunque el fluido intersticial sea hipertónico.

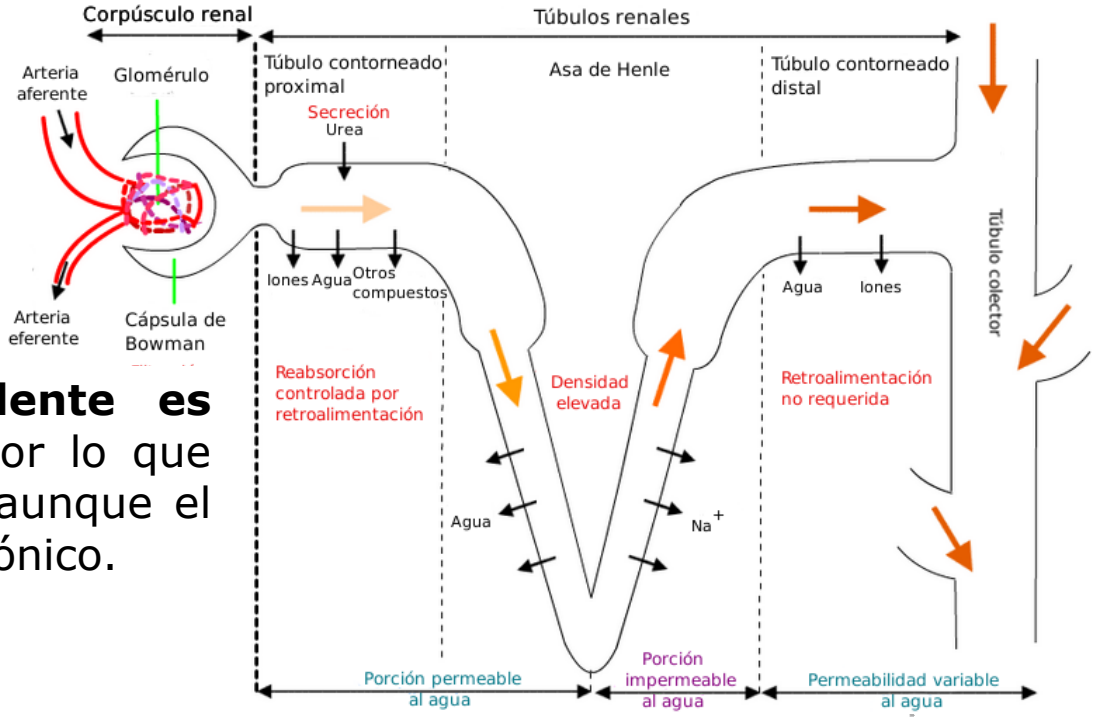


IMAGEN: upload.wikimedia.org

Osmorregulación: Asa de Henle

- Las células que forman la pared del **asa descendente son permeables al agua pero impermeables a los iones Na^+**.
- A medida que el filtrado glomerular desciende por el asa descendente, el agua sale por **ósmosis** hasta que el fluido adquiere la misma concentración en solutos que el fluido intersticial (en torno a 500 mOsm).

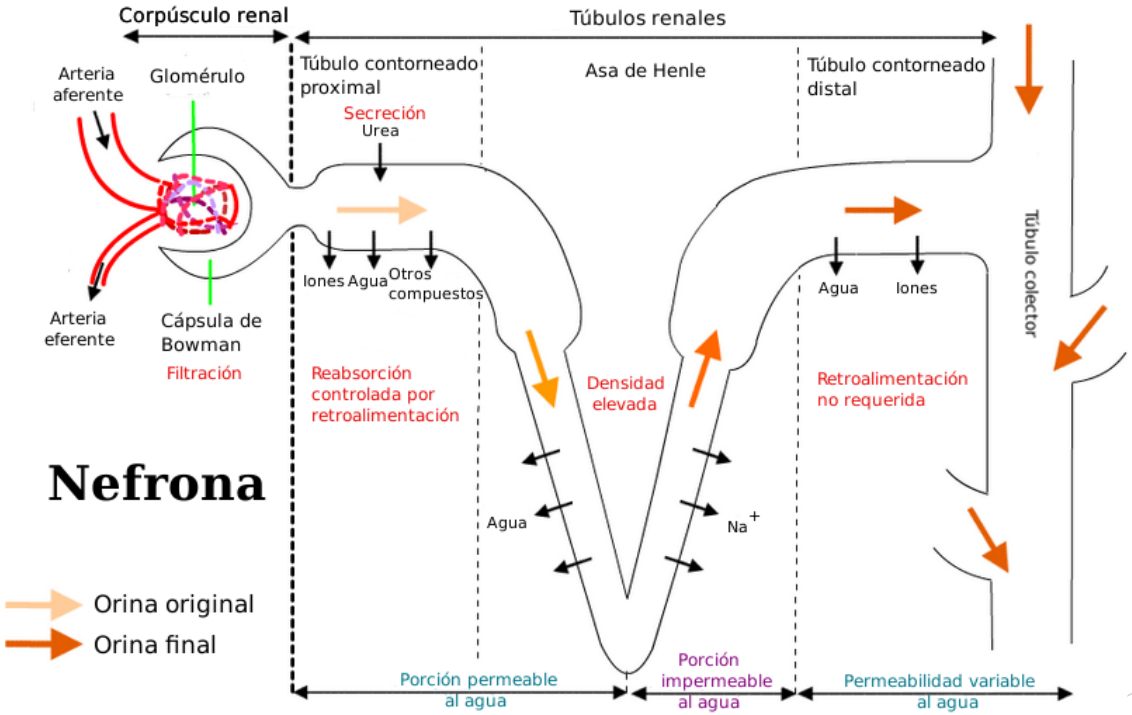
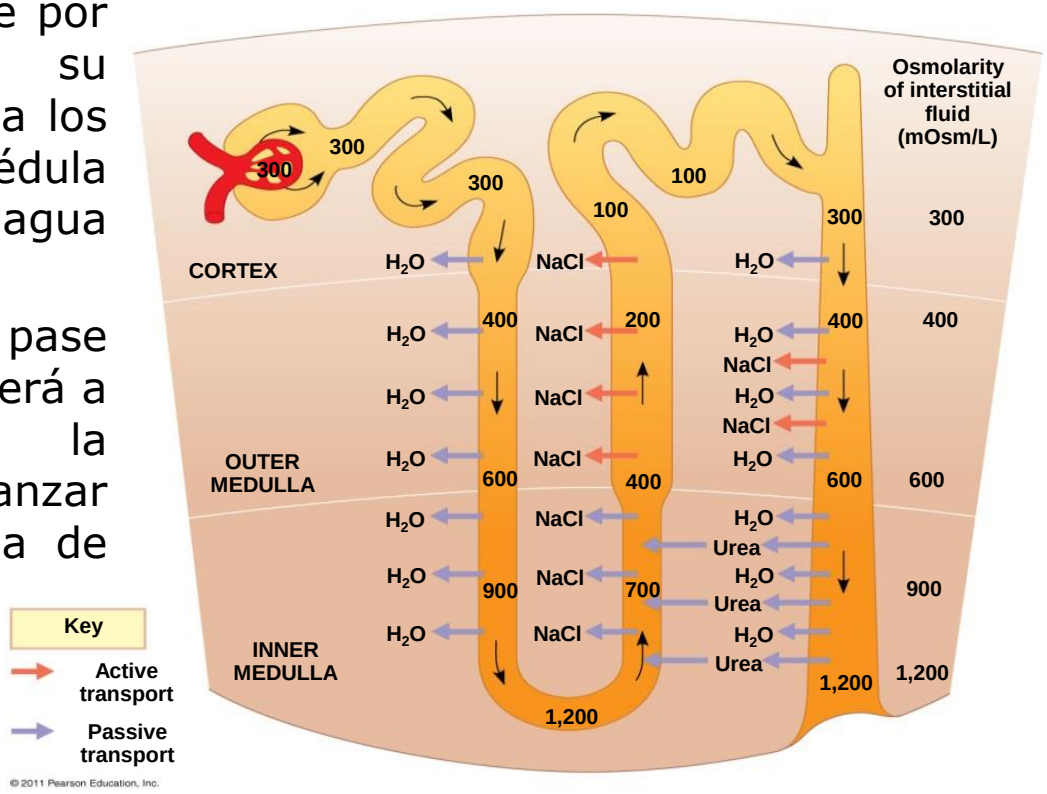


IMAGEN: upload.wikimedia.org

Osmorregulación: Asa de Henle

- Por tanto, cuanto este filtrado pase por el asa ascendente, las proteínas que bombean iones sodio harán que la concentración del fluido intersticial alcance una concentración de 700 mOsm.

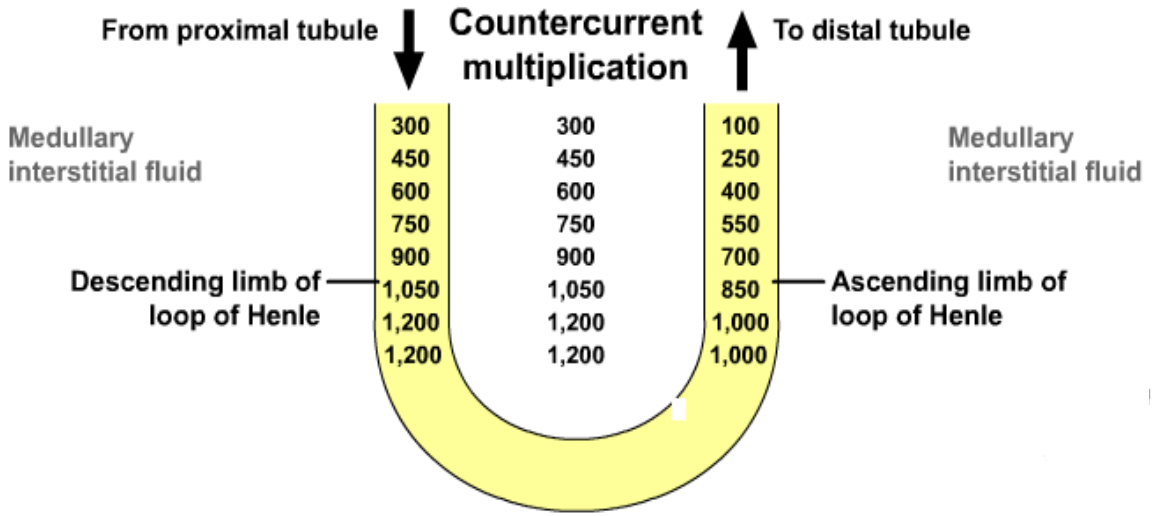
- Cuando nuevo filtrado baje por el asa descendente, su concentración se igualará a los 700 mOsm de la médula mediante la pérdida de agua por ósmosis.
- Posteriormente cuando pase por el asa ascendente volverá a bomberse sodio hacia la médula, llegando a alcanzar una concentración máxima de 1200 mOsm.



Osmorregulación: Asa de Henle

- El papel del asa de Henle junto con el aporte paralelo de sangre por la vasa recta (capilares que rodean al asa de Henle) es crear y mantener un alto gradiente de concentración de sales en el fluido tisular de la médula.
- Este gradiente se consigue mediante un mecanismo **multiplicador en contracorriente**.

Animación3



- Puesto que el flujo del asa descendente y del asa ascendente son en direcciones opuestas, se produce una estratificación osmótica: al inicio del asa descendente (en la zona de unión entre la corteza y la médula), la **concentración del medio intersticial** es de aproximadamente 300 mOsm/L, mientras que al bajar por el asa de Henle, la osmolaridad aumenta de forma gradual, hasta alcanzar un máximo de 1200 mOsm/L.

Osmorregulación: Asa de Henle

- Para prevenir que el agua que sale por ósmosis en el asa descendente, diluya el fluido intersticial medular, existe también un **mecanismo contracorriente en los vasos rectos** paralelos al asa de Henle.
- A medida que el agua sale osmóticamente desde la rama descendente hacia el fluido intersticial, entra fácilmente en los vasos rectos.

Video5

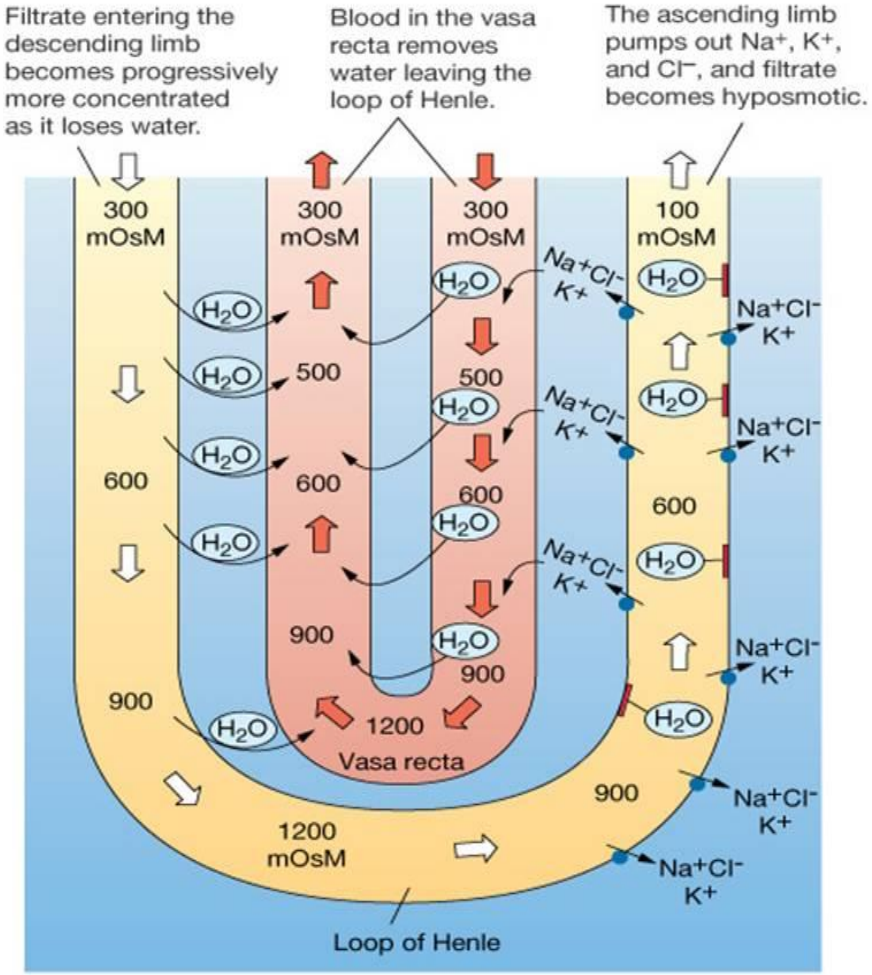


IMAGEN: austincc.edu

Longitud del asa de Henle

- La longitud del asa de Henle tiene una **correlación positiva con la necesidad de conservación de agua en los animales**.
- Cuanto mayor sea la longitud del asa de Henle, mayor será el volumen de agua que pueda reabsorber, por lo que los animales adaptados a vivir en ambientes con gran escasez de agua poseen un asa de Henle de mayor longitud.
- Según la longitud del asa de Henle, se distinguen dos tipos de nefronas:

  - **Corticales**, con un asa de Henle corta, que baja únicamente hasta la médula externa;

  - **Yuxtamedulares**, con un asa de Henle larga, que baja hasta la médula interna.
- Los animales, como los camellos, que necesitan concentrar al máximo su orina, presentan un gran número de nefronas yuxtamedulares.

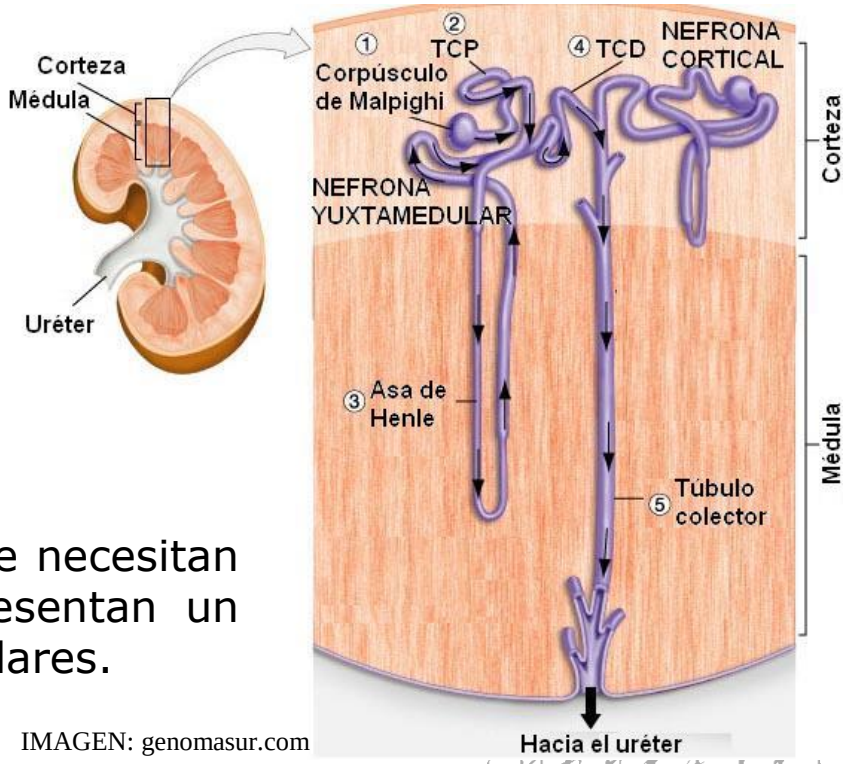


IMAGEN: genomasur.com

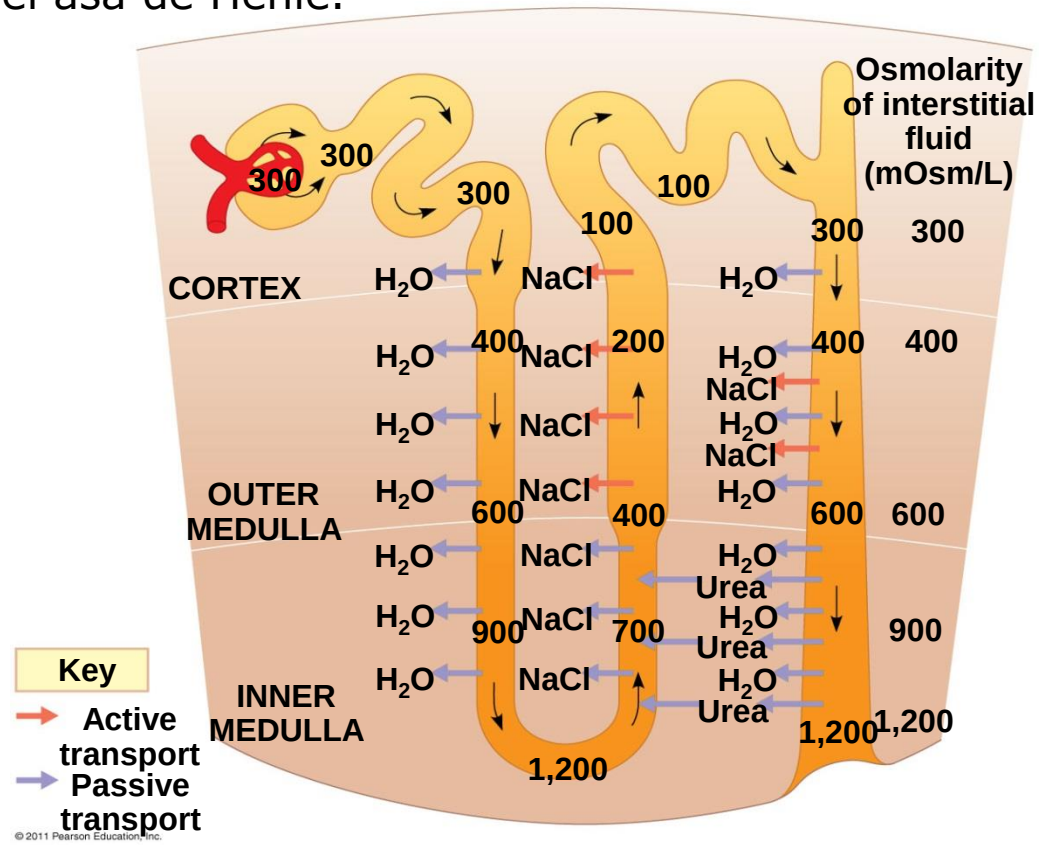
NATURALEZA CIENCIAS: ¿Cómo evitar perder agua?

- Los animales que viven en lugares desérticos presentan adaptaciones que lo posibilitan, como reducir la evaporación o reducir la pérdida de agua que en sus productos de desechos.
- Se han realizado investigaciones para determinar como evitan los animales del desierto la perdida de agua en sus productos de desecho.
- Así, mientras que el 75% de las heces fecales de la mayoría de los animales es agua, los animales desérticos reabsorben agua en el instestino y producen heces mucho más secas.
- Un ejemplo lo contituye las **ratas canguro**, que solventan las pérdidas de agua en forma de orina y heces, mediante la producción de unas heces muy secas (1/6) y una orina 14 veces más concentrada que su sangre (los humanos logramos conseguir una orina 4 veces más concentrada que la sangre).

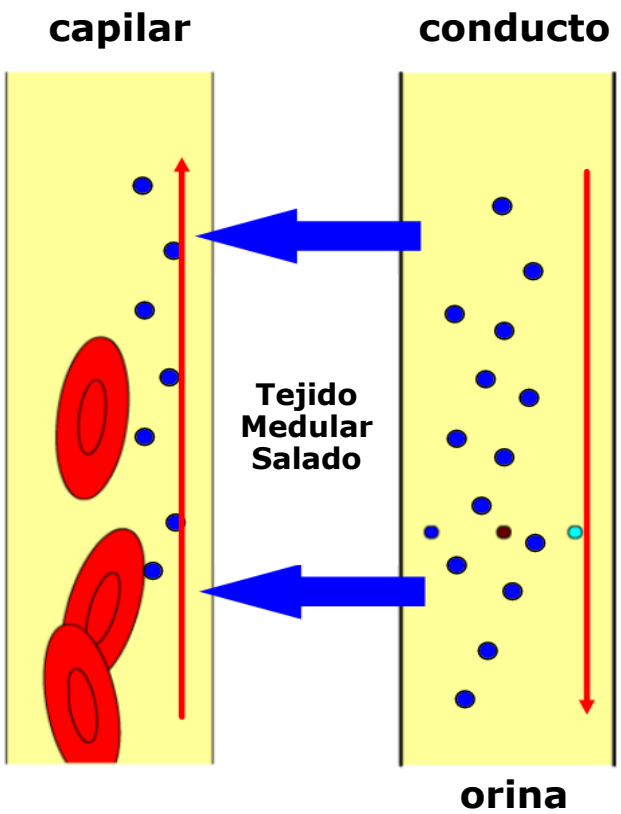
IMAGEN: demedicina.com/

Osmorregulación: Conducto colector

- Cuando el filtrado llega al túbulo contorneado distal, su concentración en solutos es inferior (hipotónica) a la de los fluidos corporales, debido a que proporcionalmente, más solutos que agua han salido desde el filtrado en el asa de Henle.

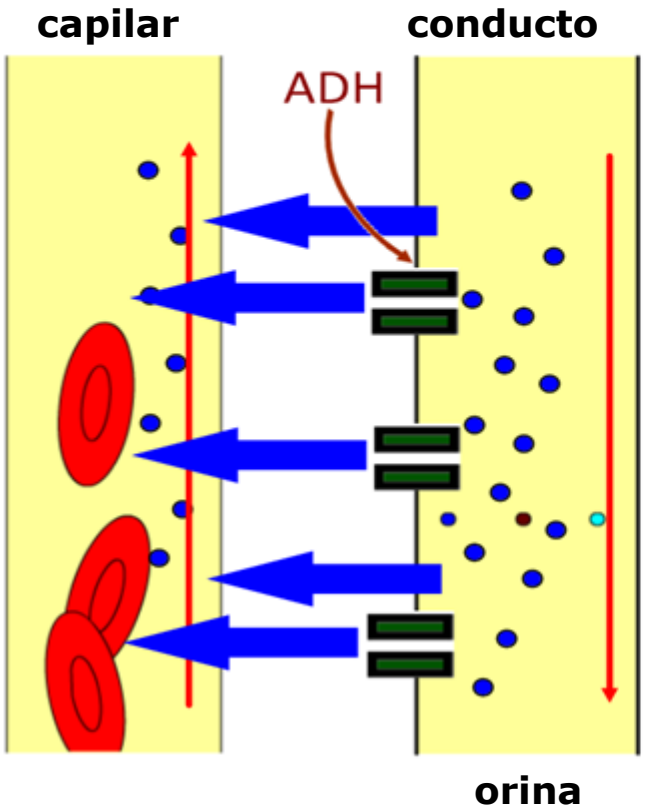


Osmorregulación: Conducto colector



- Cuando la **concentración de solutos en sange es demasiado baja**, se reabsorbe poca agua a medida que el filtrado pasa a través del túbulo contorneado distal y el conducto colector.
- Las paredes de estas partes de la nefrona pueden llegar a tener una inusual baja permeabilidad al agua.
- Como consecuencia de ello, se produce un gran volumen de orina con una baja concentración de solutos (diluida), con lo que se consigue que la concentración de solutos en sangre aumente.

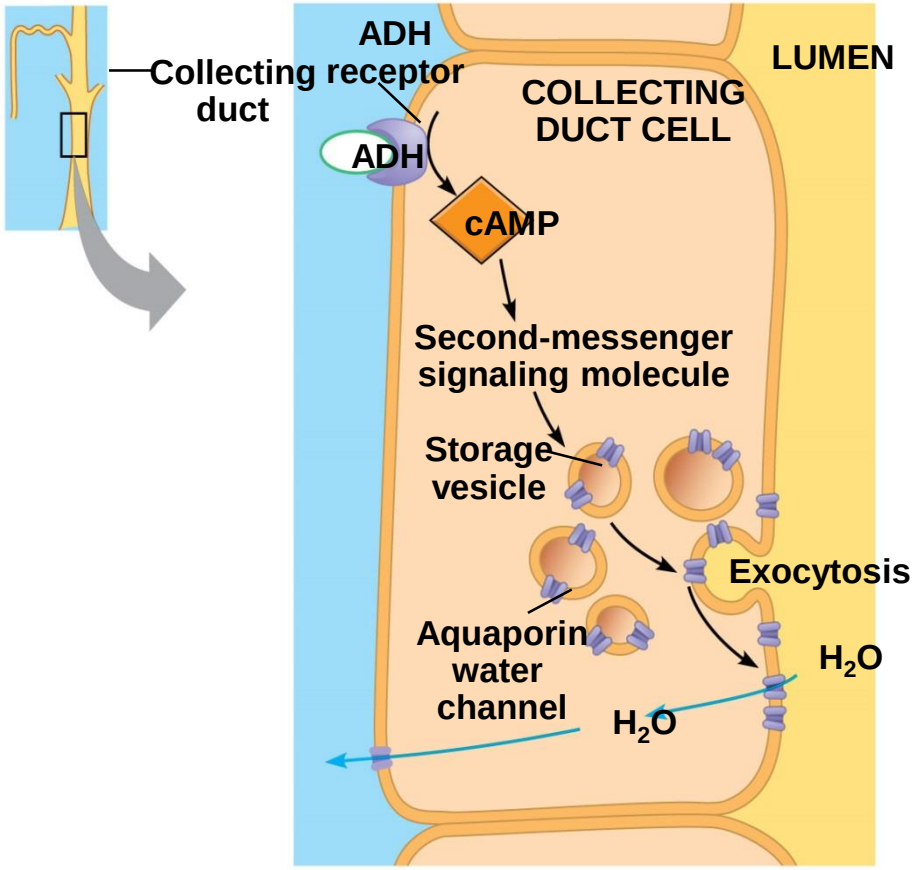
Osmorregulación: Conducto colector



- Por el contrario, cuando la **concentración de solutos en sangre es demasiado alta**, el hipotálamo lo detecta y provoca que la **glándula pituitaria secrete hormona antidiurética (ADH)**.
- Esta hormona causa que **las paredes del conductor se hagan más permeables al agua**, de manera que ésta sea reabsorbida del filtrado en su mayoría.
- Se produce por tanto, un volumen reducido de orina con una alta concentración de solutos, lo que permite reducir la concentración de solutos en sangre.

Animación4

Osmorregulación: Conducto colector



© 2011 Pearson Education, Inc.

- La hormona ADH actúa sobre **las células de las paredes del conducto colector**, estimulando la expresión de **acuoporinas**, haciendo al conducto **más permeable al agua**.
- Más agua se transfiere a la sangre y por tanto la orina de salida es hipertónica (muy salada) y con poco volumen.
- Esto ocurre en situaciones de deshidratación.

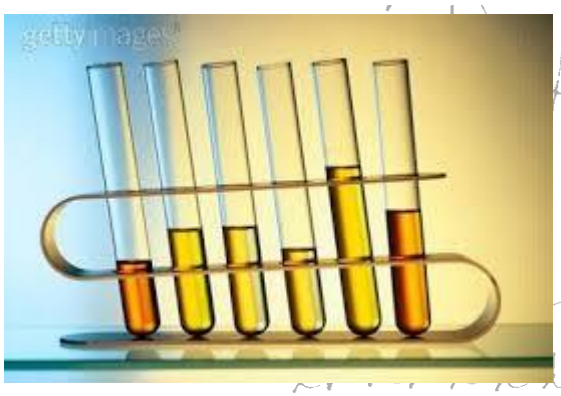


IMAGEN: encrypted-tbn0.gstatic.com

APLICACIÓN: Consecuencias deshidratación y sobrehidratación

- La **deshidratación** ocurre cuando más agua abandona el cuerpo de la que entra, y puede deberse a varios factores, entre los que se encuentran el ejercicio, insuficiente ingesta de agua o la diarrea.
- Un proceso de deshidratación puede acarrear una alteración de los proceso metabólicos, ya que el agua es necesaria para eliminar los residuos del metabolismo, y cuyas **consecuencias** son:

  - Cansancio y fatiga debidos a la disminución de la eficiencia de la función muscular y un incremento de la expocisión de los tejidos a los desechos.

IMAGEN:.choa.org

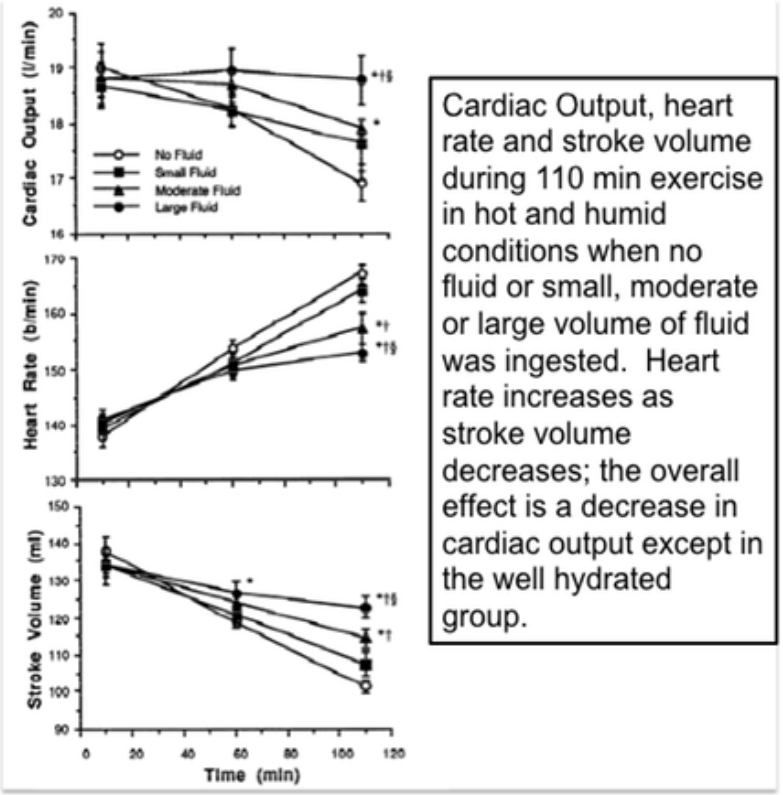
IMAGEN: sghealthyliving.files.wordpress.com

APLICACIÓN: Consecuencias deshidratación y sobrehidratación

- Disminución de la presión arterial debido al bajo volumen sanguíneo, lo que provoca un incremento del latido cardíaco.

- Alteración del control de la temperatura corporal debida a la incapacidad para poder sudar.

- Oscurecimiento de la orina debido al incremento en su concentración de solutos.



Cardiac Output, heart rate and stroke volume during 110 min exercise in hot and humid conditions when no fluid or small, moderate or large volume of fluid was ingested. Heart rate increases as stroke volume decreases; the overall effect is a decrease in cardiac output except in the well hydrated group.

IMAGEN: exercisemed.org

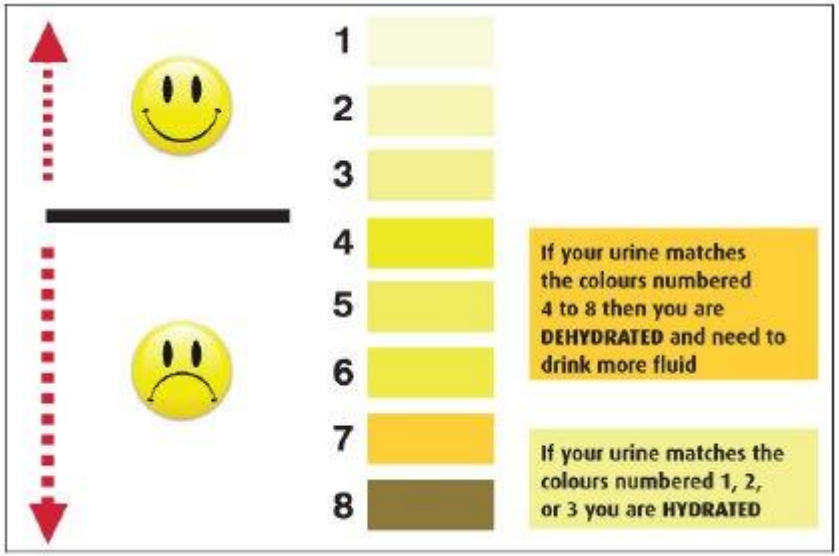


IMAGEN: www.sportimeny.com

APLICACIÓN: Consecuencias deshidratación y sobrehidratación

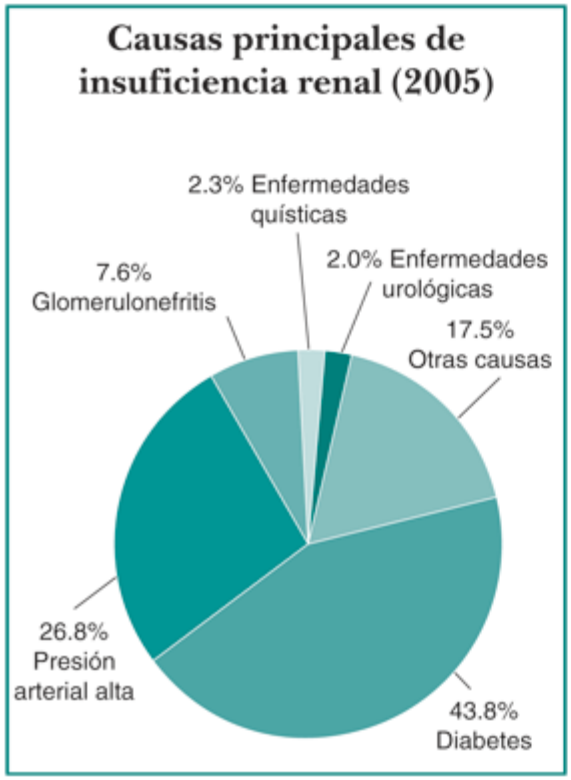
- La **sobrehidratación** es menos común y ocurre cuando hay un consumo excesivo de agua, resultando en una dilución de los solutos en la sangre.
- Puede ocurrir cuando se consumen grandes cantidades de agua tras un ejercicio intenso, sin que se repongan al mismo tiempo los electrolitos perdidos.
- Esto hace que el fluido corporal sea hipotónico, lo que pudiera provocar que las células se hichen por ósmosis. Si esto ocurre, los síntomas más notables son dolor de cabeza y alteración de la función nerviosa.

IMAGEN: kinemasport.com

IMAGEN: 180degreehealth.com

APLICACIÓN: Tratamiento del fallo renal

- Un **fallo renal** puede ocurrir por diversas causas, pero frecuentemente ocurre como complicación de una **diabetes** o de una **hipertensión crónica**, y pueden tratarse mediante hemodiálisis o trasplante de riñón.



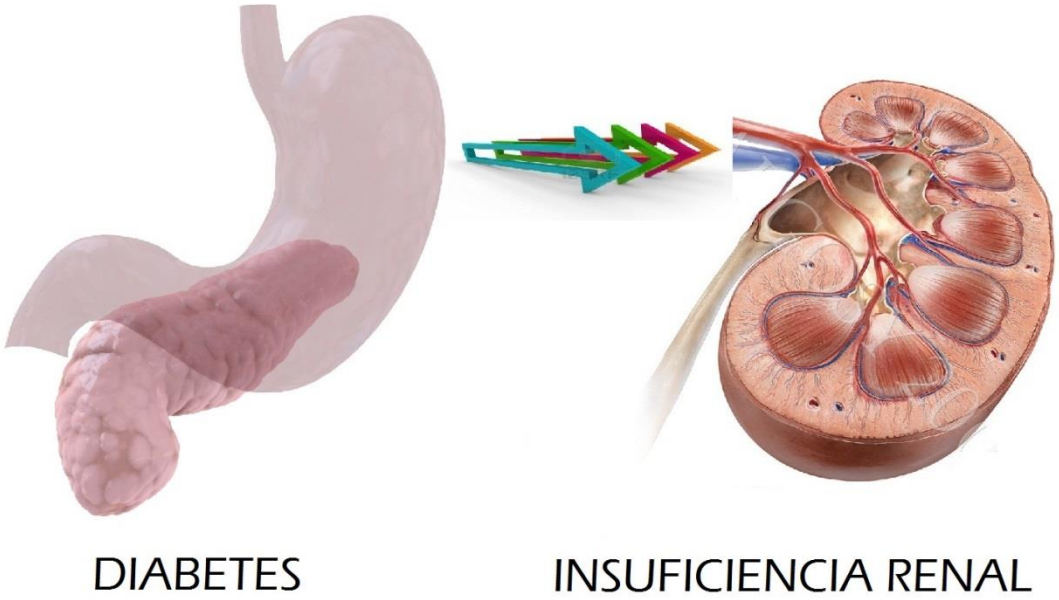


IMAGEN: clientesapc.com

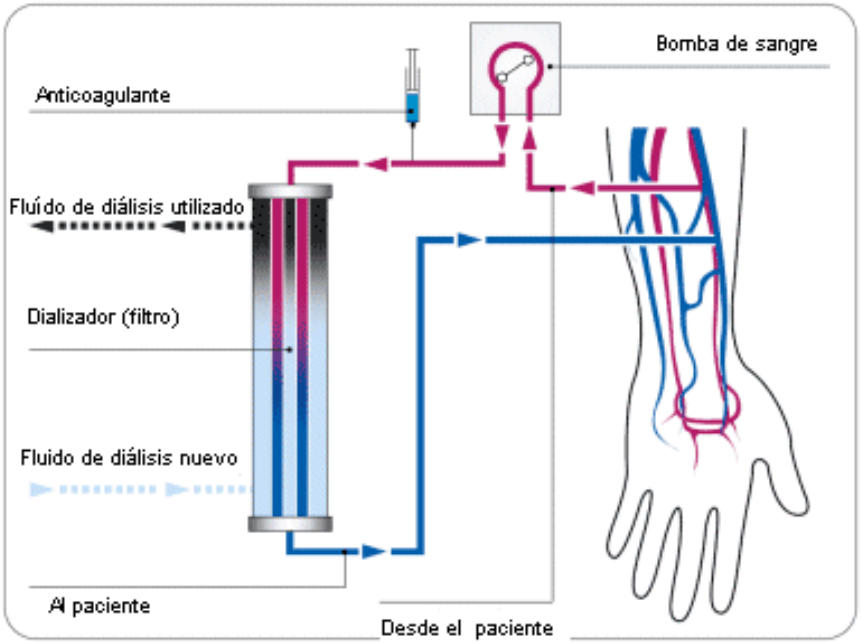
Source: Sistema de Datos Renales de los Estados Unidos (United States Renal Data System, USRDS). *Informe anual de datos del USRDS 2007.*

APLICACIÓN: Tratamiento del fallo renal

- El proceso de **hemodiálisis** se requiere cuando los riñones no son capaces de filtrar adecuadamente los productos de desecho de la sangre.
- La máquina de diálisis consiste de una membrana artificial semipermeable, a través de la que fluye la sangre del paciente de forma continua. Solo pasan los productos de desecho de pequeño tamaño, y no las proteínas o células sanguíneas. La sangre purificada retorna al paciente mediante una vena.

- **Ventajas:** La persona puede vivir normalmente.
- **Desventajas:** El proceso de diálisis dura unas 4 h y debe hacerse unas 3 veces por semana. Además, existe el riesgo de infección u otras complicaciones.

Video6



Hemodiálisis

IMAGEN: fmc-ag.com.ar

APLICACIÓN: Tratamiento del fallo renal

- El **trasplante de riñón** puede hacerse desde un donante vivo o fallecido, ya que se puede vivir perfectamente con un único riñón funcional.

- **Ventajas:** Independencia que le aporta al individuo.
- **Desventajas:** El posible rechazo al trasplante, siendo reconocido el riñón del donante como extraño por el sistema inmunitario del paciente, y atacado por linfocitos.

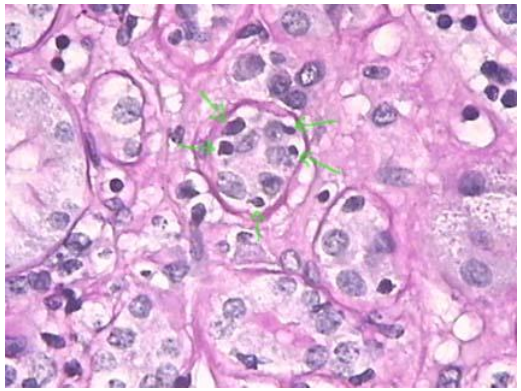


IMAGEN: kidneypathology.com

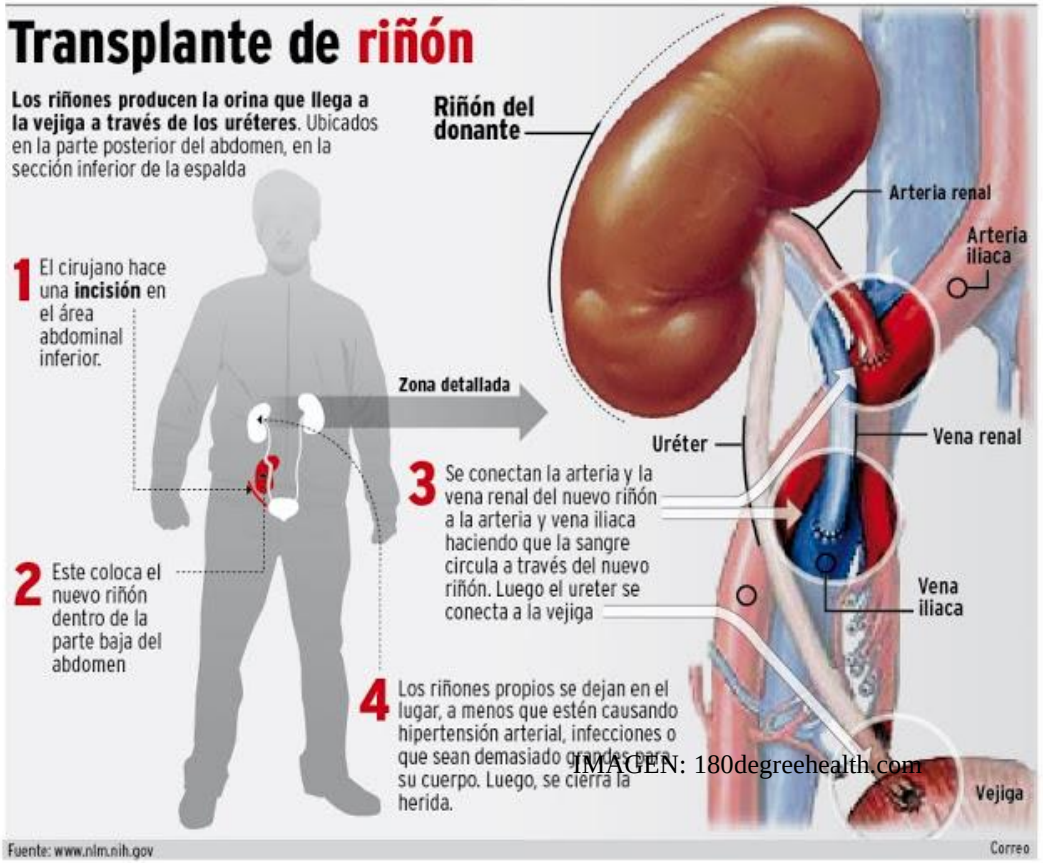


IMAGEN: 180degreehealth.com

IMAGEN: 1.bp.blogspot.com

APLICACIÓN: Análisis de orina

- Las **pruebas urinarias** consisten en la evaluación física, química y microscópica de la orina, y permiten detectar células sanguíneas, glucosa, proteínas y drogas o fármacos.

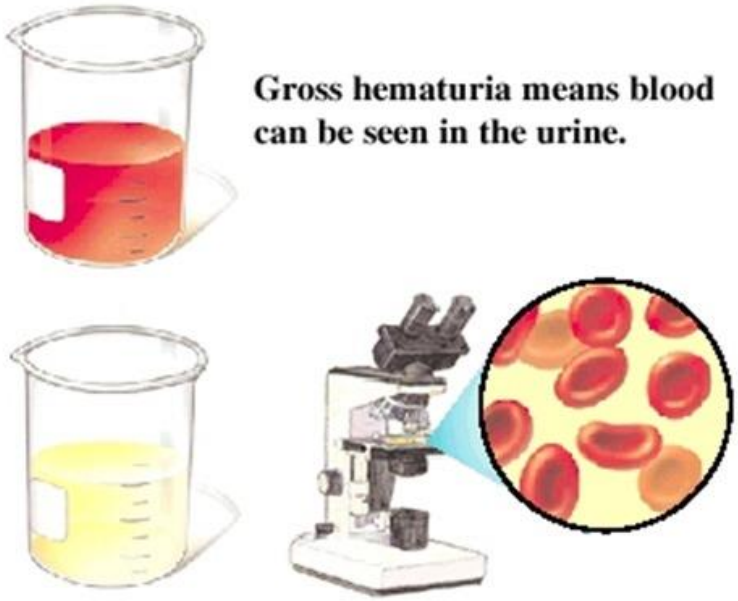
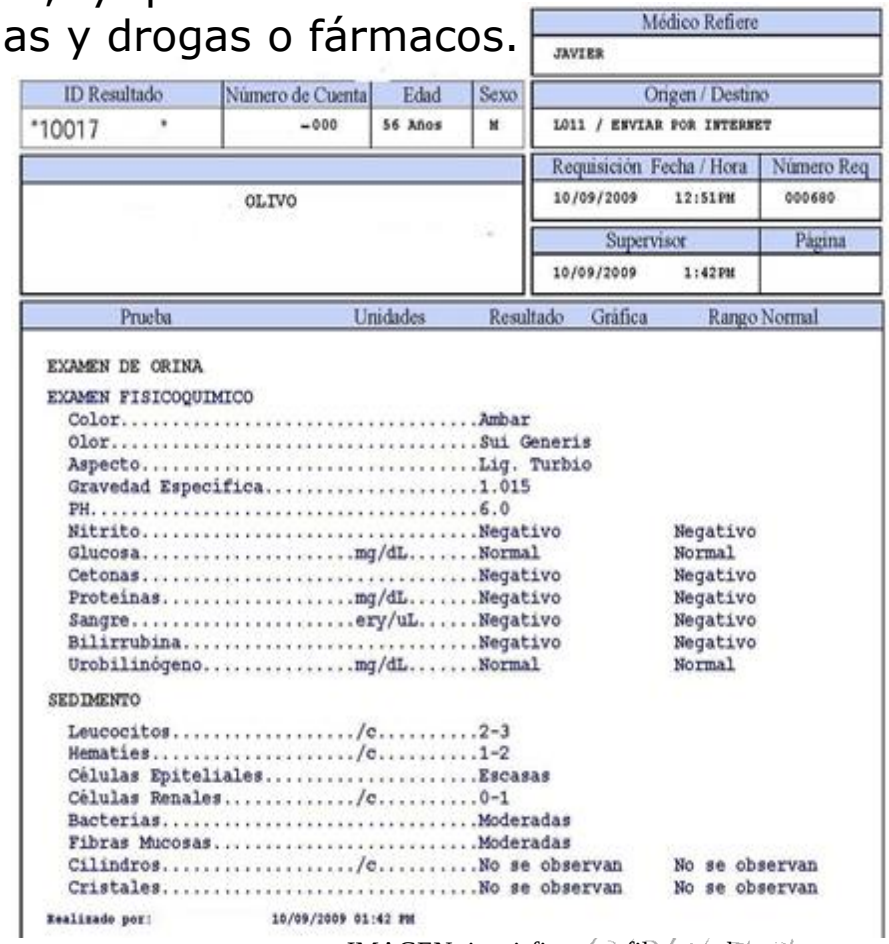


IMAGEN: demedicina.com/



Médico Refiere
JAVIER

ID Resultado	Número de Cuenta	Edad	Sexo	Origen / Destino
*10017 *	-000	56 Años	M	L011 / ENVIAR POR INTERNET

	Requisición Fecha / Hora	Número Req
OLIVO	10/09/2009 12:51PM	000680
	Supervisor	Página
	10/09/2009 1:42PM	

Prueba	Unidades	Resultado	Gráfica	Rango Normal
EXAMEN DE ORINA				
EXAMEN FISICOQUIMICO				
Color		Ambar		
Olor		Sui Generis		
Aspecto		Lig. Turbio		
Gravedad Especifica		1.015		
PH		6.0		
Nitrito		Negativo		Negativo
Glucosa	mg/dL	Normal		Normal
Cetonas		Negativo		Negativo
Proteinas	mg/dL	Negativo		Negativo
Sangre	ery/uL	Negativo		Negativo
Bilirrubina		Negativo		Negativo
Urobilinógeno	mg/dL	Normal		Normal
SEDIMENTO				
Leucocitos	/c	2-3		
Hematies	/c	1-2		
Células Epiteliales		Escasas		
Células Renales	/c	0-1		
Bacterias		Moderadas		
Fibras Mucosas		Moderadas		
Cilindros	/c	No se observan		No se observan
Cristales		No se observan		No se observan

Realizado por: 10/09/2009 01:42 PM

IMAGEN: jennisfigueroa.files.wordpress.com