



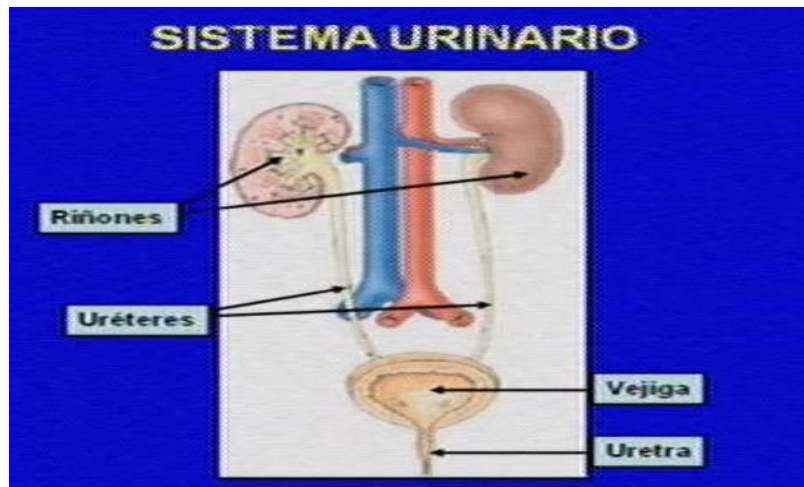
## MORFOFISIOLOGÍA HUMANA IV

### VIDEO CONFERENCIA 8

### “SISTEMA URINARIO”

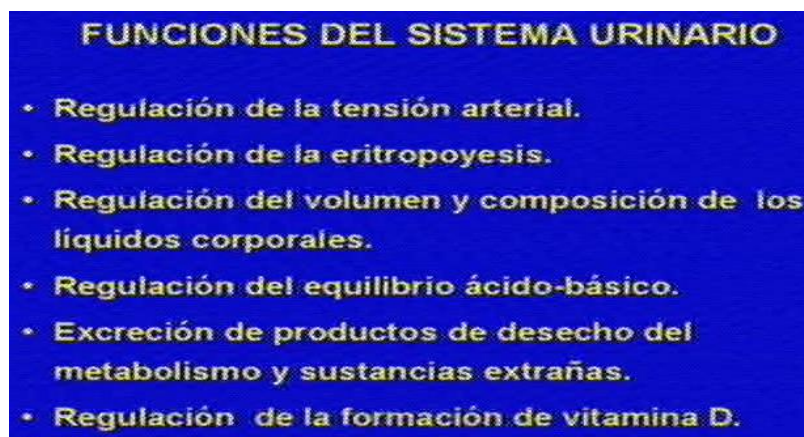
### RIÑÓN

### SISTEMA URINARIO



El sistema urinario está formado por dos riñones, dos uréteres, la vejiga y la uretra. La orina se forma en los riñones, transcurre con los uréteres hasta la vejiga y se expulsa al exterior a través de la uretra.

### FUNCIONES DEL SISTEMA URINARIO

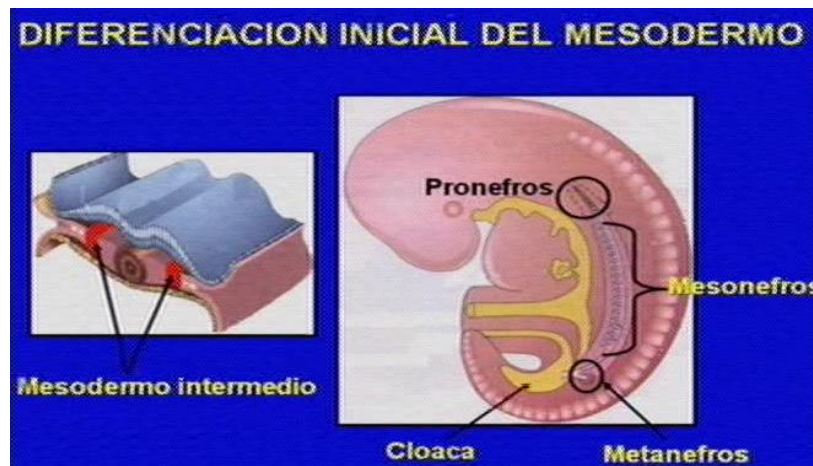


Entre las funciones del sistema urinario se encuentran:

- ✓ Participar en la regulación de la tensión arterial.
- ✓ En la regulación de la eritropoyesis.
- ✓ En la regulación del volumen y compensación de los líquidos corporales.
- ✓ En la regulación del equilibrio ácido-básico.
- ✓ Además participa en la excreción de productos de desecho del metabolismo y sustancias extrañas.
- ✓ Regula la formación de la formación de vitamina D.

Orientaremos a continuación los aspectos relacionados con el origen y formación de los riñones y uréteres.

### DIFERENCIACION INICIAL DEL MESODERMO



El mesodermo embrionario se diferencia en mesodermo paraxil intermedio y lateral.

De la porción intermedia se originan las estructuras del sistema urogenital. Tema ya estudiado en morfofisiología III.

Durante la vida intrauterina se forman tres sistemas renales que en su desarrollo se superponen en el tiempo y de craneal a caudal son: pronefros, mesonefros y metanefros. Los dos primeros son transitorios y del tercero se origina el riñón definitivo; el conducto excretor del sistema urinario desemboca en la última porción del intestino primitivo, la cloaca.

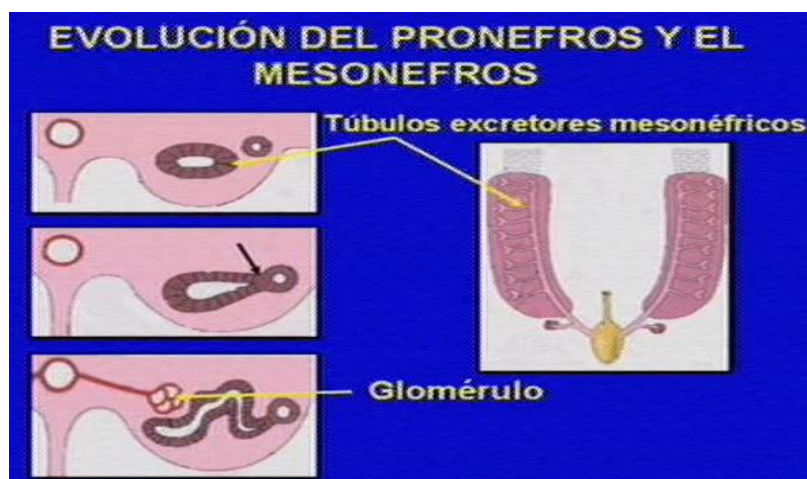
## EVOLUCION DEL PRONEFROS Y EL MESONEFROS



La evolución de los sistemas renales transitorios en el embrión humano ocurre de la siguiente manera:

El desarrollo del pronefros comienza a principios de la cuarta semana; en él se forman unidades excretoras incipientes que experimentan su regresión antes de finalizar esta semana.

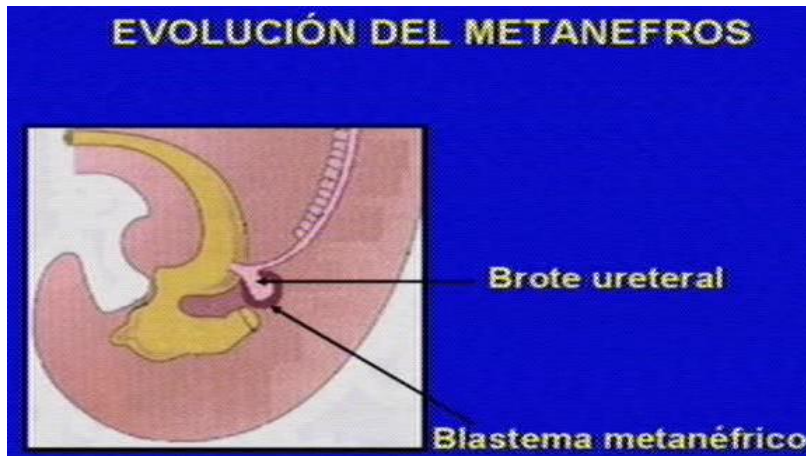
En el mesonefros se distingue: una masa de tejido no segmentado denominado cordón nefrótico, de donde se origina la porción excretora y un conducto longitudinal denominado conducto mesonéfrico el cual desemboca en la cloaca y es el conducto colector del sistema.



A finales de la cuarta semana aparecen túbulos excretores en el mesonefros que se alargan contactando con el conducto mesonefrico, forman una ese (S) y por el extremo proximal adquieren un ovillo de capilares que forman el glomérulo y en su extremo distal desembocan en el conducto mesonéfrico. Este proceso se desarrolla en dirección cráneo-caudal y cuando aun no han terminado de

desarrollarse los túbulos más caudales ya han degenerado los cefálicos, se ha podido comprobar que a pesar de su carácter transitorio el riñón mesonéfrico tiene actividad funcional.

## EVOLUCION DEL METANEFROS



En la evolución del metanefros o riñón definitivo participan dos componentes:

El brote o yema ureteral, que es una evaginación hacia arriba de la porción distal del conducto mesonéfrico que al crecer se introduce progresivamente en el mesénquima vecino y origina los elementos de la porción colectora del riñón.

El otro componente es el blastema metanéfrico, derivado del mesodermo del cordón nefrónico y que da origen a la porción excretora.



El brote se introduce en el tejido metanéfrico el cual forma una caperuza sobre su extremo distal el que se dilata formando la pelvis renal primitiva y se divide en dos porciones: una cefálica y otra caudal que serán los cálices mayores.



Cada cáliz al introducirse en el tejido metanéfrico forma dos nuevos brotes los que siguen subdividiéndose hasta formar doce generaciones de túbulos colectores.

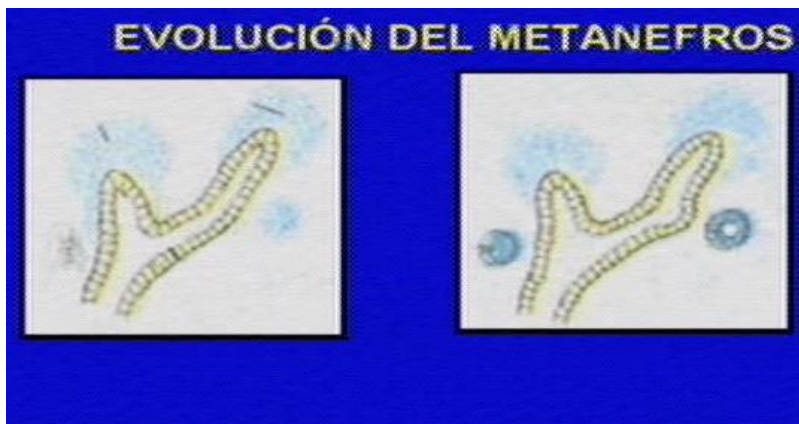
Los túbulos de segundo orden crecen e incorporan a los de tercera y cuarta generación; formando los cálices menores.

Al continuar el desarrollo, los túbulos colectores de quinta generación y las sucesivas se alargan y convergen en el cáliz menor formando la pirámide renal.

En resumen: del brote ureteral se forman el uréter, la pelvis renal, los cálices mayores y menores y los túbulos colectores.

Orientaremos a continuación la formación de la porción excretora del riñón definitivo.

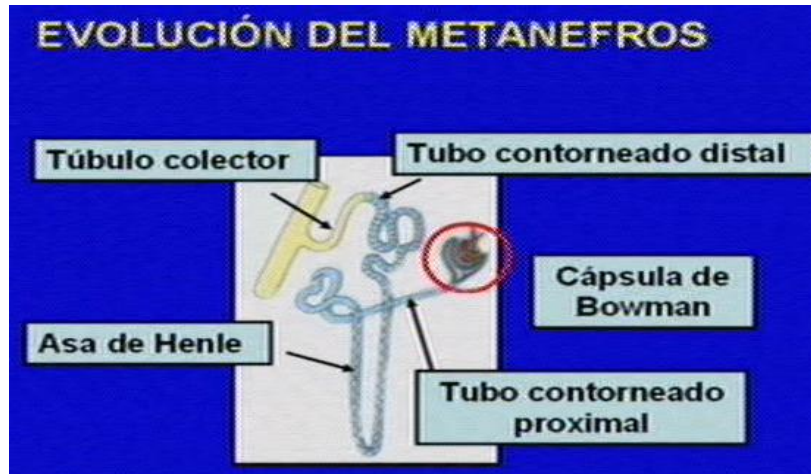
### EVOLUCION DEL METANEFROS



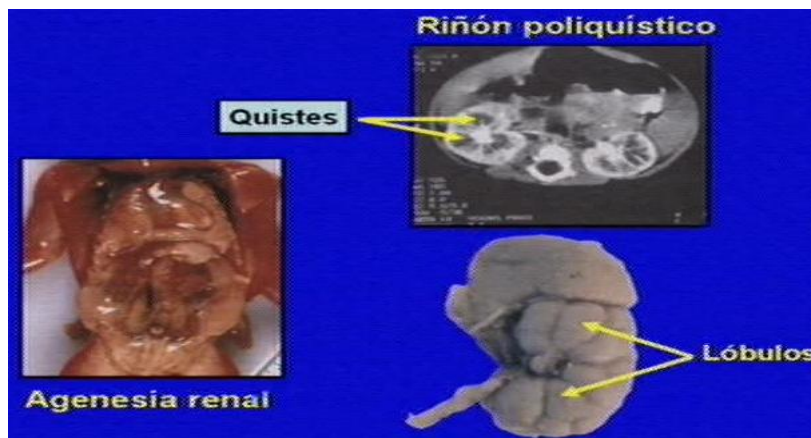
Cada túbulo colector neo-formado está cubierto en su extremo distal por una caperuza de tejido metanéfrico. Entre estos dos tejidos se produce una interacción epitelio-mesénquima, donde el túbulo colector induce la diferenciación del metanefros en nefrona y esta a su vez induce la formación de nuevos túbulos colectores.

El metanefros se diferencia formando las llamadas vesículas renales, las cuales a su vez crecen y forman tubos con apariencia de letra ese (S) llamados túbulos excretores.

En el extremo distal del túbulo excretor se forma una concavidad y los capilares que allí llegan se diferencian formando el glomérulo.



De esta manera la nefrona queda constituida por el glomérulo y el túbulo excretor el cual desemboca en un túbulo colector garantizando que el filtrado glomerular pase hasta el sistema colector; el crecimiento continuo del túbulo excretor da como resultado que en la nefrona puedan distinguirse: el tubo contorneado proximal el asa del Henle y el tubo contorneado distal. En el extremo relacionado con el glomérulo encontramos la cápsula de Bowman.



La formación de nefronas se extiende hasta el nacimiento cuando su número llega de uno a dos millones en cada riñón. Durante la formación de la nefrona pueden producirse alteraciones que provocan malformaciones graves, cuando falla el efecto inductor del brote sobre el blastema no se forma el riñón y aparece una malformación conocida con el nombre de agenesia renal, que cuando es bilateral resulta incompatible con la vida. Observen en la imagen que faltan ambos riñones.

De otra parte, si falla la unión entre el tubo contorneado distal y el tubo colector, la orina filtrada se acumula formando quistes provocando el llamado riñón

poliquístico. En la imagen observamos una tomografía axial computarizada que muestra la presencia de quistes en un riñón fetal.

En el momento del nacimiento el riñón tiene un aspecto lobulado pero durante la infancia este aspecto desaparece como consecuencia del propio crecimiento de las nefronas.

Orientaremos a continuación los cambios de posición que experimenta el riñón durante la vida fetal.

### POSICION DEL RIÑÓN

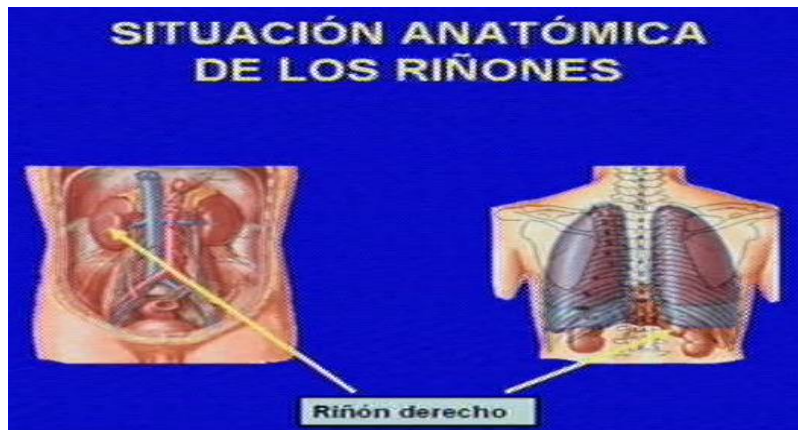


Inicialmente el riñón está situado en la cavidad pélvica, como consecuencia de la disminución de la curvatura del cuerpo y del crecimiento del mismo en las regiones lumbar y sacra, el riñón experimenta un ascenso en sentido cefálico y dorsal, el cual se acompaña de una rotación medial de aproximadamente  $90^{\circ}$  que le permite alcanzar su posición definitiva dentro de la cavidad abdominal.

Cuando este fenómeno no ocurre normalmente pueden aparecer malformaciones congénitas como el riñón pélvico o el riñón en herradura, esta última se corresponde con la imagen y es el resultado de que durante el ascenso los polos inferiores de ambos riñones entran en contacto y se fusionan entre sí, la flecha señala el sitio de unión. Las malformaciones renales suelen ser muy frecuentes.

Orientaremos a continuación las características morfofuncionales macroscópicas del riñón.

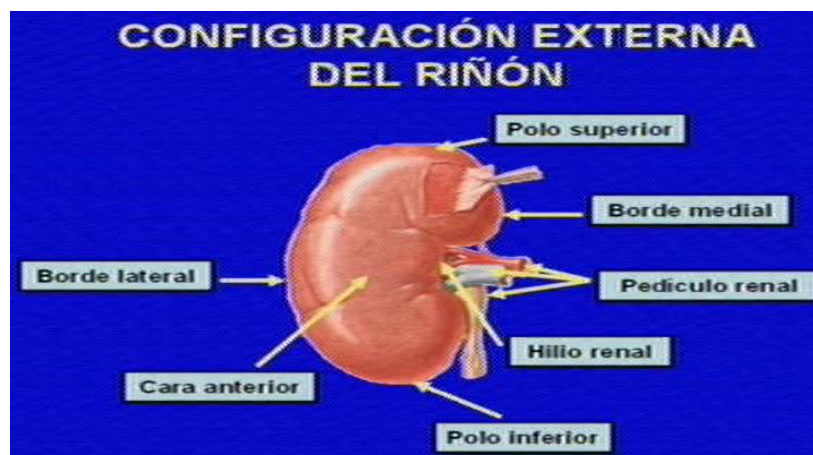
## SITUACION ANATOMICA DE LOS RIÑONES



Los riñones son órganos pares, parecidos en su aspecto externo a un a judía. Situados en la pared posterior de la cavidad abdominal a ambos lados de la columna vertebral y de los grandes vasos abdominales, por delante de los músculos psoas mayor y cuadrado lumbar, por detrás del peritoneo parietal posterior en el espacio retroperitoneal, a nivel de la decimo segunda vértebra torácica por arriba y la segunda lumbar caudalmente.

El riñón derecho está algo más bajo al parecer por la presión del lóbulo derecho del hígado; este órgano tiene una configuración externa muy bien definida como se observara a continuación.

## CONFIGURACIÓN EXTERNA DEL RIÑÓN



En su aspecto externo el riñón presenta una extremidad o polo superior redondeado y otro inferior más agudo, una cara anterior ligeramente convexa y otra posterior aplanada, separadas por dos bordes: uno lateral convexo y extenso



y otro medial con una marcada concavidad en su tercio medio el hilio renal, sitio de entrada y salida de los elementos del pedículo renal. Este último formado por la arteria renal, la vena renal, el uréter, los vasos linfáticos y los nervios propios del órgano.

## ENVOLTURAS DEL RIÑÓN



Cada riñón está envuelto por una lámina continua de tejido conjuntivo llamada capsula fibrosa, de fácil desprendimiento en el órgano sano, que al penetrar en el hilio renal reviste sus paredes y se continúa por la superficie externa de los cálices y pelvis renal.

Por fuera de la capsula fibrosa se sitúa una capa de tejido adiposo que forma la capsula adiposa del riñón.

Por último más externamente se localiza la fascia renal, un espesamiento de tejido subperitoneal que incluye al riñón y la glándula suprarrenal correspondiente, formada por dos hojas pre-renal y post-renal; estas envolturas junto a la grasa para-renal, los vasos sanguíneos renales y la prensa abdominal intervienen en la fijación del riñón.

Una vez precisadas las características de los riñones en cuanto a su situación anatómica, configuración externa y envolturas orientaremos el estudio de sus relaciones topográficas.

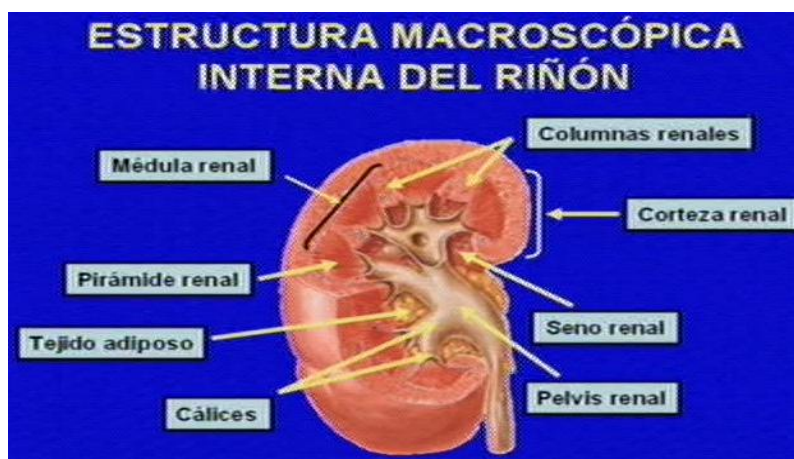
## RELACIONES DEL RIÑÓN



Ambos riñones se relacionan por detrás con los músculos psoas mayor y cuadrado lumbar, las porciones lumbares del diafragma, las costillas decimo primera y decimo segunda y con los nervios iliohipogástrico e ilioinguinal del plexo lumbar. Por delante sus relaciones varían de uno a otro lado tanto con el peritoneo parietal posterior como con el intestino y otros órganos.

A continuación se orientara el estudio de la organización interna del riñón desde el punto de vista macroscópico.

## ESTRUCTURA MACROSCÓPICA INTERNA DEL RIÑÓN

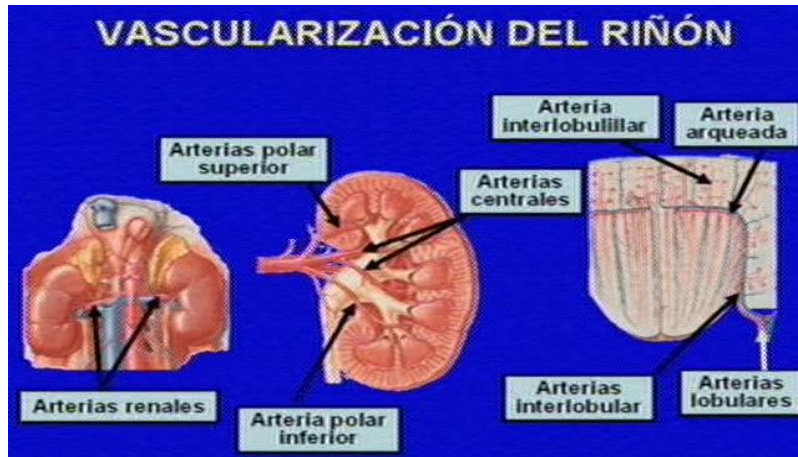


Un corte del riñón en un plano aproximadamente frontal es de mucha utilidad para observar la organización del parénquima renal en una zona periférica llamada corteza, rica en glomérulos renales y otra más profunda la medula renal formada por numerosas pirámides y columnas renales. Además se observa en la

profundidad del órgano un espacio denominado seno renal ocupado por los cálices, la pelvis renal, vasos sanguíneos y linfáticos, nervios y tejido adiposo.

A continuación se orientara el estudio de las características de los vasos sanguíneos intrarenales.

## VASCULARIZACIÓN DEL RIÑÓN



Los riñones son irrigados por ramos viscerales pares de la aorta abdominal, las arterias renales; que al penetrar en el seno renal se dividen en arterias polares y centrales según estas regiones del riñón. De ellas parten las arterias lobulales que al penetrar en el parénquima renal se dividen en arterias íterlobulares, situadas entre las pirámides a lo largo de las columnas renales.

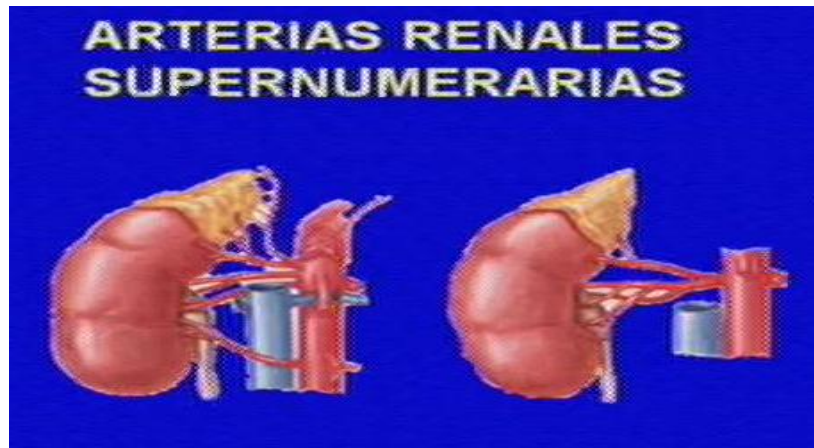
Estas arterias poco antes de alcanzar la base de las pirámides renales se dividen y cambian su dirección en ángulo recto, formándose las arterias arqueadas o arciformes, situadas en los límites entre corteza y medula; desde las arterias arqueadas parten perpendicularmente hacia la corteza renal las arterias interlobulillares para abastecer de sangre a los glomérulos renales a través de las arteriolas aferentes.

## SEGMENTACION RENAL



Las ramificaciones de la arteria renal no se anastomosan entre si; lo que permite delimitar con bastante precisión las porciones del parénquima renal irrigadas por cada ramo como se ilustra en la imagen. Este hecho ha permitido establecer el concepto de segmentación renal de utilidad practica desde el punto de vista medico y quirúrgico.

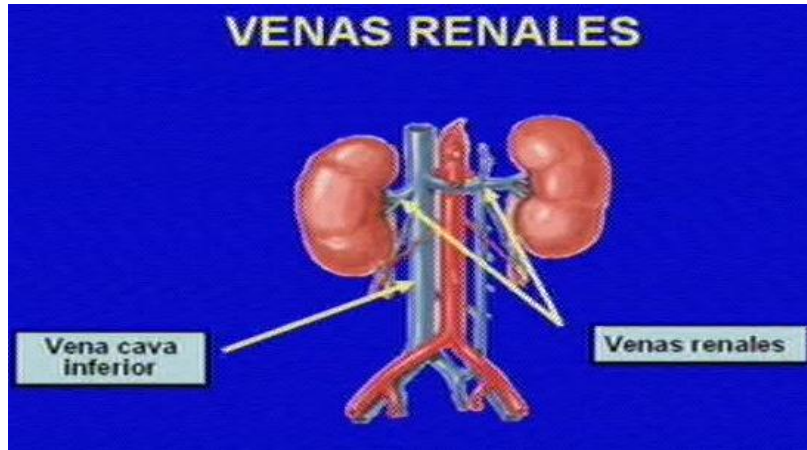
## ARTERIAS RENALES SUPERNUMERARIAS



Las arterias renales presentan con frecuencia diferencias individuales en cuanto a su nivel de origen y número; considerándose las mismas como variaciones de la norma.



## VENAS RENALES



El retorno venoso se inicia en redes venosas muy finas cuyos troncos principales confluyen y forman venas más gruesas, que acompañan a los ramos arteriales y adoptan sus mismos nombres hasta formarse la vena renal que vierte su sangre directamente a la cava inferior.

## INERVACION DEL RIÑÓN



Los riñones están inervados por los plexos renales procedentes del plexo celiaco, como se ilustra en la imagen.

A continuación orientaremos el estudio de las características microscópicas del riñón.

## RIÑÓN COMO ÓRGANO MACIZO

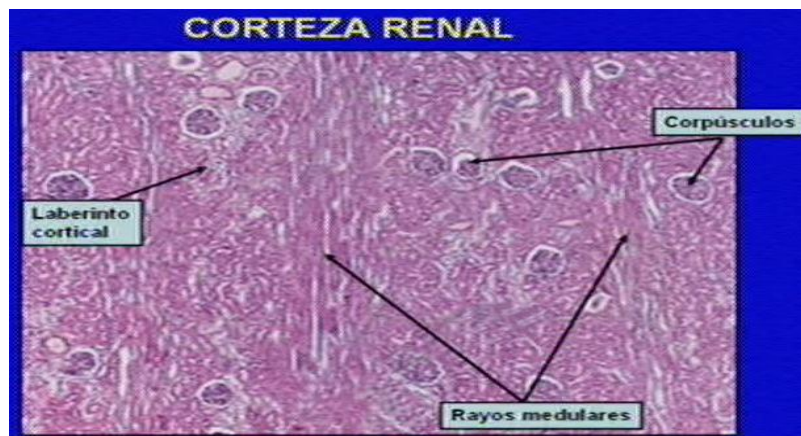


Al estudiar el riñón desde el punto de vista microscópico debemos tener en cuenta que es un órgano macizo por lo que presenta estroma y parénquima.

El estroma está constituido por una capsula delgada de tejido conjuntivo denso irregular, que presenta fibras elásticas y musculares lisas y por el tejido intersticial que se localiza en la corteza y la médula. En este tejido predominan los fibroblastos y fibras colágenas, además de las células intersticiales las que a nivel de la médula secretan prostaglandinas y en la corteza producen el 85% de la eritropoyetina del organismo.

El parénquima por su parte, se organiza formando la corteza situada hacia la periferia y la médula hacia el centro. En el parénquima se destaca la presencia de los tubos uriníferos que comprenden a la nefrona y el tubo colector y además, muy cercano a esta estructura se localiza el aparato yuxtaglomerular. En la región de la médula se pueden encontrar porciones específicas de estos tubos uriníferos.

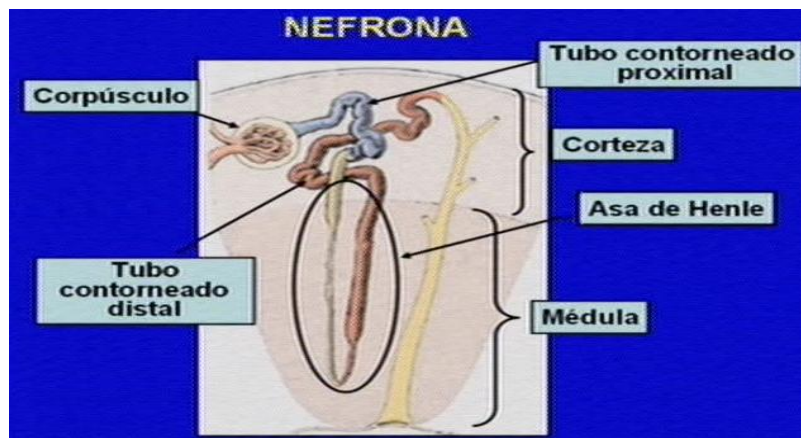
## CORTEZA RENAL



Observen en esta fotomicrografía la organización de la corteza del riñón, fíjense en la disposición de los corpúsculos dándole el aspecto granuloso a la corteza; también pueden observar las estriaciones rectas llamadas rayos medulares que contienen las ramas ascendente y descendente del asa de Henle y los tubos colectores. Entre los rayos medulares se encuentran unas regiones llamadas laberintos corticales que contienen los corpúsculos renales y sus tubos contorneados proximales y distales asociados.

A continuación abordaremos el estudio de las características del tubo urinífero, comenzando por la nefrona.

### NEFRONA

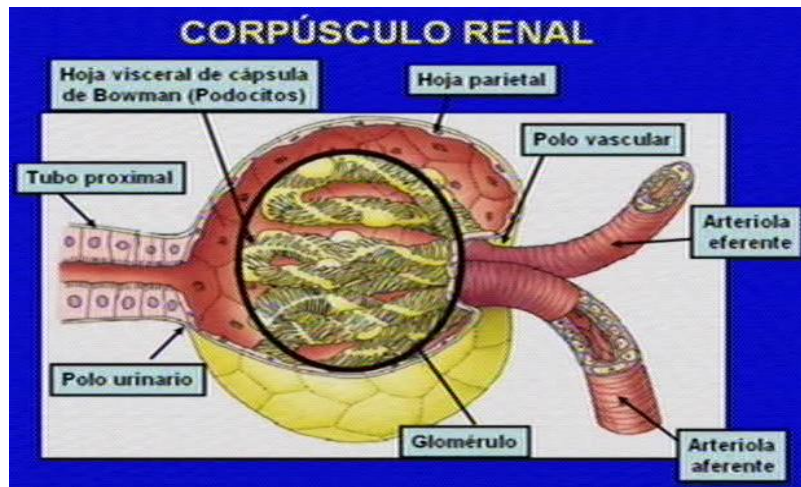


La nefrona es la unidad estructural y funcional del riñón, cada riñón tiene alrededor de dos billones de nefronas.

Esta formada por cuatro componentes: el corpúsculo renal, una porción inicial tortuosa que se localiza en la corteza denominada tubo contorneado proximal, una porción recta que desciende hacia la médula y retorna a la corteza llamada asa de Henle que presenta una rama delgada y otra gruesa y un segmento tortuoso final llamado tubo contorneado distal.

A continuación orientaremos el estudio de cada uno de los componentes de la nefrona comenzando por su primera porción, el corpúsculo renal.

## CORPUSCULO RENAL



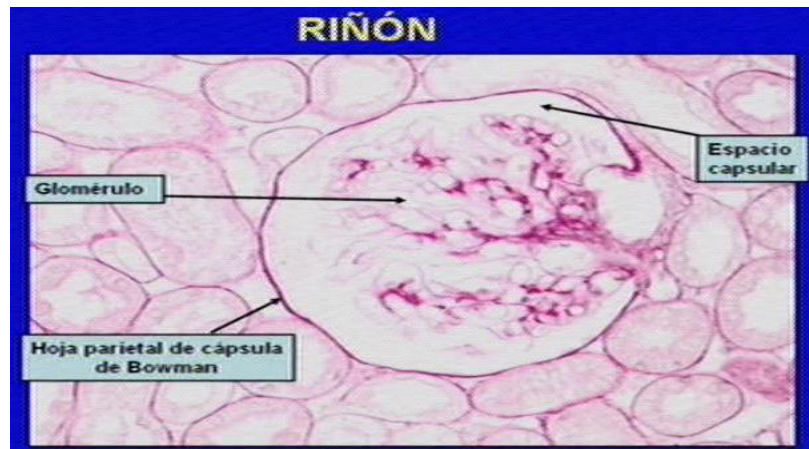
Los corpúsculos renales se localizan en la corteza y en zonas yuxtamedulares, están constituidos por el glomérulo y la capsula de Bowman. El corpúsculo renal es una estructura esférica que presenta una zona denominada polo vascular, sitio por donde penetra la arteriola aferente que da origen al glomérulo y sale la arteriola eferente; además presenta un polo urínifero que es la zona de unión del corpúsculo con el tubo contorneado proximal.

La capsula Bowman es una estructura epitelial en forma de copa que rodea al glomérulo. Presenta dos hojas una parietal o epitelio capsular formada por un epitelio simple plano con su membrana basal y una hoja visceral o epitelio glomerular constituida por los podocitos que son células que se adhieren estrechamente a los capilares. Entre ambas hojas existe un espacio denominado espacio capsular.

El glomérulo es un conjunto de capilares fenestrados tortuosos e interpuestos en el trascurso de ambas arteriolas.



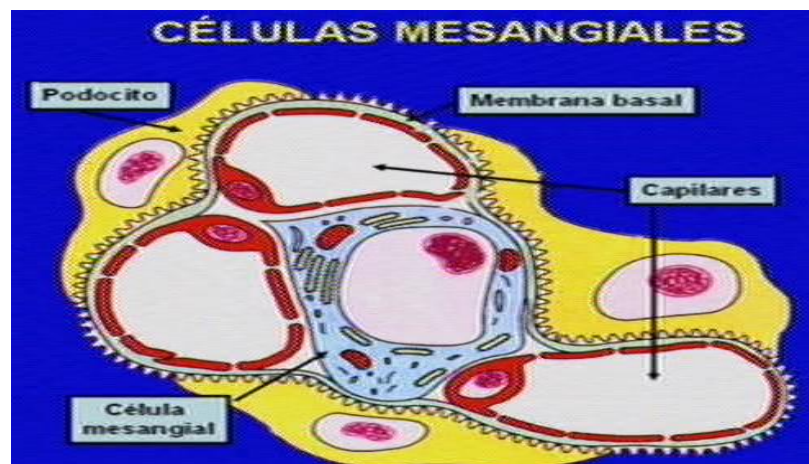
## RIÑÓN



En esta microfotografía óptica de un corte de riñón se observa en el centro un corpúsculo renal, en el que se aprecia el glomérulo y la hoja parietal de la capsula de Bowman así como el espacio capsular. Hacia la superficie interna de los capilares glomerulares donde no existe el revestimiento de los podocitos ni la membrana basal se localiza un grupo de células denominadas mesangiales.

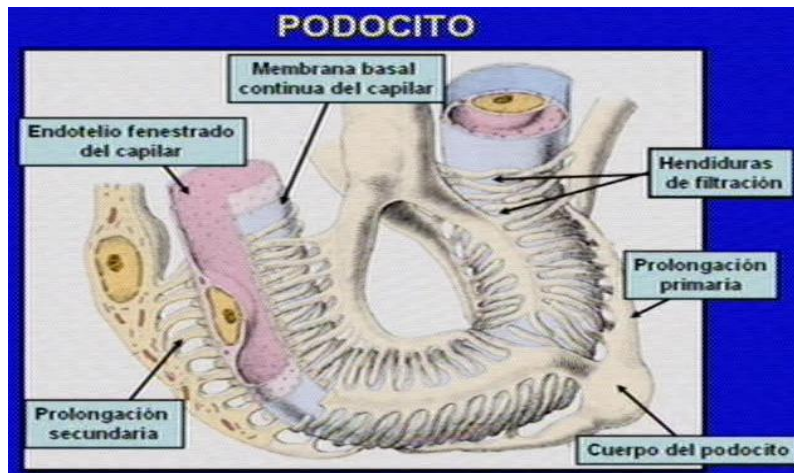
A continuación observaremos una imagen que ilustra la disposición de las mismas.

## CELULAS MESANGIALES

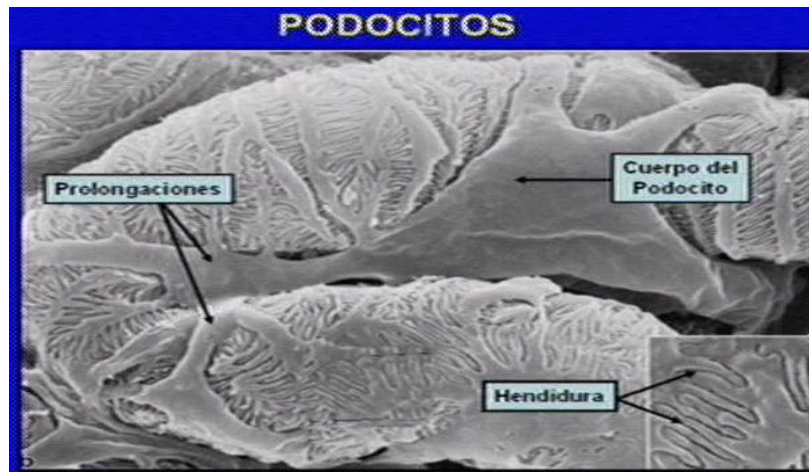


Observen que las células mesangiales se disponen donde no hay membrana basal ni revestimiento epitelial de los podocitos. Sus funciones son fagocítica y de sostén al glomérulo, además sintetizan matriz extracelular, prostaglandinas y endotelinas y tienen receptores para la angiotensina II y el factor natriuretico atrial.

## PODOCITO

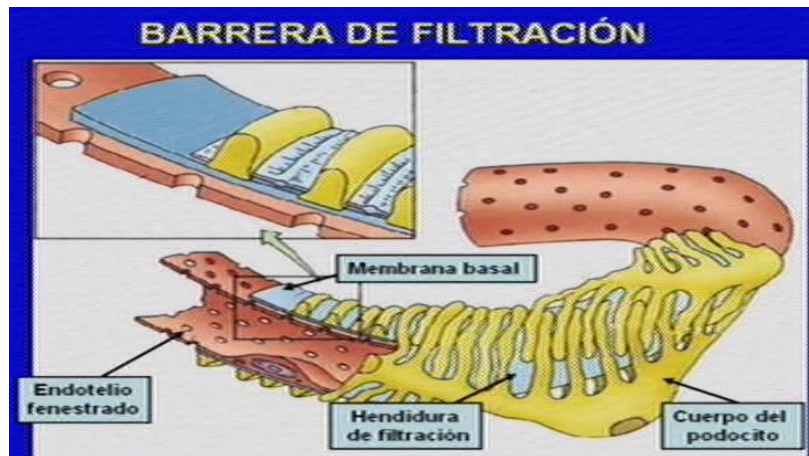


Como pueden observar en la imagen, los podocitos son células que presentan un cuerpo del que parten prolongaciones primarias a partir de las cuales se extienden finas prolongaciones secundarias o pedicelos, que se interdigitan con los de las células vecinas y abrazan los capilares glomerulares uniéndose fuertemente a la membrana basal, dejando entre ellas unas hendiduras intercelulares a través de las cuales pasa al espacio capsular un filtrado del plasma sanguíneo, llamado filtrado glomerular.



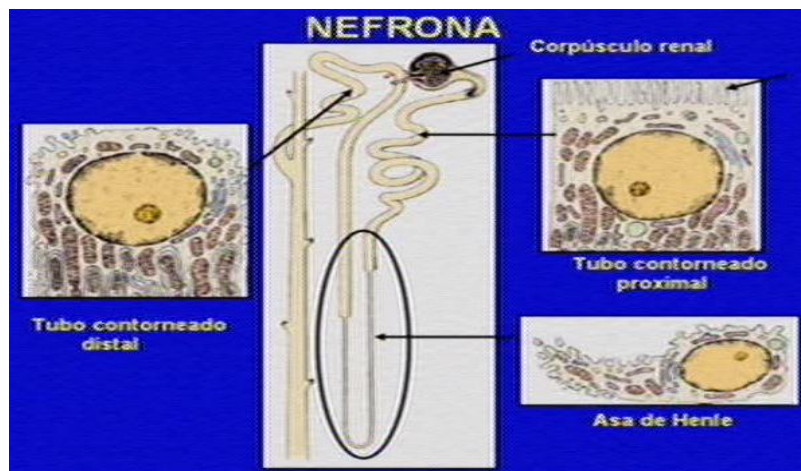
Observen en esta microfotografía electrónica un podocito que rodea con sus prolongaciones al capilar glomerular. Hacia el extremo inferior derecho se observan como se disponen las prolongaciones menores de estas células dejando espacios entre ellos por donde se produce la salida del filtrado.

## BARRERA DE FILTRACION



La filtración continua del plasma sanguíneo se lleva a cabo a través de la barrera de filtración, la que está formada por el endotelio fenestrado de los capilares glomerulares y su membrana basal y las hendiduras entre los pedicelos de los podocitos. La membrana basal constituye la verdadera barrera por ser la única estructura continua.

## NEFRONA



El filtrado glomerular luego de atravesar la barrera de filtración pasa al espacio capsular y de ahí al tubo contorneado proximal, este está revestido por un epitelio simple cilíndrico o cúbico alto, cuyas células presentan microvellosidades que forman un borde en cepillo desde cuyas bases parten unos canaliculos que aumentan la capacidad de absorción. Hacia la base presentan abundantes mitocondrias y en sus superficies laterales prolongaciones que se interdigitan con



las células vecinas, rasgos estos característicos de las células que transportan iones.

El tubo proximal se continua con el asa de Henle que es una estructura en forma de U que se origina en la corteza y sigue un curso recto hacia la medula para volver a la corteza.

Consta de un segmento delgado y uno grueso. El segmento delgado esta formado por células aplanadas y el grueso posee una estructura muy similar a la del tubo distal formado por células cúbicas.

La rama ascendente del asa del Henle se continúa con el tubo contorneado distal, este último presenta un epitelio simple cúbico cuyas células carecen de ribete en cepillo y su luz es más amplia y definida que la del tubo proximal, por ser más corto que el proximal aparecen con menos frecuencia en los cortes histológicos.

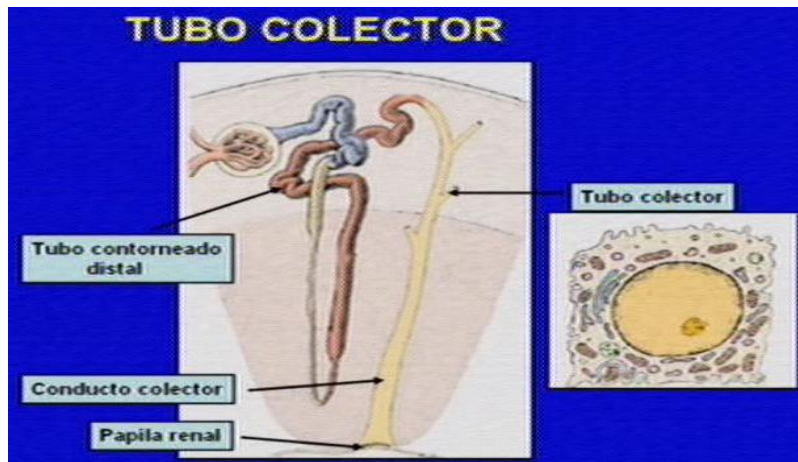
## RIÑÓN



En esta fotomicrografía óptica se observan varios tubos contorneados proximales y distales, fíjense en el revestimiento epitelial y la altura de sus células.

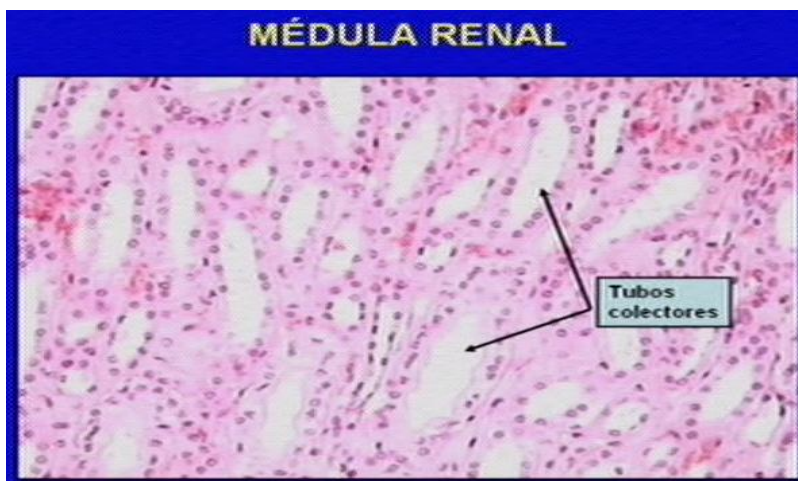


## TUBO COLECTOR

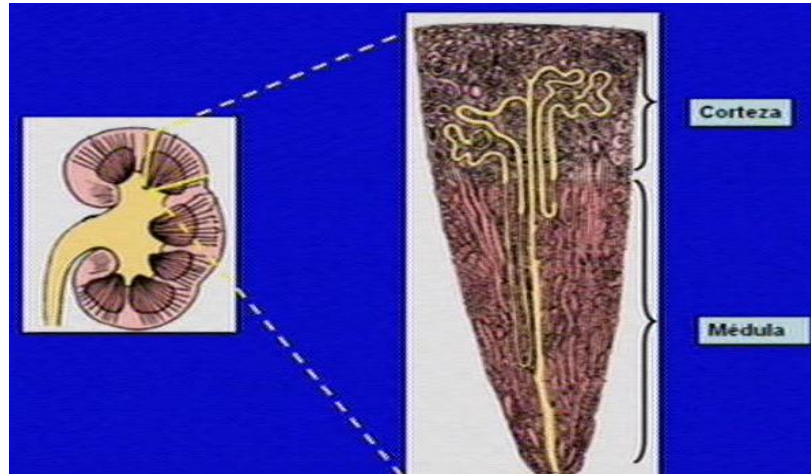


El tubo contorneado distal se continúa con el tubo colector, este presenta una porción cortical y otra medular y está revestido por un epitelio simple cúbico. Los tubos colectores siguen un trayecto rectilíneo y se unen unos con otros para formar tubos de mayor calibre los conductos colectores, los que se dirigen hacia las papilas renales.

## MEDULA RENAL



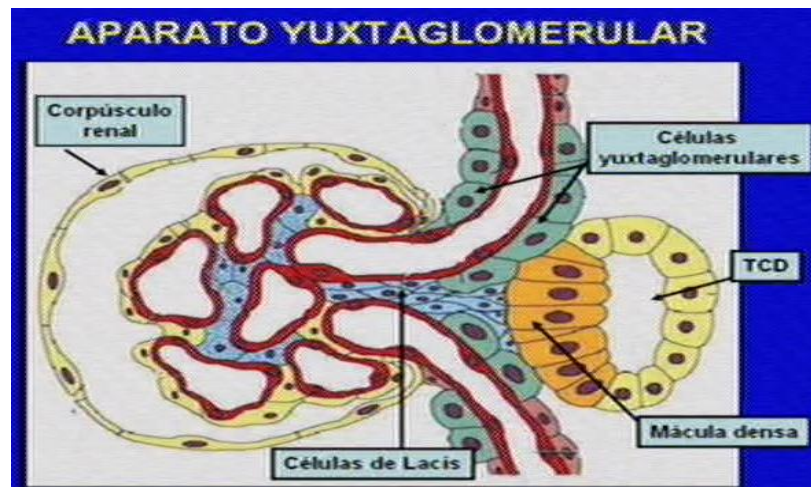
En la médula renal se pueden apreciar los tubos colectores; en ella también existen abundantes vasos sanguíneos rectos que se disponen paralelos a los túbulos.



En esta imagen a la izquierda se representa un corte frontal de riñón en la que se delimita un fragmento de corteza y medula que se representa a un mayor aumento en la figura de la derecha. Se puede observar coloreada en amarillo la disposición de dos nefronas y los conductos colectores dándole a la corteza y a la medula su aspecto característico.

A continuación orientaremos el estudio del otro componente del parénquima renal, el aparato yuxtaglomerular.

### APARATO YUXTAGLOMERULAR



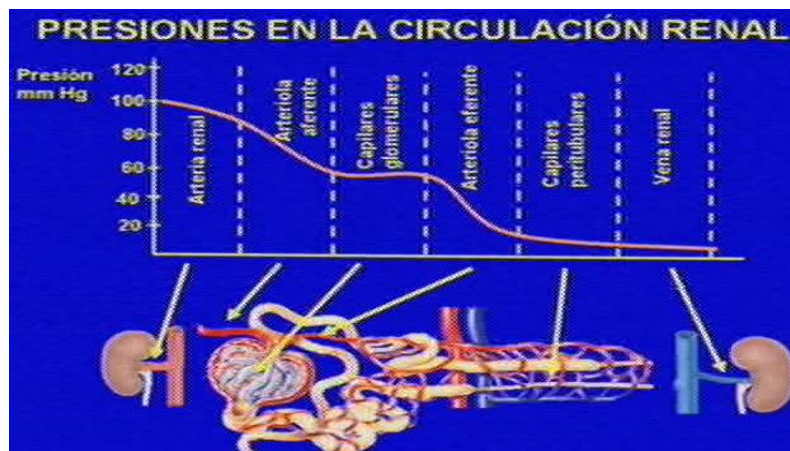
El aparato yuxtaglomerular está constituido por las células yuxtaglomerulares. Son células musculares lisas modificadas localizadas en la capa media de la arteriola aferente y en ocasiones de la eferente. Tienen aspecto de células secretoras de proteínas y producen renina.

La macula densa esta formado por células epiteliales modificadas localizadas en la región del tubo contorneado distal que se ponen en contacto con la arteriola aferente. Se caracterizan por ser células altas y estrechas que poseen receptores que reaccionan a la concentración de iones de sodio del interior del tubo contorneado distal estimulando así la liberación de renina por las células yuxtaglomerulares y las células mesangiales extraglomerulares conocidas como células de Lacis o del cojinete polar que se sitúan entre la macula densa y la arteriola aferente a nivel del polo vascular del corpúsculo renal.

El aparato yuxtaglomerular interviene en la regulación de la presión arterial a través del control del balance hídrico y del equilibrio iónico del medio, además participa en la síntesis de la eritropoyetina.

A continuación analizaremos las características del flujo sanguíneo renal.

## PRESIONES EN LA CIRCULACION RENAL



La presión media a nivel de las arterias renales es de 100mmHg luego esta presión disminuye gradualmente en todo el sistema vascular renal; observen que existe una caída brusca de la presión tanto en la arteriola aferente como en la eferente expresado por una mayor pendiente de la curva en estas zona de alta resistencia vascular . En los capilares glomerulares la presión hidrostática presenta un valor de 60mmHg y en los capilares peritubulares es de 13mmHg.

Esta diferencia de presiones juega su papel en la función renal, debido a que en la red capilar glomerular al funcionar a altas presiones predomina la filtración del líquido hacia la capsula de Bowman y en la red capilar peritubular predomina la reabsorción.

A continuación expresaremos algunos conceptos importantes para la comprensión del funcionamiento renal.

## **FLUJO SANGUINEO RENAL, FRACCION RENAL Y FLUJO PLASMATICO RENAL**

- **Flujo sanguíneo renal (FSR):**  
Volumen de sangre que pasa por ambos riñones en un minuto.  
Valor normal: 1200 mL / min.
- **Fracción renal (FR):**  
Parte del gasto cardiaco que reciben los riñones.  $FSR/GC$  (21 %)
- **Flujo plasmático renal (FPR):**  
Volumen de plasma que pasa por ambos riñones en un minuto. (660 mL/min)

El flujo sanguíneo renal es el volumen de sangre que pasa por ambos riñones en un minuto y su valor normal es de 1200ml/min.

La fracción renal es la parte del gasto cardiaco que atraviesa los riñones del que constituye el 21%, por lo que es fácil darse cuenta del gran flujo sanguíneo renal teniendo en cuenta el peso de ambos riñones respecto al peso corporal total.

El flujo plasmático renal es el volumen de plasma que pasa por ambos riñones en un minuto y su valor normal es de 660 ml/min.

A continuación orientaremos el estudio de los procesos que ocurren en el glomérulo y los túbulos renales.

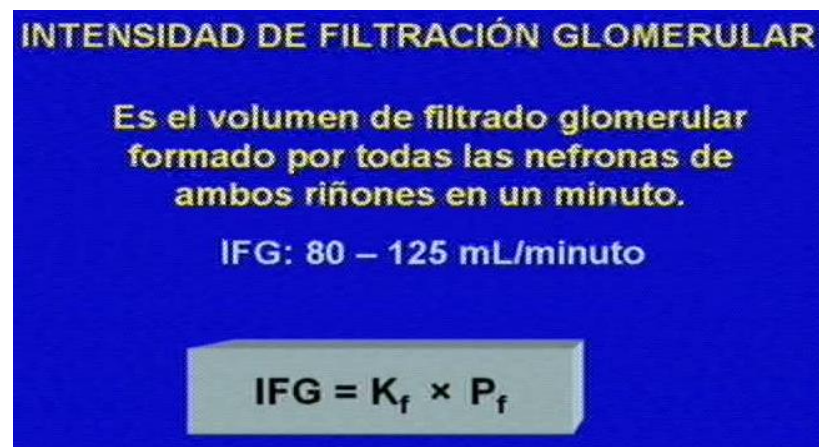


## FILTRACION GLOMERULAR



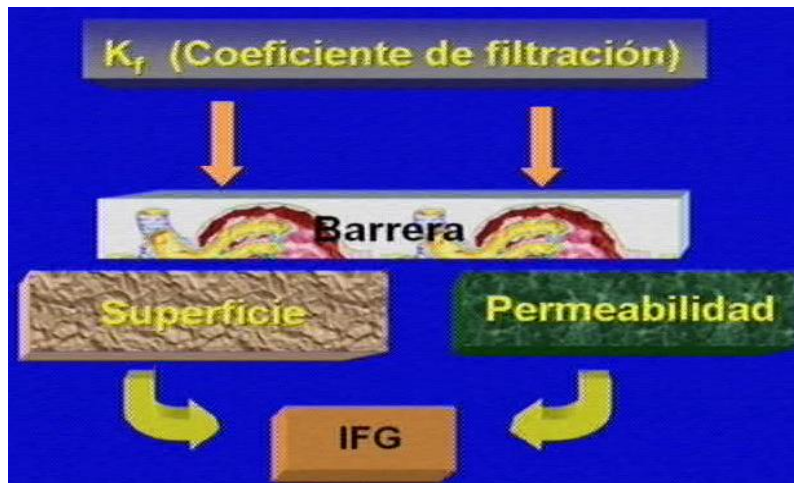
El proceso de filtración glomerular consiste en la filtración del plasma dando lugar a la formación del filtrado glomerular. Su composición es similar al plasma excepto en que carece de proteínas, luego el filtrado glomerular sufre modificaciones a lo largo del sistema tubular ya sea por reabsorción de las sustancias que pasan nuevamente al plasma o por secreción hacia el líquido tubular; de esta forma la orina esta compuesta por el filtrado glomerular cuando se le suprimen las sustancias reabsorbidas y se le agregan las secretadas.

## INTENSIDAD DE FILTRACION GLOMERULAR



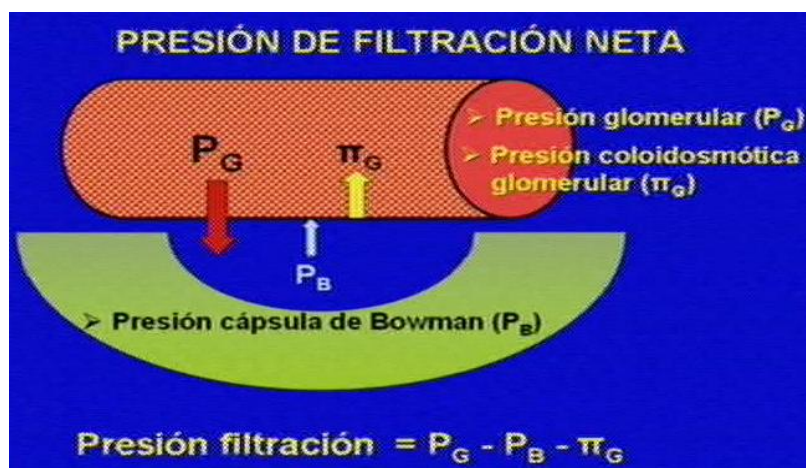
Después de analizar el concepto de filtrado glomerular podemos decir que el volumen de filtrado glomerular producido por las nefronas de ambos riñones en un minuto se denomina intensidad de filtración glomerular. Su valor normal es aproximadamente de 80 a 125ml/min. La intensidad o tasa de filtración glomerular depende de dos factores: el coeficiente de filtración y la presión de filtración.

## K<sub>F</sub> (COEFICIENTE DE FILTRACION)



Una vez conocidas las características de la membrana o barrera de filtración es fácil comprender que el coeficiente de filtración va a estar determinado por su área de superficie y la permeabilidad; lo que indica que cualquier cambio en alguno de estos factores puede modificar la intensidad de filtración glomerular; por ejemplo, los pacientes con insuficiencia renal crónica pueden tener comprometida el área de superficie de filtración por disminución de la masa renal funcionante, en consecuencia la intensidad de filtración glomerular está disminuida.

## PRESION DE FILTRACION NETA



Las fuerzas que determinan la presión de filtración son las llamadas fuerzas de Starling y rigen el intercambio al igual que en los que los capilares tisulares.

La presión glomerular es la presión hidrostática en los capilares glomerulares y tiene un valor de 60mmHg. Es una fuerza que favorece la filtración.


La presión coloidosmótica del plasma es la presión ejercida por las proteínas del plasma y se opone a la filtración, tiene un valor de 32mmHg.

Y la presión hidrostática de la capsula de Bowman es de 18mmHg y se opone a la filtración, por tanto la presión neta de la filtración es igual a la presión glomerular menos la presión de la capsula de Bowman, menos la presión coloidosmótica glomerular y es igual a 10mmHg aproximadamente.

## FACTORES QUE AFECTAN LA TASA DE FILTRACION GLOMERULAR

**FACTORES QUE AFECTAN LA TASA DE FILTRACIÓN GLOMERULAR**

- > **Coefficiente de filtración.**
- > **Presión de la cápsula de Bowman.**
- > **Presión coloidosmótica de los capilares glomerulares.**
- > **Presión capilares glomerulares.**
  - **Presión arterial.**
  - **Resistencia de la arteriola aferente.**
  - **Resistencia de la arteriola eferente.**



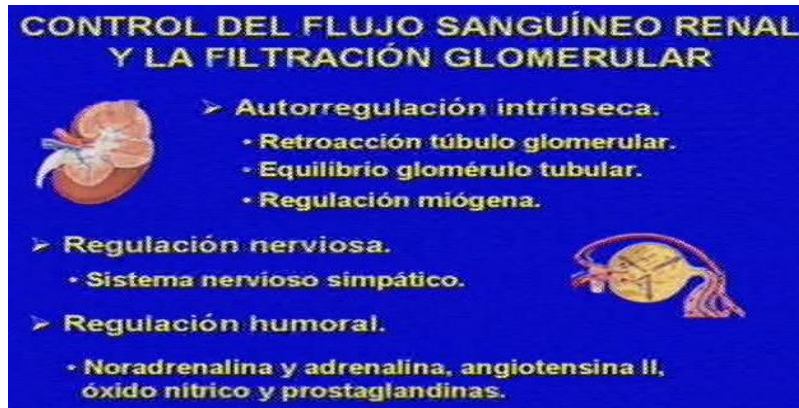
Entre los factores determinantes de la tasa de filtración glomerular se encuentra el coeficiente de filtración; cuyos factores determinantes fueron analizados, por tanto si este aumenta también aumenta la filtración. El resto de los factores influyen modificando la presión de filtración.

Si la presión capsular aumenta la tasa de filtración disminuye. Debemos recordar que es una fuerza que se opone a la filtración.

Similar comportamiento lo presenta un aumento de la presión coloidosmótica glomerular.

La presión de los capilares glomerulares es proporcional a la tasa de filtración glomerular.

## CONTROL DEL FLUJO SANGUÍNEO RENAL Y LA FILTRACION GLOMERULAR



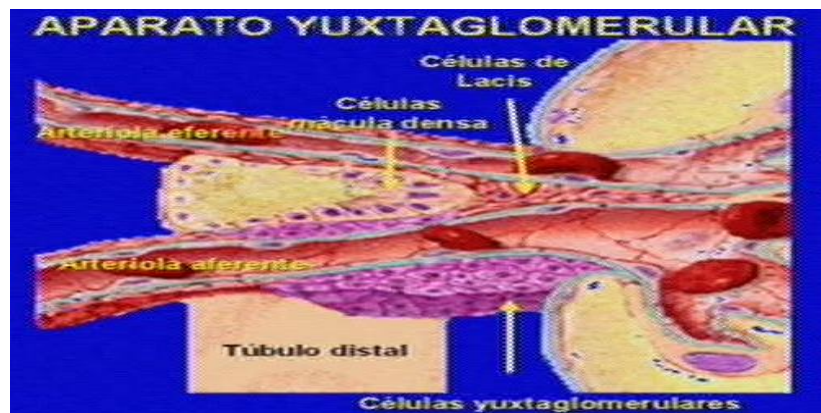
El flujo sanguíneo renal y la intensidad de filtración glomerular están regulados por mecanismos intrínsecos propios del riñón que responden ante los cambios de presión arterial. Estos mecanismos son:

- ✓ La retroalimentación túbulo glomerular.
- ✓ El equilibrio glomérulo tubular.
- ✓ Y la autorregulación miógena.

Además de otros mecanismos extrínsecos como la regulación nerviosa simpática y algunas hormonas.

La autorregulación intrínseca presenta gran importancia fisiológica al mantener un adecuado flujo sanguíneo al riñón y por ende el aporte de oxígeno y nutrientes, así como la eliminación de los desechos del metabolismo; en estos mecanismos participa de forma importante el aparato yuxtaglomerular.

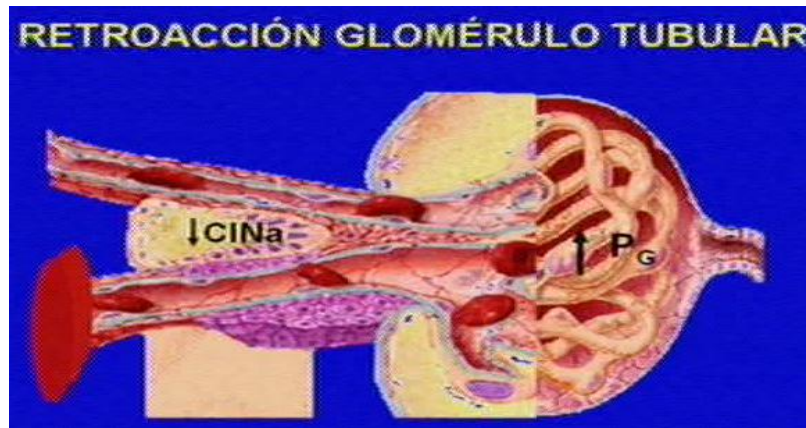
## APARATO YUXTAGLOMERULAR





El aparato yuxtaglomerular esta formado por las células de la macula densa de la porción inicial del tubo distal, las células de Lacis y las células yuxtaglomerulares situadas en las paredes de las arteriolas aferentes y eferentes.

### RETROACCION GLOMERULO TUBULAR



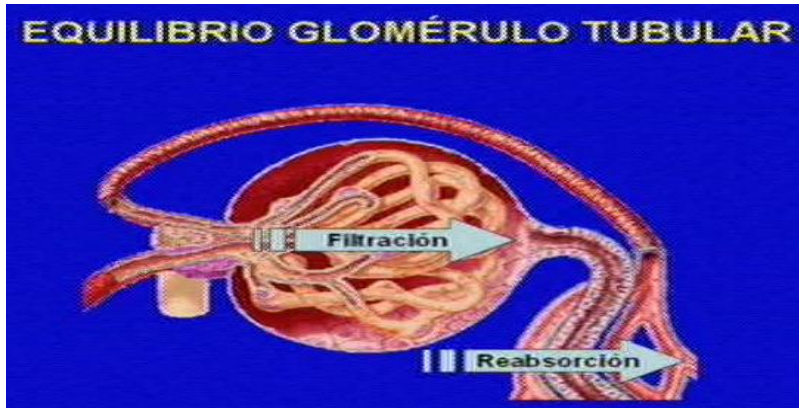
Como consecuencia de una disminución de la tasa de filtrado glomerular se produce disminución de las concentraciones de cloruro de sodio en las células de la macula densa; estas producen señales que aumentan el diámetro de la arteriola aferente lo que eleva la presión de los capilares glomerulares llevando a la normalidad la filtración glomerular.



Cuando existe una disminución de la tasa de filtración glomerular aumenta la reabsorción de sodio y cloruro en la rama ascendente del asa de Henle; en consecuencia disminuye la concentración de cloruro de sodio en las células de la macula densa lo que favorece la liberación de renina que hace que se incremente la producción de angiotensina II, esta aumenta la contracción de las arteriolas

eferentes por lo cual aumenta la presión glomerular y la tasa de filtración glomerular vuelve a la normalidad.

### EQUILIBRIO GLOMERULO TUBULAR



En la imagen se representa el otro mecanismo de regulación del flujo y la filtración glomerular que complementa el anteriormente explicado. Este mecanismo plantea que cuanto mayor es la filtración mayor será la reabsorción, evitando una sobrecarga de solutos a nivel de la macula densa y en consecuencia las fluctuaciones que pudieran producir las modificaciones de la presión arterial.

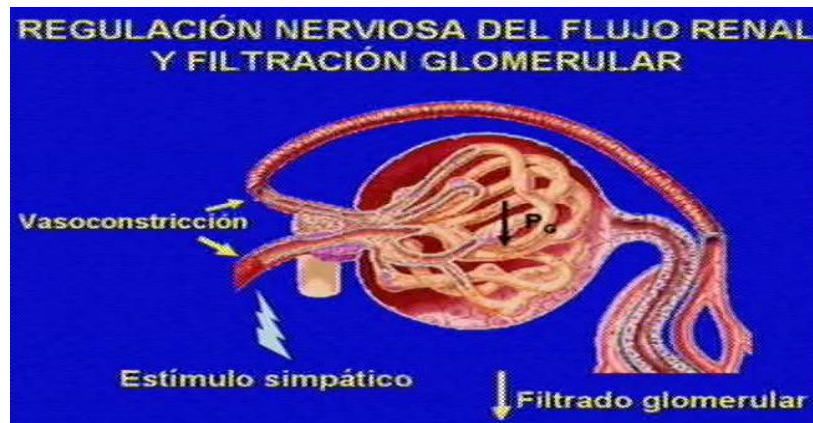
### REGULACION MIOGENA



La regulación miogénica se explica porque si aumenta la presión arterial se distiende la pared del vaso, con lo cual se contraen sus fibras musculares lisas produciéndose vasoconstricción con disminución del flujo y la filtración glomerular.

A continuación analizaremos la regulación nerviosa.

## REGULACION NERVIOSA DEL FLUJO RENAL Y FILTRACION GLOMERULAR



Los vasos sanguíneos renales están inervados por fibras nerviosas simpáticas. Su fuerte activación produce constricción de las arteriolas renales con la consiguiente disminución de la presión glomerular y el filtrado glomerular. Este mecanismo resulta más importante en situaciones agudas como las reacciones de defensa, la isquemia cerebral o la hemorragia intensa.

## REGULACION HUMORAL DEL FLUJO SANGUINEO Y LA FILTRACION GLOMERULAR

| SUSTANCIAS                 | TFG |
|----------------------------|-----|
| Noradrenalina y adrenalina | ↓   |
| Endotelina                 | ↓   |
| Óxido nítrico              | ↑   |
| Prostaglandinas            | ↑   |
| Angiotensina II            | ↔   |

En la tabla se resumen los efectos de algunas sustancias sobre la tasa de filtración glomerular. Observen que la noradrenalina, adrenalina y endotelina la disminuyen; el oxido nítrico y las prostaglandinas las incrementan. Por su parte la angiotensina II no la modifica. Recordemos que esta sustancia impide que la misma disminuya.

A continuación vamos a orientar los eventos que se suceden en la porción tubular de la nefrona que culminan con la formación de la orina.



## REABSORCION Y SECRECION TUBULAR



En los túbulos renales ocurren dos procesos básicos: la reabsorción mediante la cual pasan sustancias generalmente de importancia para el organismo, desde la luz tubular hacia la sangre de los capilares peritubulares y la secreción de sustancias de desecho desde la sangre a los túbulos renales para su excreción por la orina.

## MANEJO TUBULAR DE DIFERENTES SUSTANCIAS



En la imagen se representa el manejo tubular de diferentes sustancias. Observen que la sustancia A se filtra libremente; sin embargo, no se reabsorbe ni se secreta por lo que aparece en su totalidad en la orina.

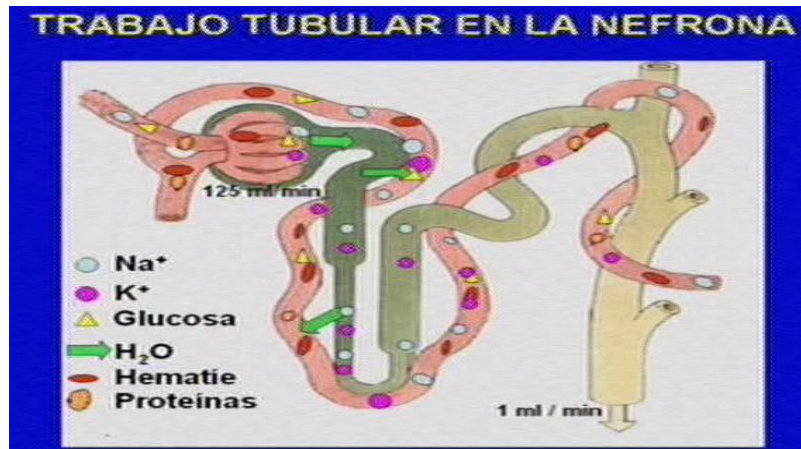
La sustancia B también se filtra en el glomérulo pero se reabsorbe en parte en los túbulos por que se excreta en menor proporción que la filtrada.

La sustancia C se reabsorbe completamente por tanto no aparece en la orina.



Y la sustancia D se filtra una parte pero también se secreta, por lo que aumenta la cantidad excretada. Los procesos de reabsorción y secreción tubular pueden ser activos y pasivos en dependencia de las sustancias transportadas.

## TRABAJO TUBULAR EN LA NEFRONA



En la imagen se representa el comportamiento de algunas sustancias a lo largo del sistema tubular. A nivel del glomérulo se produce la filtración, observen que en condiciones normales no se filtran proteínas ni hematíes y su volumen es de 125 ml/min. De este volumen solo 1ml/min pasa a formar parte de la orina.

El filtrado glomerular pasa al tubo contorneado proximal, el mismo presenta un epitelio caracterizado por una estructura que sustenta la ejecución de importantes mecanismos de transporte, así se reabsorben en la misma proporción los solutos y el agua lo que trae como consecuencia que el líquido tubular sea isosmótico con el plasma. Observen que la glucosa del filtrado se reabsorbió completamente en este segmento, por lo cual en condiciones normales no aparece en la orina.

La porción descendente del asa del Henle es más permeable al agua que a los solutos, en consecuencia el líquido tubular se concentra, luego en la porción ascendente se produce reabsorción activa de cloruro, sodio y potasio, además este segmento es impermeable al agua por lo cual el líquido tubular se hace muy diluido.

La porción terminal del túbulo distal al igual que el tubo colector presenta células encargadas de la reabsorción de sodio y secreción de potasio, este efecto es regulado por la aldosterona. Otras células tienen un importante papel en la secreción de hidrogeniones. La reabsorción de agua a este nivel es regulada por la hormona antidiurética.

Una función muy importante del riñón es limpiar el plasma de sustancias indeseables a lo que se le denomina aclaramiento plasmático.

## ACLARAMIENTO PLASMÁTICO

**ACLARAMIENTO PLASMÁTICO**

- Volumen de plasma que resulta totalmente depurado de una sustancia a su paso por los riñones en un minuto.

**$Ap \text{ (ml/min)} = E / P$**

Aclaramiento plasmático (Ap)  
Cantidad excretada (E)  
Concentración en el plasma (P)

El aclaramiento plasmático se puede definir como el volumen de plasma que resulta totalmente depurado de una sustancia a su paso por los riñones en un minuto y se calcula dividiendo la cantidad de sustancia excretada entre su concentración en el plasma:

A continuación definiremos algunos conceptos de interés.

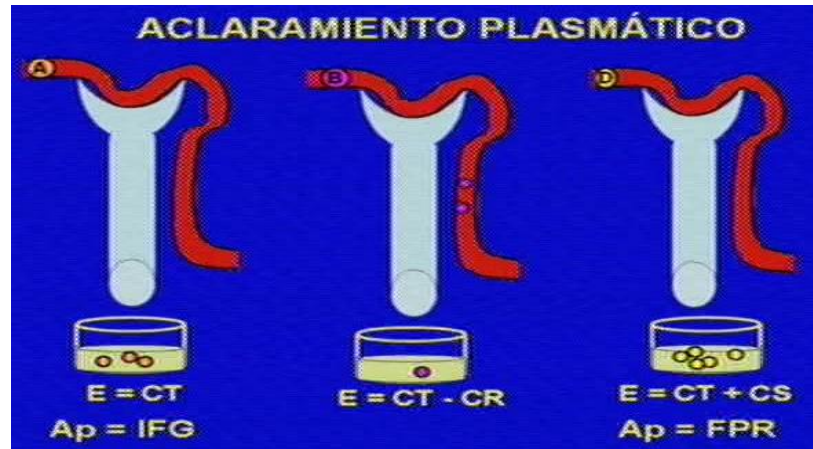
- **Cantidad excretada (E):** Es la cantidad de sustancia disuelta en la orina que se elimina en un minuto.
- **Carga plasmática (CP):** Es la cantidad de sustancia disuelta en el plasma que llega a los riñones en un minuto.
- **Carga tubular (CT):** Es la cantidad de sustancia disuelta en el filtrado glomerular, que se forma por ambos riñones en un minuto.

La cantidad de sustancia excretada es la cantidad de sustancia disuelta en la orina que se elimina en un minuto.

La carga plasmática es la cantidad de sustancia disuelta en el plasma que llega a los riñones en un minuto.

La carga tubular es la cantidad de sustancia disuelta en el filtrado glomerular que se forma por ambos riñones en un minuto.

El aclaramiento plasmático es diferente en dependencia del manejo tubular de cada sustancia.



En tal sentido la sustancia A se filtra en el glomérulo pero no se reabsorbe ni se secreta en los túbulos renales, en consecuencia la cantidad excretada de dicha sustancia es igual a la carga tubular y su aclaramiento plasmático es una medida de la intensidad de filtración glomerular, esta sustancia se corresponde con la inulina o el manitol entre otras.

La sustancia B se filtra en el glomérulo pero una parte de la carga tubular es reabsorbida en los túbulos renales, por tanto la cantidad excretada es igual a la carga tubular menos la cantidad reabsorbida y la sustancia B se filtra en el glomérulo pero además se secreta a la luz tubular; por tanto la cantidad excretada es igual a la carga tubular más la cantidad secretada. El aclaramiento plasmático de las sustancias que presentan este comportamiento es una medida del flujo plasmático renal como es el caso del ácido paraminohipúrico.

## CONCLUSIONES

- La formación del riñón depende de interacciones de epitelio-mesénquima que se establecen entre el brote ureteral y el blastema metanéfrico, cuando esta relación falla se produce la agenesia.
- El riñón es un órgano macizo con funciones exocrinas y endocrinas cuyas características morfofuncionales macroscópicas y microscópicas lo distinguen como una unidad excretora de significación vital para el mantenimiento de la homeostasis del organismo.
- La nefrona es la unidad morfofuncional del riñón, el resultado del funcionamiento de sus componentes es la formación de la orina.

- El flujo sanguíneo renal y la filtración glomerular están regulados por mecanismos intrínsecos y extrínsecos.
- El aclaramiento plasmático es la función básica del riñón.