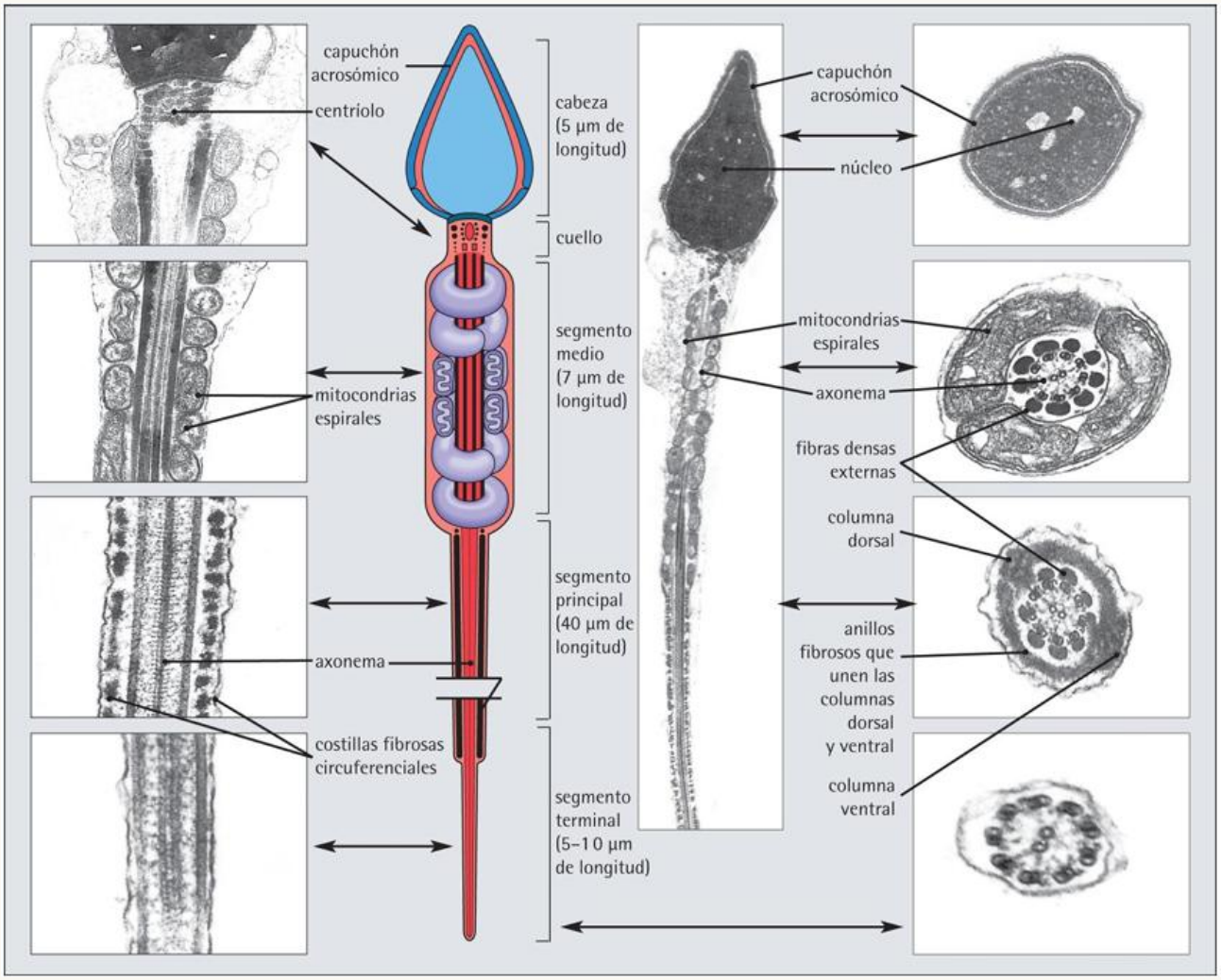
ORGANISMO HUMANO 2

Aparato reproductor masculino

Histología



Prof. Camila Vera Montenegro, TM. Mg.

Universidad de Valparaíso

TCP - 2026

Organización del aparato reproductor masculino

El testículo reúne dos funciones que se distinguen por el destino de sus productos.

- **Función exocrina.** Los túbulos seminíferos producen **espermatozoides** y los liberan a una vía de conductos.
- **Función endocrina.** Las células intersticiales liberan **andrógenos**, principalmente testosterona, a la circulación.

Los espermatozoides pasan de los túbulos seminíferos a los túbulos rectos y a la red testicular o rete testis. Los conductillos eferentes los llevan al epidídimo, donde continúa su maduración. Después recorren el deferente y el conducto eyaculador hasta la uretra. Las vesículas seminales, la próstata y las glándulas bulbouretrales aportan sus secreciones a la vía de salida. El pene aloja la uretra terminal y el tejido eréctil.

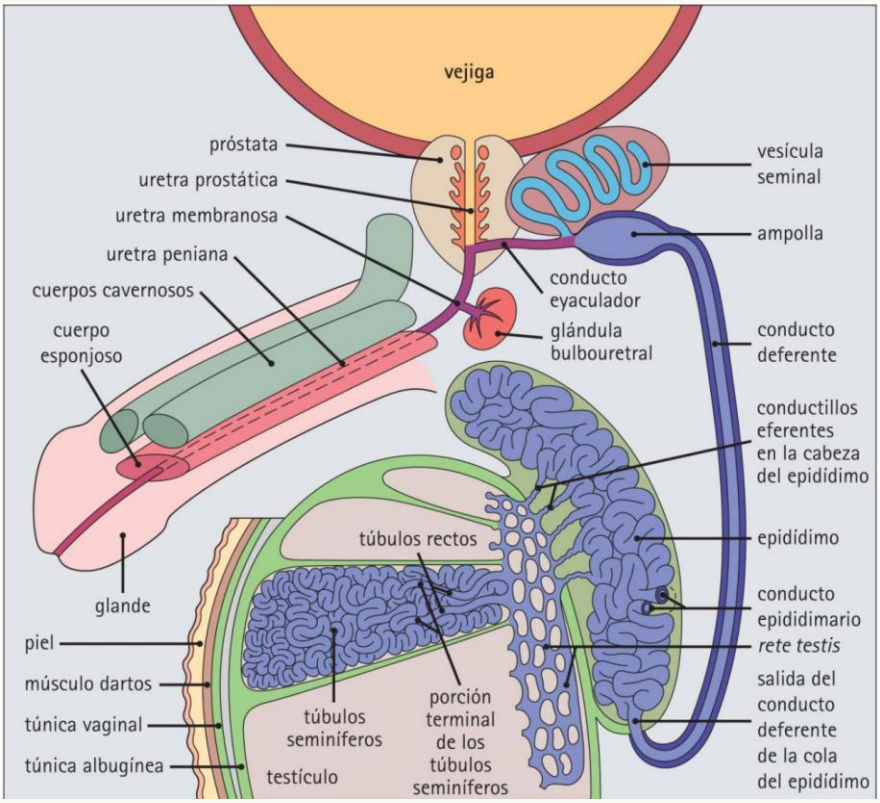


Figura 1. Organización anatómica y continuidad de las vías espermáticas. Los conductillos eferentes conectan la rete testis con el epidídimo; el conducto deferente comienza después del epidídimo. Fuente: presentación, diapositiva 3.

En el escroto, la temperatura testicular se mantiene unos **2–3 °C por debajo de la corporal**. Las células germinales son especialmente sensibles al calor. Esta diferencia térmica favorece la producción de gametos.

Escroto y cubiertas testiculares

Piel escrotal y músculo dartos

- **Piel escrotal.** Su superficie es un **epitelio plano estratificado queratinizado**.
  - En la piel se reconocen folículos pilosos, glándulas sebáceas y glándulas sudoríparas ecrinas.
- **Músculo dartos.** Es una capa de músculo liso situada bajo la piel. Su contracción arruga la superficie escrotal y contribuye a la **regulación térmica**.

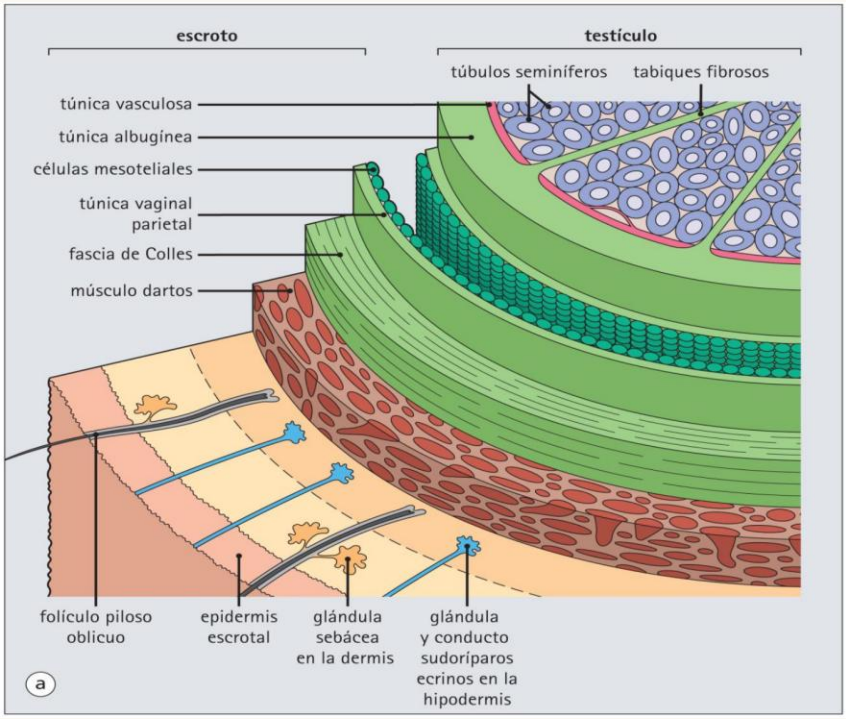


Figura 2. Relación entre las capas del escroto, las hojas de la túnica vaginal y las cubiertas del testículo. El esquema conserva los rótulos anatómicos originales. Fuente: presentación, diapositiva 4.

Túnica vaginal y cavidad serosa

Las dos hojas de la **túnica vaginal** están revestidas por **mesotelio**, un **epitelio plano simple**. La hoja parietal mira hacia la pared del saco y la visceral recubre el testículo. Una fina película de líquido entre ambas permite su deslizamiento.

- **Hidrocele.** La acumulación de líquido entre las hojas vaginales aumenta el volumen escrotal.
- **Hematocele.** La misma cavidad puede llenarse de sangre, por ejemplo, después de un traumatismo.
- **Hernia inguinoescrotal.** Un asa intestinal u otro contenido abdominal atraviesa el conducto inguinal y desciende al saco escrotal. El aumento de volumen se explica por el desplazamiento del contenido abdominal.

Túnica albugínea y túnica vasculosa

- **Albugínea.** Esta cápsula de **tejido conectivo denso** contiene haces gruesos de colágeno tipo I. Los núcleos alargados entre los haces pertenecen principalmente a fibroblastos.
- **Vasculosa.** Inmediatamente profunda a la cápsula aparece una **franja rica en vasos**. Los eritrocitos en su interior ayudan a identificarlos.

Para orientarse en el corte, se puede seguir un solo trayecto desde el **mesotelio visceral**, atravesar la cápsula y la capa vascular y llegar a los primeros túbulos seminíferos.

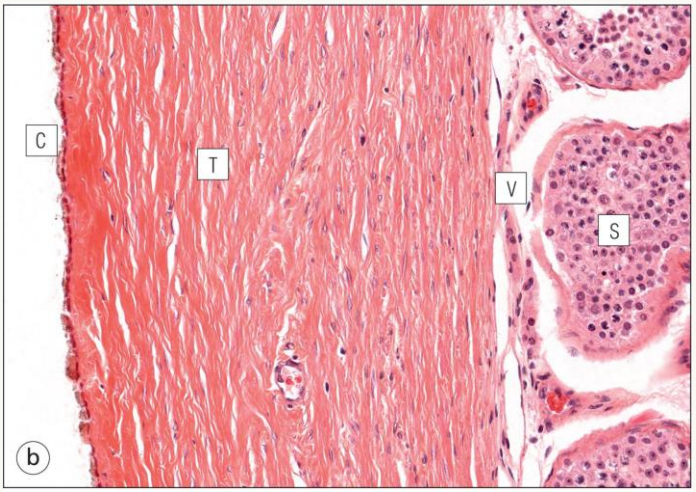


Figura 3. Cápsula testicular. C señala la cavidad serosa; T, la túnica albugínea; V, la capa vascular; y S, los túbulos seminíferos. Fuente: presentación, diapositiva 5.

Organización del testículo y del túbulo seminífero

Mediastino y lobulillos

- **Mediastino testicular.** Es el engrosamiento posterior de la albugínea. Aloja la rete testis, que recoge el contenido de los túbulos.
  - Desde el mediastino parten tabiques fibrosos que dividen el parénquima en **250–350 lobulillos**.
    - Cada lobulillo contiene **1–4 túbulos seminíferos** muy contorneados.

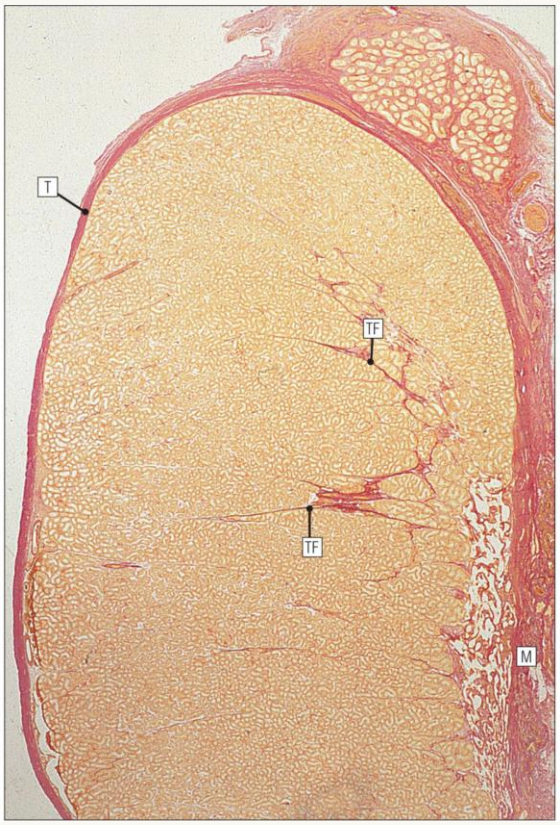


Figura 4. Corte de testículo a bajo aumento teñido con Van Gieson. T identifica la albugínea; M, el mediastino; y TF, los tabiques fibrosos. El colágeno se destaca en rojo. Fuente: presentación, diapositiva 6.

El corte general corresponde a un roedor. Permite seguir la cápsula, el mediastino y los tabiques, aunque los límites lobulillares pueden verse menos definidos que en el testículo humano. El plano de corte también influye en su aspecto.

En la **criptorquidia**, el testículo permanece fuera de su posición escrotal habitual. La exposición prolongada al calor puede lesionar la línea germinal y reducir la producción de gametos. Las células de Sertoli y de Leydig suelen conservarse mejor. La criptorquidia también se asocia con mayor riesgo tumoral.

El testículo retráctil puede ascender de forma transitoria. La criptorquidia persistente implica que el testículo no ocupa de manera estable su posición escrotal.

Pared tubular e intersticio

- **Epitelio seminífero.** Rodea una luz central. Su aspecto **estratificado** se debe a la coexistencia de generaciones germinales en distintas etapas.
  - Entre ellas se extienden **células de Sertoli**. En el borde luminal, el aspecto de la superficie varía a medida que los gametos se diferencian y se desprenden.
- **Túnica propia.** Por fuera del epitelio se disponen la **lámina basal**, una **capa colagenosa** y **células mioides peritubulares**.

– Las contracciones de las células mioides desplazan el líquido y los espermatozoides hacia las vías de salida.

La **espermiación** es el desprendimiento de las células diferenciadas desde Sertoli hacia la luz. La contracción peritubular favorece el transporte del contenido liberado.

Un túbulo tiene unos **150 µm de diámetro** y puede alcanzar **80 cm de longitud**. Sus numerosas vueltas explican por qué una sola preparación contiene perfiles circulares, oblicuos y longitudinales.

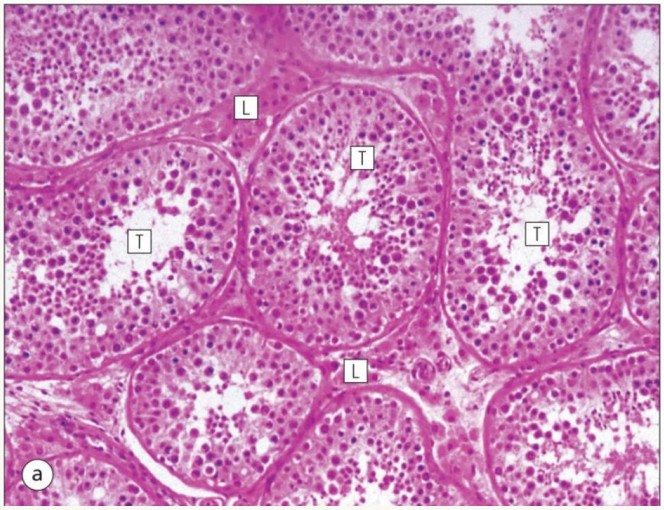


Figura 5. Perfiles transversales y oblicuos de túbulos seminíferos. T corresponde a los túbulos y L a grupos de células de Leydig en el intersticio. Fuente: presentación, diapositiva 7.

El **intersticio** ocupa el espacio entre los túbulos. Contiene **células de Leydig, vasos sanguíneos, fibroblastos y mastocitos**. Los capilares acercan las señales hipofisarias a Leydig y reciben la testosterona que estas células secretan. Sertoli, en cambio, se reconoce dentro del epitelio.

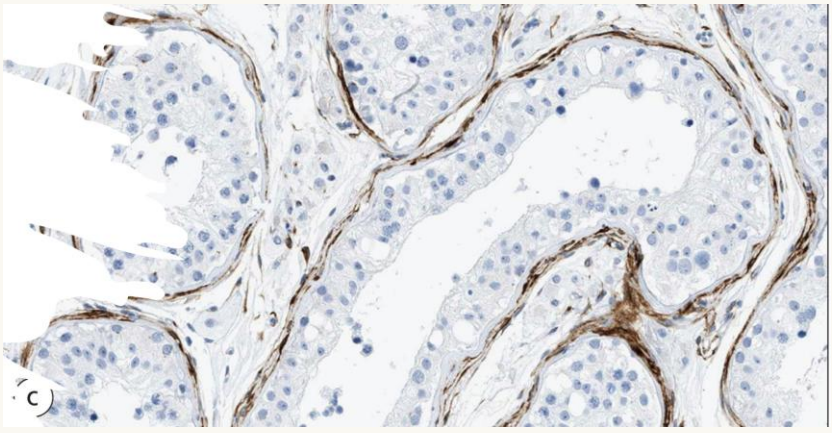


Figura 6. Inmunotinción para desmina. La señal marrón delimita las células mioides que rodean los túbulos. La desmina es un filamento intermedio asociado a la diferenciación muscular, no la proteína que por sí sola ejecuta la contracción. Fuente: presentación, diapositiva 9.

Reconocimiento de las poblaciones celulares

La **posición** respecto de la lámina basal y de la luz permite ordenar las células germinales. Las **espermatogonias** se apoyan en la **región basal**; los **espermatocitos** ocupan posiciones más internas; las **espermátidas** se **acercan a la luz** y, al alargarse, orientan sus flagelos hacia ella. Esta disposición convierte el corte histológico en una representación espacial de la maduración.

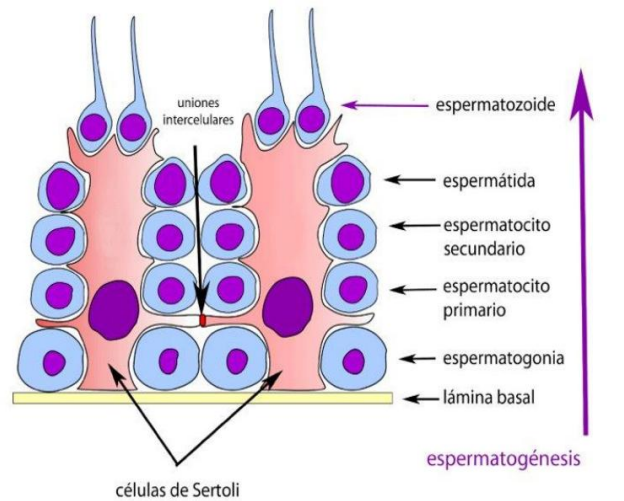


Figura 7. Distribución de la línea germinal entre la base y la luz. Las células de Sertoli se extienden a través del espesor del epitelio y acompañan distintas etapas de diferenciación. Fuente: presentación, diapositiva 7.

Tabla 1. Poblaciones del epitelio seminífero

Población	Ubicación	Rasgos de reconocimiento
Espermatogonia	Región basal	Núcleo redondeado próximo a la lámina basal.
Espermatocito primario	Región intermedia	Célula grande; cromatina gruesa y visible.
Espermátida redonda	Próxima a la luz	Núcleo pequeño y redondeado.
Espermátida alargada	Borde luminal	Núcleo alargado y muy condensado; flagelo hacia la luz.
Sertoli	Desde la base hasta la luz	Núcleo claro e irregular con nucléolo prominente; prolongaciones de sostén.

Los espermatocitos primarios llaman la atención por su tamaño y por la cromatina gruesa y visible. No deben confundirse con las espermatogonias basales, de núcleo más redondeado, ni con las pequeñas espermátidas próximas a la luz. Los **espermatocitos secundarios** son difíciles de encontrar en preparaciones habituales porque su etapa es breve. La identificación se apoya en el conjunto de posición, tamaño nuclear y aspecto de la cromatina, no en una única característica aislada.

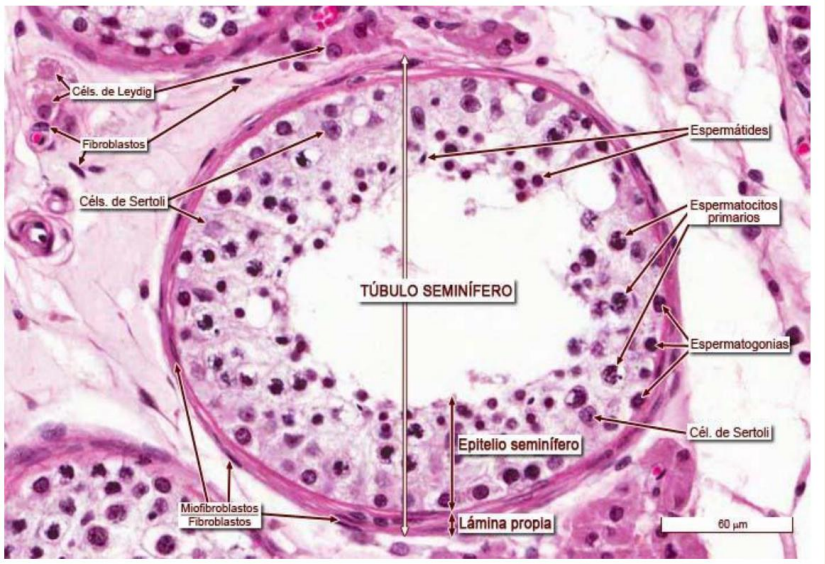


Figura 8. Túbulo seminífero rotulado. La lámina propia marca el límite externo; hacia el interior se ordenan espermatogonias, espermatocitos, espermátidas y células en las últimas fases de diferenciación. Fuente: presentación, diapositiva 8.

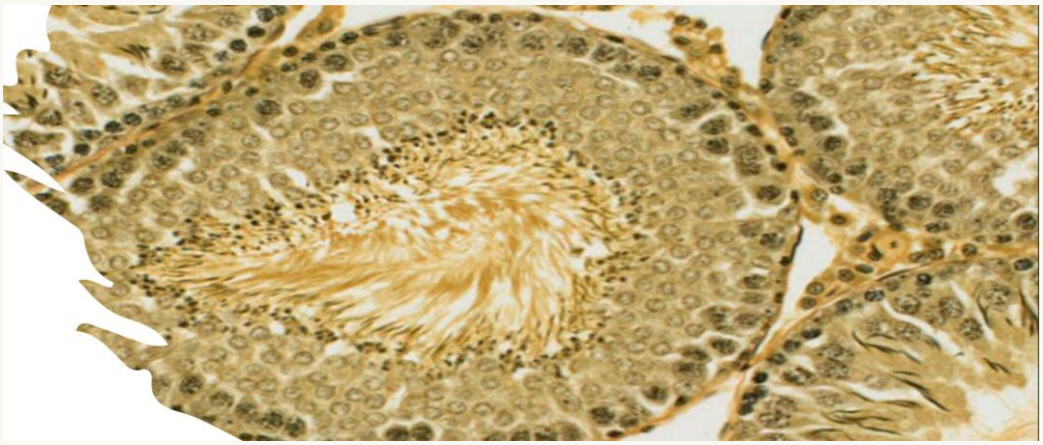


Figura 9. Tinción de Van Gieson que muestra espermátidas avanzadas. Los núcleos oscuros y condensados se sitúan en el borde luminal, mientras los flagelos se proyectan hacia la luz. Fuente: presentación, diapositiva 9.

Espermatogénesis

Durante la **espermatogénesis** cambian sucesivamente el número de células, su dotación cromosómica y su forma.

- **Espermatocitogénesis.** La proliferación mitótica mantiene la reserva de espermatogonias y aporta precursores para la meiosis.
- **Meiosis.** Dos divisiones sucesivas producen espermátidas haploides.
- **Espermiogénesis.** Cada espermátida reorganiza sus componentes hasta adquirir la forma de un espermatozoide.

Espermatogonias y proliferación mitótica

Las espermatogonias ocupan la base del epitelio. Su clasificación morfológica en el ser humano distingue tres poblaciones.

- **A oscuras (Ad).** Constituyen la población de reserva.
- **A claras o pálidas (Ap).** Proliferan y dan origen a descendientes comprometidos con la diferenciación.
  - De esta población derivan las **espermatogonias B**, precursoras inmediatas de los espermatocitos primarios.

En un corte de rutina, la posición basal permite identificar con más seguridad una espermatogonia que su subtipo. La expresión de un marcador funcional tampoco coincide necesariamente con la clasificación morfológica.

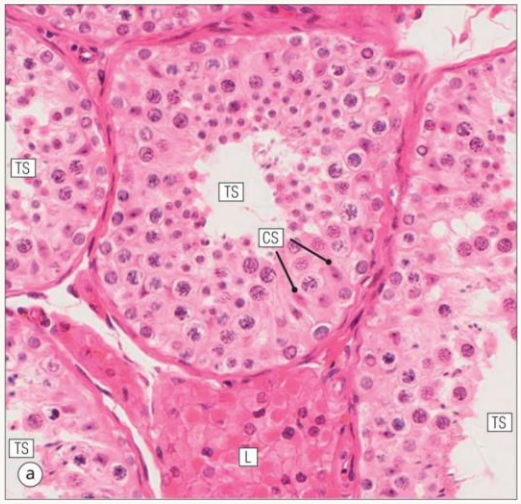


Figura 10. Túbulos seminíferos y tejido intersticial a mayor aumento. TS identifica los túbulos; CS, células de Sertoli; y L, células de Leydig. La posición relativa permite distinguir sostén epitelial y secreción intersticial. Fuente: presentación, diapositiva 12.

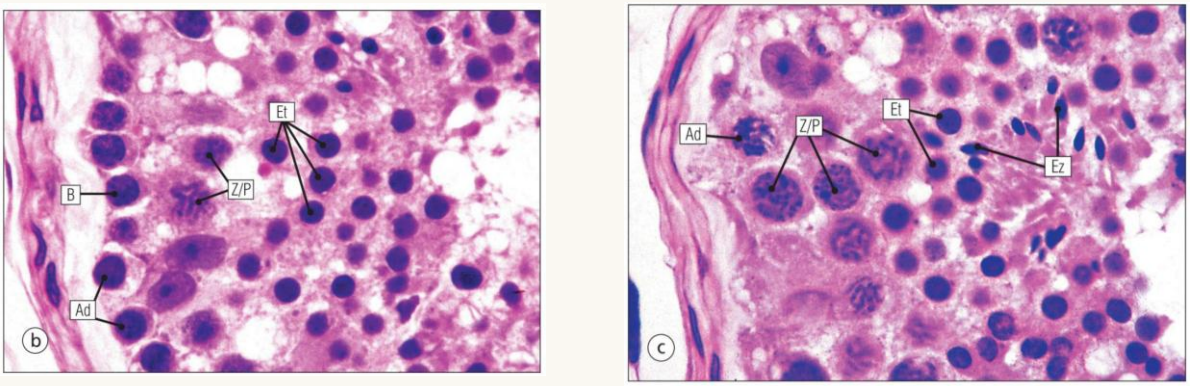


Figura 11. Espermatogonias y células en diferenciación en dos momentos del ciclo. Ad y B designan subtipos de espermatogonias; Z/P, espermatocitos primarios en cigoteno o paquiteno; Et, espermátidas; y Ez, espermatozoides en desarrollo. Fuente: presentación, diapositiva 13.

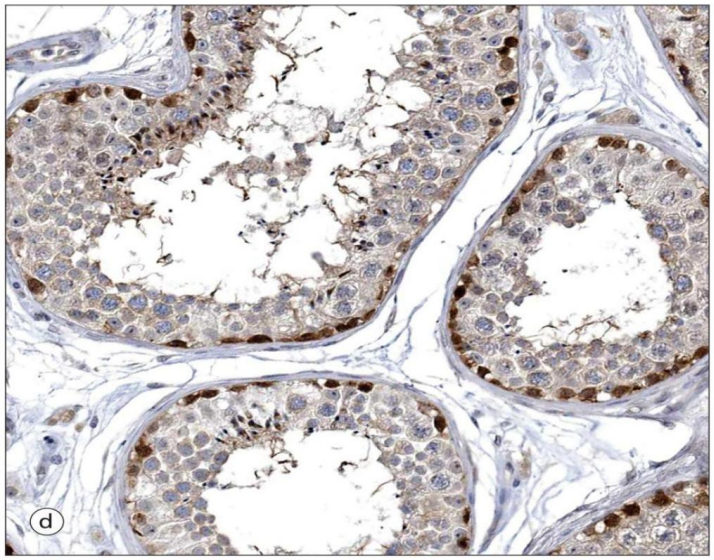


Figura 12. Inmunotinción de un factor regulador de la espermatocitogénesis. Solo una parte de las células basales presenta señal marrón, lo que ilustra la diferencia entre posición, morfología y actividad funcional. Fuente: presentación, diapositiva 13.

Meiosis y reducción cromosómica

El espermatocito primario replica su ADN antes de dividirse. Conserva **46 cromosomas**, ahora con dos cromátidas cada uno. Para seguir las dos divisiones conviene identificar qué se separa en cada una.

- **Meiosis I.** Se separan los cromosomas homólogos.
  - Cada uno de los dos espermatocitos secundarios recibe 23 cromosomas todavía duplicados.
- **Meiosis II.** Se separan las cromátidas hermanas.
  - Al completar las dos divisiones, un espermatocito primario da lugar a cuatro espermátidas, cada una con 23 cromosomas de una cromátida.

La **profase I** dura aproximadamente **22 días**. Durante el leptoteno, cigoteno, paquiteno y diploteno cambia la disposición de la cromatina. Como la célula pasa tanto tiempo en esta fase, es frecuente encontrar espermatocitos primarios en los cortes.

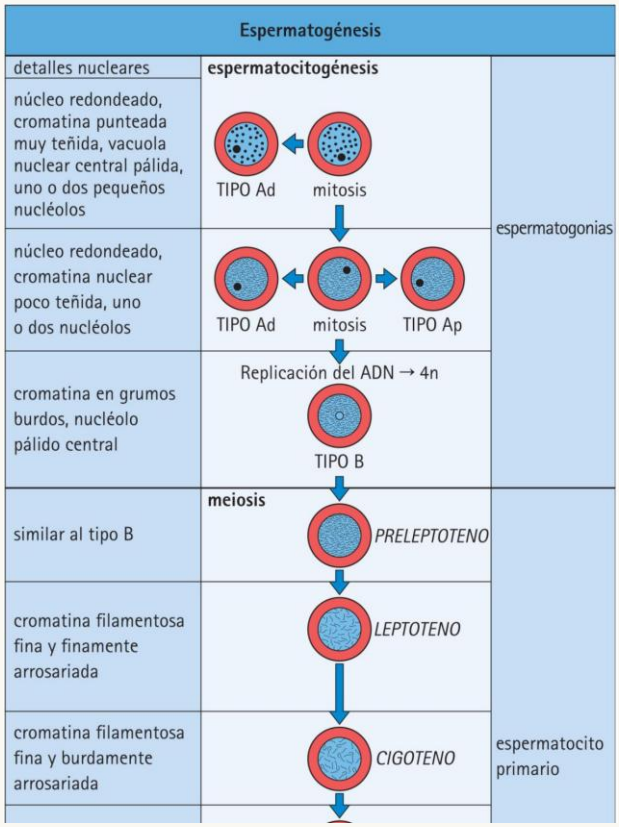


Figura 13. Secuencia original de proliferación y entrada en meiosis. Fuente: presentación, diapositiva 10.

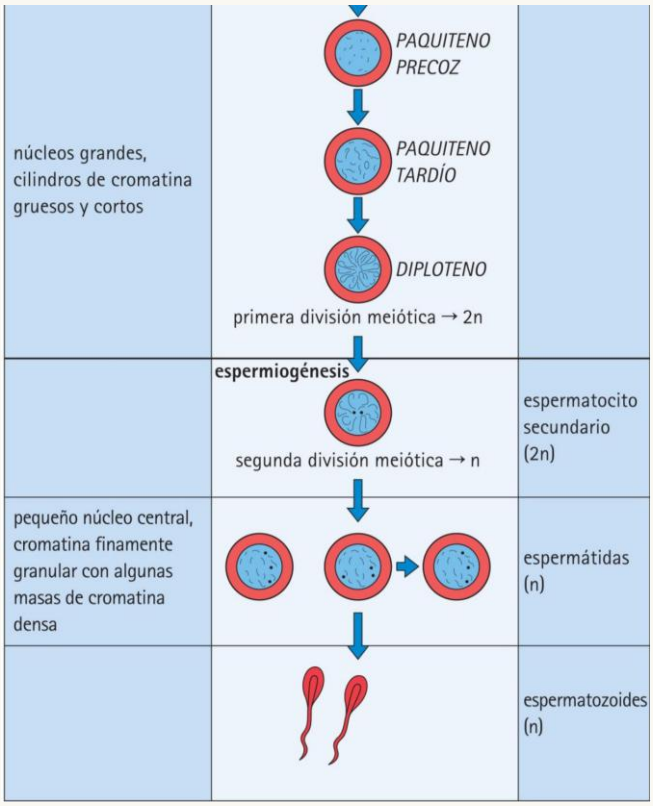


Figura 14. Continuación del esquema original. Fuente: presentación, diapositiva 11.

Duración y organización en ondas

Desde el inicio de la diferenciación germinal hasta la liberación transcurren aproximadamente **70 días**. El cálculo se refiere al proceso testicular. La activación de las células de reserva puede variar y la maduración epididimaria ocurre después.

Las células de un túbulo no se encuentran todas en la misma fase. En segmentos vecinos coexisten distintas asociaciones celulares y la actividad se organiza en **ondas** a lo largo del túbulo. Así, mientras una región contiene células que proliferan, otra desarrolla meiosis y otra libera espermatozoides. Esta distribución permite una **producción continua** en lugar de una descarga única seguida de agotamiento.

Espermiogénesis y estructura del espermatozoide

Remodelación de la espermátida

La espermátida ya es haploide. Durante la **espermiogénesis** adquiere polaridad, compacta el núcleo y forma una cola sin volver a dividirse.

- **Fase de Golgi.** Las vesículas se fusionan en un polo nuclear y forman la vesícula acrosómica. Ese polo marca el futuro extremo anterior de la cabeza.
  - Los centríolos se orientan en el polo opuesto, desde donde se desarrollará el flagelo.
- **Fase de capuchón.** La vesícula acrosómica se extiende sobre la superficie anterior del núcleo.
- **Fase acrosómica.** La cabeza se alarga, la cromatina se condensa y los microtúbulos se organizan a medida que crece la cola.
- **Fase de maduración.** La redistribución de orgánulos y la eliminación de citoplasma completan la forma del gameto.
  - Las mitocondrias se agrupan alrededor del segmento medio. El ATP que producen contribuye al movimiento flagelar.
  - El citoplasma sobrante se desprende como **cuerpo residual**, que Sertoli retira por fagocitosis.

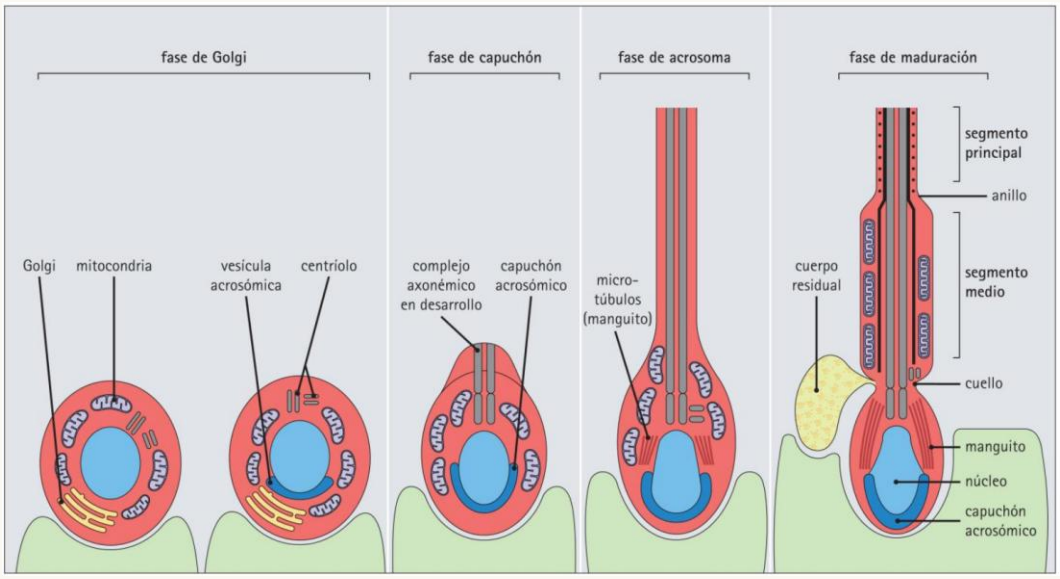


Figura 15. Fases de Golgi, capuchón, acrosoma y maduración en el esquema original. La reorganización incluye acrosoma, núcleo, flagelo, mitocondrias y cuerpo residual. Fuente: presentación, diapositiva 14.

Durante la **espermiación**, las cabezas se desprenden de Sertoli y los espermatozoides quedan libres en la luz, hacia donde ya apuntaban sus flagelos. Su forma está definida y su maduración funcional continúa en el epidídimo.

Cabeza y acrosoma

La cabeza contiene un **núcleo haploide muy condensado**. El acrosoma cubre su extremo anterior y contiene enzimas que intervienen en la interacción del gameto con las cubiertas del ovocito.

> La **hialuronidasa** facilita el paso entre las células del cúmulo al actuar sobre su matriz. El contacto con la zona pelúcida y su penetración requieren otros componentes y mecanismos. [1]

Cuello y segmentos de la cola

- **Cuello.** Conecta la cabeza y la cola mediante el aparato de unión asociado a los centríolos.
- **Segmento medio.** Una vaina mitocondrial rodea el eje del flagelo.
- **Segmento principal.** La vaina fibrosa permite distinguirlo del segmento medio en un corte transversal.
- **Segmento terminal.** Desaparecen las cubiertas accesorias y queda fundamentalmente el axonema rodeado por membrana plasmática.

El axonema es el armazón microtubular del flagelo. Su patrón 9 + 2 corresponde a **nueve dobletes periféricos** alrededor de dos microtúbulos centrales. No son nueve microtúbulos individuales: cada elemento periférico es un doblete. La analogía con los filamentos internos de un cable permite imaginar cómo varias estructuras longitudinales organizadas forman un conjunto único; en el flagelo, además, esa organización permite generar movimiento.

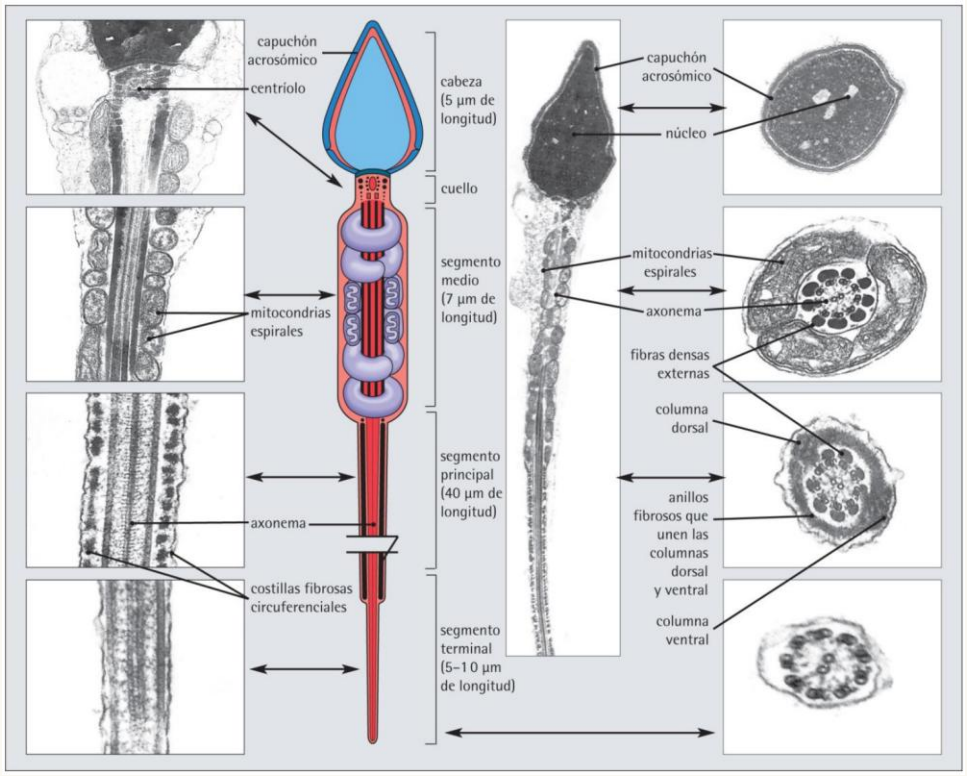


Figura 16. Relación entre los segmentos del espermatozoide y su ultraestructura. Los cortes transversales permiten comparar el axonema, las mitocondrias y las cubiertas accesorias a distintas alturas. Fuente: presentación, diapositiva 15.

Las alteraciones de la organización axonemal pueden reducir la **motilidad** espermática y contribuir a la infertilidad. La presencia de espermatozoides, por sí sola, no demuestra que puedan desplazarse de manera eficaz ni completar la fecundación.

Células de Sertoli y barrera hematotesticular

Morfología y relación con la línea germinal

Las células de Sertoli son **células altas** que se extienden desde la lámina basal hasta la superficie luminal del epitelio seminífero. Su **núcleo** suele ser **claro**, de **contorno irregular** y con **nucléolo prominente**. El citoplasma emite prolongaciones que rodean a las células germinales; sus límites son difíciles de seguir en una tinción habitual porque se intercalan entre numerosas células en desarrollo.

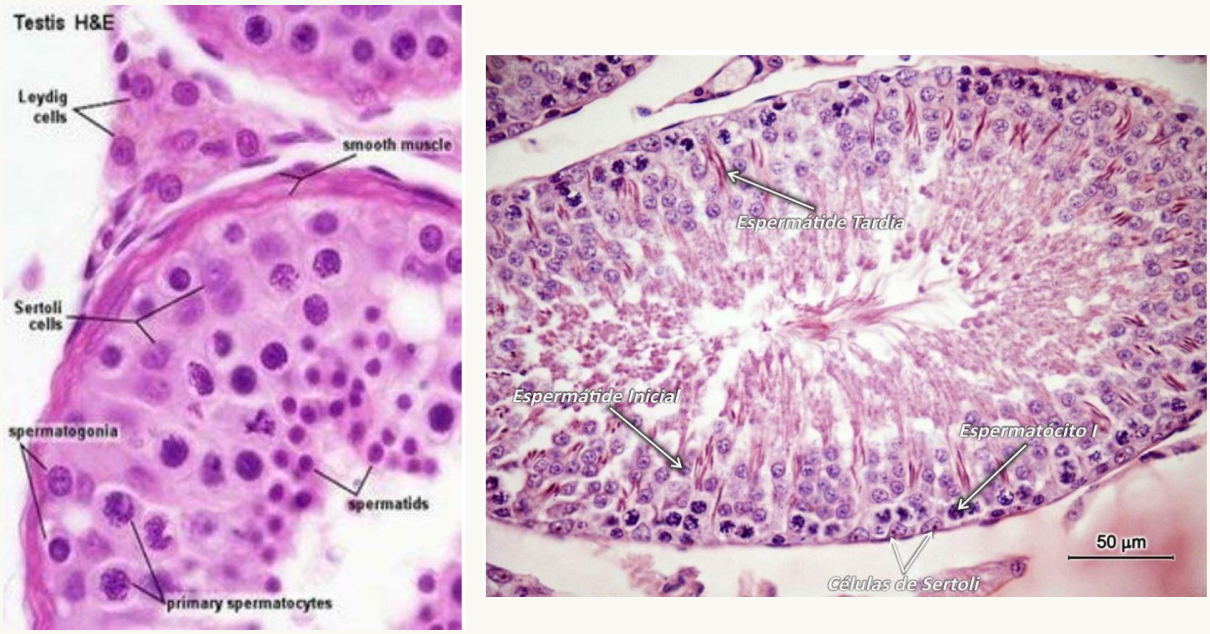


Figura 17. Micrografías del epitelio seminífero. Los núcleos claros de Sertoli contrastan con la cromatina más densa de muchas células germinales. Fuente: presentación, diapositiva 16.

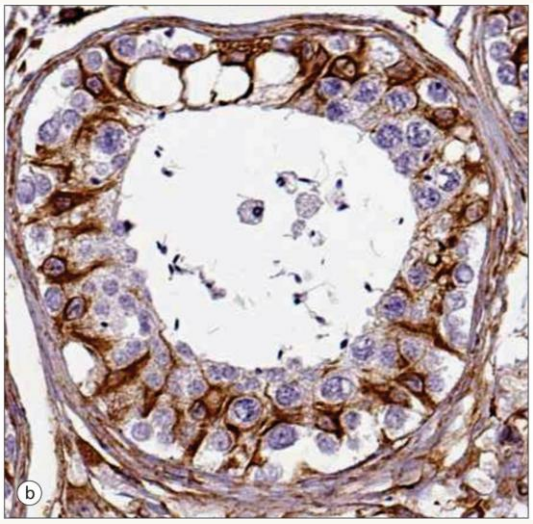


Figura 18. Inmunotinción para vimentina que resalta las células de Sertoli. La señal marrón muestra su extensión desde la periferia hasta la luz y sus prolongaciones alrededor de las células germinales. Fuente: presentación, diapositiva 17.

El **sostén** proporcionado por Sertoli es **físico** y **metabólico**. Las células germinales se desarrollan en estrecha relación con su superficie y reciben un microambiente adecuado para diferenciarse. Sertoli también **retira** los **cuerpos residuales** de la espermiogénesis mediante **fagocitosis**, lo que evita su acumulación en el epitelio.

Compartimientos basal y adluminal

Las **uniones oclusivas entre células de Sertoli** forman la **barrera hematotesticular**. Su posición dentro del epitelio delimita dos ambientes.

- **Compartimiento basal.** Alberga las espermatogonias, próximas a la lámina basal.
- **Compartimiento adluminal.** Aloja las etapas posteriores de la meiosis y la diferenciación de las espermátidas hacia la luz.

Su función es **controlar el intercambio** y **proteger el ambiente** donde maduran las células germinales. Durante la diferenciación aparecen **antígenos** que podrían desencadenar una respuesta inmunitaria si quedaran expuestos de forma inadecuada. La necesidad de protección no se debe simplemente a que una célula tenga 23 cromosomas: depende de sus características antigénicas y del contexto inmunológico.

La analogía de un **control migratorio** permite comprender que el paso entre compartimientos es regulado. Los espermatocitos en etapas tempranas atraviesan la región de uniones mediante una reorganización coordinada de estas, sin dejar permanentemente abierto el compartimiento adluminal. Una alteración de esta protección puede contribuir a **problemas de fertilidad**.

Secreciones de Sertoli

- **Hormona antimülleriana (AMH).** Durante el desarrollo embrionario induce la regresión de los conductos de Müller.
- **Proteína ligadora de andrógenos (ABP).** Une andrógenos y mantiene una concentración elevada en el ambiente tubular. Así, la testosterona producida por Leydig puede ejercer su acción local sobre la espermatogénesis.
- **Inhibina B.** Participa en la retroalimentación negativa del eje reproductor.

> La inhibina B reduce principalmente la secreción de **FSH en la adenohipófisis**. Este es el sitio de acción que corresponde al efecto atribuido al hipotálamo en la transcripción. [2]

Células de Leydig y control endocrino

Organización del compartimiento intersticial

- **Localización y aspecto.** Las células de Leydig forman grupos entre los túbulos, próximos a los vasos. Su **citoplasma eosinófilo** contiene enzimas para **sintetizar esteroides**.
  - Puede encontrarse **lipofuscina**, pigmento derivado de la degradación intracelular.

- Después de la pubertad pueden aparecer **cristaloides de Reinke**, inclusiones proteicas cuya presencia varía de una célula a otra.

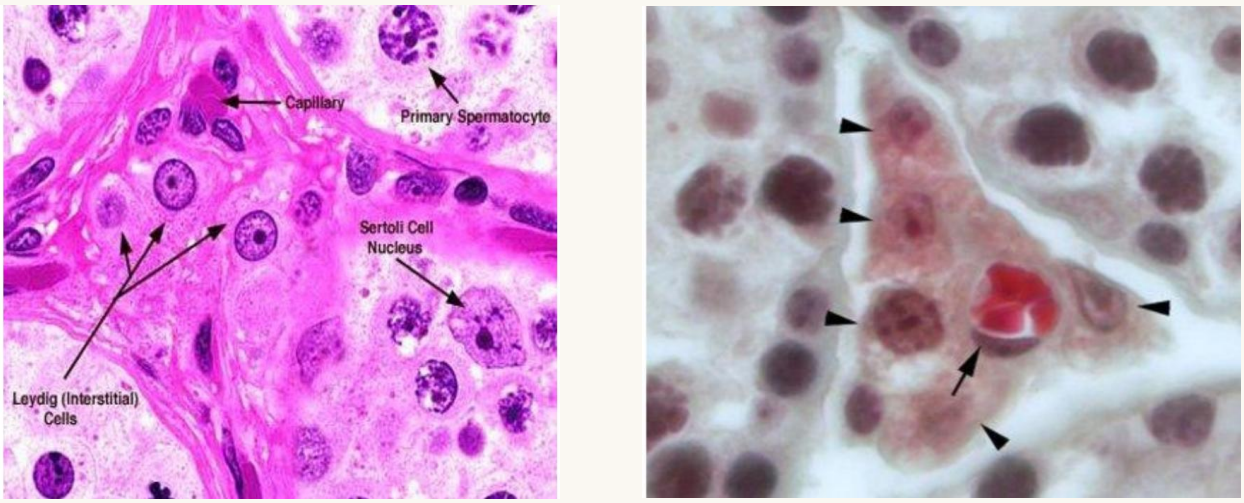


Figura 19. Morfología de las células intersticiales de Leydig y detalle de inclusiones citoplasmáticas señalado en el material original. Su localización fuera del epitelio seminífero es el criterio de orientación inicial. Fuente: presentación, diapositiva 18.

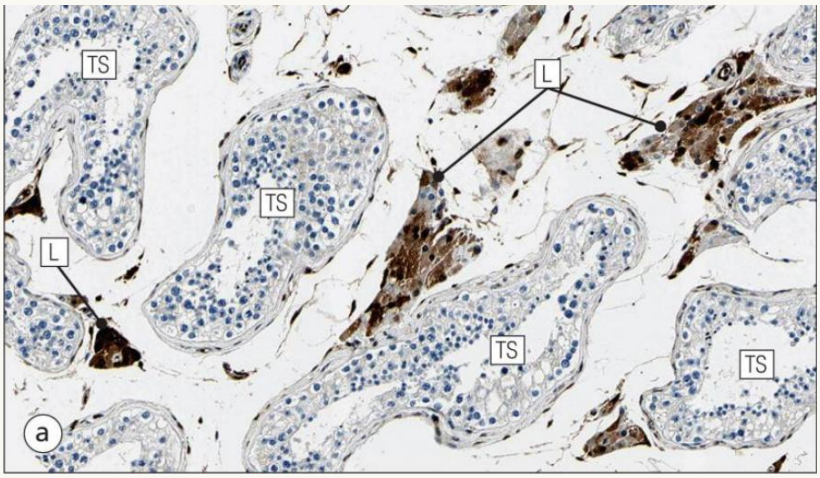


Figura 20. Inmunotinción de una enzima de biosíntesis de testosterona. Las islas oscuras de Leydig (L) se distribuyen entre los túbulos seminíferos (TS). Fuente: presentación, diapositiva 18.

La relación íntima con vasos y nervios caracteriza este compartimiento. Los vasos transportan la **hormona luteinizante**, o LH, hasta Leydig y reciben la testosterona sintetizada a partir del colesterol. La organización vascular hace posible que una señal originada en la hipófisis modifique la actividad de células situadas en el testículo.

Eje hipotálamo-hipófisis-testículo

La **GnRH** del hipotálamo estimula a la adenohipófisis. Desde allí salen dos señales que llegan al testículo por la sangre.

- **LH → Leydig.** La hormona luteinizante estimula la síntesis de testosterona a partir de colesterol.

- **FSH → Sertoli.** La hormona foliculoestimulante favorece el sostén de la línea germinal y la producción de ABP.

La testosterona permite mantener la espermatogénesis y la estructura y función de las vías y glándulas accesorias. Durante la pubertad participa en el desarrollo de los caracteres sexuales, y en el adulto contribuye a su mantenimiento. Un **déficit de andrógenos** puede acompañarse de atrofia epitelial y de disminución parcial o cese de la producción de espermatozoides.

La regulación incluye **retroalimentación negativa**: los andrógenos limitan la estimulación del eje, mientras que la inhibina B modula principalmente la FSH hipofisaria. La función exocrina y la endocrina quedan así coordinadas: producir gametos requiere tanto células germinales como un entorno de sostén y señales hormonales apropiadas.

La aromatasa puede convertir **testosterona en estradiol**. El esquema hormonal original sitúa «colesterol + estradiol» antes de la testosterona. El precursor de la síntesis de testosterona es el colesterol. [3]

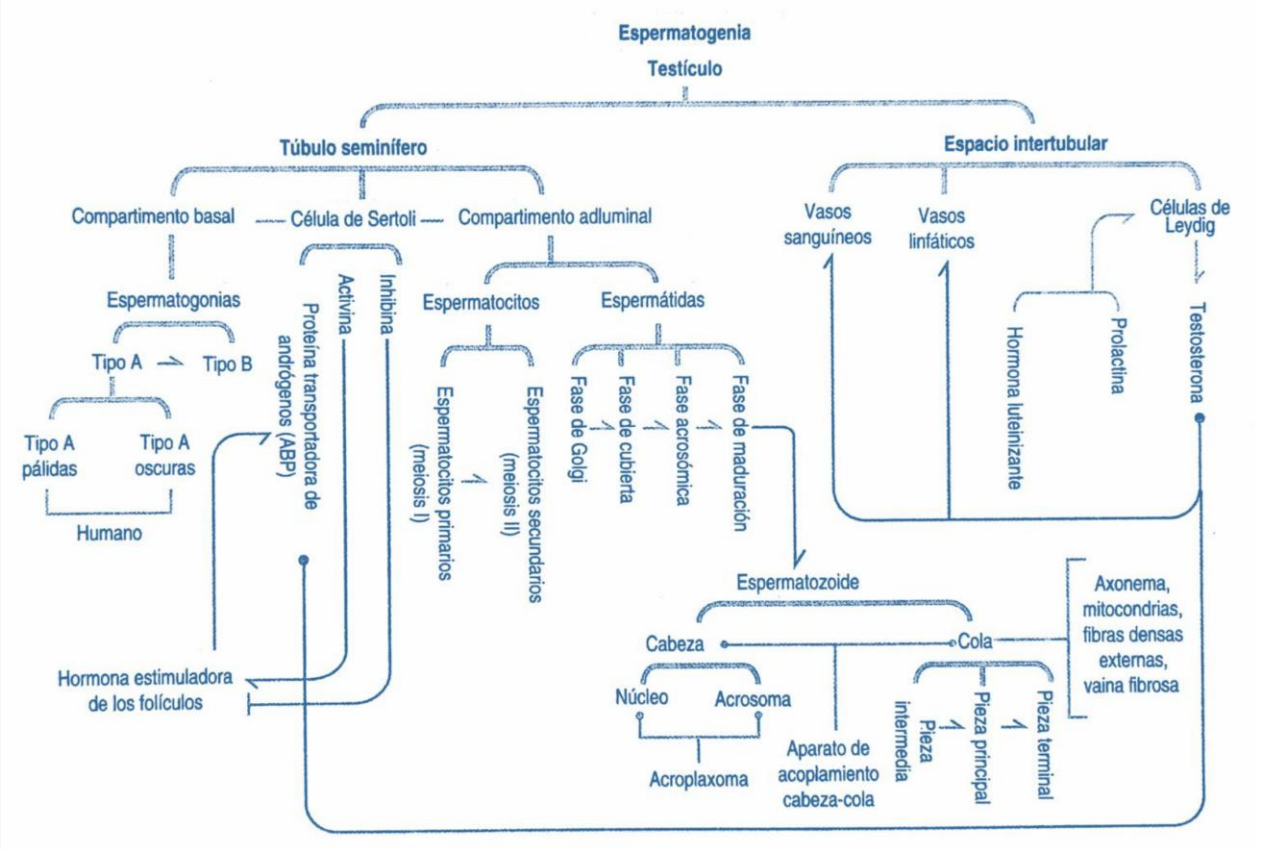


Figura 21. Esquema integrador original del testículo. Relaciona compartimientos, línea germinal, Sertoli y Leydig con la estructura final del espermatozoide. Activina y prolactina aparecen como rótulos complementarios, sin un desarrollo específico en la explicación oral. Fuente: presentación, diapositiva 32.

Vías espermáticas

Túbulos rectos y rete testis

El producto de los túbulos seminíferos alcanza los túbulos rectos y, a través de ellos, la **rete testis**. En la transición desaparece la organización germinal estratificada. En el tramo inicial de los túbulos rectos persisten células de Sertoli y el revestimiento se hace más bajo. La rete testis forma una red de canales interconectados en el mediastino, revestidos por **epitelio simple cúbico o cilíndrico bajo, con microvellosidades**.

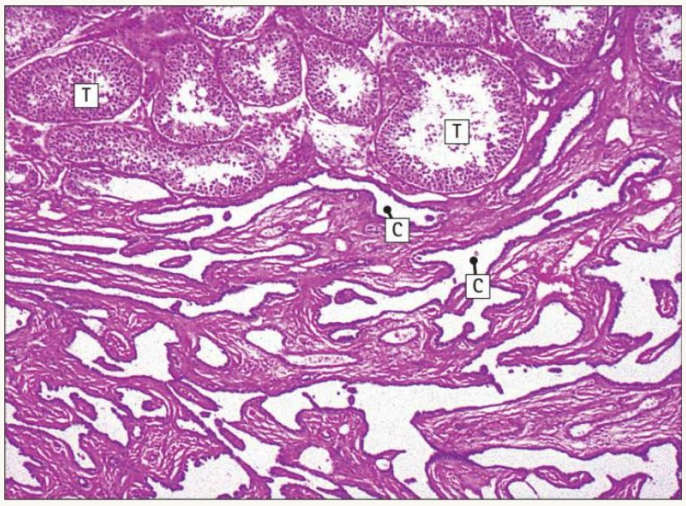


Figura 22. Rete testis. Los canales interconectados (C) se distinguen de los túbulos seminíferos (T) por su revestimiento bajo y por carecer de las múltiples capas de células germinales. Fuente: presentación, diapositiva 19.

En un corte, estos canales pueden verse irregulares o parcialmente aplanados. Su función es recoger y conducir el contenido procedente del parénquima testicular. A continuación se encuentran los **conductillos eferentes**, que llevan los espermatozoides hacia la cabeza del epidídimo. El término eferente debe distinguirse de deferente: designan segmentos diferentes del recorrido.

Conductillos eferentes

Los conductillos eferentes presentan un epitelio con alternancia de células ciliadas altas y células no ciliadas absortivas, más bajas. Esta diferencia de altura produce un **borde luminal ondulado o festoneado**. Las células absortivas retiran parte del líquido y los cilios colaboran con el desplazamiento del contenido.

Por fuera se reconoce una capa circular de músculo liso. Sus contracciones impulsan el contenido mediante **peristaltismo**. Por tanto, el transporte depende de la pared y del movimiento del líquido, y no exige que los espermatozoides recién liberados ya posean una motilidad plenamente funcional.

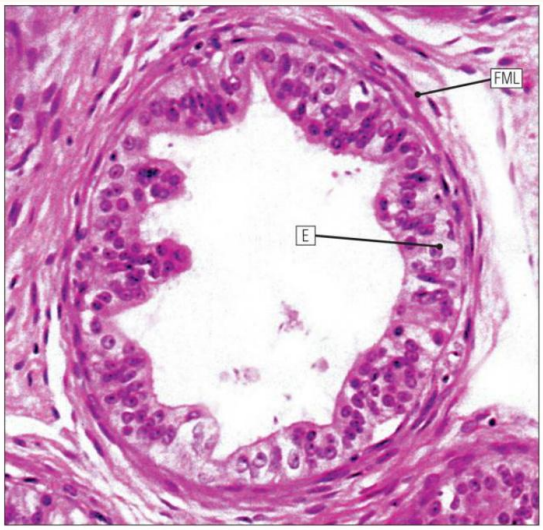


Figura 23. Conductillo eferente. E señala el epitelio de altura irregular y FML la capa de fibras musculares lisas. La alternancia epitelial explica el contorno festoneado de la luz. Fuente: presentación, diapositiva 19.

Epidídimo

El **epidídimo** se dispone sobre el borde posterior del testículo y se divide en **cabeza**, **cuerpo** y **cola**. Un único conducto muy enrollado mide unos **5 m** dentro de un órgano de aproximadamente **5 cm**. Un corte atraviesa distintas vueltas de ese conducto.

- **Epitelio cilíndrico seudoestratificado.** Predominan las células principales y basales. También se describen células claras, estrechas, apicales y en halo.
  - Las células principales poseen **estereocilios**, microvellosidades largas que amplían la superficie de intercambio para la absorción y la secreción.

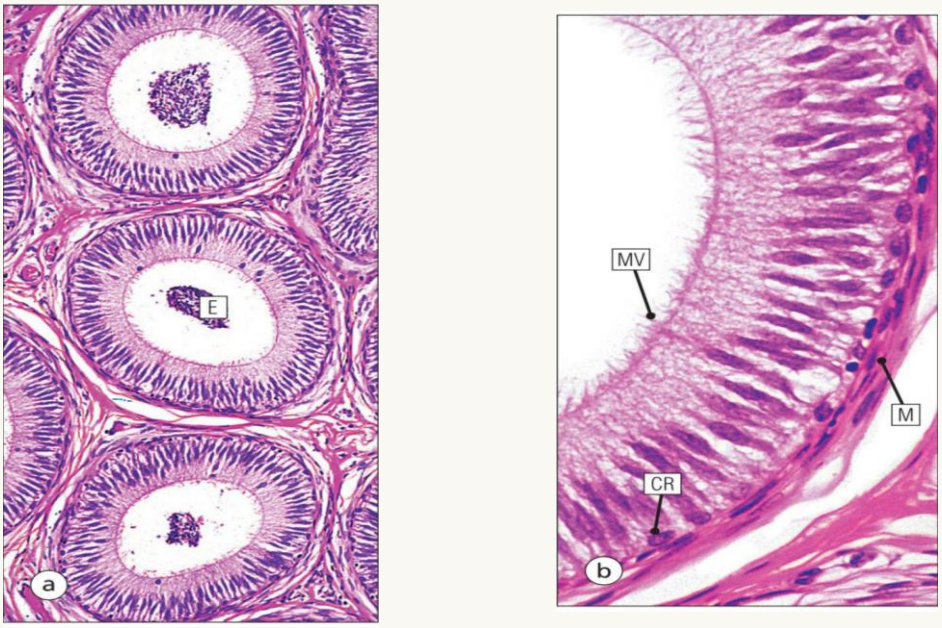


Figura 24. Epidídimo a dos aumentos. E indica espermatozoides en la luz; MV, estereocilios; CR, pequeñas células basales; y M, músculo liso. El borde apical largo contrasta con el epitelio mixto de los conductillos eferentes. Fuente: presentación, diapositiva 20.

Las **células principales** modifican el ambiente luminal y secretan proteínas que se asocian con la **superficie espermática**. Durante el tránsito epididimario, los espermatozoides adquieren propiedades necesarias para su motilidad y para la interacción posterior con el ovocito. El órgano también participa en su almacenamiento, especialmente hacia la cola.

> El término **capacitación** se reserva para cambios posteriores a la eyaculación, normalmente en el tracto genital femenino o en un medio apropiado in vitro. La maduración epididimaria prepara al gameto para estos cambios y para la posterior hiperactivación. [4]

La pared muscular favorece el transporte por **peristaltismo** y se desarrolla más hacia la cola. Los estereocilios intervienen en el intercambio con la luz, pero no baten para impulsar espermatozoides. Esta separación de funciones permite relacionar cada estructura con su tarea: epitelio para modificar el medio y músculo para movilizar el contenido.

> La introducción directa de un espermatozoide en el ovocito se llama **inyección intracitoplasmática (ICSI)**. Permite sortear pasos de interacción con el ovocito que pueden estar comprometidos cuando falla la maduración espermática. [6]

Conducto deferente y ampolla

- **Mucosa.** El epitelio cilíndrico seudoestratificado con estereocilios forma pliegues longitudinales. En un corte transversal esos pliegues delimitan una luz pequeña y estrellada.
- **Pared muscular.** Su **gran espesor** destaca incluso a bajo aumento. Durante la eyaculación genera contracciones peristálticas potentes.
  - De dentro hacia fuera se distinguen tres capas de músculo liso.
    - **Longitudinal interna → circular media → longitudinal externa.**

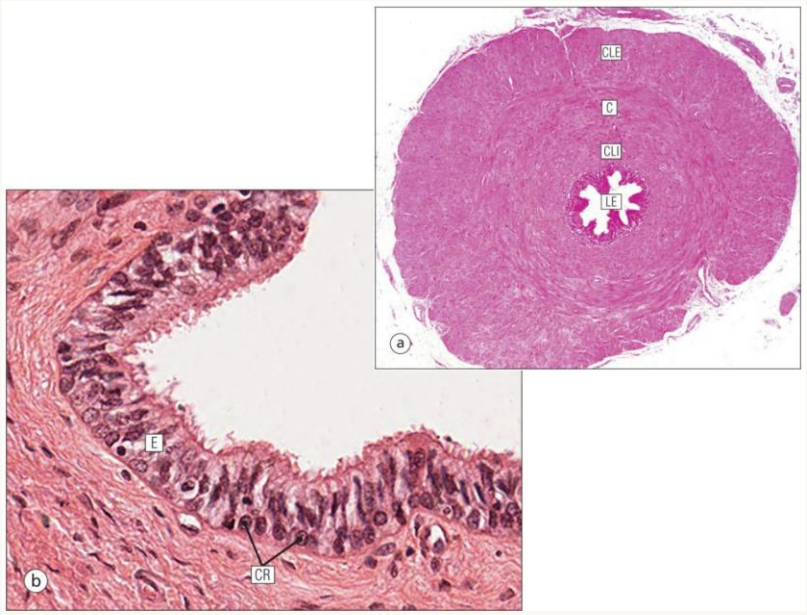


Figura 25. Conducto deferente a bajo y alto aumento. Se reconocen la luz estrellada, las tres capas musculares y los pliegues de la mucosa. Sus prolongaciones apicales son estereocilios. Fuente: presentación, diapositiva 21.

La porción distal se dilata formando la **ampolla**, cuya mucosa presenta pliegues más altos y ramificados. Su unión con el conducto de la vesícula seminal da origen al **conducto eyaculador**. En el cordón espermático, el deferente se acompaña de arterias, nervios, el plexo venoso pampiniforme y el músculo cremáster.

Glándulas accesorias y conductos eyaculadores

Vesículas seminales

Las vesículas seminales se ubican por **detrás de la vejiga** y están formadas por estructuras tubulares muy contorneadas. Su mucosa produce **pliegues altos y ramificados** que ocupan gran parte de la luz. En una sección, estos pliegues crean un dibujo complejo, con múltiples espacios que pertenecen a una misma cavidad plegada.

El epitelio es **cilíndrico secretor**, con **células basales intercaladas**. Los pliegues poseen un eje de tejido conectivo correspondiente a la **lámina propia**. Por fuera hay músculo liso, cuya contracción expulsa el contenido hacia el conducto eyaculador. La semejanza con una mucosa que «sube y baja» ayuda a reconocer el plegamiento, pero la identificación requiere observar también el epitelio, el contenido luminal y la pared.

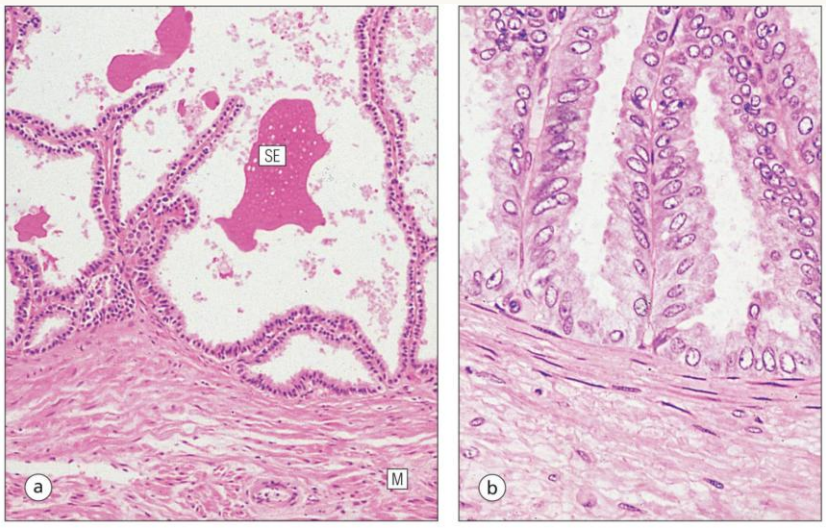


Figura 26. Vesícula seminal. Los pliegues elevados contienen lámina propia y están cubiertos por epitelio secretor. SE señala secreción eosinófila y M la envoltura muscular. Fuente: presentación, diapositiva 22.

La secreción contiene:

- **Fructosa.** Aporta sustrato energético a los espermatozoides.
- **Prostaglandinas y proteínas de coagulación seminal.** También forman parte de la secreción vesicular.

Las vesículas aportan aproximadamente el **70–80 % del volumen seminal** en la estimación utilizada en la clase. Como el semen contiene las secreciones de varias glándulas, su volumen puede variar independientemente del número de espermatozoides.

Reconocimiento del epidídimo, el deferente y la vesícula seminal

En los tres cortes, conviene empezar a bajo aumento. La pared gruesa orienta hacia el deferente y los pliegues ramificados hacia la vesícula seminal. En el epidídimo, el aumento mayor confirma el borde de estereocilios y permite distinguir los espermatozoides en la luz.



Figura 27. Comparación original de epidídimo, conducto deferente y vesícula seminal. La identificación depende del conjunto de luz, epitelio y muscular, no de la forma de la luz por sí sola. Fuente: presentación, diapositiva 23.

Tabla 2. Rasgos comparativos de las vías y la vesícula seminal

Estructura	Epitelio o mucosa	Luz y contenido	Muscular
Conductillo eferente	Células altas ciliadas alternan con células absortivas bajas.	Borde festoneado.	Capa circular lisa.
Epidídimo	Seudoestratificado con estereocilios.	Frecuentes espermatozoides.	Menos gruesa que en el deferente; aumenta hacia la cola.
Conducto deferente	Seudoestratificado; pliegues longitudinales.	Luz relativamente pequeña y estrellada.	Muy gruesa; longitudinal, circular, longitudinal.
Vesícula seminal	Secretor con células basales; pliegues altos y ramificados.	Cavidad irregular con secreción.	Expulsa la secreción; menos dominante que en el deferente.

Próstata

La próstata es una glándula accesoria de gran importancia, de forma aproximadamente semejante a una castaña, que **rodea la uretra prostática**. Está formada por numerosas unidades glandulares cuyos conductos desembocan en la uretra, incluidas en un **estroma fibromuscular**. El lumen central relacionado con la vía urinaria debe distinguirse de las muchas luces glandulares que se observan alrededor.

Se reconocen **zonas central, de transición y periférica**. La clasificación por zonas ayuda a comprender la distribución de las enfermedades, aunque no debe equipararse sin matices con una

sucesión de anillos de glándulas. El esquema original emplea también una organización descriptiva en glándulas periuretrales, submucosas y periféricas.

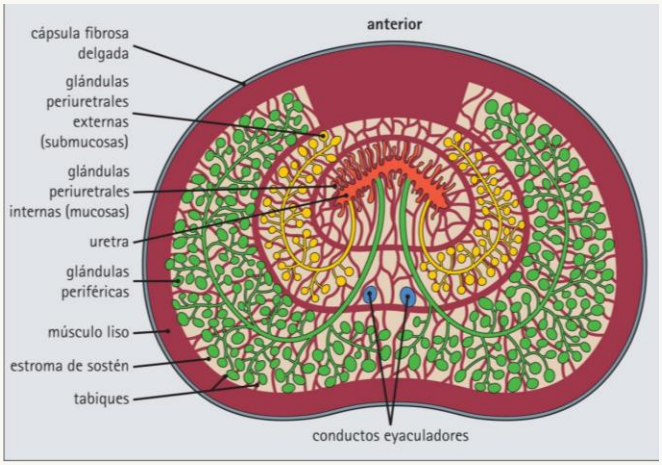


Figura 28. Organización glandular de la próstata alrededor de la uretra y relación con el estroma. La clasificación glandular del dibujo no sustituye la distinción anatómica entre zonas central, de transición y periférica. Fuente: presentación, diapositiva 24.

El epitelio presenta células cilíndricas secretoras, de citoplasma relativamente claro, y células basales pequeñas. Puede formar **prolongaciones papilares** hacia la luz. El aspecto claro se relaciona con la organización del producto de secreción y no debe confundirse automáticamente con una vacuola patológica. Entre las glándulas se encuentra tejido fibrocolagenoso y músculo liso.

- **Secreción prostática.** La fosfatasa ácida, el antígeno prostático específico (PSA) y la β-microseminoproteína se incorporan al plasma seminal.
- **Cuerpos amiláceos.** Son concreciones intraluminales de material de secreción y restos celulares, dispuestos en láminas concéntricas. Pueden calcificarse y son más frecuentes con la edad.
  - Los **50 años** son una referencia orientativa. Una concreción aislada puede aparecer como parte de la histología habitual.

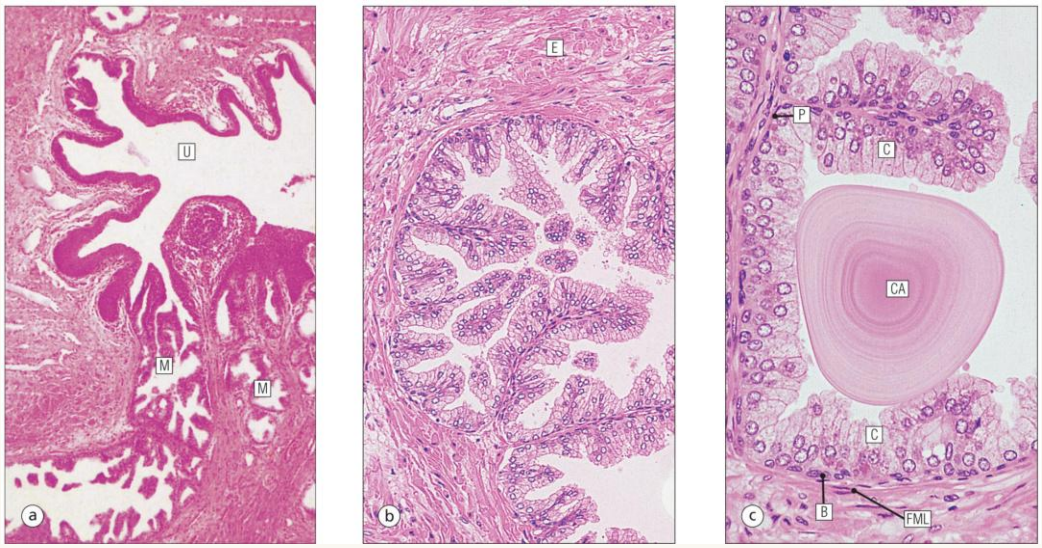


Figura 29. Próstata a distintos aumentos. U corresponde a uretra; E, al estroma; C y B, a células cilíndricas y basales; P, a una prolongación papilar; y CA, a cuerpos amiláceos. Fuente: presentación, diapositiva 25.

Hiperplasia prostática benigna y adenocarcinoma

En la **hiperplasia prostática benigna** aumentan las células glandulares y estromales, sobre todo cerca de la uretra. La hiperplasia implica proliferación celular. El aumento de tamaño de una célula individual se denomina hipertrofia.

> La localización predominante es la **zona de transición**. La formulación «central y de transición» puede confundir la región próxima a la uretra con la zona central anatómica. [5]

La relación con la uretra explica la repercusión urinaria. Al aumentar el tejido que la rodea, puede estrecharse su luz y **dificultarse el vaciamiento vesical**. Esto puede acompañarse de síntomas como **aumento de la frecuencia miccional**. La explicación anatómica no implica que todo síntoma urinario de un adulto mayor tenga necesariamente esta causa.

El **adenocarcinoma prostático** es una proliferación maligna glandular que se origina con mayor frecuencia en la **zona periférica**. Su crecimiento infiltrativo altera la arquitectura y permite encontrar pequeñas glándulas tumorales entre estructuras del tejido. La comparación histológica busca diferenciar una proliferación benigna de una lesión que invade el estroma, no solo comparar tamaños de luces.

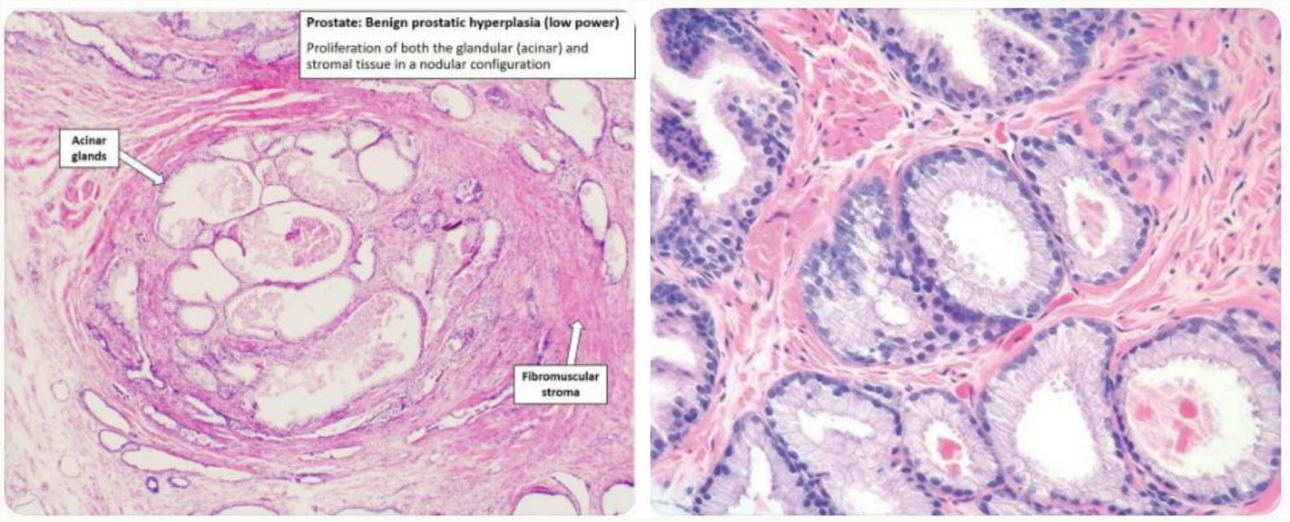


Figura 30. Hiperplasia prostática benigna a la izquierda y adenocarcinoma a la derecha. El crecimiento glandular y estromal benigno se distingue del patrón infiltrativo maligno; la arquitectura prostática normal aparece en la figura anterior. Fuente: presentación, diapositiva 27.

La proximidad de la región posterior de la próstata al recto permite explorar parte de su superficie mediante **tacto rectal**. Una induración o irregularidad puede orientar la evaluación, pero el tacto no confirma ni excluye por sí solo un cáncer. La confirmación histológica se realiza mediante el estudio de tejido cuando está indicada. Esta relación entre localización y accesibilidad explica el valor anatómico de la exploración, sin convertirla en una regla diagnóstica absoluta.

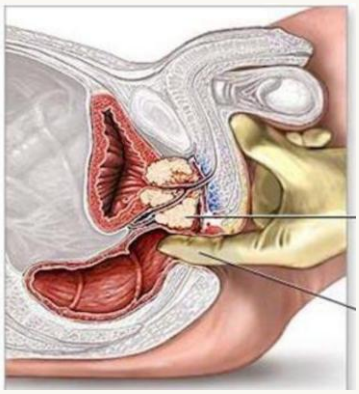


Figura 31. Relación anatómica entre recto y próstata. El dibujo ilustra el acceso a la superficie posterior mediante palpación. Fuente: presentación, diapositiva 26.

Conductos eyaculadores

Cada conducto eyaculador se forma por la **unión del conducto de una vesícula seminal con el extremo distal del deferente**. Es un trayecto corto, presentado con una longitud aproximada de 1 cm en la clase, que atraviesa la próstata y desemboca en la uretra prostática. Conduce conjuntamente el contenido de las vías espermáticas y la secreción vesicular.

La uretra recibe así el contenido que procede del deferente y de las vesículas seminales, además de las secreciones prostáticas que desembocan en ella por sus propios conductos.

Glándulas bulbouretrales

- **Glándulas bulbouretrales o de Cowper.** Son pequeñas glándulas mucosas cuya secreción acuosa lubrica la vía antes del paso del semen.
  - Entre sus componentes se encuentran azúcares, como la galactosa, y ácido siálico.

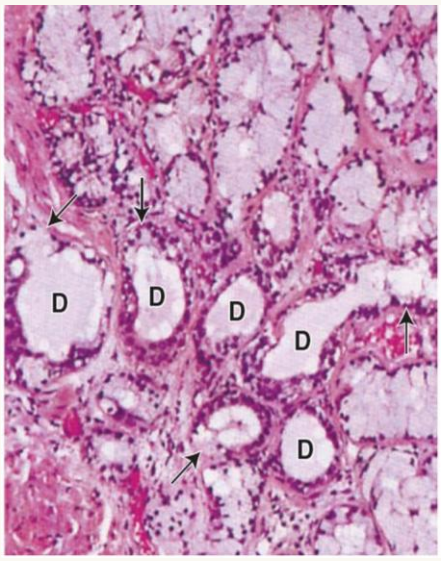


Figura 32. Glándula bulbouretral con unidades secretoras mucosas de aspecto claro. D identifica conductos en la micrografía original. Fuente: presentación, diapositiva 28.

El carácter mucoso del producto se relaciona con un **citoplasma de aspecto claro** en las preparaciones habituales. Este patrón permite contrastarlas con glándulas de secreción serosa, que suelen mostrar regiones más basófilas y oscuras. La palidez aislada no basta para identificar el órgano, pero adquiere valor al combinarla con la organización glandular y la localización anatómica.

Pene y mecanismo de erección

Organización del tejido eréctil

- **Dos cuerpos cavernosos dorsales.** Constituyen el par de **masas eréctiles** que se reconocen a ambos lados del plano medio.
- **Un cuerpo esponjoso ventral. Rodea la uretra**. Localizar su luz permite orientar el corte.

La **túnica albugínea fibrocolagenosa** delimita los cuerpos eréctiles y se continúa con tabiques de sostén.

El tejido eréctil presenta espacios vasculares revestidos por endotelio y separados por trabéculas con tejido conectivo y músculo liso. También contiene **arterias helicinas** que participan en el aporte sanguíneo. Es importante distinguir los espacios cavernosos de las arterias: ambos pertenecen al sistema vascular, pero no todas las cavidades claras del corte son secciones de arterias con una pared muscular propia.

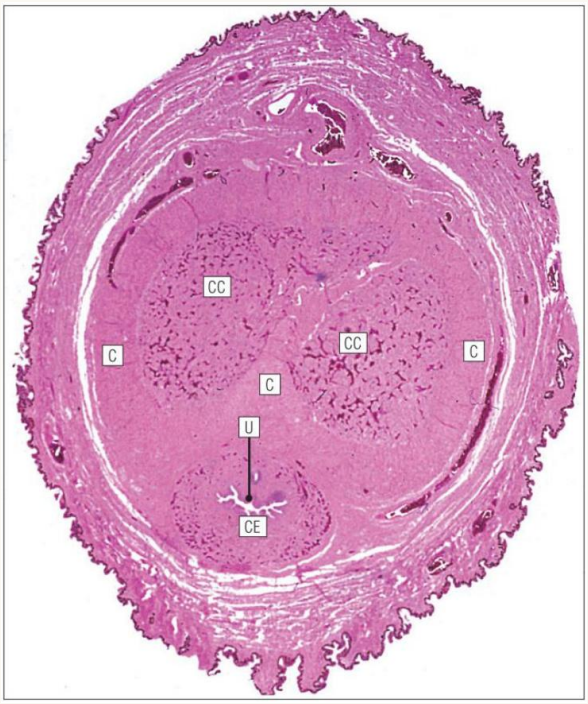


Figura 33. Corte transversal del pene. U identifica la uretra; CE, el cuerpo esponjoso; y CC, los cuerpos cavernosos. Fuente: presentación, diapositiva 29.

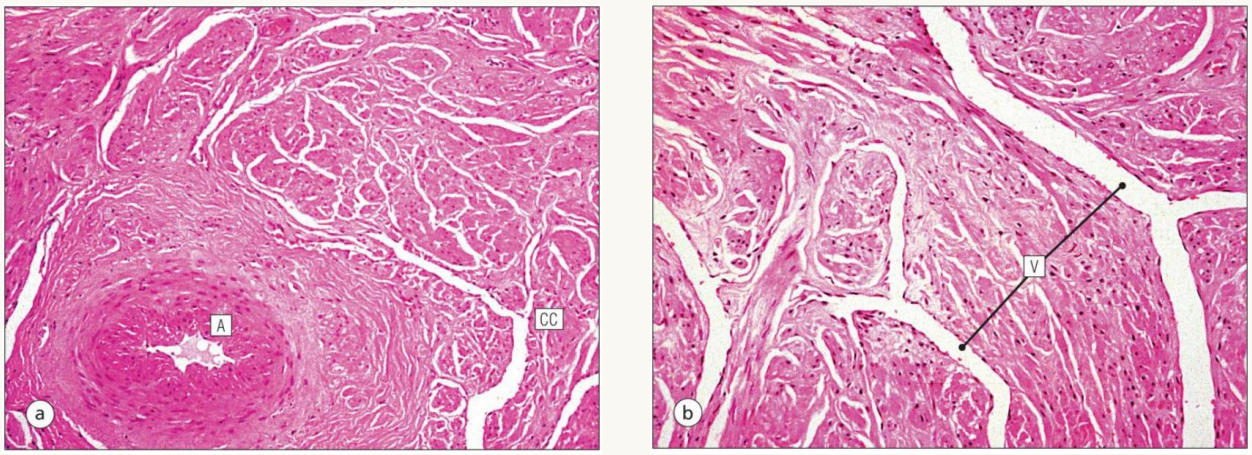


Figura 34. Detalles del tejido eréctil. A señala una arteria y V vasos venosos; los espacios cavernosos se distribuyen entre las trabéculas. Fuente: presentación, diapositiva 29.

Llenado vascular y acción de la PDE5

Ante la estimulación, el **óxido nítrico (NO)** aumenta la concentración de **GMPc** (guanosín monofosfato cíclico). El GMPc relaja el músculo liso trabecular y vascular. La sangre entra en los espacios eréctiles, aumenta su volumen y se produce la erección.

- **PDE5.** Esta fosfodiesterasa degrada el GMPc. Al disminuir la señal, el músculo recupera su tono y se reduce el llenado vascular.
  - **Sildenafilo, tadalafilo y vardenafilo** inhiben la PDE5. Al frenar la degradación del GMPc prolongan el efecto de la señal iniciada por la estimulación.

Integración del recorrido espermático

La organización histológica cambia conforme cambia la tarea del sistema. El **epitelio seminífero** contiene células en diferenciación y un sostén especializado; los primeros conductos reciben el producto y modifican el líquido; el epidídimo permite maduración y almacenamiento; y el **deferente** desarrolla una pared capaz de impulsar el contenido con fuerza. Las **glándulas accesorias** agregan secreciones antes de que el semen recorra la **uretra**.

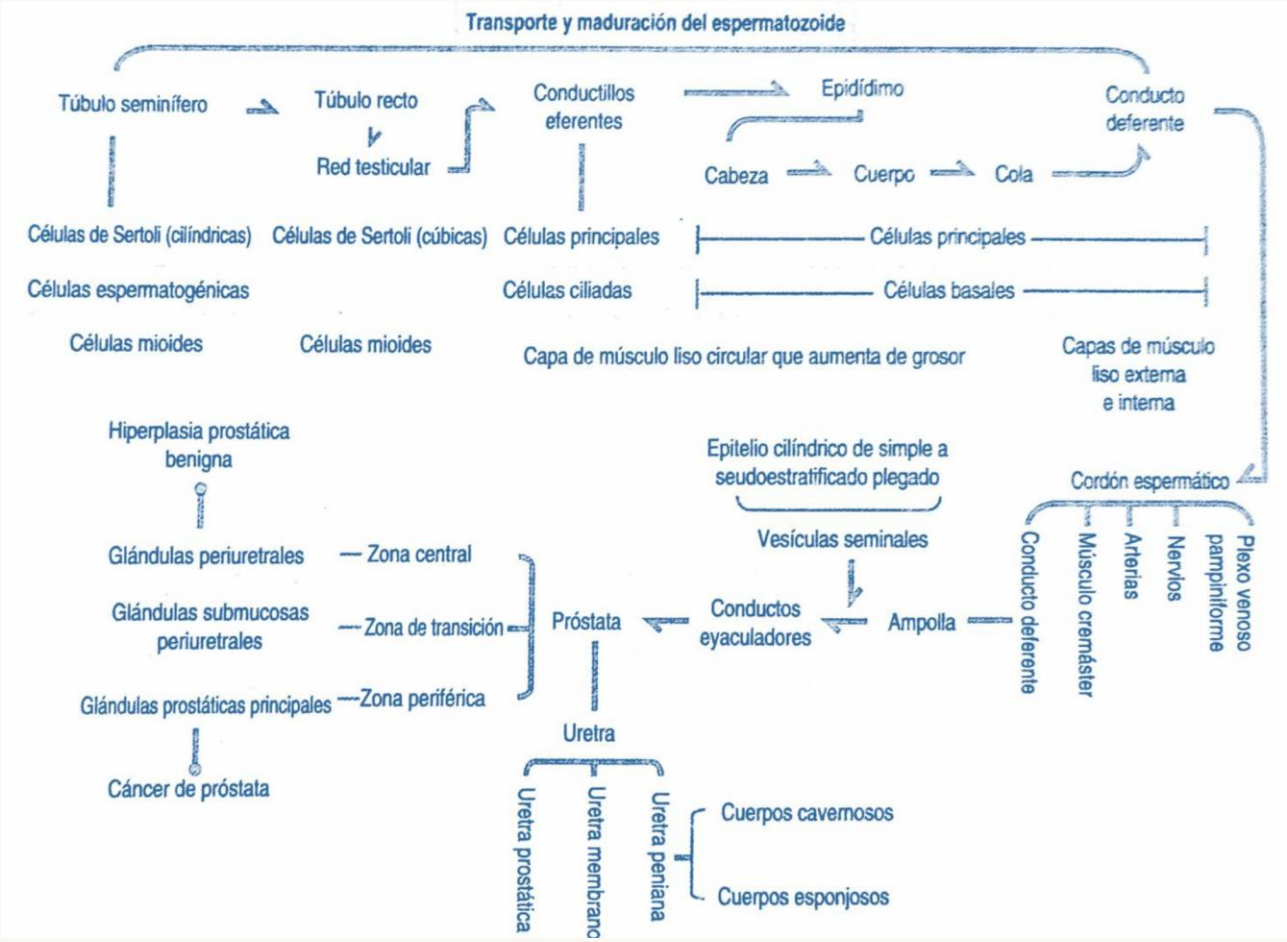


Figura 35. Esquema original de transporte y maduración. La lectura sigue túbulo seminífero, túbulo recto, rete testis, conductillos eferentes, epidídimo, deferente y conductos eyaculadores. Para la localización de la hiperplasia prostática debe prevalecer la precisión sobre la zona de transición desarrollada en el texto. Fuente: presentación, diapositiva 33.

La capacidad reproductiva depende de la continuidad entre **producción, protección, maduración, transporte y función del gameto**. Un defecto de la barrera hematotesticular, de la organización del flagelo o de la maduración epididimaria puede comprometer etapas distintas de ese mismo proceso. Reconocer dónde se encuentra una estructura y qué función cumple permite comprender tanto su aspecto normal como las correlaciones clínicas elementales.

Fuentes y precisiones académicas

Material principal. Histología del aparato reproductor masculino. Organismo Humano I, Prof. Camila Vera Montenegro, TM. Mg., Universidad de Valparaíso. La transcripción y las 33 diapositivas sustentan el contenido. Los pies de figura identifican la procedencia de cada recorte.

Bibliografía declarada en la presentación: Lowe, J. S.; Anderson, P. G.; Anderson, S. I. Stevens & Lowe. Histología humana, capítulo 16, pp. 327–344. La micrografía de glándula bulbouretral incluye además un crédito a Ross, Histología, Editorial Médica Panamericana, 2007. Estas referencias se reproducen como créditos del material recibido.

Las referencias siguientes se emplean únicamente para resolver discrepancias puntuales. Las precisiones se identifican junto al contenido correspondiente; no amplían el temario a una revisión bibliográfica general.

[1] Lin y colaboradores. «A hyaluronidase activity of the sperm plasma membrane protein PH-20 enables sperm to penetrate the cumulus cell layer surrounding the egg». Investigación experimental, 1994. Precisión de la función de la hialuronidasa. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8195297/

[2] Illingworth y colaboradores. «Inhibin-B: a likely candidate for the physiologically important form of inhibin in men». Estudio en hombres, 1996. Precisión del vínculo inhibina B–FSH hipofisaria. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8636325/

[3] Society for Endocrinology. You and Your Hormones, «Oestradiol». Precisión de la conversión de testosterona en estradiol por aromatasa. https://www.yourhormones.info/hormones/oestradiol/

[4] National Research Council. Contraceptive Research and Development, «Barrier Methods and Mucosal Immunologic Approaches». Precisión sobre capacitación en el tracto genital femenino. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK232750/

[5] American Urological Association. «Benign Prostatic Hyperplasia», material educativo para estudiantes de medicina. Precisión de hiperplasia como proliferación epitelial y muscular en la zona de transición. https://www.auanet.org/documents/education/AUA-MedStudent-BPH.pdf

[6] Human Fertilisation and Embryology Authority. «In vitro fertilisation». Precisión de la diferencia entre inseminación e inyección intracitoplasmática de un espermatozoide. https://www.hfea.gov.uk/treatments/explore-all-treatments/in-vitro-fertilisation-ivf/