

Aparato reproductor

INTRODUCCIÓN

El aparato reproductor se encarga de la supervivencia de la especie, mediante la reproducción sexual o intercambio de genes entre dos individuos de distinto sexo para generar otro individuo diferente.

En las especies **dioicas** (existen individuos masculinos y femeninos), como en la especie humana, en la que además hay **dimorfismo sexual** (el macho se diferente a la hembra), los individuos masculinos forman **espermatozoides** y los individuos femeninos forman **óvulos**.

Ambas células se forman en las gónadas, llamadas testículos en los hombre y ovarios en las mujeres. Se llaman **órganos o caracteres sexuales primarios** a aquellos órganos que forman ambos aparatos reproductores (presentes en el momento del nacimiento) mientras que se llaman **caracteres sexuales secundarios** a aquellos que diferencian al individuo masculino del femenino y que se desarrollan a partir de la pubertad, como la distribución del vello, la distribución de la grasa, el desarrollo de las glándulas mamarias en las hembras, el tono de la voz etc...

La unión de un espermatozoide y un óvulo, células con la mitad de cromosomas de la especie, recibe el nombre de **fecundación** y origina un individuo **diferente** a sus progenitores y probabilísticamente hablando **único e irrepetible** : no ha habido otro como él ni habrá otro después igual.

Anatomía del aparato reproductor masculino

GÓNADAS Y ÓRGANOS SEXUALES PRIMARIOS

El aparato reproductor masculino consta de varios órganos:

Los **testículos o gónadas**: se hallan situados dentro de una bolsa o **escroto** debajo de la pelvis. El testículo consta de un gran número de **túbulos seminíferos** en los que se producen los espermatozoides. Entre los túbulos están las **células intersticiales o de Leydig**, secretoras de testosterona. Los espermatozoides formados pasan al **epidídimo**, tubo de unos 6 metros que se continúa con el conducto deferente. Este último se dilata al final formando una **ampolla**. Las **vesículas seminales** se encuentran también a este nivel y son glándulas que segregan un material mucoso. La vesícula seminal y la ampolla forman el **conducto eyaculador** que desemboca en la uretra. También a nivel de la ampolla y de las vesículas seminales se encuentra la **próstata**, que segrega un líquido alcalino, de color claro y aspecto lechoso. Las secreciones de las vesículas seminales y de la próstata nutren y mantienen vivos a los espermatozoides. La **uretra** desemboca en el exterior, es un tubo común al aparato excretor y al aparato reproductor. Contiene también glándulas secretoras de moco. Recorre interiormente el **órgano copulador o pene**, mediante el cual se depositan los espermatozoides en la vagina femenina. El pene está formado por un **tejido eréctil** que puede dilatarse cuando la sangre arterial penetra en él a gran presión dando lugar a la erección del pene que permite la copulación.

Los espermatozoides formados en los **túbulos seminíferos**, siguen por los **túbulos del epidídimo** en los que adquieren la capacidad de moverse y por lo tanto de fertilizar al óvulo. Una pequeña cantidad de espermatozoides se almacena en el epidídimo, pero la mayor parte se encuentran en el conducto deferente y en la ampolla. Durante la **eyaculación** o salida del semen cada **vesícula seminal** vacía su contenido en el **conducto eyaculador** al mismo tiempo que el conducto deferente vacía los espermatozoides y la **próstata** vierte su secreción, que se une también a la masa del semen. Por lo tanto, el **semen** está constituido por **los líquidos del conducto deferente (espermatozoides), vesículas seminales, glándula prostática y glándulas mucosas de la uretra**. Se encuentran en un número de 80 a 100 millones por cc. En cada eyaculación se expulsa un volumen **de 2 a 6 cc**.

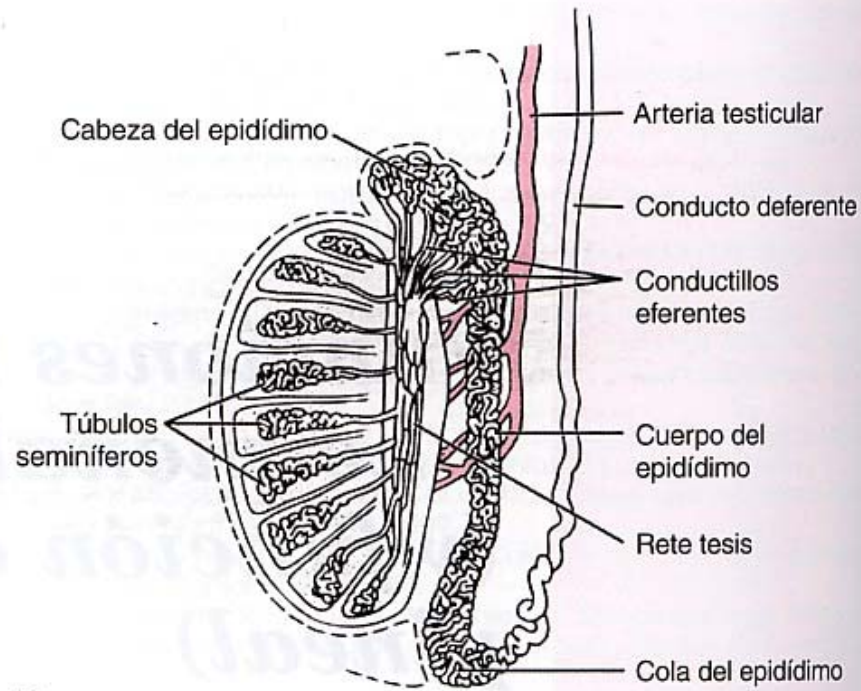
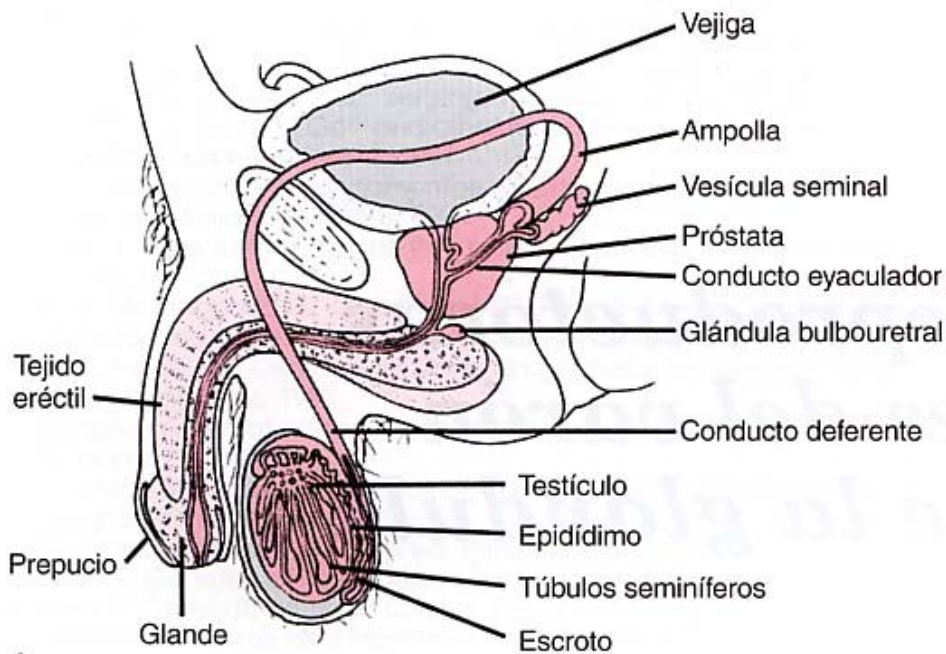


FIGURA 80-1. A, Aparato reproductor masculino. (Tomado con modificaciones de Bloom V y Fawcett DW: Textbook of Histology, 10th ed. Philadelphia, W.B. Saunders Company, 1975.) B, Estructura interna del testículo y relación del testículo con el epidídimo. (Tomado de Guyton AC: Anatomy and Physiology. Philadelphia, Saunders College Publishing, 1985.)

Según Guyton. Tratado de Fisiología Médica. 10ª edición.

Fisiología del aparato reproductor masculino

ESPERMATOGÉNESIS

La **espermatogénesis** o formación de los espermatozoides se produce a partir de la pubertad (± 13 años) de forma continua en los túbulos seminíferos del testículo. Se realiza a una temperatura 2 ó 3 grados inferior a la temperatura abdominal, por ello los testículos están situados en bolsas fuera de su lugar de formación en la cavidad abdominal.

Las células germinales inmaduras (las células madres de los gametos) son las **espermatogonias diploides**, que se dividen continuamente por mitosis.

Algunas dejan de dividirse y se diferencian a **espermaticitos de primer orden o primarios*** (células también diploides, $2n$), que empiezan a dividirse (Meiosis I). Se forman dos células con n cromosomas, llamadas **espermaticitos de segundo orden o secundarios**.

Estas células sufren la segunda división meiótica y se forman **4 espermátidas**, cada una de estas células tiene n cromosomas. En el caso del hombre las espermátidas contienen 23 cromosomas, cada uno con una cromátida.

Por un proceso de maduración llamado **espermioagénesis** las espermátidas se diferencian a **espermatozoides**. Cada espermatozoide mide unas $55 \mu\text{m}$ y consta de cabeza, cuello, cuerpo y cola. En la cabeza se encuentra el núcleo, en el cuerpo se acumulan las mitocondrias y la cola es un flagelo que le permite moverse. La meiosis tarda 24 horas en completarse y la espermioagénesis dura 9 semanas.

* ¡Atención!: Las células de **primer orden o primarias** (tanto ovocitos como espermaticitos) son las que sufren **la meiosis I** y las células de **segundo orden o secundarias** (tanto ovocitos como espermaticitos) son las que sufren **la meiosis II**. ¿Por qué os confundís tanto en los exámenes).

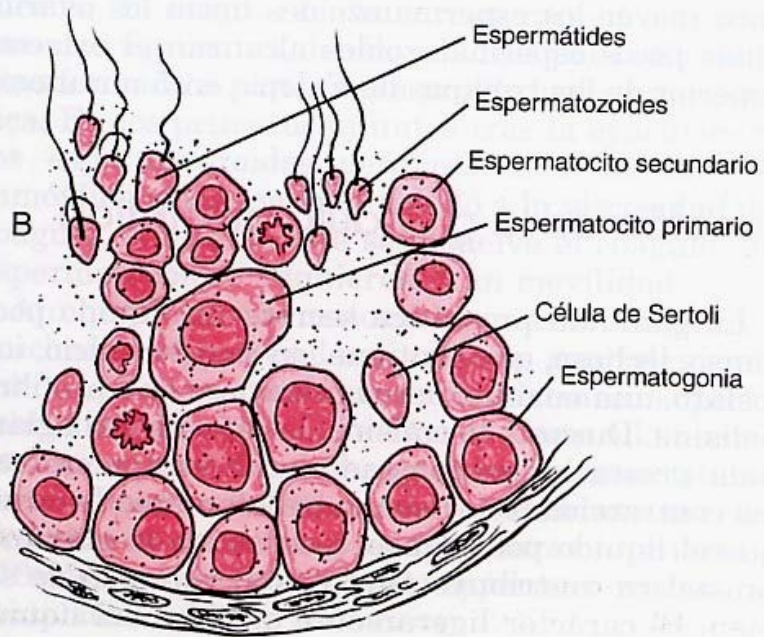
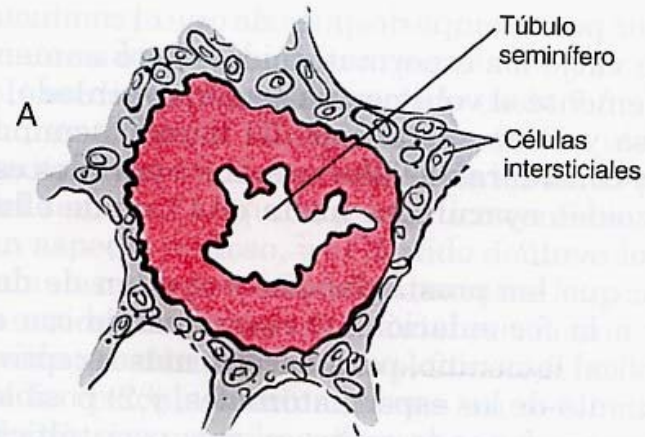


FIGURA 80-2. A, Corte transversal en un túbulo seminífero. B, Fases del desarrollo de los espermatozoides a partir de las espermatogonias.

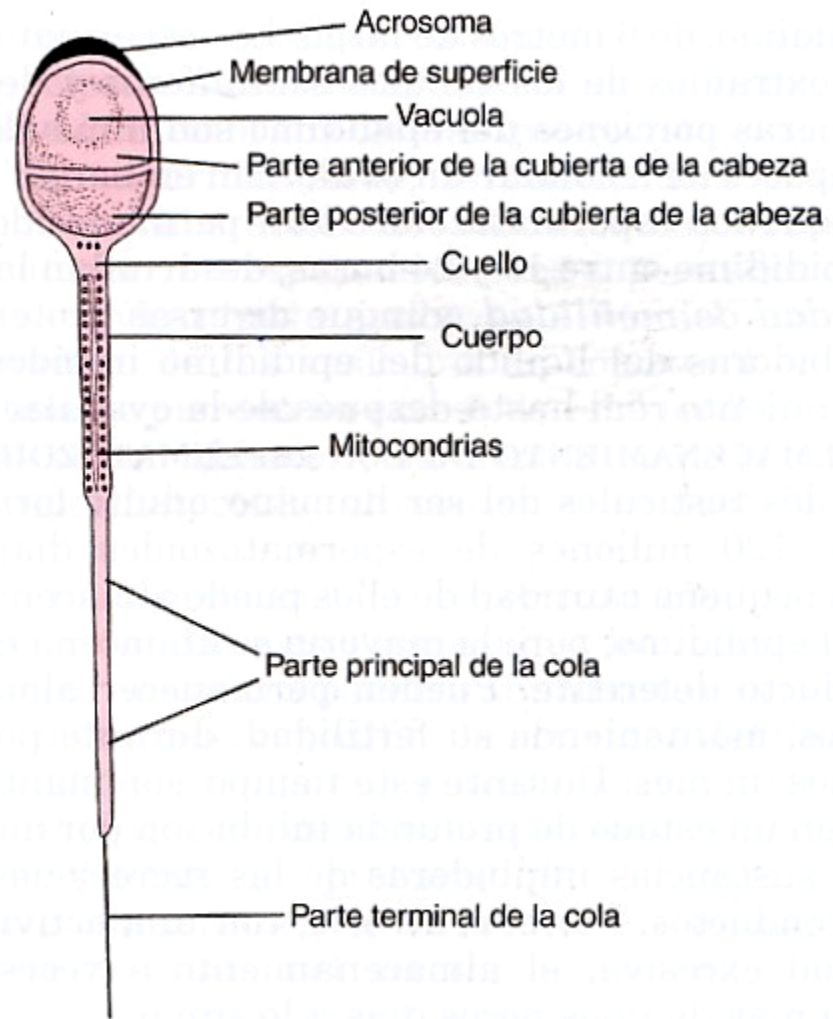


FIGURA 80-3. Estructura del espermatozoide humano.

Anatomía del aparato reproductor femenino

GÓNADAS Y ÓRGANOS SEXUALES PRIMARIOS

El aparato reproductor femenino consta de varios órganos:

Los **ovarios o gónadas**: se hallan situados en la pelvis y tienen un tamaño de una almendra con cáscara. En ellos se segregan las hormonas sexuales femeninas, **estrógenos y progesterona** y se produce la **ovogénesis**

Trompas de Falopio o trompas uterinas: son dos conductos que recogen los oocitos y desembocan en el útero.

Útero o matriz: se encuentra situado en la parte baja del abdomen, entre la vejiga urinaria y el recto. En su parte superior desembocan las trompas y la inferior se continúa con la vagina. En el **se implanta el huevo fecundado** y se lleva a cabo el **desarrollo embrionario** durante aproximadamente nueve meses y diez días.

Vagina: tubo musculoso y distensible. Es el **órgano de la copulación y el canal del parto**.

Vulva: Se encuentra en la desembocadura de la vagina, en el exterior. Es una hendidura formada por dos **labios menores** unidos en a parte anterior cubriendo parcialmente un pequeño órgano eréctil llamado **clítoris**, por debajo del cual se encuentra a desembocadura de la uretra. La zona externa de la vulva está formada por los **labios mayores** que protegen y recubren la desembocadura de la uretra y de la vagina y en mayor o menor medida a los labios menores.

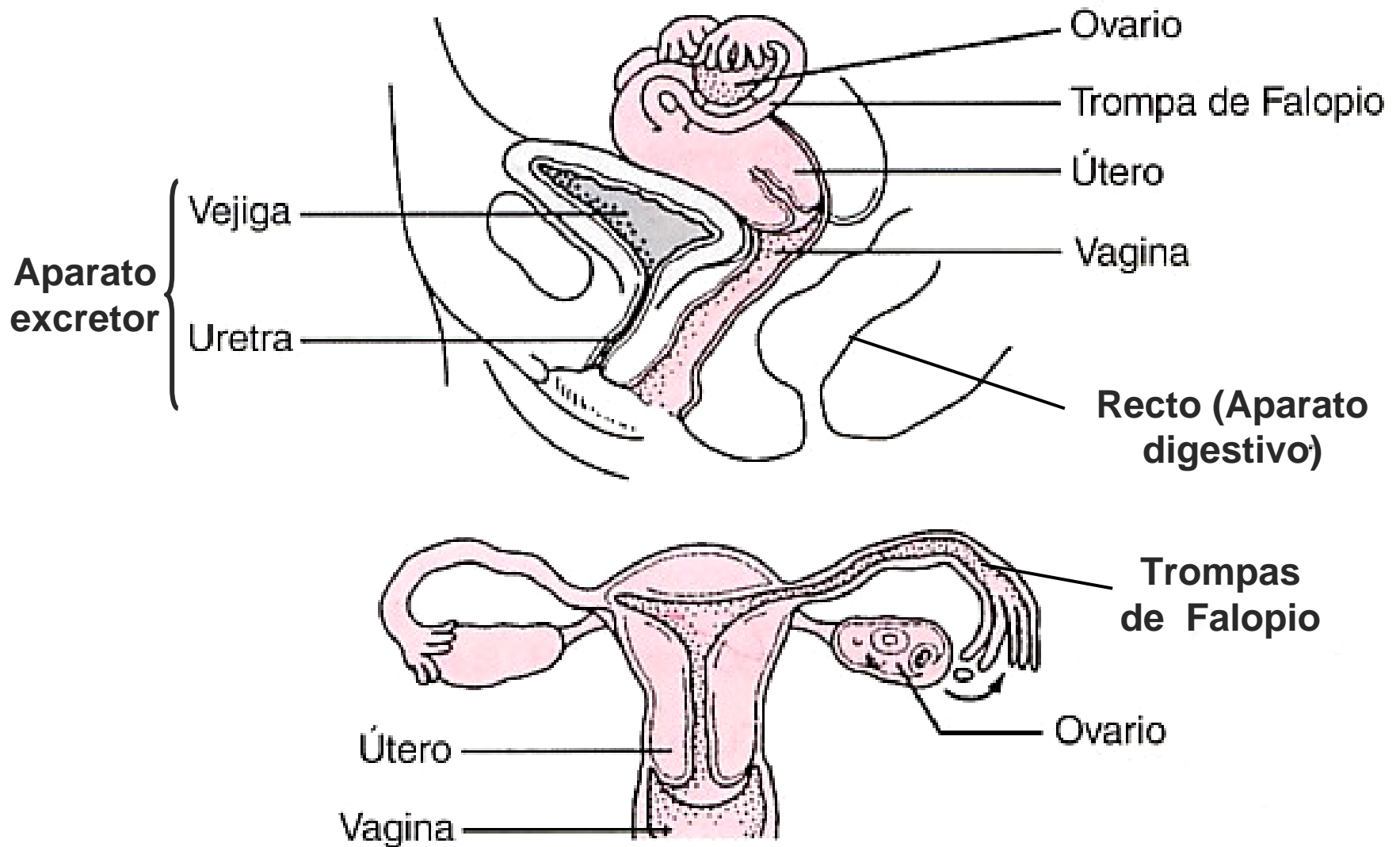
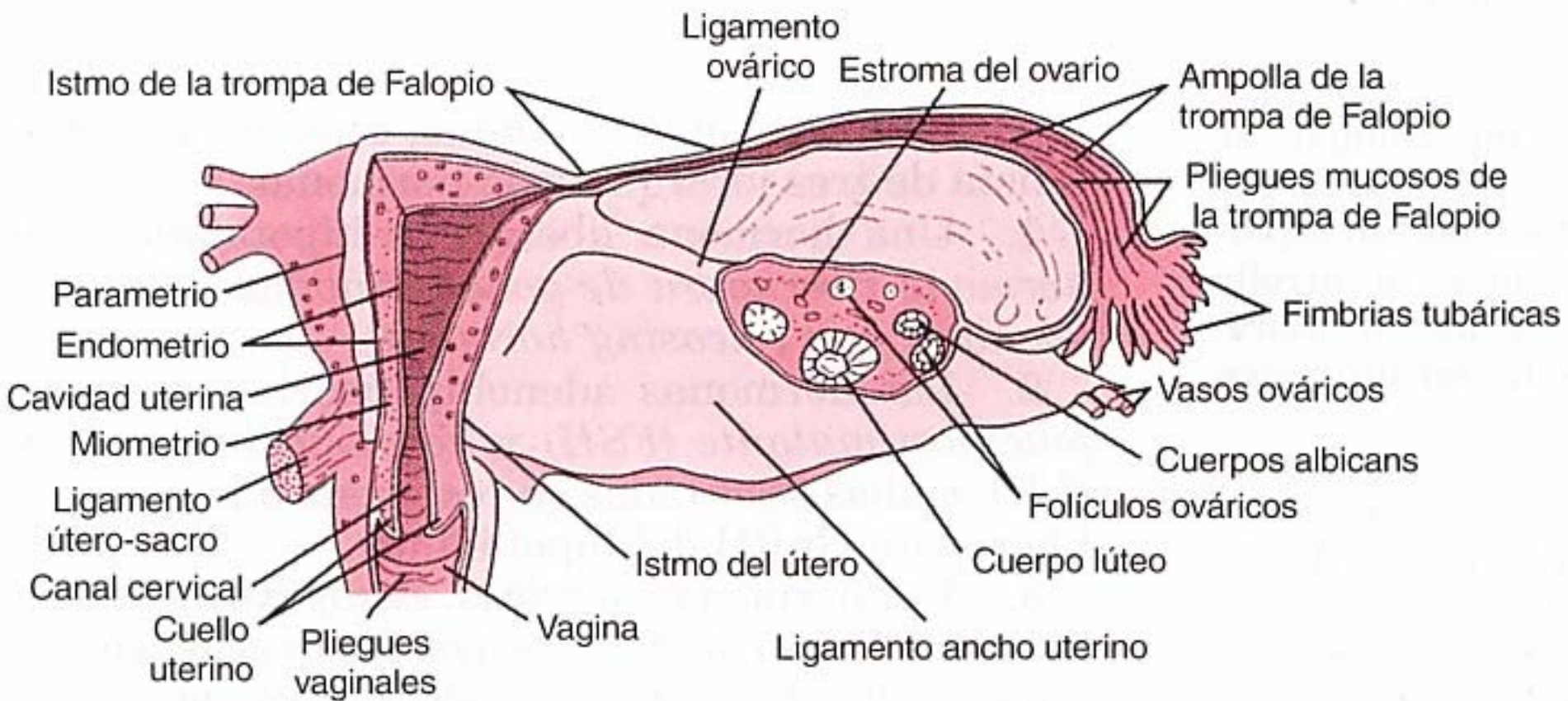


FIGURA 81-1. Órganos reproductores femeninos.



Fisiología del aparato reproductor femenino

OVOGÉNESIS

La formación de óvulos u **ovogénesis** comienza durante el desarrollo embrionario las **células germinales primordiales** emigran hacia el ovario (unas 1700 células) y originan las **ovogonias**, que son células diploides, con $2n$ cromosomas. Tras un proceso de división por mitosis se llegan a alcanzar hasta 7 millones de células, las ovogonias se diferencian a **ovocitos de primer orden o primarios**, también células diploides que inician la primera división meiótica. Muchos degeneran, de manera que el momento de nacer solo quedan 2 millones de oocitos primarios. En la menarquía (madurez sexual) solo quedan 300 000 - 400 000.

Cada oocito primario de una niña en el momento de nacer ha iniciado la **meiosis I** y se encuentra rodeado de una capa de células, formando un **folículo**. Cada folículo está formado por lo tanto, por un **ovocito y las células que le rodean**. Los folículos menos maduros son los **folículos primordiales**, que únicamente están constituidos por los ovocitos de primer orden y una capa células alrededor.

Durante toda la infancia los folículos primordiales no se desarrollan pero al llegar la **pubertad** empiezan a segregarse en la hipófisis (glándula endocrina que está en el encéfalo) **hormonas**. Estas hormonas, a principios de cada ciclo provocan el crecimiento y la maduración de aproximadamente 20 folículos primordiales ováricos que aumentan el espesor de sus paredes y se transforman en **folículos primarios y secundarios**. De ellos **solo uno va a completar su desarrollo** y los otros se atrofian.

* ¡Atención!: Las células de **primer orden o primarias** (tanto ovocitos como espermatozoides) son las que sufren **la meiosis I** y las células de **segundo orden o secundarias** (tanto ovocitos como espermatozoides) son las que sufren **la meiosis II**. ¿Por qué os confundís tanto en los exámenes).

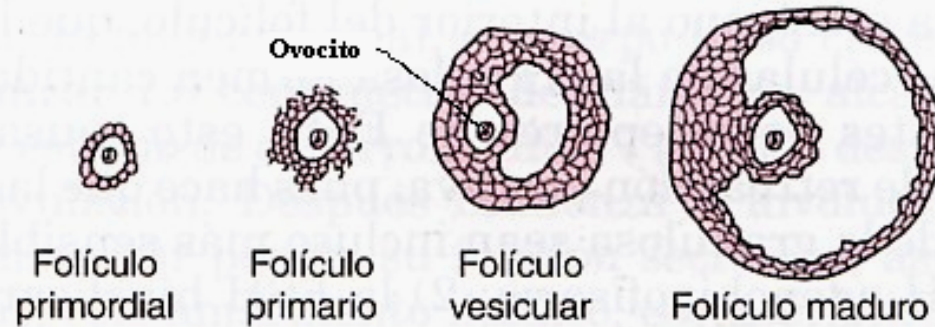
Aproximadamente a **mitad de ciclo*** (los ciclos duran por término medio 28 días) el ovocito primario que completa su división meiótica I. El folículo aumenta rápidamente de tamaño y una vez maduro (**folículo de Graaf**, de 1 a 1,5 cm) se rompe en la superficie del ovario y libera el **ovocito de segundo orden o secundario** en la cavidad abdominal. Este fenómeno es la **ovulación**, aunque más correctamente debe llamarse **ovocitación**. El oocito secundario ha iniciado ya la meiosis II, pero solo se completará esta segunda división meiótica si se produce la fecundación. La meiosis I (y también la II) es **una división asimétrica** que reparte distintas cantidades de citoplasma, una de las células, el **oocito secundario**, se queda prácticamente con todo el citoplasma y la otra es un **primer corpúsculo polar** que degenera o bien puede sufrir la meiosis II y dar dos corpúsculos polares. Ambas células tienen **n cromosomas**, cada uno con dos cromátidas. En la mujer tienen 23 cromosomas, cada uno con dos cromátidas.

Como acabamos de decir, el ovocito secundario solo completará la meiosis II si es fecundado. Es también una división asimétrica, por lo que una de las células, la **ovótida** se queda con todo el citoplasma y la otra, llamada **segundo corpúsculo polar**, degenera junto con los dos corpúsculos polares producidos por la división del primer corpúsculo polar. La ovótida es el verdadero **óvulo**, no hay maduración. Ambas células tienen 23 cromosomas, cada uno con una sola cromátida.

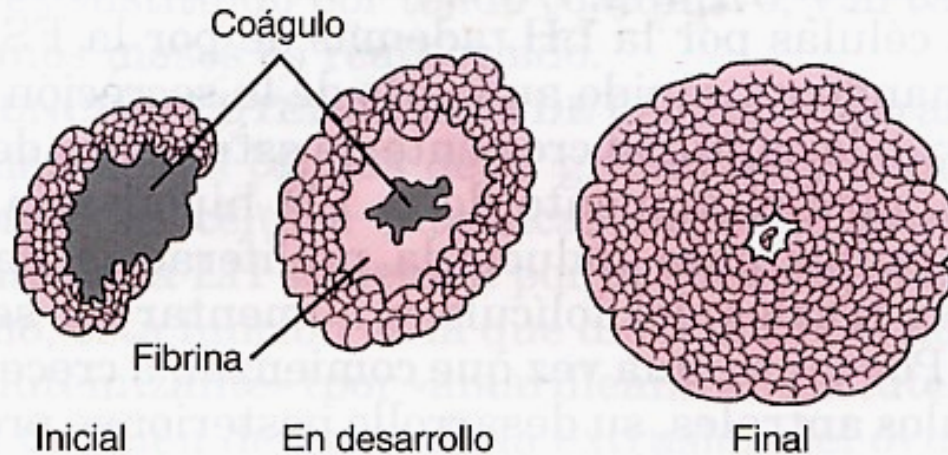
* Recordad que los ciclos se cuentan desde el primer día de la menstruación.

Después de la ovulación las células del folículo sufren una serie de cambios físicos y químicos, llamados **luteinización** y empiezan a segregar sobre todo **progesterona**, la hormona de la gestación u embarazo. Se forma el llamado **corpus lúteo** o **cuerpo amarillo**. **Persiste durante 3 ó 4 meses** en el ovario **si hay embarazo**, si no hay fecundación el cuerpo lúteo degenera, pierde sus funciones secretoras y se transforma en un **corpus albicans** o **cuerpo blanco**.

La secreción de hormonas ováricas, **estrógenos y progesterona** disminuyen al final del ciclo y comienza la **menstruación** o descamación del endometrio del útero en forma de **hemorragia**. El endometrio había ido aumentando de espesor a lo largo del ciclo, preparándose para la posible **anidación (implantación del huevo fecundado)**, hasta llegar a tener de 4 a 6 mm. Cuando finaliza la pérdida de sangre y de material necrosado (muerto) el endometrio ya ha vuelto a reepitelizarse.



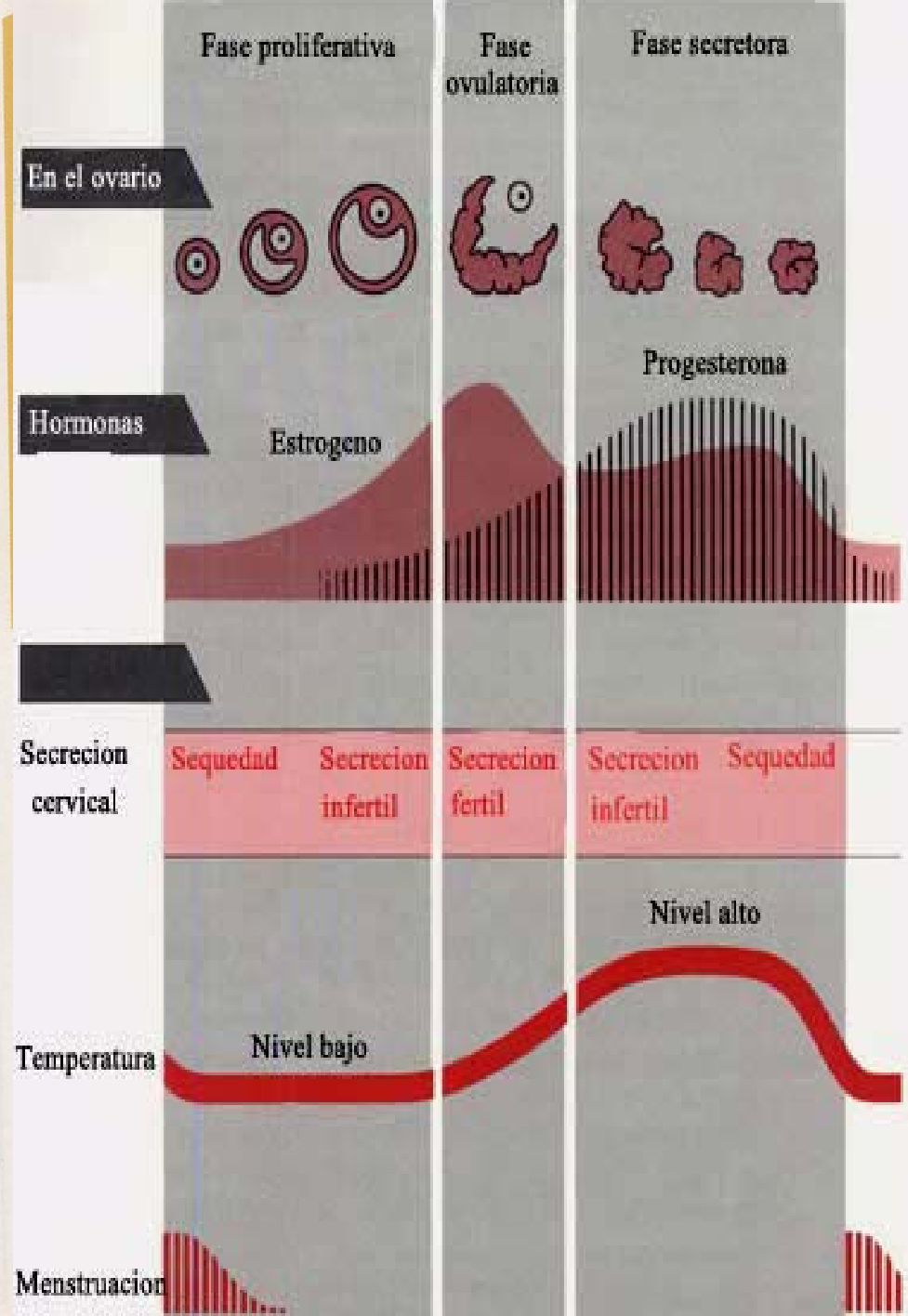
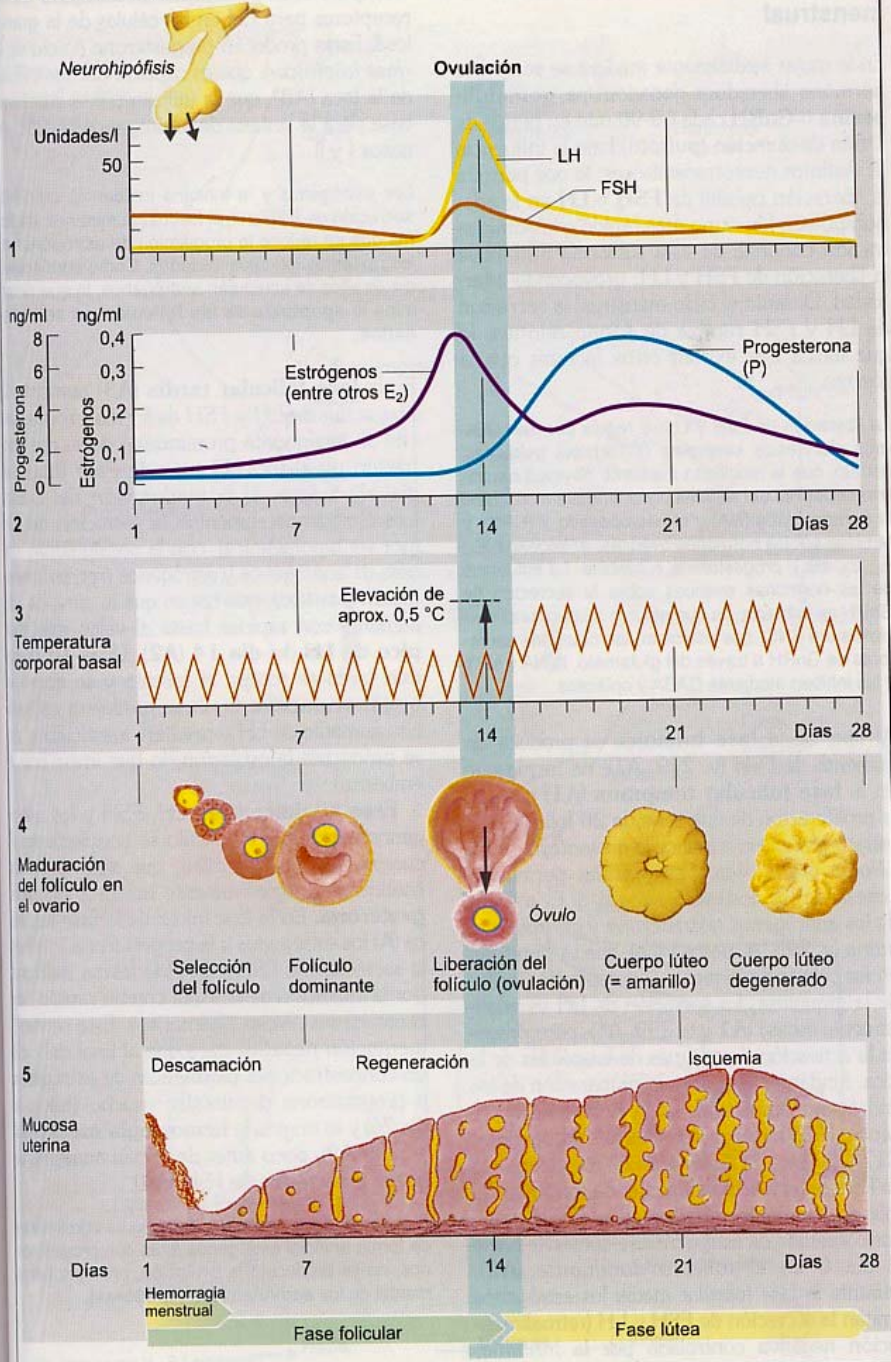
Crecimiento folicular



Cuerpo lúteo

FIGURA 81-4. Etapas del crecimiento folicular en el ovario, incluyendo la formación del cuerpo lúteo. (Modificado de Arey LB: *Developmental Anatomy: A Textbook and Laboratory Manual of Embriology*. 7th ed. Philadelphia: WB Saunders Co, 1974.)

A. Ciclo menstrual

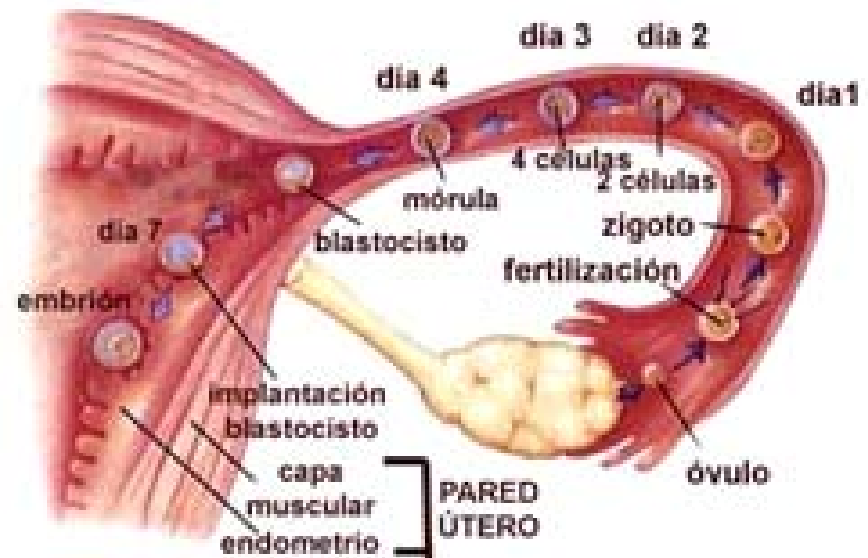


FECUNDACIÓN

La **fecundación** es la **unión del óvulo y el espermatozoide** para dar origen al **zigoto**, también llamada célula-huevo y que es en definitiva la primera célula del nuevo ser. Se produce en el interior del cuerpo de la madre, después de que se haya producido **la unión sexual o cópula**.

El camino del óvulo. El óvulo maduro es inmóvil. Después de su salida del ovario se desplaza por la trompa de Falopio, gracias a los movimientos de ésta. Aproximadamente tardará una semana en llegar al útero.

El óvulo debe ser alcanzado por algún espermatozoide entre las 24 y las 48 horas de su salida del ovario, ya que después pierde vitalidad y muere.



El camino de los espermatozoides. Los espermatozoides alcanzan su madurez al unirse con los líquidos segregados por las glándulas sexuales masculinas. La unión de las células y los líquidos constituyen el semen o esperma. Para permitir la introducción de los espermatozoides en la vagina de la mujer, el pene se pone en erección. En el interior de la vagina se produce la eyaculación de 2 o 3 mililitros de esperma, que contienen entre 150 y 300 millones de espermatozoides. La vida de éstos es de 48 a 72 horas.

Para la fecundación los espermatozoides deben recorrer la vagina y el útero hasta llegar a las trompas. La fecundación se produce en el **tercio externo de las trompas**. Allí numerosos espermatozoides rodean al óvulo, pero **sólo uno de ellos penetrará en él**, dejando fuera su flagelo. Una vez en su interior se fusionan los núcleos de los dos gametos. Se ha producido la fecundación.