



# Unidad 2

---

---

## Fertilización y desarrollo preembrionario

### Objetivos

Al finalizar la unidad, el alumno:

- Describirá la ovogénesis, así como la formación y crecimiento del folículo ovárico.
- Describirá la ovulación y las hormonas que la regulan.
- Describirá la espermatogénesis y las hormonas que la regulan.
- Conocerá el mecanismo del coito y de la eyaculación.
- Explicará el mecanismo de fertilización.
- Identificará las primeras fases del desarrollo embrionario hasta antes de su implantación en el endometrio.



# Introducción

Entre los animales existe una gran diversidad de patrones de reproducción, algunos de los cuales ya has tenido oportunidad de estudiar. A continuación trataremos algunos puntos sobre la reproducción en los mamíferos, enfocados en los procesos del ser humano. Los mamíferos se reproducen sexualmente y han desarrollado un número de adaptaciones características, como son, entre otras, la fecundación interna, que garantiza mayor éxito en la unión de los gametos; el desarrollo intrauterino y la formación de la placenta, que ofrecen grandes ventajas para la protección y nutrición del producto.

En esta unidad estudiarás la formación de los gametos (ovocito y espermatozoide), su unión y las primeras fases del desarrollo en el humano, hasta el momento anterior a su implantación en el útero.

## 2.1. Maduración del ovocito

Los **ovarios** son los órganos sexuales femeninos productores de gametos. Están ubicados en la parte baja de la cavidad abdominal (figura 2.1). Al igual que los testículos, los ovarios tienen dos funciones principales: la producción de gametos (ovocitos) y la secreción de hormonas.

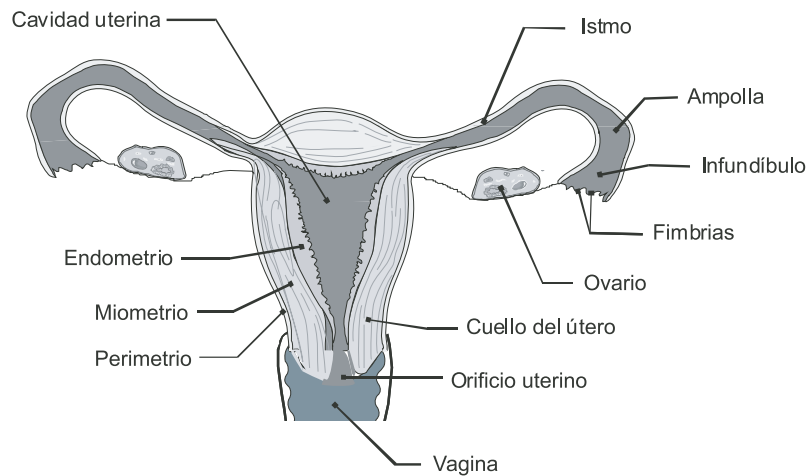


Figura 2.1. Órganos reproductores femeninos.

### 2.1.1. Ovogénesis

La **ovogénesis** es el proceso por el cual se forman los ovocitos, y se inicia antes del nacimiento. Esto ocurre aproximadamente en la decimoquinta semana de gestación, cuando ya se han formado cientos de miles de células diploides llamadas **ovogonias**, que son las células precursoras de los **ovocitos primarios**.

Al momento del nacimiento, los dos ovarios contienen cerca de dos millones de ovocitos primarios que se originaron por crecimiento de las ovogonias y duplicación de sus cromátidas. Los ovocitos primarios permanecen en estado de profase (etapa en la que se visualizan los cromosomas condensados) de la primera división meiótica, hasta que el individuo de sexo femenino adquiere la madurez sexual. De esta gran cantidad de ovocitos primarios sólo unos 400 llegan a madurar, uno cada 28 días, durante los 30 años de vida reproductiva de una mujer normal. El resto degenera en la forma de folículos atrésicos, no encontrándose ninguno después de los 50 años de edad.

**Ovocito.** *Célula que da origen, por meiosis, a la célula germinal femenina.*

En la meiosis de las células sexuales femeninas, el citoplasma no se distribuye de igual manera entre las células hijas (figura 2.2), ya que se forma el ovocito de mayor tamaño y los cuerpos polares muy pequeños, mismos que posteriormente son desechados. Cuando va a iniciarse la división meiótica, se observa que la membrana nuclear se fragmenta y los cromosomas se mueven hacia la superficie de la célula. El núcleo se divide y el citoplasma forma una pequeña protuberancia hacia donde se dirige la mitad de los cromosomas. La protuberancia se separa como una pequeña célula llamada **cuerpo polar**.

**¿Qué es el cuerpo polar?**

Al llegar a la edad de la madurez sexual, y por influencia hormonal, se reanuda la primera fase de la división meiótica para originar un ovocito secundario y un cuerpo polar (esto ocurre sólo a unos pocos ovocitos primarios cada mes). De esta manera el ovocito primario completa la primera fase de la división meiótica formando un ovocito secundario y un cuerpo polar.

La segunda fase de la división meiótica solamente se produce si el espermatozoide fecunda al ovocito secundario haploide, originando a la célula huevo ( cigoto) y un segundo cuerpo polar.

**Cuerpo polar.** *Célula diminuta no funcional casi sin citoplasma, que se produce durante la meiosis cuando se forma el ovocito maduro.*

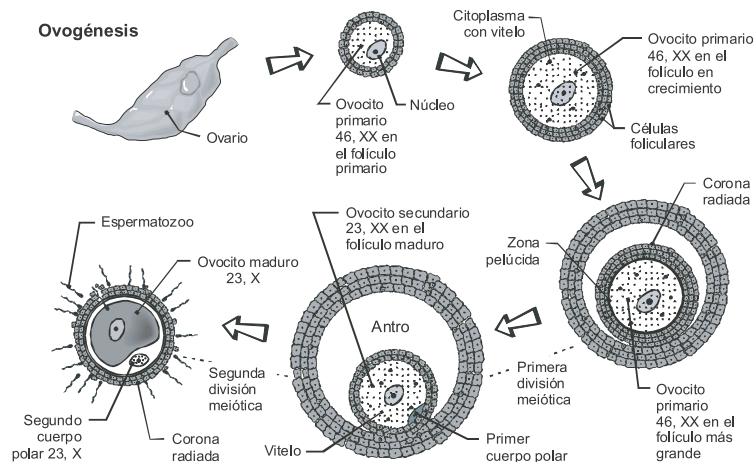


Figura 2.2. Formación del ovocito maduro por meiosis. La producción del gameto femenino se inicia cuando una ovogonia ( $2n$ ) aumenta de tamaño y duplica sus cromátidas convirtiéndose en un ovocito primario. Éste permanece en profase desde antes del nacimiento hasta llegar a la madurez sexual. La primera división meiótica se produce durante la ovulación. La segunda división meiótica se efectúa cuando el espermatozoide penetra al ovocito secundario. En esta división ya no hay duplicación de cromátidas y sólo queda el ovocito con la mitad de los cromosomas ( $n$ ); la otra mitad se va con el segundo cuerpo polar y se desintegra.

Como consecuencia de la formación de los cuerpos polares de menor tamaño, el ovocito adquiere la mayor parte del material celular. Por otro lado, al madurar también aumenta de tamaño e incrementa las reservas nutritivas: aminoácidos, proteínas, lípidos, glucógeno y los metabolitos (por ejemplo ARN ribosomal y mensajero, enzimas, entre otros). A este material rico en reservas se le conoce como **vitelo**.

**¿Qué es el vitelo?**

## 2.1.2. Formación y crecimiento del folículo

Los ovocitos crecen y maduran cerca de la superficie de la corteza ovárica (los ovocitos crecen de 30 a 120 micrómetros de diámetro por la influencia de la hormona folículo estimulante); cada uno de ellos está envuelto en un conglomerado de células especializadas llamado **folículo ovárico** (figura 2.3). Estas células proporcionan nutrientes y secretan estrógenos (hormonas que trataremos más adelante). Una de las funciones principales de estas hormonas es el engrosamiento del endometrio del útero para recibir al huevo o cigoto.

**Endometrio.** *Capa celular y tapiz glandular que cubre la parte interna del útero de los mamíferos. Se engrosa por acción de estrógenos y progesterona; tiene dos capas principales, una basal y otra funcional (figura 2.3 b)); ésta última se desprende durante la menstruación.*

Cuando el ovocito está maduro, el folículo alcanza un tamaño aproximado de 1.0 a 1.5 cm de diámetro, hace protuberancia en la superficie ovárica que al estallar libera al ovocito. A este fenómeno se le conoce como ovulación.

**¿A qué se le llama ovulación?**

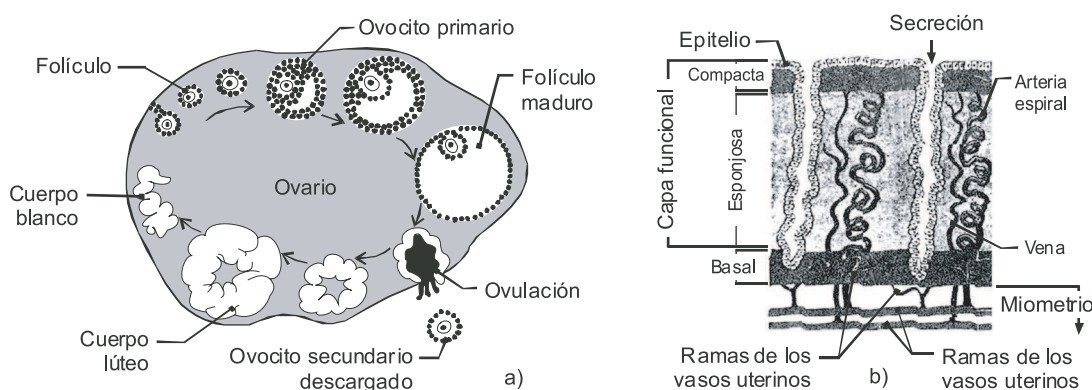


Figura 2.3. a) Esquema de un ovario. Formación del folículo ovárico y del cuerpo lúteo. b) Esquema de la mucosa uterina o endometrio mostrando los diversos componentes tisulares que la integran.

Cuando el ovocito se libera del folículo es atrapado por el *infundíbulo*, porción inicial del oviducto (llamado también trompa de Falopio), el cual presenta una estructura con proyecciones digitiformes (en forma de dedos), con aspecto de embudo en su extremo.

**Oviducto.** Es el tubo por donde se transportan los ovocitos, fecundados o no, hacia el útero.

Los movimientos del músculo liso del oviducto, así como los cilios que tapizan su interior, ayudan al descenso del ovocito hacia el útero. Este recorrido dura aproximadamente tres días. Es en el tercio proximal de la trompa denominada *ampolla* donde normalmente ocurre la fertilización, si en su camino se encuentra con espermatozoides.

Si la fertilización ocurre, el embrión llegará hasta el útero, en donde quedará implantado en la pared del endometrio, como se puede ver en la figura 2.4. Si no ocurre la fertilización antes de 36 horas, el ovocito muere y sus componentes celulares se desintegran.

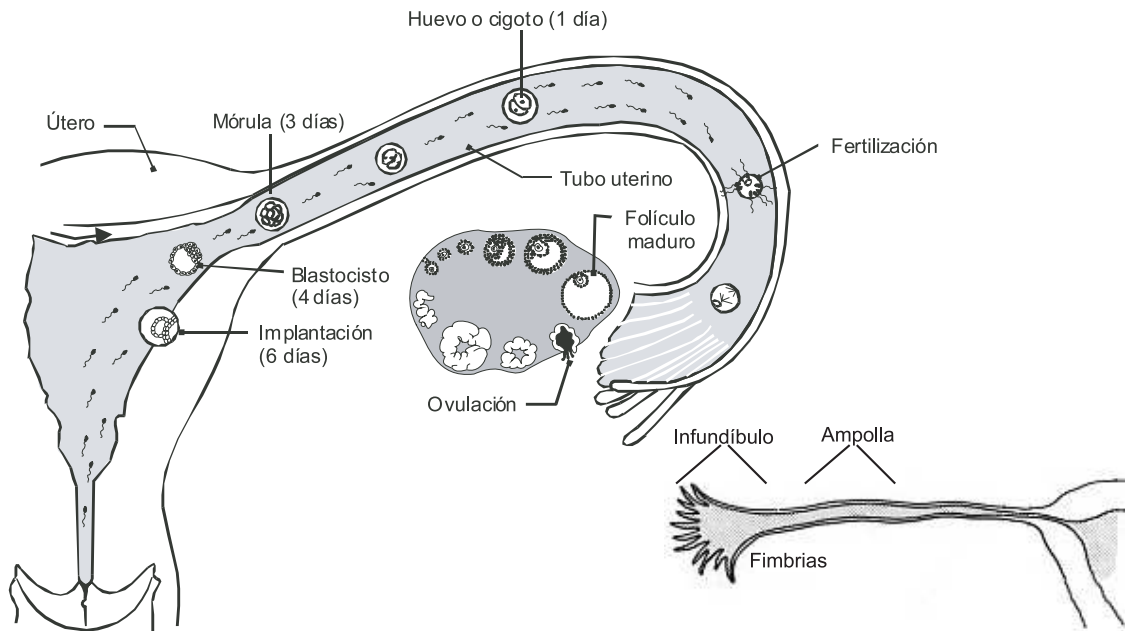


Figura 2.4. Esquema de la estructura del aparato reproductor femenino, donde se muestra el trayecto del ovocito, huevo o cigoto, y los espermatozoides.

### 2.1.3. Hormonas y regulación de la ovulación

La ovulación en los vertebrados es cíclica y se regula mediante un proceso hormonal complejo. Las hormonas son secretadas como consecuencia de un factor regulatorio del **hipotálamo**. Dicho factor, conocido como *hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH)*, ocasiona que la **hipófisis** secrete otras hormonas, las cuales a su vez originan cambios en los folículos ováricos que a su

vez sintetizan y secretan hormonas (estrógenos y progesterona) que influyen en el crecimiento y secreción del recubrimiento del útero. A este proceso se le conoce como **ciclo menstrual**.

Cuando se inicia un ciclo los niveles de las hormonas son muy bajos. Por la influencia de la GnRH sobre la hipófisis, ésta secreta dos hormonas muy importantes que son la hormona folículo estimulante (HFS) y la hormona luteinizante (HL). La HFS a su vez, fomenta la secreción de estrógenos, el desarrollo inicial y crecimiento del folículo ovárico. La hormona luteinizante estimula la maduración de los folículos ováricos, provoca la ovulación y la producción de estrógenos, así como la síntesis y liberación de la progesterona y la formación del cuerpo lúteo.

La hormona luteinizante ocasiona que se incremente el nivel de estrógenos en la sangre. Cuando éste alcanza cierto grado, se inhibe la liberación de la GnRH en el hipotálamo, lo que a la vez inhibe la liberación de la hormona luteinizante en la hipófisis y por lo tanto la producción de estrógenos. De este modo se cierra el ciclo, el cual en el humano tiene una duración aproximada de 28 días.

**Estrógenos.** *Son hormonas sexuales femeninas secretadas principalmente por el folículo ovárico; también las produce el cuerpo lúteo y la placenta.*

**Progesterona.** *Hormona esteroidea producida por el cuerpo lúteo encargada de preparar al útero para la implantación del embrión.*

**Gonadotropinas.** *Hormonas que actúan sobre las gónadas u órganos productores de gametos (testículos y ovarios).*

**Producción de esteroides.** *Los esteroides pertenecen a un grupo de moléculas de estructura química muy similar, entre las que destacan la testosterona y el estradiol (que es uno de los estrógenos).*

El folículo ovárico secreta estrógenos que hacen que el endometrio prolifere y se engrose para recibir al embrión (figura 2.5). Al aumentar el nivel de los estrógenos, la hipófisis secreta una mayor cantidad de HL. Este incremento de HL provoca que el folículo ovárico libere al ovocito. El folículo vacío crece, por el estímulo constante de la HL para convertirse en cuerpo lúteo (cuerpo amarillo) y sus células inician la fabricación de progesterona y estrógenos.

**Cuerpo lúteo.** *Estructura ovárica que secreta estrógenos y progesterona y mantiene al útero durante el embarazo. Se desarrolla a partir de las células restantes del folículo después de la ovulación.*

Si no hay implantación de un embrión en el útero, el cuerpo lúteo se reabsorbe y dejan de producirse las hormonas ováricas. Sin estas hormonas, el endometrio no se puede sostener y se elimina en lo que se conoce como *sangrado menstrual*, el cual ocurre aproximadamente cada 28 días. Al ocurrir esto vuelve a aumentar el nivel de gonadotropinas de la hipófisis y se inicia otro ciclo (figura 2.5).

**¿Cuál es la función del cuerpo lúteo?**

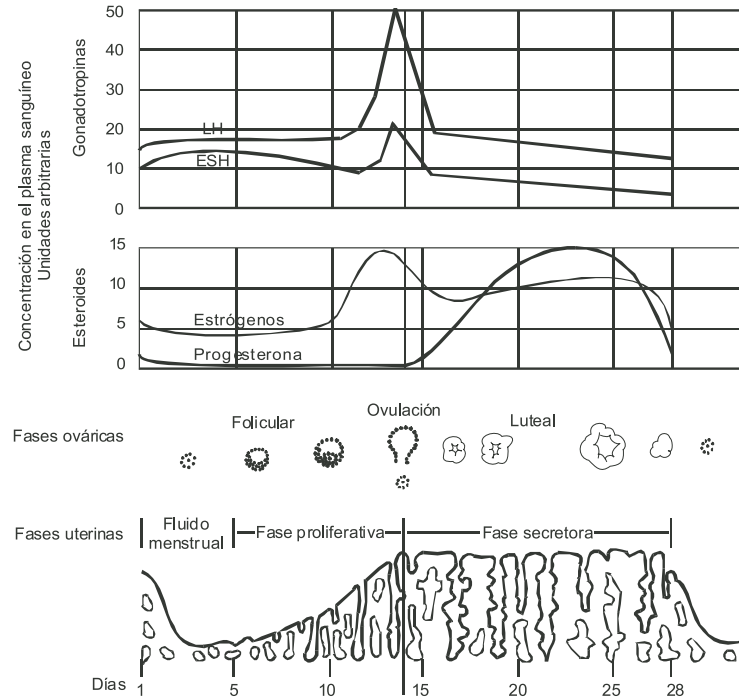


Figura 2.5. Diagrama de los sucesos del ciclo menstrual.

## Ejercicio 1

1. Dos funciones del ovario son:

- a) Producción de espermatogonias.
- b) Producción de gametos.
- c) Producción de andrógenos.
- d) Producción de células de Sertoli.

2. ¿Cuál es la función del folículo ovárico? \_\_\_\_\_.

3. Cuando el ovocito se libera del folículo es atrapado por:

- a) El cuerpo lúteo.
- b) El infundíbulo.
- c) El folículo.
- d) El ovario.

4. El \_\_\_\_\_ es un material del óvulo rico en reservas nutritivas.

## 2.2. Maduración espermática

### 2.2.1. Espermatogénesis

La espermatogénesis o producción de espermatozoides se lleva a cabo en los testículos. Cada testículo está constituido por muchos lóbulos separados por tabiques. Cada uno de estos lóbulos está formado por una gran cantidad de túbulos muy enrollados llamados túbulos seminíferos (portadores de semillas). Estos túbulos miden unos 80 centímetros de largo y entre los de ambos testículos suman unos 500 metros. Distribuidas entre los túbulos se encuentran las células intersticiales o células de Leydig, productoras de la hormona testosterona (figura 2.6 b)).

**Testosterona.** *Hormona esteroide secretada por los testículos. Estimula el desarrollo y mantenimiento de las características sexuales masculinas y la producción de espermatozoides; es el principal andrógeno (hormona sexual masculina).*

**¿Qué es la testosterona?**

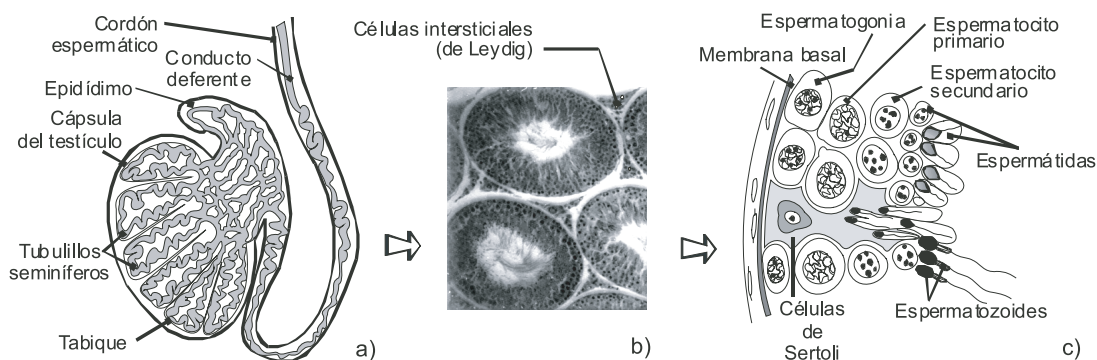


Figura 2.6. Esquema de la estructura del testículo. a) Esquema que representa los tubulillos seminíferos y las vías espermáticas. b) Sección transversal de un tubulillo seminífero y las células intersticiales o de Leydig. c) Meiosis en el epitelio seminífero.

Dentro de los túbulos seminíferos existen dos tipos de células: las que constituyen el epitelio seminífero, cuyas células iniciales de posición basal son inmaduras llamadas espermatogonias, y las células de Sertoli, que aportan nutrientes a los espermatozoides en formación.

**¿Qué son las espermatogonias?**

Los espermatozoides se forman continuamente dentro de los túbulos seminíferos. Su producción empieza en la pubertad y normalmente se mantiene ininterrumpida. En un solo túbulo se pueden localizar espermatozoides en diferentes estados de maduración.

Como podrás apreciar en la figura 2.6, c), las células espermatogonias se encuentran cerca de la membrana basal del túbulo seminífero. En el humano estas células son diploides y contienen 46 cromosomas (44 autosomas además de los cromosomas sexuales X o Y). De cada una de

éstas se forman por crecimiento los **espermatoцитos primarios** (diploides), los cuales después de una primera fase de la división meiótica (figura 2.7) producen cada uno, dos **espermatoцитos secundarios** haploides. Cada uno que de éstos contiene 22 autosomas y un cromosoma sexual X o Y. En una segunda fase de la meiosis, cada espermatoцитo secundario origina dos **espermátidas**, las cuales cuando se ponen en contacto con las células de Sertoli experimentan cambios morfológicos sumamente evidentes para transformarse en espermatozoides.

**Espermatoцитo primario.** Células diploides formadas por el aumento en tamaño de las espermatogonias. Por división meiótica originan a los espermatoцитos primarios y éstos a las espermátidas.

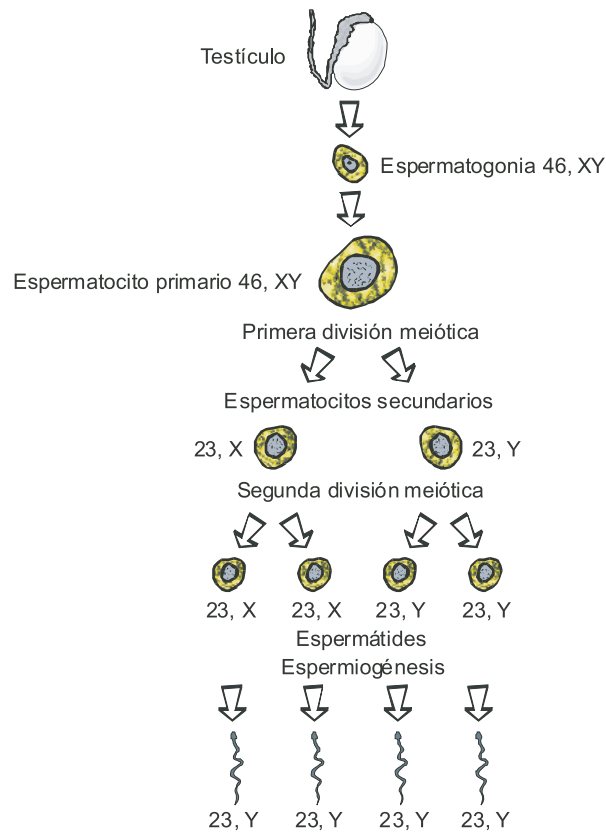


Figura 2.7. Meiosis. La producción de los gametos masculinos (espermatozoides) se inicia cuando una espermatogonia ( $2n$ ) aumenta de tamaño y duplica sus cromátidas, convirtiéndose en un espermatoцитo primario. En la primera fase de la división meiótica cada espermatoцитo se divide para dar origen a dos espermatoцитos secundarios ( $n$ ). La segunda fase de la división meiótica origina cuatro espermátidas haploides, que deberán madurar en cuatro espermatozoides.

**¿Cuál es la función del acrosoma?**

Las espermátidas son células pequeñas y esféricas. En el primer paso para la diferenciación, en el aparato de Golgi se observa la aparición de dos vesículas pequeñas con gránulos oscuros. Poco después, estas vesículas se funden en una estructura llamada acrosoma. La función del acrosoma es producir las enzimas que utilizará el espermatozoide para penetrar las capas que rodean el ovocito.

**Espermátida.** Cada una de las cuatro células haploides resultantes de la meiosis de un espermatocito primario. Cada una madurará en un espermatozoide.

También se observa que los dos centriolos de la espermátida se colocan en el extremo opuesto del acrosoma y empiezan a formar un flagelo. Asimismo, se puede notar un conjunto de mitocondrias aglomeradas cerca de la base de dicho flagelo. Éstas serán las que posteriormente proporcionen la energía para el movimiento del espermatozoide.

Se puede ver que el núcleo se hace más denso y la célula adquiere forma alargada con la eliminación de la mayor parte del citoplasma. Al final, como podrás observar en la figura 2.8., el espermatozoide estará formado en su mayor parte de ADN y las estructuras necesarias para movilizarse. El proceso completo en que una espermatogonia se transforma en espermatozoide dura aproximadamente ocho semanas (56 días).

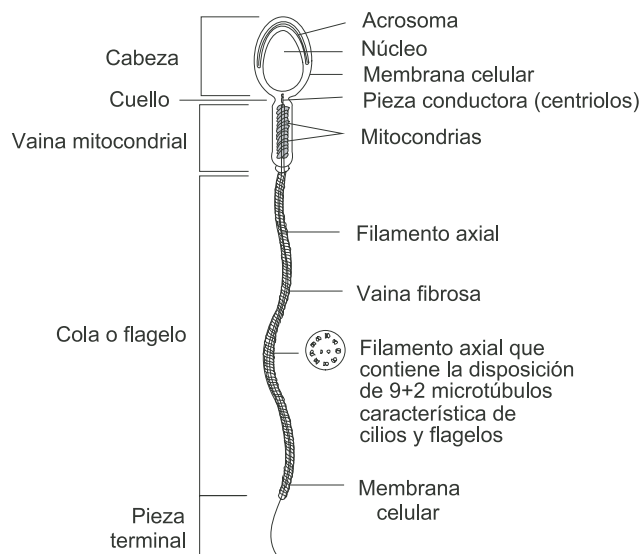


Figura 2.8. Diagrama de un espermatozoide humano.

## 2.2.2. Maduración de los espermatozoides

Para madurar funcionalmente, los espermatozoides tienen que seguir un camino desde el testículo hacia el exterior. El primer paso es llegar al epidídimo. Éste es un tubo que mide unos siete metros de largo, muy plegado, que se ubica sobre el testículo (figuras 2.6 y 2.9). Hasta este momento los espermatozoides no tienen movilidad. Ésta es adquirida hasta después de 18 horas de permanecer en el epidídimo. Después los espermatozoides permanecen en el tercio distal de este conducto hasta que se produzca la eyaculación. En caso que esto no ocurra, los espermatozoides degeneran y sus restos celulares son reabsorbidos por las células del epitelio del epidídimo.

### ¿Qué es el epidídimo?

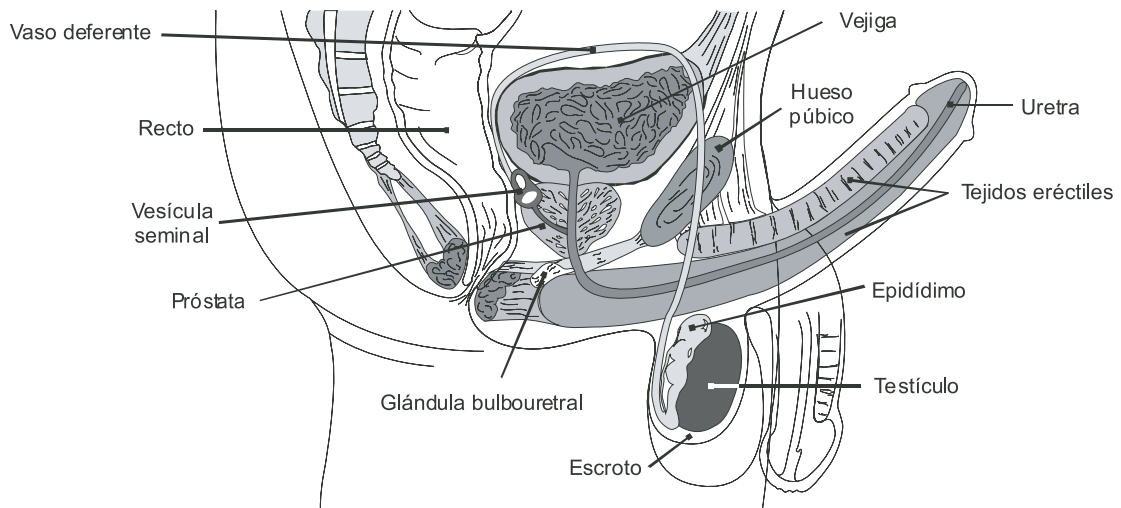


Figura 2.9. Diagrama del tracto reproductor masculino humano.

Si observas la figura 2.9 podrás identificar la ruta que siguen los espermatozoides por el tracto reproductor masculino. Ésta continúa del epidídimo hacia la cavidad abdominal a través de un par de tubos llamados conductos deferentes, provenientes de cada testículo, pasan por detrás de la vejiga, en donde se les unen los conductos de las vesículas seminales. Por último, los conductos deferentes se introducen en la glándula próstata y drenan en la uretra, la cual conduce los espermatozoides al exterior.

**Conducto deferente.** *Tubo que lleva espermatozoides desde los testículos a la uretra.*

## 2.2.3. Hormonas

Las hormonas masculinas se producen principalmente en los testículos y se conocen en conjunto como andrógenos. La principal es la testosterona, la cual es indispensable para la formación de los espermatozoides.

**Andrógenos.** *Conjunto de hormonas masculinas.*

La testosterona es una hormona esteroide que se produce en las células intersticiales de los testículos (figura 2.6, b)). Otros andrógenos son producidos en las glándulas suprarrenales.

Los andrógenos aparecen durante el desarrollo embrionario para que el feto XY se desarrolle como masculino. Su nivel permanece en bajas concentraciones hasta aproximadamente los 10 años de edad, cuando hay un aumento en la testosterona y se empiezan a producir espermatozoides. Al mismo tiempo hay crecimiento de los genitales y desarrollo de los caracteres sexuales secundarios. El nivel de testosterona permanece alto hasta los 40 años y después empieza a disminuir.

La producción de testosterona es regulada por hormonas gonadotropinas. En primer término, por la hormona luteinizante que es producida por la hipófisis. Esta hormona estimula a las células intersticiales de los testículos para que produzcan testosterona. Cuando se eleva el nivel de ésta en la sangre, la hipófisis produce menos hormona luteinizante. Los testículos también reciben la influencia de la hormona folículo estimulante que actúa sobre las células de Sertoli y sobre el desarrollo de los espermatozoides.

De manera similar a lo que ocurre en el sexo femenino, también en el sexo masculino existe la regulación hormonal negativa y positiva, esto es por inhibición o por estimulación con diversas hormonas. En este complejo sistema están involucradas varias hormonas, además de las mencionadas antes.

## Ejercicio 2

1. Las células intersticiales producen la hormona: \_\_\_\_\_.
2. ¿Cuál es la función de la testosterona? \_\_\_\_\_.
3. La función principal de las mitocondrias localizadas en la base del flagelo del espermatozoide es:
  - a) Proporcionar nutrientes.
  - b) Proporcionar energía para el movimiento.
  - c) Elaborar enzimas.
  - d) Disolver la membrana del ovocito.

4. ¿En cuánto tiempo, aproximadamente, se calcula que madura morfológicamente un espermatozoide?
- a) 18 horas.
  - b) 10 días.
  - c) 56 horas.
  - d) 15 días.

## 2.3. Copulación

La copulación, llamada también coito, ocurre cuando el pene erecto penetra en la vagina durante la relación sexual. Para que pueda haber fertilización los espermatozoides deberán ser depositados en la vagina cuando esté próxima la ovulación.

### 2.3.1. Depósito del semen

Como resultado del estímulo sexual durante la copulación, las arterias que irrigan al pene se dilatan haciendo que se acumule sangre en sus dos cuerpos cavernosos y en el cuerpo esponjoso. Esto provoca una erección completa con el consiguiente aumento en tamaño y en dureza, lo cual va a facilitar la penetración en la vagina de la hembra. Una excitación adicional, ocasionada por la fricción en las paredes de la vagina, hace que se produzca la **eyaculación**, que es el depósito de los espermatozoides dentro del tracto reproductor femenino. En cada erección del varón se descarga por la uretra una pequeña cantidad de fluido proveniente de las glándulas bulbouretrales, que neutraliza el pH ligeramente ácido de la uretra y ayuda a los espermatozoides a su movilización en ese conducto.

El volumen de cada eyaculación es de entre 3 y 4 mm<sup>3</sup> de **semen**. Éste se encuentra constituido por las secreciones de las vesículas seminales, de la próstata y de las glándulas bulbouretrales, así como de unos 400 millones de espermatozoides (figura 2.10) y presenta un pH ligeramente alcalino. Aunque esta cantidad de espermatozoides es muy grande, en realidad sólo llegan hasta el oviducto unos pocos, ya que en el trayecto muere la mayoría. Esto es debido, en parte, a que el interior de la vagina presenta un ambiente ácido, que es **espermicida**, o porque a pesar de tener movilidad no lo es en grado suficiente para que alcancen los tubos internos. Una vez que los espermatozoides han alcanzado al ovocito en el interior del oviducto, se produce la penetración de solamente uno de los espermatozoides. Éste llevará un determinado paquete genético, el cual, junto con el ovocito maduro, le dará al nuevo individuo sus características únicas y determinará el sexo cromosómico.

**¿Qué contiene el semen?**

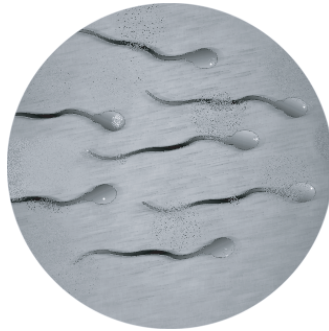


Figura 2.10. Espermatozoides humanos.

## 2.4. Fertilización

Se le llama fertilización a la penetración de un ovocito por un espermatozoide (figura 2.11). Generalmente ocurre en el oviducto. En ese momento se realiza una fusión de material genético por parte de los dos núcleos de los progenitores. Una vez que ha ocurrido la unión se forma el cigoto que contiene la información genética completa para el desarrollo del nuevo individuo.

**¿A qué se le llama fertilización?**

**Cigoto.** *Célula diploide (2n) que resulta de la fusión de los gametos masculino y femenino después de la fertilización.*



Figura 2.11. Microfotografía de la fertilización de un ovocito.

## 2.4.1. Penetración del espermatozoide

Los espermatozoides se dirigen hacia el ovocito y una gran cantidad de ellos logra pasar al conjunto de células que constituyen la **corona radiada**. Sin embargo, al llegar a la superficie del ovocito maduro, la cual se encuentra protegida por una membrana llamada **zona pelúcida**, sólo uno de ellos logra penetrarla (figura 2.12). Esta penetración es facilitada por las enzimas del acrosoma que disuelven las capas externas del ovocito, en el lugar preciso del contacto.

¿Qué es la zona pelúcida

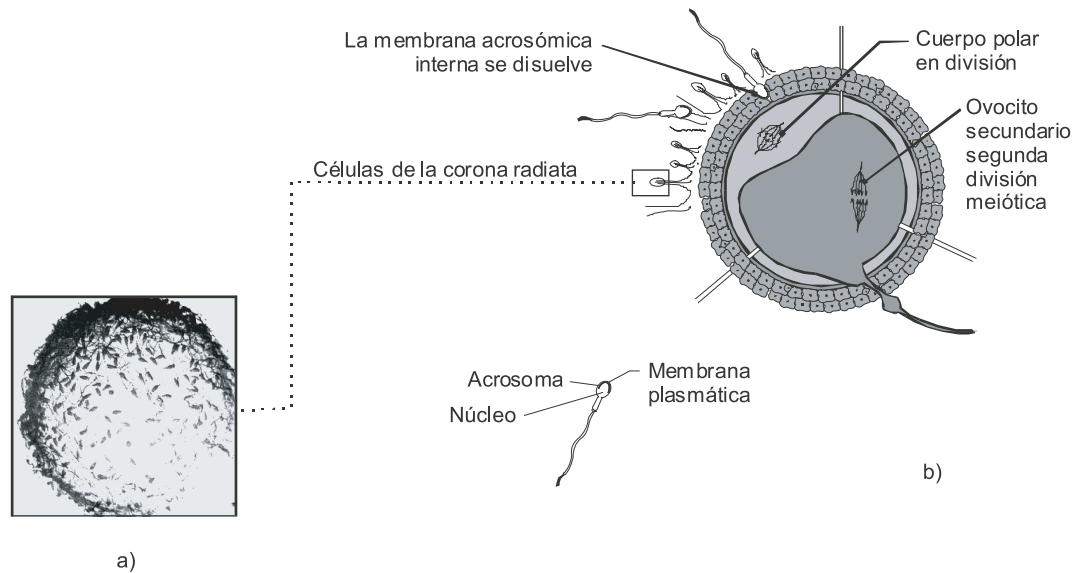


Figura 2.12. Microfotografía de un ovocito con varios espermatozoides. a) Ovocito rodeado de espermatozoides. b) Etapas del proceso de fecundación.

Los ovocitos de todos los animales tienen una capa externa por fuera de la membrana celular, llamada zona pelúcida. La estructura de esta capa presenta receptores proteínicos que son específicos para cada especie, los cuales son reconocidos por los espermatozoides de la misma. Esto significa que un espermatozoide sólo penetrará en un ovocito.

Inmediatamente después de la fertilización ocurre una serie de fenómenos que podemos resumir de la siguiente manera:

El ovocito que ha sido fertilizado tiene cambios muy notables en su membrana externa. Dichos cambios moleculares en la naturaleza de la envoltura vitelina (zona pelúcida en el humano) hacen que ésta se transforme en una capa protectora, llamada **membrana de fecundación**, la cual impide la penetración de otros espermatozoides.

Asimismo, se incrementa el metabolismo del ovocito maduro, observándose un aumento en la síntesis de proteínas casi de inmediato. En seguida el núcleo del espermatozoide se fusiona con el del ovocito, originando el núcleo diploide del cigoto, estableciendo así el genotipo completo.

Por último, el cigoto empieza a dividirse por mitosis, entrando así a las primeras fases de desarrollo.

## Ejercicio 3

1. Los componentes del semen son: \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_.
2. ¿Cómo es normalmente el ambiente interno de la vagina?
  - a) Básico.
  - b) Ácido.
  - c) Neutro.
  - d) Indiferente.
3. Inmediatamente después de la fertilización, el núcleo del ovocito fecundado:
  - a) Aumenta de tamaño.
  - b) Se fusiona con el del espermatozoide.
  - c) Se divide.
  - d) No tiene ningún cambio.
4. ¿Cuál es la función de la membrana de fecundación? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_.
5. ¿En qué momento se observa síntesis de proteínas en óvulo fecundado?
  - a) Entre las 24 y 48 horas de la fecundación.
  - b) Después de iniciada la división por mitosis.
  - c) Inmediatamente después de la fertilización.
  - d) Después de la fusión de los núcleos masculino y femenino.
6. ¿En qué lugar se encuentra normalmente el ovocito maduro en el momento de la fertilización? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_.

## 2.5. Desarrollo preembrionario

Después de la fertilización, el cigoto continúa descendiendo por el oviducto, al mismo tiempo que van ocurriendo las primeras divisiones (figura 2.13). Se ha observado que después de 36 horas la célula se dividió en dos; aproximadamente a las 60 horas en cuatro y a los tres días en ocho. En esta primera etapa de divisiones, llamada **segmentación**, hay un aumento en el número de células, pero no en el tamaño del organismo en desarrollo.

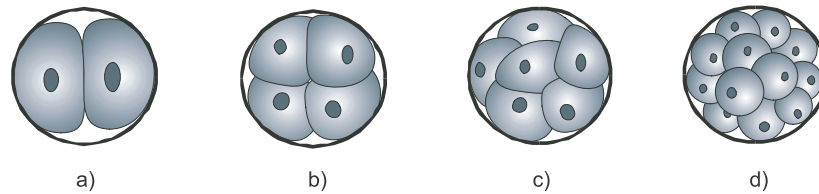


Figura 2.13. Primeras etapas del desarrollo embrionario:  
a) Dos células. b) Cuatro células. c) Ocho células. d) Dieciséis células

Las segmentaciones sucesivas producen un conjunto de 8, 16, 32 y 64 células que se denomina **mórula**, es del mismo tamaño que el cigoto original. La mórula se desplaza hacia la cavidad uterina y empieza a transformarse en una esfera hueca llamada **blástula**, la cual está formada por unas 120 células y se puede observar al quinto día después de la fertilización (figura 2.13).

#### ¿Qué es un blastocisto?

La blástula de los mamíferos se conoce como **blastocisto** y al observarla en un corte transversal se aprecia un engrosamiento interno, llamado también **embrioblasto**, formando una masa de células en uno de los polos (figura 2.14). Esta masa celular posteriormente se convertirá en el embrión propiamente dicho, mientras que el resto del blastocisto, constituido por una doble capa externa de células, llamada **trofoblasto**, dará origen al **corion**. Este último, como se verá más adelante, contribuye a la estructura de la placenta. En el interior del blastocisto se forma una cavidad, llena de líquido, llamada blastocele.

**Blastocisto.** Etapa de blástula de un mamífero en desarrollo. Está constituida por una masa celular interna (embrioblasto) en un polo, que originará al embrión, y una doble capa de células, el trofoblasto, que es el precursor del corion. En el centro se forma una cavidad llena de líquido conocido como blastocele.

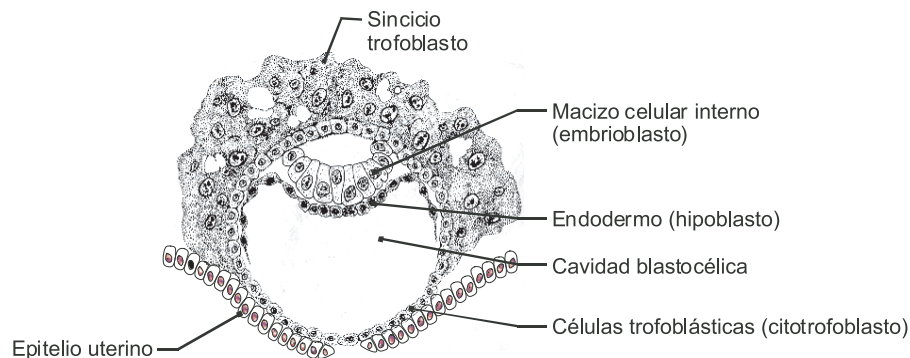


Figura 2.14. Esquema de un blastocisto de nueve días.

Hasta este momento el cigoto se ha mantenido en forma independiente, utilizando sus propias reservas (vitelo) y sin que se note aumento en su tamaño. En el siguiente paso, el trofoblasto invade el revestimiento del útero, implantándose en él para continuar desarrollándose, como verás en la siguiente unidad.

## Ejercicio 4

1. ¿Cuándo se observa la primera división del cigoto?

\_\_\_\_\_.

2. El cigoto obtiene sus nutrientes de:

- a) El núcleo.
- b) La membrana vitelina.
- c) La corona radiada.
- d) El vitelo.

3. ¿En qué momento se puede observar la blástula?

\_\_\_\_\_.

4. El corion da origen a una estructura llamada placenta:

Verdadero

Falso

## Autoevaluación

1. Las dos funciones principales del ovario son: \_\_\_\_\_.

2. ¿En qué etapa del desarrollo se inicia la ovogénesis?

- a) En la infancia.
- b) En la pubertad.
- c) Antes del nacimiento.
- d) En la etapa adulta.

3. ¿Qué es lo que produce el cuerpo lúteo?

\_\_\_\_\_.

4. ¿En dónde se lleva a cabo la espermatogénesis?

\_\_\_\_\_.

5. ¿Qué células de los testículos producen testosterona?
- Espermatogonias.
  - De Sertoli.
  - Intersticiales.
  - Espermatozoides.
6. ¿Cuál es la función principal del acrosoma?
- Proveer nutrientes.
  - Producir enzimas para penetrar al ovocito maduro.
  - Proporcionar movilidad al espermatozoide.
  - Contiene el cromosoma sexual X o Y.
7. ¿Qué función tienen los andrógenos en el desarrollo embrionario?
- \_\_\_\_\_.
8. ¿Qué contiene el semen además de los espermatozoides?
- Secreciones de las vesículas seminales.
  - Secreciones de las glándulas bulbouretrales.
  - Secreciones de la glándula prostática.
  - Todas las anteriores.
9. ¿Qué cantidad de espermatozoides se calcula que existe normalmente en una eyaculación?
- 4 millones.
  - 400 millones.
  - 40 millones.
  - 12 millones.
10. ¿En qué sitio del tracto reproductor femenino se unen normalmente el espermatozoide y el ovocito?
- \_\_\_\_\_.
11. ¿Por qué no penetra más de un espermatozoide al ovocito?
- \_\_\_\_\_.
12. ¿Qué es la zona pelúcida?
- \_\_\_\_\_.

13. ¿Cuál es la función de la membrana de fecundación?

- a) Impedir la entrada a más de un espermatozoide.
- b) Facilitar la entrada de los espermatozoides.
- c) Producir nutrientes para el ovocito.
- d) Impedir la pérdida de vitelo.

14. ¿En qué momento se observa síntesis de proteínas en el ovocito al ser fertilizado?

---

15. ¿Cuándo empieza a dividirse el cigoto?

- a) Veinticuatro horas después de la fertilización.
- b) Inmediatamente después de la penetración del espermatozoide.
- c) Después de que se fusionan los dos núcleos.
- d) Antes que se expulse el segundo corpúsculo polar.

16. ¿De dónde obtiene el cigoto sus nutrientes?

- a) Del citoplasma del espermatozoide.
- b) Del núcleo del ovocito.
- c) Del vitelo del ovocito.
- d) Del núcleo del espermatozoide.

17. ¿A qué se le llama blástula?

---

18. ¿Qué es el trofoblasto?

---

19. ¿A qué estructura dará origen el corion?

---

20. ¿Qué parte del blastocisto invade al útero durante la implantación?

- a) El corion.
- b) El embrión.
- c) El blastocele.
- d) El trofoblasto.



## Respuestas a los ejercicios

---

---

### Ejercicio 1

1. b) Producción de gametos y c) producción de andrógenos.
2. Proporciona nutrientes y secreta estrógenos.
3. b) El infundíbulo.
4. Vitelo.

### Ejercicio 2

1. Testosterona.
2. Estimula la formación de espermatozoides.
3. Proporciona energía para el movimiento.
4. c) 56 días.

### Ejercicio 3

1. Espermatozoides / secreciones de vesículas seminales / de la próstata / y de las glándulas bulbouretrales.
2. b) Ácido.
3. b) Se fusionan con el espermatozoide.
4. Protege contra la penetración de otros espermatozoides.
5. c) Inmediatamente después de la fertilización.
6. En el oviducto.

## Ejercicio 4

1. A las 36 horas de la fertilización.
2. d) El vitelo.
3. Después de cinco días.
4. Verdadero.

## Respuestas a la autoevaluación

1. La producción de gametos (óvulos) y la secreción de hormonas.
2. c) Antes del nacimiento.
3. Progesterona y estrógenos.
4. En los testículos.
5. c) Intersticiales.
6. b) Producir enzimas para penetrar el ovocito maduro.
7. El desarrollo del feto XY como masculino.
8. d) Todas las anteriores
9. b) 400 millones.
10. En la ampolla.
11. Porque al penetrar el primer espermatozoide hay cambios en la membrana vitelina que se transforma en la membrana de fecundación.
12. Es una membrana que protege al ovocito maduro.
13. a) Impedir la entrada de más de un espermatozoide.
14. Inmediatamente después de la penetración del espermatozoide.
15. c) Después de que se fusionan los dos núcleos.
16. c) Del vitelo del ovocito.
17. Es la fase que se observa a los cinco días de la fertilización (como un conjunto de unas 120 células).
18. Es una doble capa de células que integran la pared del blastocisto. Son las células precursoras del corion.
19. El corion contribuye a la estructura de la placenta.
20. d) El trofoblasto.