Reproducción, crecimiento y desarrollo

La vida, continuidad y cambio

Una de las características propias de los seres vivos es su capacidad de reproducción. La reproducción no se considera una función vital para un individuo, pero sí lo es para la especie a la cual pertenece. A través de este proceso, se originan nuevos individuos, que heredan las características de sus progenitores, y se las transmiten a sus descendientes. De esta forma, se asegura la continuidad de la especie a lo largo del tiempo, mas allá de la muerte de los individuos.

La reproducción sexual y la asexual

Existen dos formas de reproducción: la asexual y la sexual.

El proceso de reproducción asexual es característico de microorganismos y de algunas plantas y pequeños animales invertebrados. En este proceso, interviene un único progenitor que les transmite a las células de sus descendientes una copia exacta de todo su material genético. En consecuencia, los seres vivos que se originan asexualmente son genéticamente idénticos a su progenitor e idénticos entre sí.

En general, la reproducción asexual se lleva a cabo mediante el proceso de división celular denominado *mitosis*, que involucra la duplicación del material genético y la posterior partición de la célula original en dos nuevas células idénticas.

En el caso de los organismos unicelulares, cada una de las células que se origina se separa y constituye organismos independientes, idénticos al que les dio origen. En este tipo de reproducción, el organismo original deja de existir, pero sus componentes perduran en los dos nuevos individuos que lo reemplazan. Las plantas y los animales que pueden reproducirse asexualmente lo hacen a través del proceso de mitosis, pero las células que se originan forman, en conjunto, un organismo pluricelular idéntico al que les dio origen. Por ejemplo, si se extrae un fragmento o gajo de una planta, sus células sufren sucesivas divisiones mitóticas que dan origen a una nueva planta completa igual a la original, de la cual se extrajo el gajo.

Reproducción de bacterias. *Las bacterias se multiplican por un proceso de división celular similar a la mitosis, aunque más simple. En condiciones óptimas de temperatura, humedad y oxígeno, algunas bacterias pueden reproducirse en pocos minutos.*

Gemación. *La Hydra es un animal invertebrado que puede reproducirse asexualmente por gemación. En este proceso, se forman "brotes o yemas", cada una de las cuales se desarrolla en una pequeña hydra que se desprende del progenitor y lleva una vida independiente.*

Reproducción vegetativa. *Algunas plantas, como las frutillas y diferentes tipos de pasto, pueden reproducirse asexualmente en un proceso denominado reproducción vegetativa. En ciertos puntos de sus tallos subterráneos, denominados rizomas, se originan raíces, tallos y hojas que forman nuevas plantas idénticas a la original.*

Escaneado con CamScanner

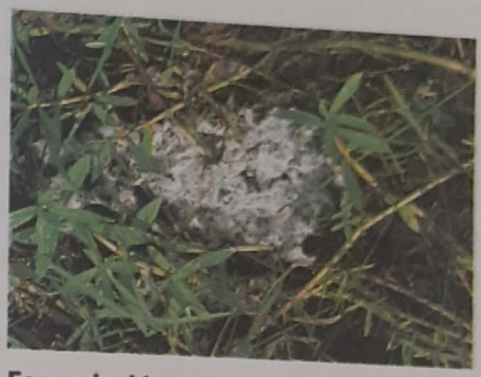
La mayoría de los seres vivos se reproduce sexualmente. La reproducción sexual requiere de la participación de células especializadas, denominadas *células sexuales* o *gametas*, que se originan por el proceso de meiosis. Las gametas femeninas (óvulos) y las masculinas (espermatozoides, o anterozoides en las plantas) tienen la particularidad de poseer la mitad de cromosomas que el resto de las células del organismo que les dio origen.

La unión de una gameta femenina y una masculina en el proceso de *fecundación* o *fertilización* da origen a la cigota, la primera célula del nuevo individuo, que posee, por lo tanto, una combinación de material genético de ambos progenitores.

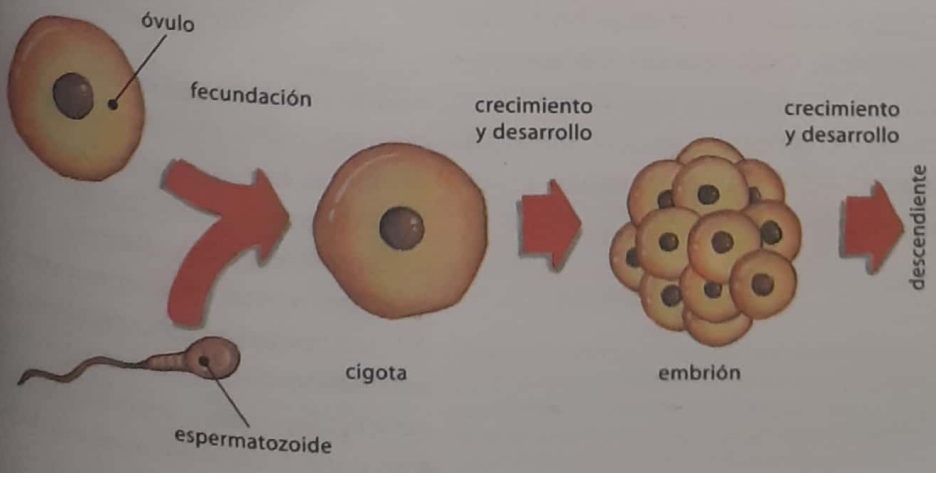
Mediante el complejo proceso de la meiosis, se origina en cada individuo una enorme variedad de gametas, cada una de ellas con una combinación diferente del material genético del individuo. Este hecho, sumado a la unión de material genético de dos individuos diferentes durante la fecundación, determina que los organismos que se originan en el proceso de reproducción sexual presenten gran variabilidad. Es decir que los descendientes son parecidos, pero no idénticos entre sí y, a su vez, presentan características que son una combinación de las de ambos progenitores, aunque son diferentes de ellos.

A diferencia de lo que ocurre en la reproducción sexual, en la asexual no se origina variabilidad ya que no intervienen gametas ni se produce la combinación de material genético de dos individuos. Solo las mutaciones (cambios casuales en el material genético) pueden determinar la aparición de características nuevas en los organismos que se reproducen asexualmente.

La reproducción sexual es, en general, un proceso más complejo que la asexual ya que requiere de la inversión de una gran cantidad de energía en la producción de gametas, en la búsqueda de pareja para procrear y, además, produce menos cantidad de descendientes. Sin embargo, la mayoría de los seres vivos se reproducen sexualmente. La ventaja que ofrece la reproducción sexual, que hizo que este proceso se difundiera entre los seres vivos a lo largo de la evolución, es la posibilidad de generar variabilidad entre los individuos de la especie. Ante un cambio en el ambiente, es probable que, entre la gran diversidad de individuos que integran la especie, existan algunos con características tales que les permitan sobrevivir y seguir reproduciéndose, mientras que otros mueren. Este proceso, denominado *selección natural*, hace posible la continuidad de la especie y su evolución a partir de algunos individuos aptos para las nuevas condiciones del medio. Sin embargo, una especie integrada por individuos idénticos que no poseen las características necesarias para sobrevivir a las nuevas condiciones podría extinguirse.



Fecundación externa y fecundación interna. *En algunos tipos de seres vivos, la unión de las gametas se lleva a cabo dentro del cuerpo materno (fecundación interna), mientras que en otros, como los sapos, se realiza afuera (fecundación externa). La fecundación externa lleva a la pérdida de gran parte de individuos ya que muchas de las gametas no llegan a encontrarse, y otras son devoradas por depredadores al igual que muchos de los jóvenes renacuajos. Por eso, la liberación de una gran cantidad de gametas es una estrategia que aumenta la probabilidad de fecundación y de que, al menos, algunas crías logren sobrevivir, llegar a adultos, asegurar así la continuidad de la especie.*



Reproducción sexual. *En general, en la reproducción sexual intervienen dos individuos de diferente sexo. Sin embargo, en muchas plantas y en algunos animales puede realizarse con la intervención de un único individuo hermafrodita, capaz de producir en su organismo gametas femeninas y masculinas. El crecimiento y el desarrollo del nuevo organismo comienza a partir de la multiplicación de la cigota por el proceso de mitosis.*

Escaneado con CamScanner

Reproducción humana

Los seres humanos se reproducen sexualmente mediante la intervención de dos personas de diferente sexo, cada uno de los cuales tiene un sistema de órganos especializado para cumplir con esta función: el sistema reproductor.

Sistema reproductor masculino

El sistema reproductor masculino está formado por un conjunto de órganos que se encargan de la producción de las gametas masculinas, los espermatozoides, y del fluido seminal en el cual son transportados hacia el exterior del cuerpo durante la eyaculación.

Algunos de los órganos reproductores son externos, mientras que otros se hallan alojados dentro de la cavidad abdominal. Los órganos visibles son el pene y el escroto, una bolsa suspendida debajo del pene dentro de la cual se encuentran los dos testículos. Cada testículo está formado por una inmensa cantidad de tubos seminíferos en los que ocurre el proceso de meiosis, que da lugar a la formación de los espermatozoides. Desde los testículos, los espermatozoides (aún inmóviles) pasan al epidídimo, un tubo largo y replegado, ubicado sobre cada testículo, donde se almacenan durante varios días hasta que adquieren movilidad. Desde allí, los espermatozoides continúan su viaje por los conductos deferentes, que llegan a la cavidad abdominal, rodean a la vejiga (órgano del sistema urinario) y desembocan en la uretra, un canal que se prolonga dentro del pene y, a través del cual, son expulsados del cuerpo en la eyaculación. Los espermatozoides constituyen una mínima parte del fluido seminal, o semen, que se expulsa en la eyaculación. El resto está formado por las secreciones de las vesículas seminales, de la próstata y de las glándulas bulbouretrales, que se mezclan con los espermatozoides a medida que avanzan por los conductos deferentes, y les proveen un medio líquido en el cual pueden transportarse impulsados por el movimiento de su cola. El fluido que aportan las vesículas seminales contiene fructosa, un azúcar que nutre a los espermatozoides en su recorrido. Las secreciones de la próstata están constituidas por un líquido lechoso y alcalino que ayuda a neutralizar la acidez característiça del sistema reproductor femenino, que constituye un medio hostil para los espermatozoides. Las glándulas bulbouretrales, ubicadas en la base del pene, aportan un fluido que sirve de lubricante para facilitar el pasaje del semen por la uretra y la penetración del pene en la mujer.

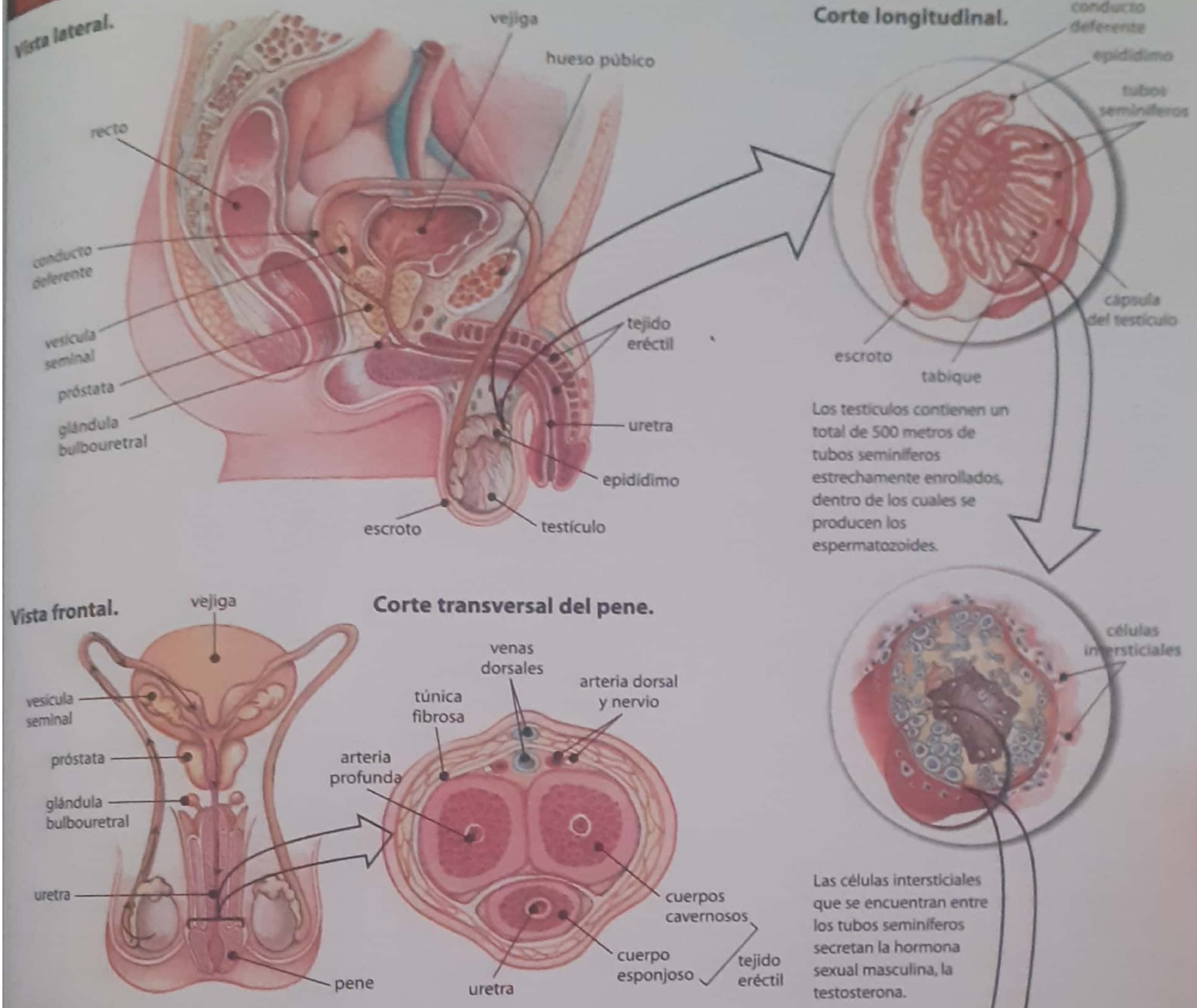
Además de producir espermatozoides, los testículos contienen células especiales, denominadas *intersticiales*, que secretan la principal hormona sexual masculina, la testosterona. Esta hormona, cuya producción aumenta notablemente a partir de la pubertad (10-11 años), induce la maduración de los espermatozoides y el desarrollo de las características sexuales secundarias masculinas, como el crecimiento del vello en las axilas, en el pubis y en la barba, y el engrosamiento de la voz, entre otras.

Temperatura y espermatozoides. *La producción de espermatozoides en los testículos requiere de una temperatura de 33 o 34 °C, es decir, 3 °C inferior a la temperatura corporal normal (36 a 37 °C). Ante una disminución de la temperatura exterior, el escroto se contrae y produce un acercamiento de los testículos al abdomen. Ante un aumento de la temperatura corporal, el escroto se relaja y produce un alejamiento de los testículos del abdomen. De esta forma, la contracción y la relajación del escroto, según los cambios de temperatura, permiten mantener la temperatura testicular necesaria para la producción de espermatozoides.*

A partir de la pubertad, un varón produce diariamente varios centenares de millones de espermatozoides. Normalmente se liberan 300-400 millones de espermatozoides por eyaculación en un volumen de semen de 3-4 mililitros. La liberación de millones de espermatozoides por eyaculado aumenta las probabilidades de que al menos uno llegue al óvulo y se una a él.

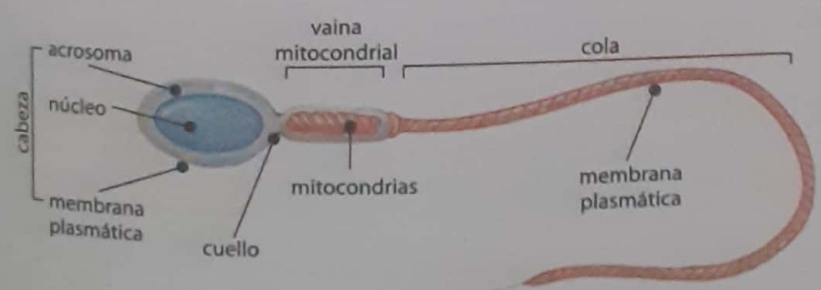
Escaneado con CamScanner

Sistema reproductor masculino

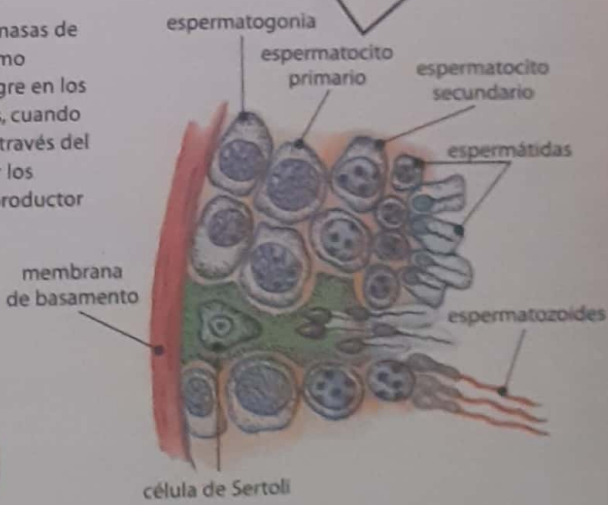


Las flechas indican el recorrido de los espermatozoides desde los testículos hasta la uretra. La uretra, además de constituir la vía de salida del semen, es el conducto a través del cual se elimina la orina desde la vejiga (sistema urinario). Sin embargo, existe un mecanismo de control que impide que ambos procesos ocurran simultáneamente. El extremo del pene se denomina *glande* y está protegido por una delgada capa de piel, el prepucio, que, en ocasiones, se elimina quirúrgicamente (circunsición).

El pene humano está formado por tres masas de tejido eréctil. La erección se produce como consecuencia de la acumulación de sangre en los vasos sanguíneos de los tejidos eréctiles, cuando los nervios del pene son estimulados. A través del pene erecto, el hombre puede depositar los espermatozoides dentro del sistema reproductor femenino.



El espermatozoide es una célula constituida por una cabeza, en la que se encuentra el material genético; por una cola, que impulsa el movimiento; entre ambas, hay un cuello en el que abundan las mitocondrias que proveen la energía necesaria para el movimiento. El acrosoma contiene enzimas que posibilitan la penetración del espermatozoide en las capas protectoras del óvulo y la liberación del material genético en su interior. Un espermatozoide mide alrededor de 14 micrómetros de largo.



Dentro de los tubos seminíferos es posible encontrar espermatozoides en diferentes etapas del proceso de espermatogénesis (meiosis). La producción de cuatro espermatozoides a partir de una espermatogonia tarda entre ocho y nueve semanas. Las células de Sertoli nutren a los espermatozoides mientras se desarrollan.

Escaneado con CamScanner

Sistema reproductor femenino

En el sistema reproductor femenino maduran los óvulos, se producen las hormonas sexuales femeninas y, a partir de la pubertad, puede formarse en él un nuevo individuo, que se aloja en su interior durante los nueve meses que dura la gestación, desde la fecundación hasta el nacimiento.

Los órganos que constituyen el sistema reproductor femenino son los ovarios, las trompas de Falopio (u oviductos), el útero, la vagina y la vulva.

Los ovarios son dos órganos de tres centímetros de diámetro que se ubican en la cavidad abdominal. Dentro de ellos, maduran los óvulos y se producen las hormonas sexuales femeninas, denominadas *estrógeno* y *progesterona*.

Cuando una niña nace, tiene dentro de sus ovarios alrededor de dos millones de óvulos inmaduros, que se hallan en una etapa temprana del proceso de meiosis. A partir de la pubertad, estimulado por un aumento en la producción de las hormonas sexuales femeninas, aproximadamente cada 28 días, un óvulo completa su desarrollo y es liberado del ovario en el proceso de la ovulación.

Una vez que el óvulo es expulsado del ovario, ingresa en las trompas de Falopio, u oviducto, desde donde es transportado hacia el útero. Los óvulos son células que, a diferencia de los espermatozoides, no tienen movilidad propia, y se desplazan en un flujo o fluido mucoso impulsados por las contracciones de las paredes del oviducto. El recorrido del óvulo dentro del oviducto puede llevar entre 24 y 72 horas, hasta que llega al útero. Si en ese trayecto el óvulo se encuentra con espermatozoides, puede producirse la fecundación. Si, en su trayecto por las trompas de Falopio, el óvulo no es fecundado, muere. La fecundación no se produce una vez que el óvulo llegó al útero.

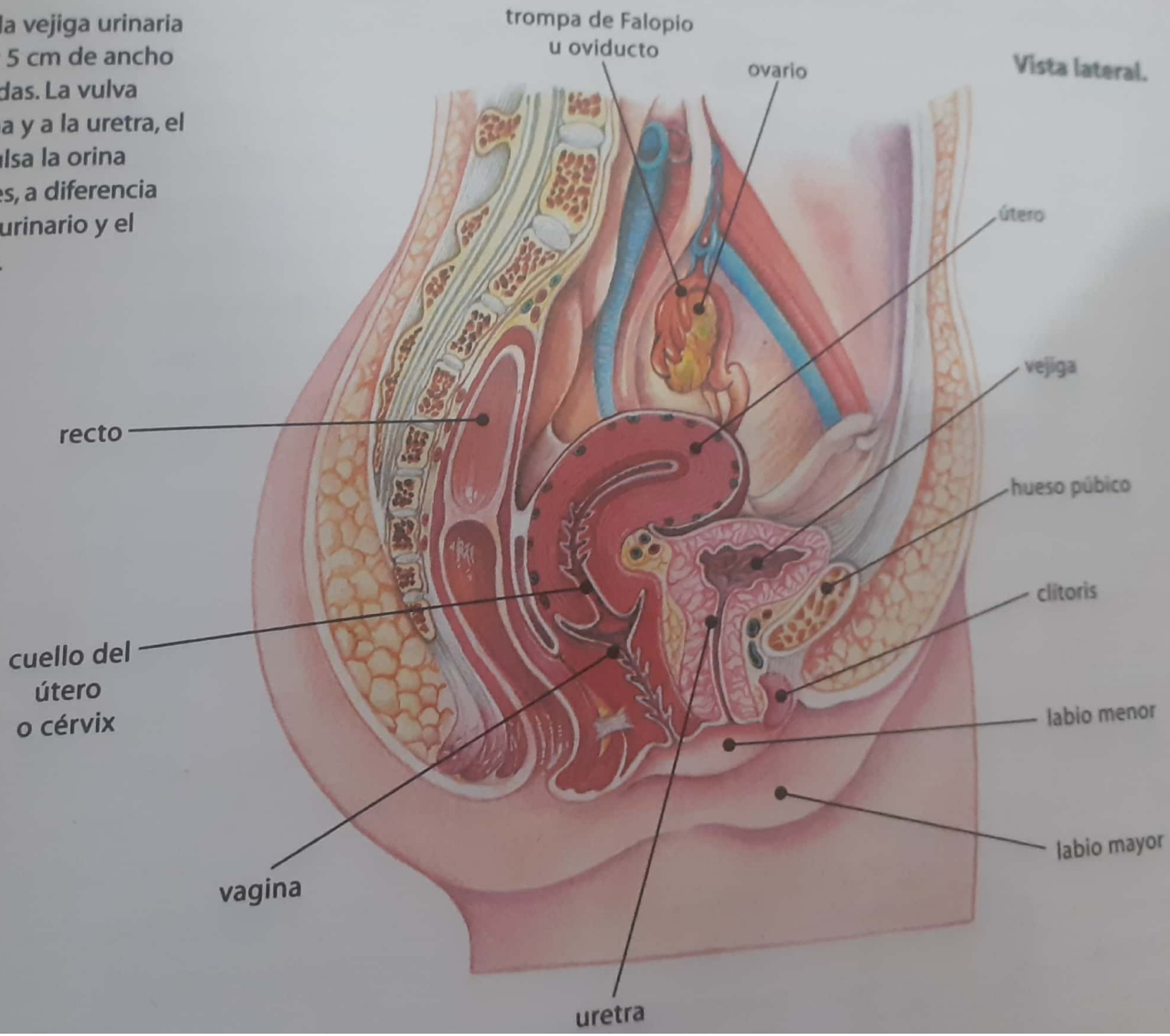
El útero es un órgano hueco en forma de pera. Está delimitado por una pared muscular que recibe abundante irrigación sanguínea y que tiene la capacidad de distenderse y aumentar considerablemente su tamaño durante el embarazo. La capa interna de la pared uterina se denomina *endometrio*. En caso de que no ocurra la fecundación, el endometrio se desprende y es expulsado durante la menstruación. Si, por el contrario, se produce el embarazo, el endometrio se mantiene y aloja al feto que se nutre a través de los vasos sanguíneos que lo irrigan. En su extremo inferior, el útero se comunica con la vagina a través del cuello del útero, o cérvix, una abertura formada por un anillo muscular. La vagina, que comunica el útero con el exterior del cuerpo, es el órgano receptivo del pene durante el acto sexual y el canal de salida del feto durante el nacimiento. Los órganos externos del sistema reproductor femenino son los labios mayores, los labios menores y el clítoris que, en conjunto, reciben el nombre de *vulva*. Los labios mayores son pliegues de piel que, a partir de la pubertad, se cubren de vello púbico y protegen a los labios menores, más finos, y al clítoris. El clítoris es un órgano sensible y eréctil, homólogo al pene en el hombre. Al ser estimulado, induce la producción de una sustancia mucosa en la vagina que ayuda a la lubricación y penetración del pene durante el acto sexual.

Los óvulos son células mucho más grandes que los espermatozoides. Tienen un diámetro de 100 micrómetros aproximadamente. Su citoplasma está repleto de sustancias nutritivas de reserva que, en caso de producirse la fecundación, serán utilizadas para nutrir al embrión en su primera etapa de desarrollo, hasta que se implanta en el útero.

Escaneado con CamScanner

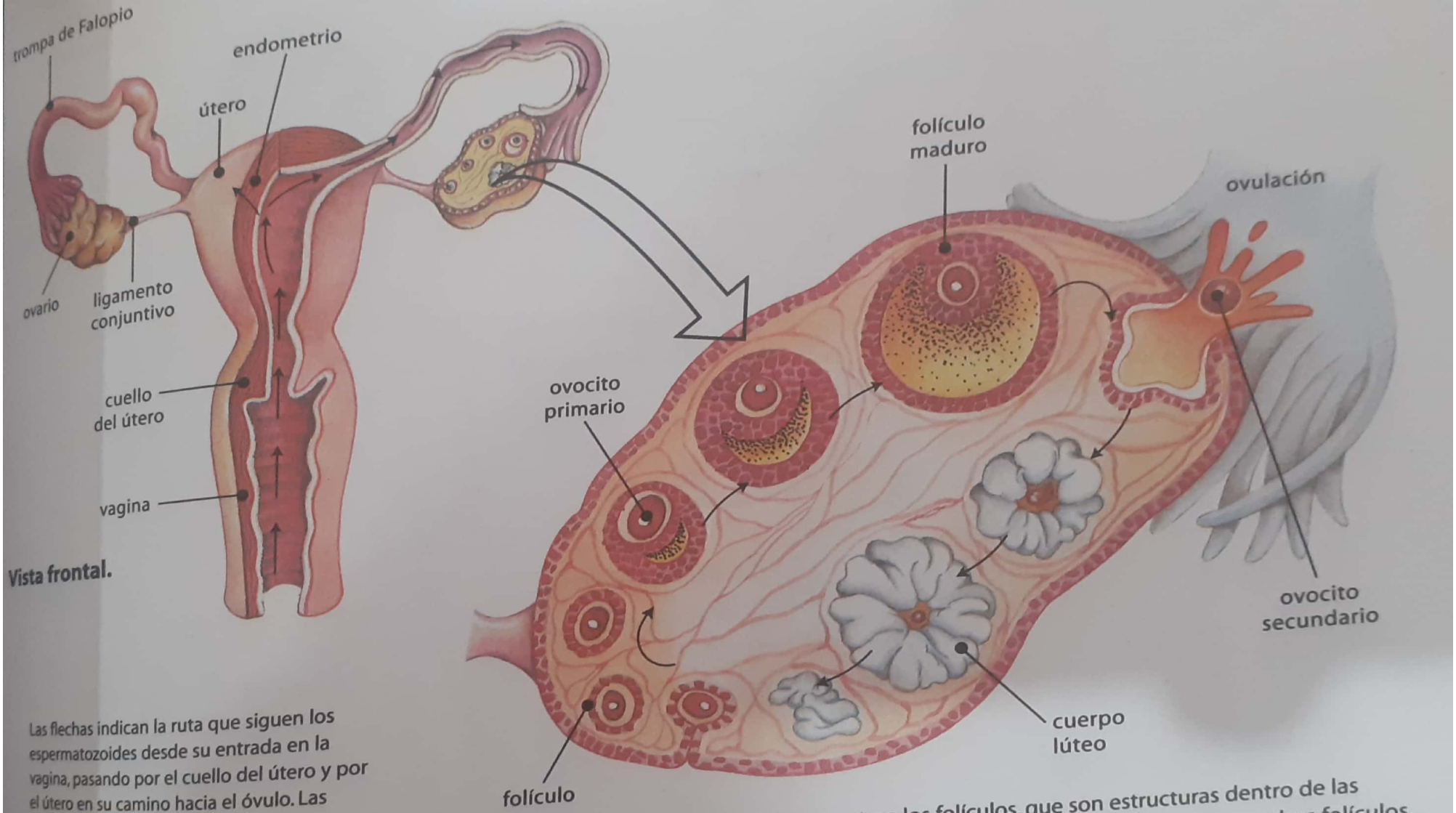
Sistema reproductor femenino

El útero está ubicado sobre la vejiga urinaria y tiene unos 8 cm de largo y 5 cm de ancho en las mujeres no embarazadas. La vulva protege la entrada a la vagina y a la uretra, el conducto por donde se expulsa la orina desde la vejiga. En las mujeres, a diferencia de los hombres, el conducto urinario y el reproductor están separados.



pa de Falopio

Escaneado con CamScanner



Vista frontal.

Las flechas indican la ruta que siguen los espermatozoides desde su entrada en la vagina, pasando por el cuello del útero y por el útero en su camino hacia el óvulo. Las contracciones de la pared muscular del útero ayudan al desplazamiento de los óvulos desde los oviductos, al avance de los espermatozoides hacia las trompas, y aumentan su intensidad durante la expulsión del endometrio en la menstruación y, especialmente, durante el parto. El cuello del útero y la vagina (un tubo de 10-15 cm de largo) tienen paredes musculares que pueden dilatarse ampliamente para permitir la salida del feto durante el parto.

En los ovarios se encuentran los folículos, que son estructuras dentro de las cuales se desarrollan los óvulos inmaduros. En cada ovario hay muchos folículos en distintos estadios de maduración. El folículo le provee nutrientes al óvulo en desarrollo y también secreta hormonas sexuales. Una vez maduro, el folículo se abre y expulsa el óvulo (ovulación), que comienza su recorrido por las trompas de Falopio. En general, cada mes madura un folículo y se expulsa un solo óvulo. Las células del folículo quedan dentro del ovario y forman el cuerpo lúteo que, en caso de producirse la fecundación, secreta hormonas que preparan el útero para alojar y nutrir al nuevo ser. En caso de no ocurrir la fecundación, la pared interna del útero se desprende y sale en la menstruación.

Escaneado con CamScanner

Desarrollo sexual y regulación hormonal

La información genética que transmiten los padres a través de sus gametas determina, entre otras características, el sexo del nuevo ser, es decir, si tendrá órganos sexuales masculinos o femeninos. Es esta una característica denominada *característica sexual primaria*, y se manifiesta ya en la etapa embrionaria. Existen otras características propias de cada sexo, y se manifiestan en la forma del cuerpo y en su funcionamiento, y que se desarrollan a partir de la pubertad, como consecuencia de un aumento en la secreción de las hormonas sexuales. Estas se denominan *características sexuales secundarias*.

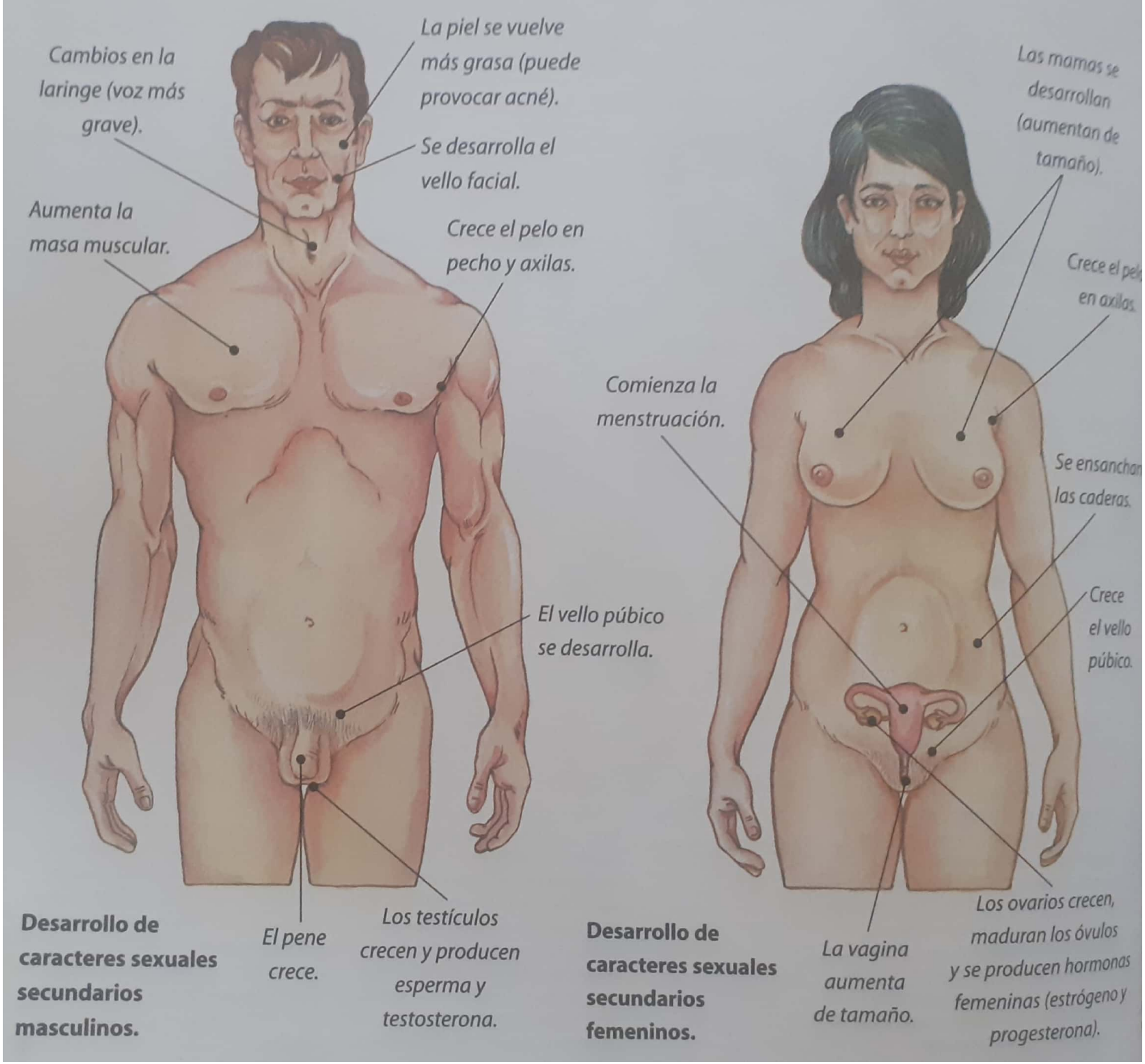
Regulación hormonal masculina

Las hormonas sexuales masculinas reciben, en general, el nombre de *andrógenos*. La principal es la testosterona. La secreción de testosterona está regulada por un mecanismo de control en el que intervienen el hipotálamo, que forma parte del encéfalo (sistema nervioso), y la glándula hipófisis, que se halla situada en la base del encéfalo.

Determinadas neuronas en el hipotálamo secretan una hormona denominada *factor liberador de gonadotropina*, que circula por la sangre y llega a la hipófisis. En respuesta a esta señal, la hipófisis secreta dos hormonas: la hormona folículo estimulante (HFE) y la hormona luteinizante (HL). Estas hormonas circulan por la sangre y llegan a los testículos. La HL actúa sobre las células intersticiales, que se hallan alrededor de los tubos seminíferos y las inducen a secretar testosterona. A su vez, la HFE actúa sobre las células de Sertoli, que se hallan dentro de los tubos seminíferos y nutren a los espermatozoides en formación. El efecto combinado de la testosterona y la HFE determina la producción de los espermatozoides.

La testosterona y la hormona inhibina (producida por las células de Sertoli) actúan sobre el hipotálamo y la hipófisis para detener momentáneamente la fabricación de hormonas cuando la testosterona alcanza niveles elevados.

Escaneado con CamScanner



Desarrollo de caracteres sexuales secundarios masculinos.

Desarrollo de caracteres sexuales secundarios femeninos.

Escaneado con CamScanner

Regulación hormonal femenina

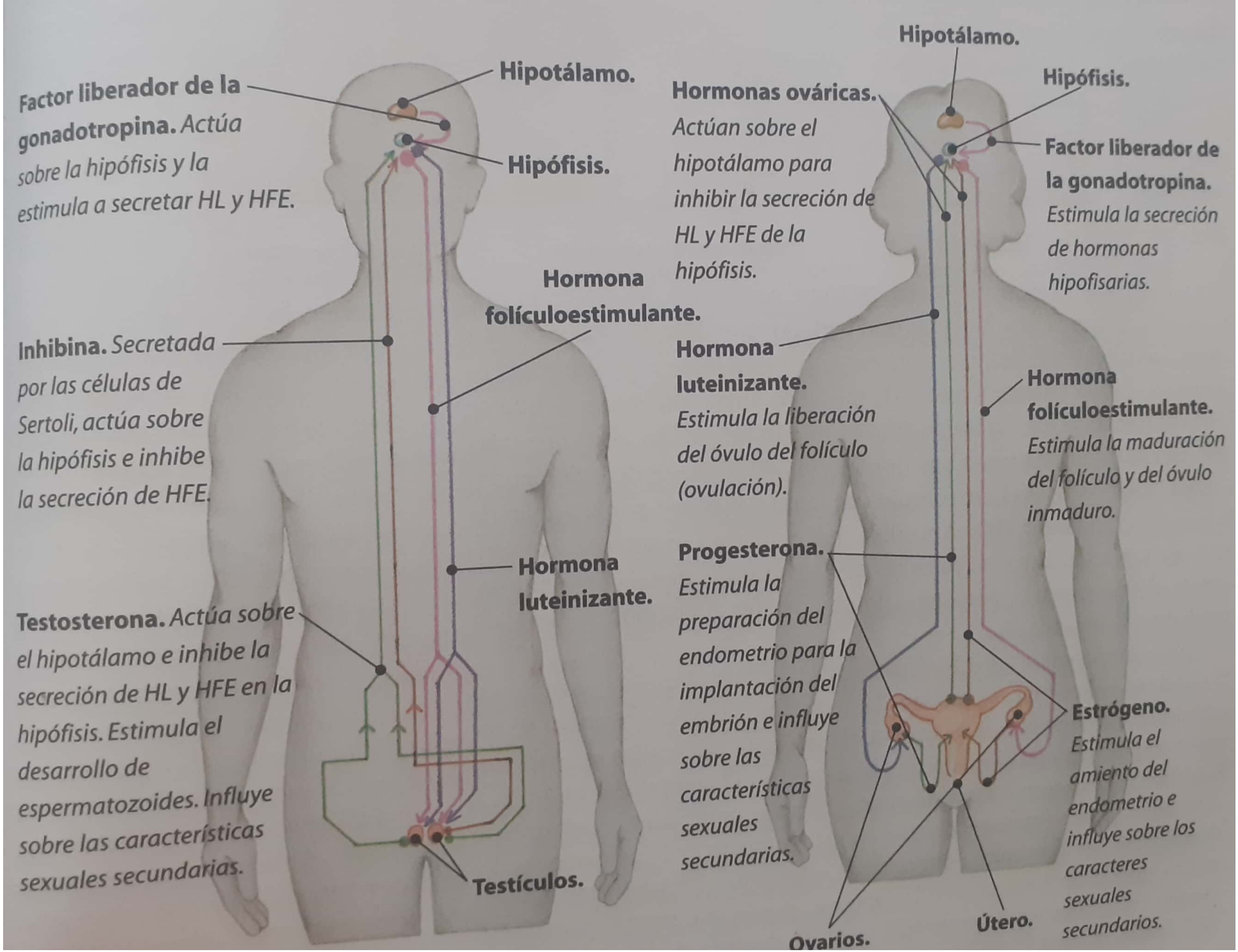
Al igual que en los hombres, la producción de las hormonas sexuales femeninas, estrógeno y progesterona, está regulada por un mecanismo de control en el que intervienen el hipotálamo y la hipófisis.

El hipotálamo produce la hormona denominada *factor liberador de gonadotropina*, que llega a la hipófisis y la induce a secretar las hormonas hipofisarias, la folículo estimulante (HFE) y la luteinizante (HL). La hormona folículo estimulante, como su nombre lo indica, estimula la maduración del folículo donde se desarrolla el óvulo. La hormona luteinizante, por su parte, estimula la liberación del óvulo (la ovulación) y, en consecuencia, la formación del cuerpo lúteo a partir de las células que previamente formaban el folículo.

La acción de las hormonas hipofisarias en los ovarios induce la producción de las hormonas ováricas, el estrógeno secretado por el folículo y la progesterona secretada por el cuerpo lúteo. Estas hormonas actúan en el endometrio, la pared interna del útero, y lo preparan para la implantación del embrión en caso de producirse la fecundación y el embarazo. La preparación del endometrio implica su engrosamiento y el aumento de la irrigación sanguínea a través de la cual se nutrirá el ser que se está gestando en su interior. Además, estas hormonas estimulan el desarrollo de las características sexuales secundarias. Al igual que en la regulación hormonal masculina, cuando las hormonas sexuales femeninas se producen en grandes cantidades, actúan sobre el hipotálamo y la hipófisis, e inhiben la secreción de hormonas HFE y HL. En consecuencia, se evita la producción de las hormonas ováricas. Esta inhibición es transitoria, y la producción de hormonas se reanuda cuando su nivel disminuye.

Tanto en los hombres como en las mujeres, la producción de hormonas sexuales está regulada indirectamente por el hipotálamo que, además, recibe información nerviosa proveniente de otras partes del cuerpo y también del medio exterior. El hecho de que el sistema nervioso esté involucrado en la regulación hormonal explica por qué la producción de hormonas sexuales, la liberación de gametas y la actividad sexual pueden verse alteradas ante determinadas circunstancias como situaciones de preocupación, de intranquilidad, de angustia e, incluso, por cambios climáticos bruscos.

Escaneado con CamScanner



Escaneado con CamScanner