



INSTRUCTIVO DE ACTIVIDADES SEMESTRALES PARA ESTUDIANTES SIN ACCESO A AULA VIRTUAL

Cuarto medio Biología Etapa 3- II semestre 2020

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE: OA 2 (2º medio) Crear modelos que expliquen la regulación de: - La glicemia por medio del control de las hormonas pancreáticas. - Los caracteres sexuales y las funciones reproductivas por medio del control de las hormonas sexuales en el organismo. OA 6 (2º medio) Investigar y argumentar, basándose en evidencias, que el material genético se transmite de generación en generación en organismos como plantas y animales, considerando: -La comparación de la mitosis y la meiosis. -Las causas y consecuencias de anomalías y pérdida de control de la división celular (tumor, cáncer, trisomía, entre otros).	CONTENIDOS O CONCEPTOS CLAVES: - Regulación endocrina - ADN y reproducción celular.
NOMBRE:	CURSO:

INSTRUCCIONES GENERALES: Guíese por las lecturas y desarrolle las actividades en su cuaderno de Biología. Para optimizar su trabajo, se sugiere leer comprensivamente cada tema y contestar las actividades de manera secuencial, es decir, en el orden que viene establecido. Organice su tiempo de trabajo semanalmente para abordar los contenidos en cada período.

Lectura y actividades período AGOSTO-SEPTIEMBRE

Indicadores de evaluación:

- Describen las características de las principales glándulas endocrinas en el organismo y la función biológica que regulan.
- Explican, mediante el uso de modelos, el proceso de regulación de la glicemia considerando el rol de la insulina, el glucagón y la comunicación hormonal entre órganos.
- Describen la regulación hormonal del sistema reproductor masculino considerando características generales de los órganos involucrados y los cambios puberales asociados.
- Seleccionan y usan modelos del ciclo menstrual para explicar la regulación del ciclo ovárico y uterino por hormonas como gonadotropinas (folículo estimulante, FSH, y luteinizante, LH), estrógeno y progesterona.
- Analizan modelos que muestran cómo órganos y tejidos distantes se comunican entre sí y mantienen la homeostasis en el organismo gracias al sistema endocrino.

REGULACION ENDOCRINA

Para comprender el funcionamiento del sistema endocrino, es necesario recordar algunas funciones celulares.

Introducción a las funciones celulares

A pesar de la complejidad que posee la célula eucarionte, sus componentes principales están bien definidos, al igual que sus funciones. El cuerpo humano cuenta con unos sesenta billones de células distribuidas en unos doscientos tipos diferentes. Pese a ello, las estructuras y los organelos responsables de cada tarea son los mismos y las desarrollan básicamente de forma similar.

Algunas funciones de una célula eucarionte

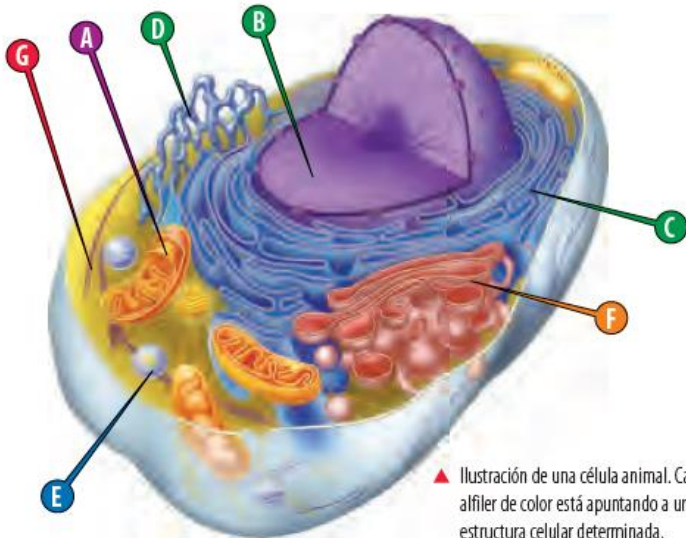
La enorme mayoría de las células eucariontes disponen de estructuras especializadas para realizar una gran gama de actividades. Entre ellas podemos mencionar las siguientes:

● Procesamiento de la energía

Gracias a las mitocondrias, las células eucariontes pueden transferir la energía química de las moléculas obtenidas en la nutrición a moléculas de ATP, las que a su vez se aprovechan en tareas que requieren energía; por ejemplo, los procesos de...

● Síntesis

Hay varios lugares de la célula donde se elaboran moléculas a partir de unidades más simples: la síntesis de proteínas ocurre en los ribosomas; la de lípidos, en el retículo endoplásmico liso; la de azúcares de almacenamiento, en el citoplasma, y la de ácidos nucleicos, en el núcleo. Muchas de estas moléculas provienen de subunidades obtenidas por...



▲ Ilustración de una célula animal. Cada alfiler de color está apuntando a una estructura celular determinada.

● Digestión

Capacidad de degradar moléculas de origen extra o intracelular al interior de los lisosomas u otros organelos, como el retículo endoplásmico liso. Los lisosomas se originan en el aparato de Golgi, al igual que las vesículas responsables de la...

● Secreción

Proceso mediante el cual la célula libera sustancias que actúan, ya sea en su periferia o en tejidos distantes, en coordinación con el citoesqueleto, el que moviliza las vesículas y es responsable del...

● Soporte y movimiento

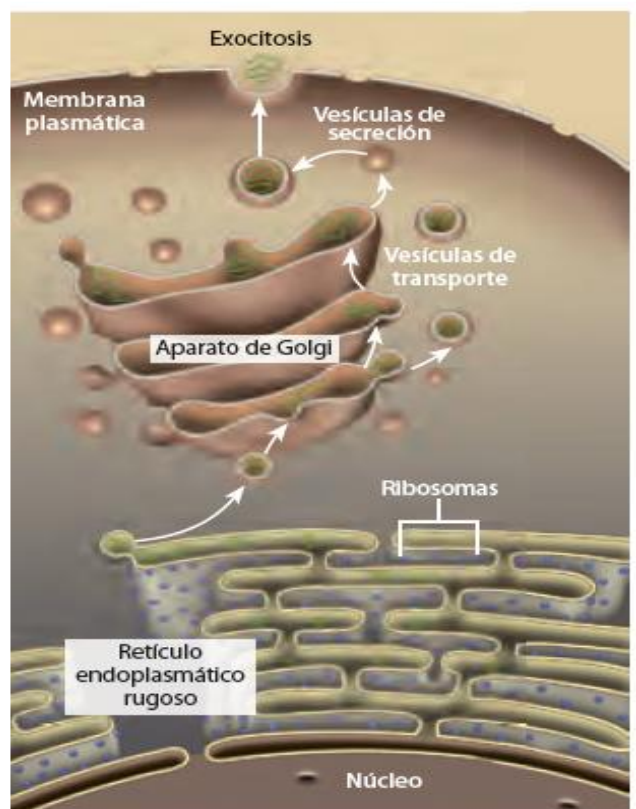
Tareas que permiten que la célula mantenga una forma característica, la modifique según sus necesidades o se traslade eventualmente a otro lugar.

Actividad secretora de la célula

Todas las células animales pueden secretar sustancias. Lo hacen para los más diversos fines, desde aportar materiales para la red de proteínas que las rodea (matriz extracelular), hasta permitir la transmisión del impulso nervioso. En todos estos casos, el aparato de Golgi juega un rol fundamental al empaquetar y preparar lípidos y proteínas que serán exocitados (liberados hacia el exterior de la célula) mediante vesículas.

El aparato de Golgi es un sistema de sacos membranosos, interconectados por una serie de vesículas que se separan y se funden con estas cavidades en forma dinámica. Muchas de las proteínas procesadas por el Golgi se liberan mediante exocitosis, a diferencia de aquellas producidas por ribosomas libres, que se ocupan internamente en la célula.

En las células especializadas en la secreción, llamadas células glandulares, es habitual que las vesículas secretoras se reúnan en la cercanía del límite celular. Para poder vaciar su contenido hacia el medio extracelular, las vesículas simplemente funden su estructura con la membrana plasmática, tal como se representa en la figura lateral.



▲ Esquema que muestra la relación entre el retículo endoplásmico rugoso, el aparato de Golgi y la membrana plasmática.

Acción del sistema endocrino

¿Te has dado cuenta de que ante una situación de estrés o peligro te sudan las manos, tu frecuencia cardíaca y respiratoria se incrementa y tu boca se seca? Sin que sea algo consciente, tu cuerpo es capaz de producir estas y otras respuestas hacia los distintos estímulos del medioambiente gracias a la acción coordinada de dos sistemas: el sistema nervioso y el sistema endocrino.

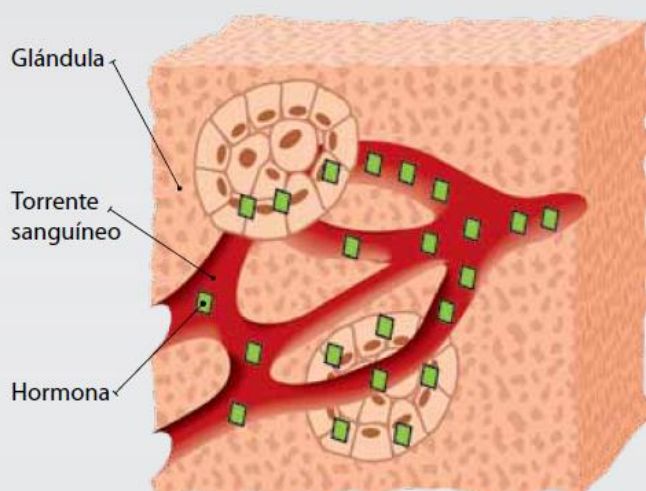
El sistema nervioso se caracteriza por elaborar una respuesta inmediata frente a los estímulos del ambiente. Esto es particularmente útil si el estímulo es un evento externo que amenaza nuestra seguridad. Por su parte, el sistema endocrino también participa elaborando respuestas, pero actúa de manera más lenta y sostenida en el tiempo. Se compone especialmente de células endocrinas, las cuales se agrupan y forman glándulas endocrinas.

Tipos de glándulas

Las glándulas son estructuras que pueden estar constituidas por una o varias células, y que se forman a partir de tejido epitelial. Tienen por función secretar diversas sustancias, como las hormonas, (sustancias químicas que son liberadas a torrente sanguíneo y que cumplen una función determinada en un tejido específico) y se clasifican en endocrinas y exocrinas, de acuerdo con el lugar donde vierten sus secreciones. Solo las primeras forman parte del sistema endocrino.

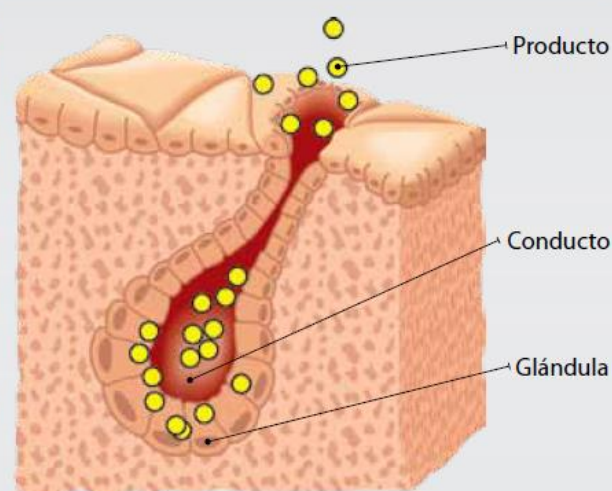
Glándulas endocrinas

Son estructuras muy vascularizadas, es decir, irrigadas por una gran red de capilares sanguíneos, de paredes delgadas y porosas. Estas glándulas producen hormonas que son vertidas directamente al torrente sanguíneo y transportadas por los vasos sanguíneos hasta los tejidos blanco o diana, donde llegan a ejercer su función.



Glándulas exocrinas

Este tipo de glándulas secretan sustancias a través de conductos dirigidos a la superficie del cuerpo o al interior de algunos órganos. Por ejemplo, son glándulas exocrinas las células caliciformes productoras de mucosidad, presentes en epitelios mucosos como el que recubre el intestino, y las glándulas sudoríparas, sebáceas y mamarias.



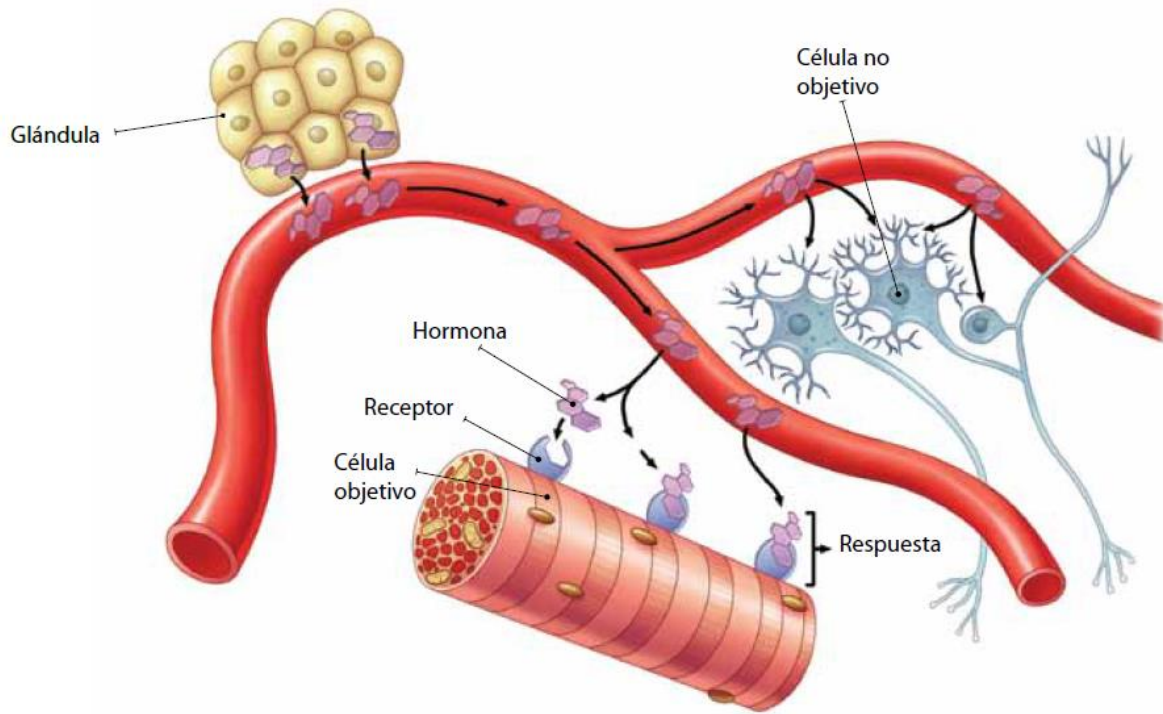
La acción del sistema endocrino ayuda a controlar el crecimiento y el desarrollo corporal. Además, verifica otras funciones orgánicas, como la reproducción; los niveles de energía del organismo; algunas reacciones a las condiciones ambientales y al estrés, y el equilibrio interno de diferentes rangos químicos y físicos (homeostasis).



◀ En ocasiones se compara el funcionamiento del sistema endocrino con el tiro al blanco, donde la persona representa la glándula endocrina, el dardo representa a la hormona y el blanco a la célula objetivo.

Para saber ➔

Glándulas mixtas o anfícrinas son aquellas que presentan características de glándulas exocrinas y endocrinas. El páncreas es un típico ejemplo de glándula anfícrina, ya que libera enzimas digestivas hacia la luz del tubo digestivo (secreción exocrina) y hormonas como la insulina hacia la sangre (secreción endocrina).



▲ Una vez unidas a sus receptores, las hormonas transmiten la señal al interior de la célula, desencadenando una serie de eventos que constituyen la respuesta a la acción hormonal.

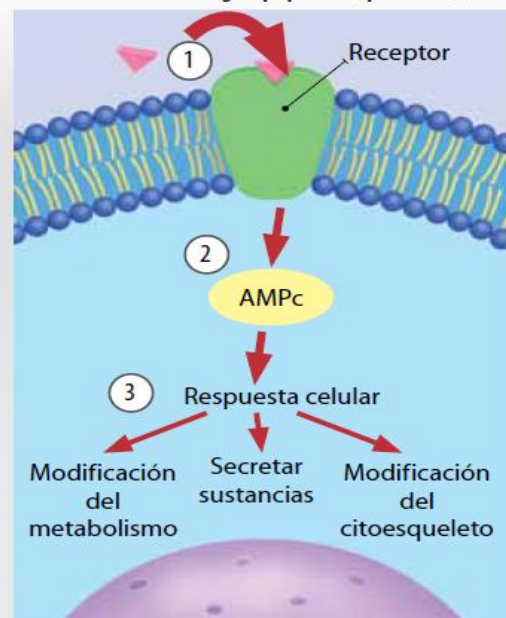
ACTIVIDAD 1:

1. Elabora una tabla comparativa entre las glándulas exocrinas y endocrinas, de acuerdo con los siguientes criterios: descripción de su estructura, cómo y hacia dónde son transportadas las sustancias liberadas, y ejemplos.

Mecanismos de acción hormonal

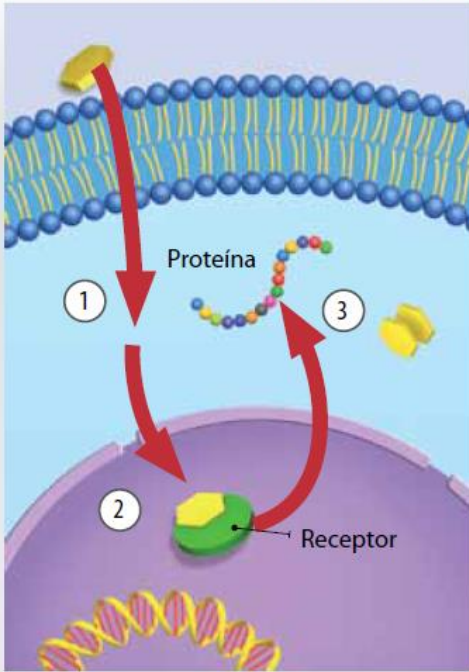
Las hormonas actúan sobre aquellas células que tienen receptores específicos para ellas, las llamadas células diana o blanco. Una hormona específica puede hacerlo solo sobre uno o algunos tipos celulares y en cada uno desencadenar respuestas diferentes. Existen dos mecanismos fundamentales que las hormonas emplean para ejercer su acción sobre las células diana: unión a receptores intracelulares y unión a receptores de membrana. Estos dependen de la naturaleza química de la hormona y de la ubicación de su receptor en la célula diana.

Hormonas de origen peptídico (proteicas)



1. Las hormonas peptídicas no pueden difundir a través de la membrana plasmática y, por lo tanto, sus receptores se ubican en la superficie externa de la membrana de la célula blanco.
2. La unión de la hormona al receptor desencadena una cascada de señales en el citoplasma de la célula.
3. La cascada de señales puede producir la modificación del metabolismo celular, aumentar o disminuir la secreción de sustancias, entre otras.

Hormonas de origen lipídico (esteroidales)



1. Las hormonas liposolubles atraviesan por difusión la membrana plasmática de las células diana y se unen a receptores ubicados habitualmente en el núcleo de la célula.
2. Al unirse la hormona con el receptor, se forma un complejo que activa la expresión de genes.
3. La activación de ciertos genes estimula la síntesis de una proteína que puede modificar el metabolismo celular, aumentar o disminuir la secreción de sustancias, entre otras.

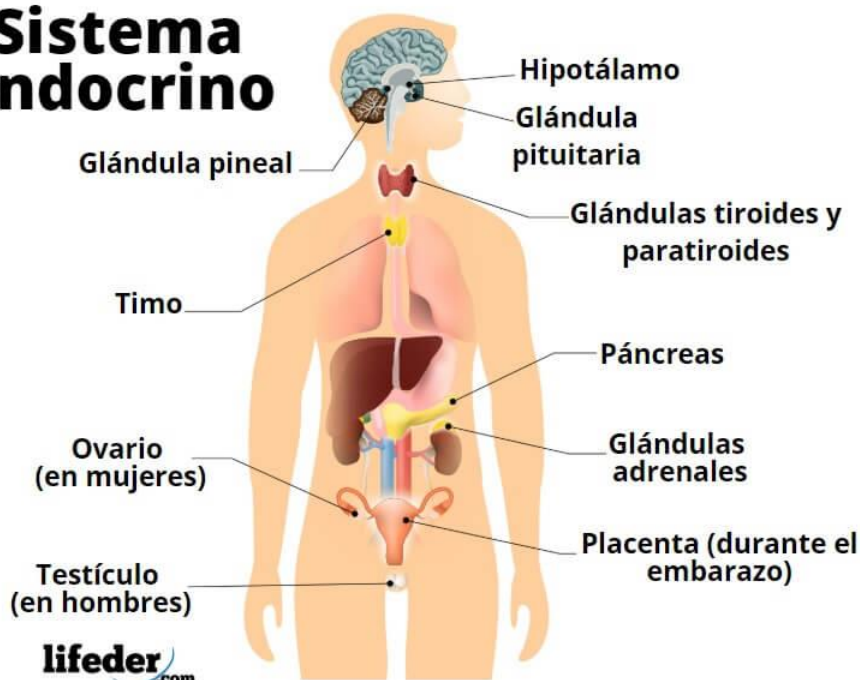
ACTIVIDAD 2: A partir de los mecanismos de acción hormonal, responde en tu cuaderno las siguientes preguntas.

1. ¿Qué tipo de hormona atraviesa fácilmente la membrana? ¿A qué crees que se debe esto?
2. ¿Qué sucedería con la acción de una hormona peptídica, si su receptor en la superficie celular se encuentra ocupado por otra sustancia?

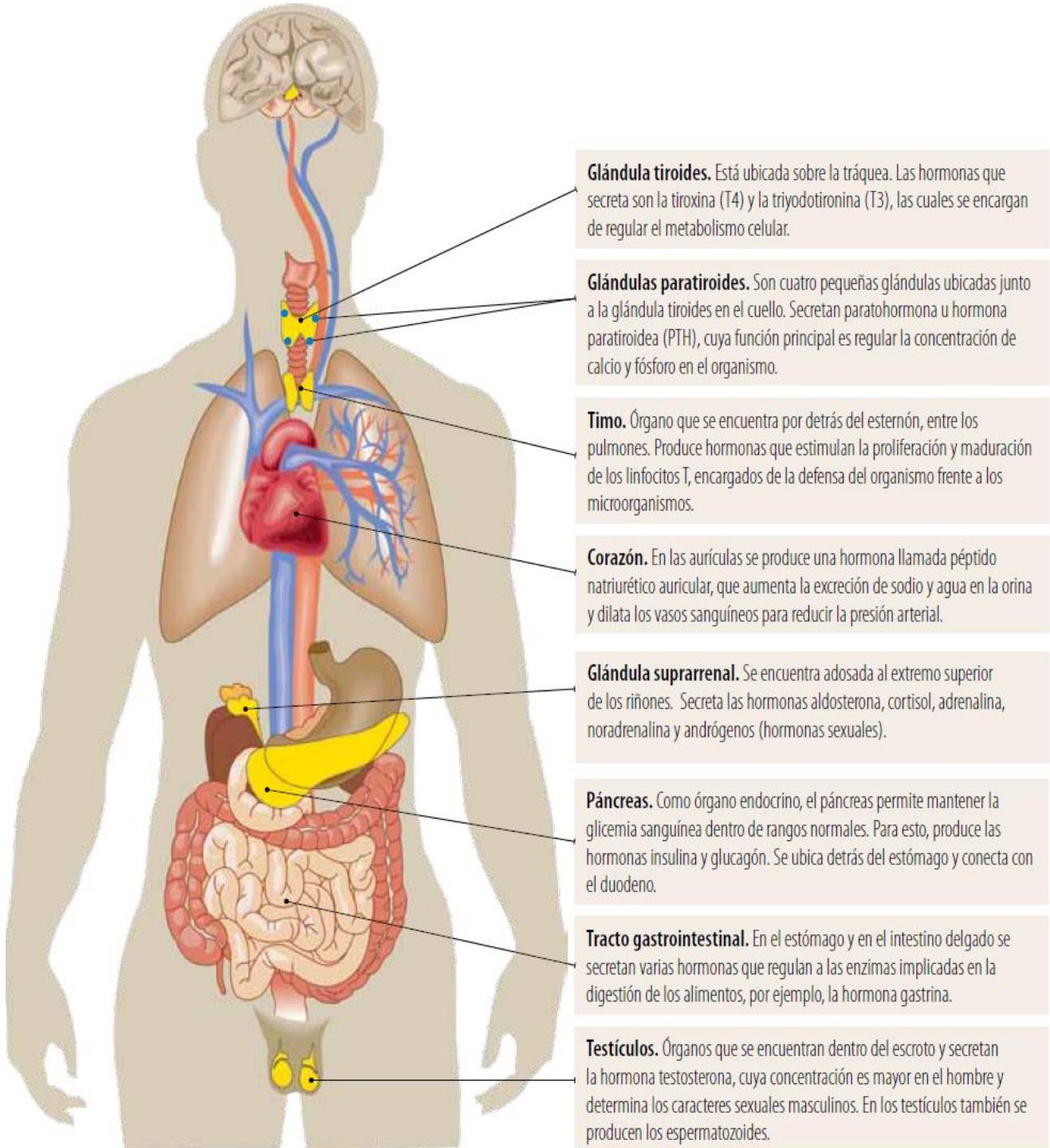
Organización del sistema endocrino

El sistema endocrino es fundamental para el correcto funcionamiento del organismo humano, porque permite llevar a cabo variados procesos fisiológicos de coordinación entre algunas estructuras. Si bien hombres y mujeres tienen, en su mayoría, las mismas glándulas, existen algunos órganos como las gónadas (ovarios y testículos) y la placenta que son propias de cada género. En el siguiente esquema, se describen las principales glándulas endocrinas y sus hormonas.

Sistema endocrino



ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA ENDOCRINO



ACTIVIDAD 3:

Algunas personas solicitan a los médicos que les prescriban hormona del crecimiento a sus hijos para que puedan optar a becas deportivas, pues estas requieren de cierta estatura y desarrollo que en condiciones normales probablemente no alcanzarían.

- ¿Qué responsabilidad crees que tienen al respecto las compañías biotecnológicas que producen estas hormonas?
- ¿Qué inferes que le puede suceder a una persona a la que le prescriben esta hormona a temprana edad?



Hipotálamo. Estructura nerviosa que funciona como glándula endocrina fundamental. Puede considerarse como un "director" para el sistema endocrino y, junto con la hipófisis, regula una gran cantidad de funciones en el cuerpo.

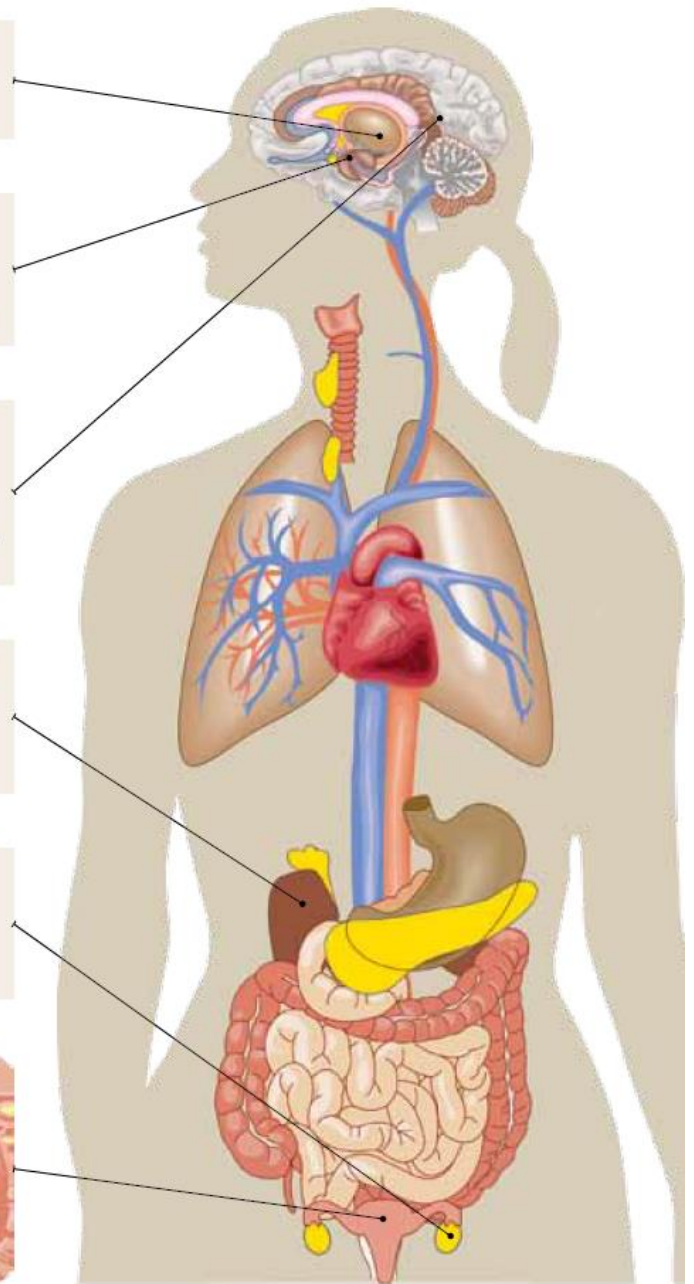
Hipófisis. Pequeña glándula ubicada en una estructura ósea situada en la base del cráneo, por debajo del hipotálamo, llamada silla turca. Entre sus funciones se encuentra coordinar a las demás glándulas endocrinas. Se divide en tres partes: **adenohipófisis**, **parte media** y **neurohipófisis**, cada una con diferentes funciones.

Glándula pineal. Se encuentra ubicada en el cerebro, cercana al hipotálamo y al cuerpo calloso. Su función es producir y secretar la hormona melatonina a partir del neurotransmisor serotonina. Esta hormona está relacionada con los ritmos biológicos, la regeneración celular, la regulación del sueño y la disminución del estrés, entre otras funciones.

Riñones. Órganos que liberan calcitriol, forma hormonal de la vitamina D, que permite la reabsorción de calcio de los alimentos para trasladarlo al torrente sanguíneo. En condiciones de hipoxia, liberan eritropoyetina, hormona que estimula la producción de eritrocitos. La eritropoyetina es también secretada, en menor grado, por el hígado.

Ovarios. Órganos ubicados en la cavidad pélvica. Forman parte del aparato reproductor femenino. Secretan las hormonas sexuales: estrógenos y progesterona. Los estrógenos permiten la proliferación celular del endometrio, y la progesterona prepara al útero para la implantación del embrión.

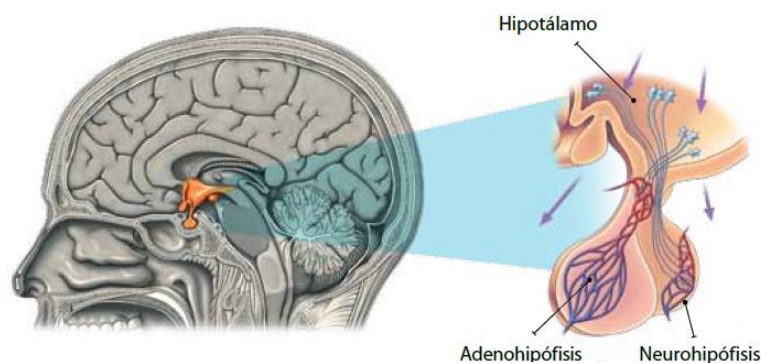
Placenta. Durante el embarazo, la placenta produce diferentes hormonas: gonadotropina coriónica humana, estrógenos, progesterona, relaxina y lactógeno placentario humano.



Eje hipotálamo - hipófisis

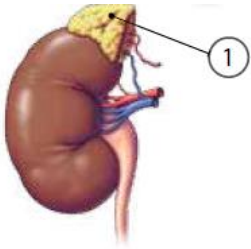
Como ya señalamos anteriormente, el sistema endocrino está constituido por una serie de glándulas que en su gran mayoría están coordinadas por el hipotálamo. A continuación estudiaremos las principales características del hipotálamo y de las sustancias que secreta.

Hipotálamo. Se ubica en la base del cerebro y se conecta con la hipófisis, controlando la secreción de hormonas en esta glándula a través de neurohormonas, las que son sustancias producidas por neuronas y que se vierten a la sangre para ejercer su acción en una célula blanco. Estas últimas pueden ser de dos tipos: factores liberadores, si estimulan la secreción hormonal por parte de la hipófisis, o factores inhibidores, si la inhiben. Estos factores son transportados hasta la hipófisis por una red de vasos sanguíneos que se denomina sistema porta hipotalámico-hipofisiario.



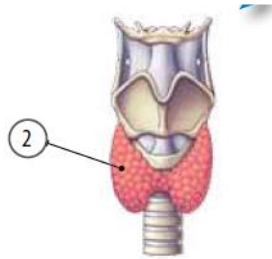
Hipófisis. Se ubica bajo el hipotálamo; es muy pequeña y su masa es un poco menor a medio gramo. Está formada por tres partes, dos de las cuales son sus lóbulos principales: lóbulo anterior o adenohipófisis y lóbulo posterior o neurohipófisis. Es una glándula fundamental, pues regula la mayor parte de los procesos biológicos mediante las hormonas que secreta. La adenohipófisis produce dos tipos de hormonas: las tróficas, que son las que estimulan la secreción de otras glándulas endocrinas, y las no tróficas, que actúan directamente sobre las células blanco. Por su parte, la neurohipófisis almacena y luego libera dos hormonas producidas por el hipotálamo: ADH (hormona antidiurética) y OCT (oxitocina).

La adenohipófisis regula la secreción de las siguientes glándulas endocrinas:



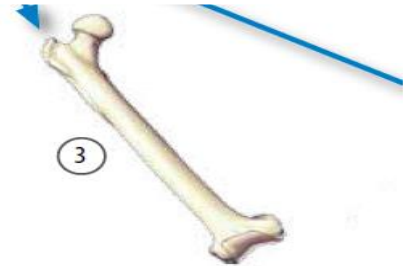
1 Glándulas suprarrenales

La hormona adrenocorticotrofica (ACTH) es producida por la adenohipófisis y estimula las glándulas suprarrenales para producir glucocorticoides y andrógenos.



2 Glándula tiroides

La hormona estimulante de la tiroides (TSH) es producida por la adenohipófisis y estimula la tiroides para producir triyodotironina y tiroxina (T3 y T4, respectivamente). Estas hormonas no tienen un órgano blanco específico, y en su lugar, aumentan el metabolismo de todas las células del cuerpo.



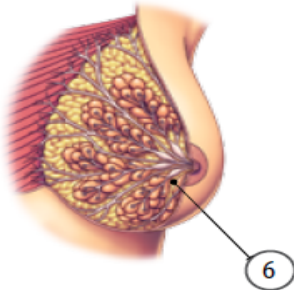
3 Huesos y músculos

La hormona del crecimiento (GH) es producida por la adenohipófisis y promueve el crecimiento esquelético y muscular. Además, promueve el metabolismo de las grasas.



7 y 8 Ovarios y testículos

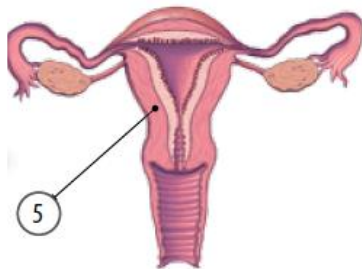
La hormona estimulante de folículos (FSH) y la hormona luteinizante (LH) son producidas en la adenohipófisis y estimulan las gónadas para producir gametos y hormonas sexuales. La liberación de estas hormonas está regulada por el factor liberador de gonadotropinas (GnRH) producido en el hipotálamo.



6 Glándulas mamarias

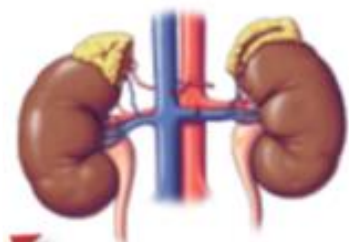
La prolactina (PRL) es producida de manera abundante por la adenohipófisis solamente después del parto. Su función es estimular las glándulas mamarias para que se desarrollen y produzcan leche.

La neurohipófisis regula la secreción de las siguientes glándulas endocrinas:



5 y 6 Útero y glándulas mamarias

La hormona oxitocina (OCT) es producida en el hipotálamo, pero al igual que la ADH, es almacenada y liberada en la neurohipófisis. Su función es estimular las contracciones durante el parto, y durante la lactancia facilita la salida de leche en respuesta a la succión.



4 Riñones

La hormona antidiurética (ADH) es producida en el hipotálamo, pero es almacenada y liberada en la neurohipófisis. Su función es estimular la reabsorción de agua en los riñones.

Control de las secreciones hormonales

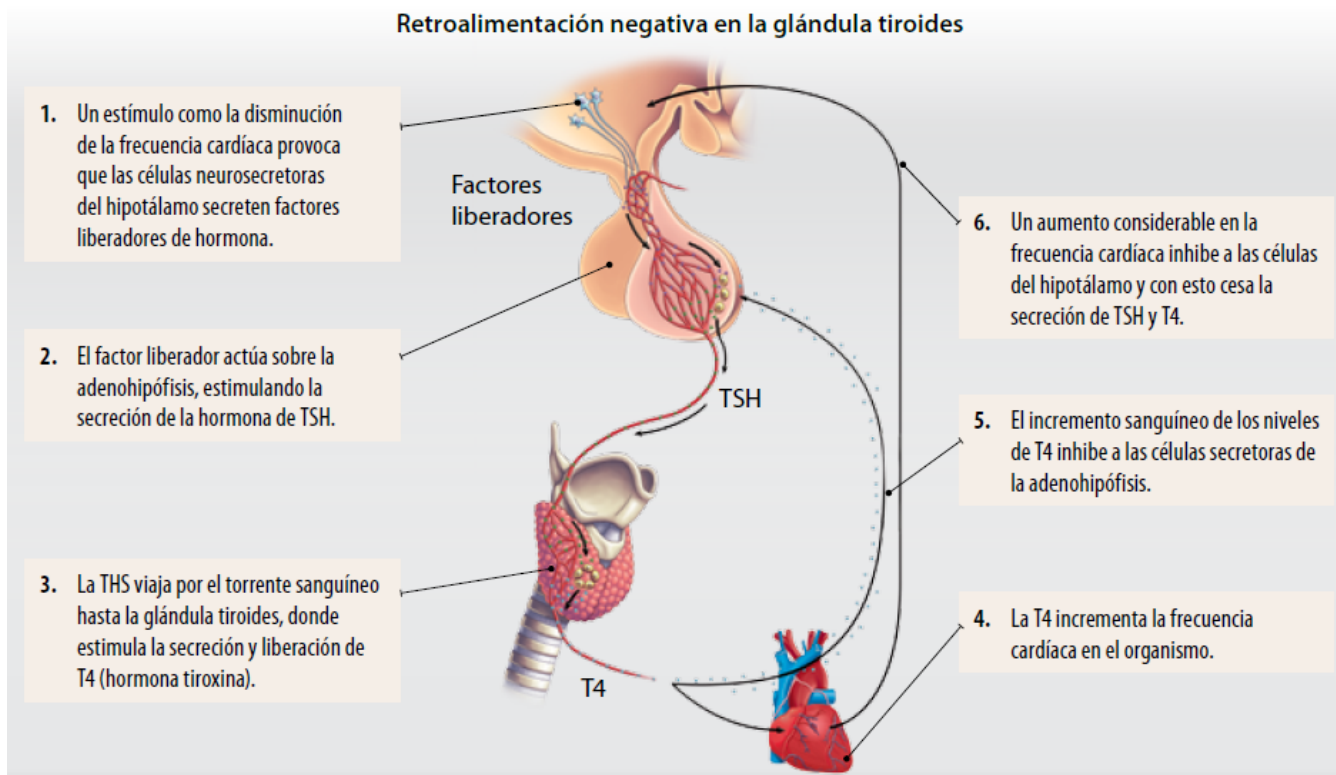
Para mantener el equilibrio del medio interno (homeostasis), la secreción de hormonas debe activarse y desactivarse según las necesidades del organismo. Si bien las hormonas se liberan a la sangre en pequeñas concentraciones, son capaces de generar importantes cambios en el funcionamiento del organismo. Por lo tanto, es necesario que su secreción esté finamente regulada para mantener la homeostasis. La coordinación entre el requerimiento de una hormona y su secreción se realiza mediante dos mecanismos de regulación: la regulación humoral y la regulación nerviosa.

Regulación humoral

Se basa en la detección de la concentración de las hormonas en la sangre o de las sustancias producidas en las células blanco, como respuesta. Este tipo de regulación incluye dos mecanismos: retroalimentación (o feedback) negativa y retroalimentación positiva.

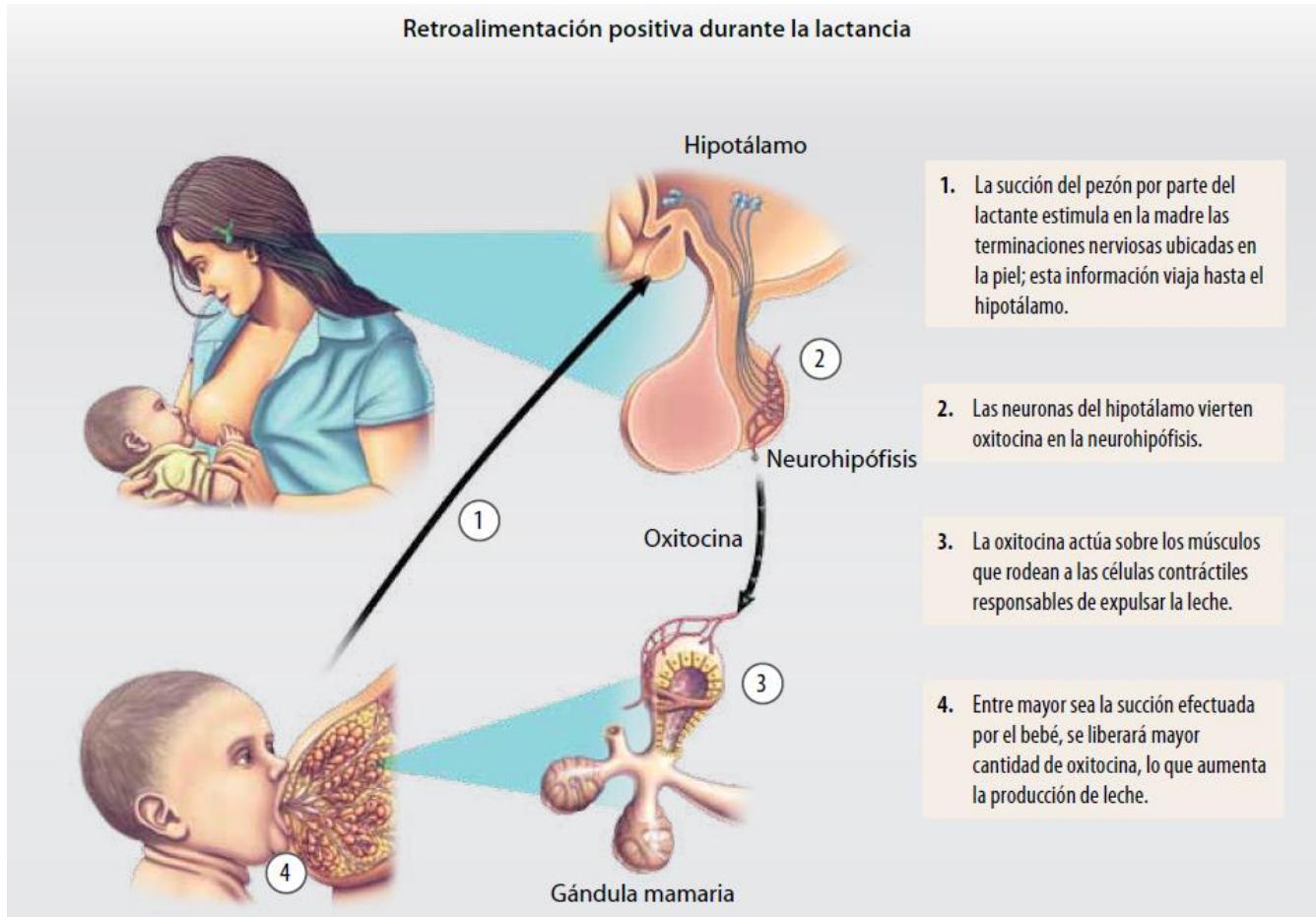
A. Retroalimentación negativa. Si la glándula endocrina detecta que la respuesta de la célula blanco (o la concentración hormonal circulante) es baja, se estimula la secreción por parte de la glándula. Por el contrario, si se produce un aumento en la respuesta de la célula blanco (o en la concentración hormonal circulante), se inhibe la secreción hormonal. La síntesis de la mayoría de las hormonas se regula a través de este mecanismo.

A continuación se ilustra un ejemplo de retroalimentación negativa.



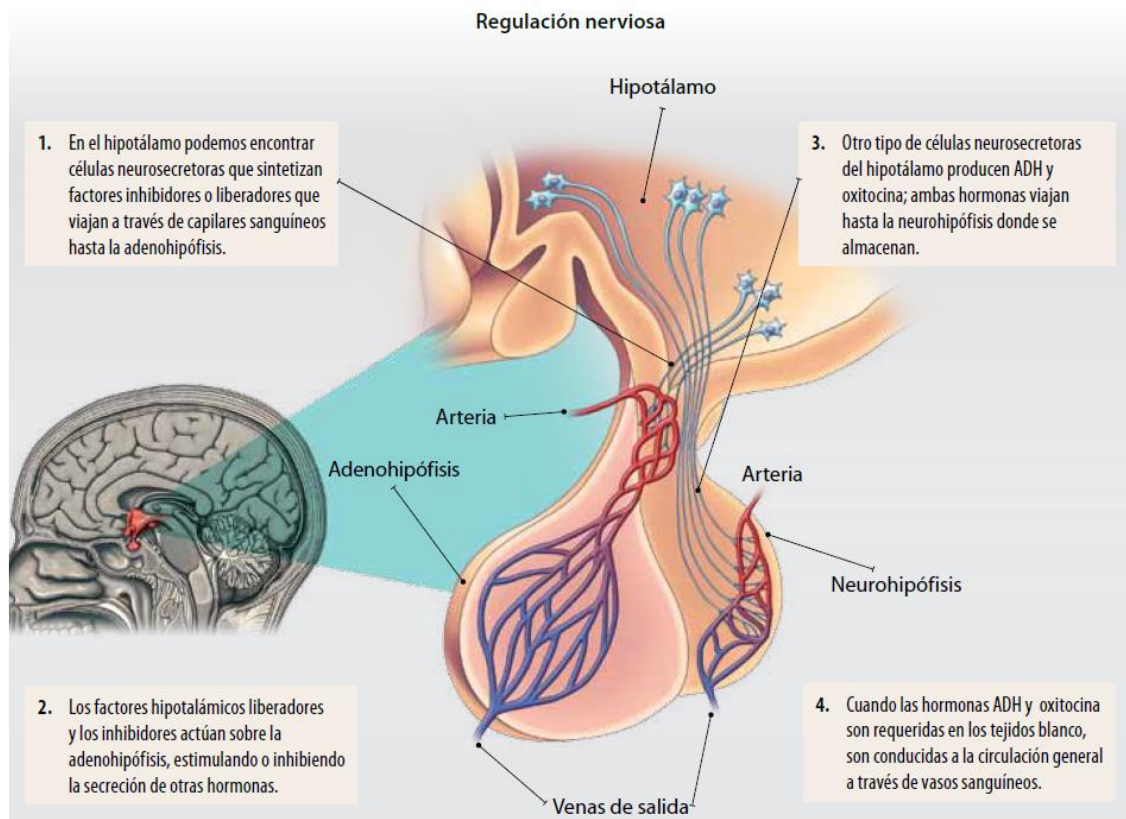
B. Retroalimentación positiva. En este caso, la respuesta de la célula blanco a la señal hormonal incrementa la secreción de la hormona por parte de la glándula endocrina. Este mecanismo actúa cuando se necesita alcanzar altos niveles de respuesta. Un ejemplo de este tipo de regulación es lo que ocurre con la secreción de oxitocina durante la lactancia, como se representa a continuación.

Retroalimentación positiva durante la lactancia



Regulación nerviosa

Este tipo de regulación utiliza factores reguladores, que liberan o inhiben la producción de hormonas en ciertos tejidos. Estos factores se producen en el hipotálamo y llegan a determinadas células blanco y luego desaparecen en la circulación. A continuación se ilustra la relación que hay entre el hipotálamo y la hipófisis.



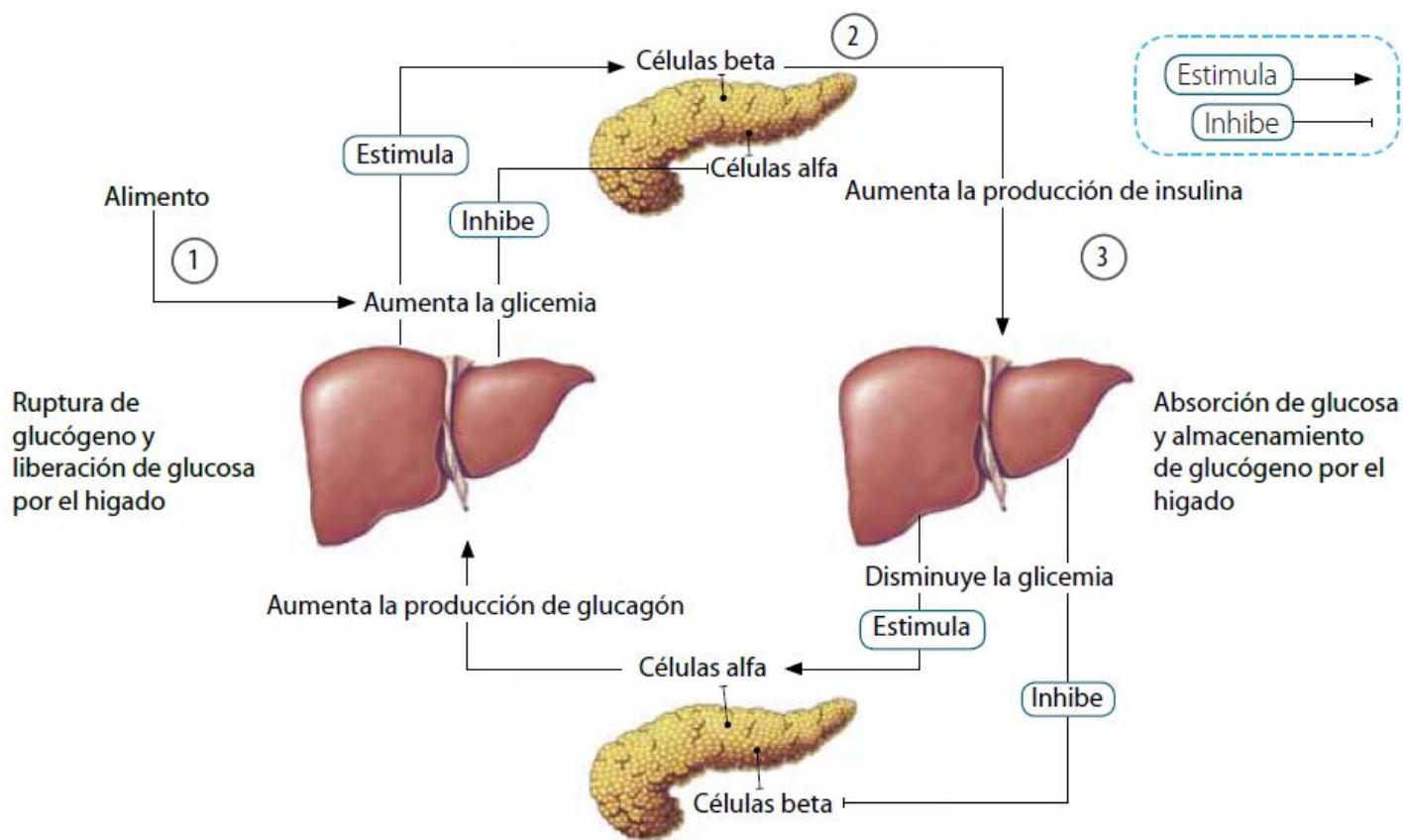
ACTIVIDAD 4: De acuerdo a la información presentada sobre el eje Hipotálamo - Hipófisis, responde:

1. ¿En qué se diferencian, principalmente, los mecanismos de control hormonal descritos? Explica.
2. ¿En cuál de los dos mecanismos un aumento en la secreción por parte de la célula blanco inhibiría la secreción de la glándula endocrina? Fundamenta.
3. Infiere qué ocurriría con la función endocrina si por una falla sistémica los receptores de la célula blanco no reconocieran a la hormona en cuestión.
4. ¿Qué ocurriría con la producción de hormonas si una lesión afectara al hipotálamo y dejara de enviar señales a la neurohipófisis? Infiere.
5. ¿Cuál es la importancia del eje hipotalámico-hipofisiario? Fundamenta.

Control pancreático de la glicemia

El páncreas es una glándula mixta, es decir, presenta características de las glándulas endocrina y exocrina. En su función exocrina produce enzimas digestivas que forman parte del jugo pancreático, el cual se vierte hacia el intestino a través del conducto pancreático. Las células endocrinas del páncreas se hallan dispuestas en agrupaciones denominadas islotes de Langerhans. Estos contienen diferentes tipos de células que secretan hormonas diferentes: Las células β secretan insulina. Las células α secretan glucagón. Las células δ secretan somatostatina, mientras que las células restantes secretan otros tipos de péptidos. A continuación se describen las funciones de dos de las hormonas mencionadas anteriormente en la regulación de los niveles de glucosa en la sangre: la insulina y el glucagón.

En el páncreas hay aproximadamente un millón de islotes de Langerhans, y cada uno de ellos contiene cerca de 2.500 células. Sin embargo, a pesar del gran número de células, los islotes comprenden entre el 1 y el 2 % de la masa pancreática



La insulina se secreta en respuesta a un aumento en la cantidad de glucosa circulante en la sangre. Su efecto es **hipoglicemiante**, es decir, facilita el ingreso y utilización de glucosa en las células, lo que disminuye los niveles de glucosa sanguínea. Además, la insulina estimula el almacenamiento de glucosa en forma de glucógeno en las células musculares y hepatocitos (células del hígado).

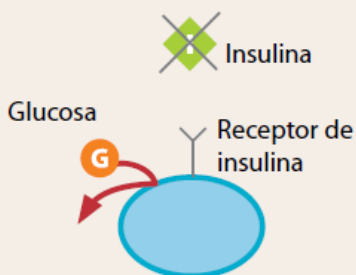
El **glucagón** ejerce un efecto contrario a la insulina. Esta hormona se secreta cuando la glicemia disminuye, estimulando la degradación del glucógeno almacenado en el hígado y en el músculo para obtener glucosa, la que se libera a la sangre. El glucagón ejerce un efecto **hiperglicemiante**, lo que aumenta la concentración de glucosa circulante.

Trastornos endocrinos del páncreas: diabetes mellitus

Los principales trastornos endocrinos están relacionados con una elevada concentración de glucosa en la sangre, hasta el punto en que el exceso de azúcar se excreta en la orina. Esta enfermedad, conocida como diabetes mellitus, se debe a que el páncreas es incapaz de producir insulina, o a una imposibilidad del organismo, en especial de las células musculares, tejido adiposo y las células hepáticas, para reconocer la insulina circulante y, por lo tanto, de utilizar la glucosa que se encuentra en la sangre. Las personas diabéticas suelen manifestar, además, exceso de sed (polidipsia), de ingesta de alimentos (polifagia) y de orina (poliuria). Se reconocen dos tipos de diabetes mellitus: tipo I y tipo II.

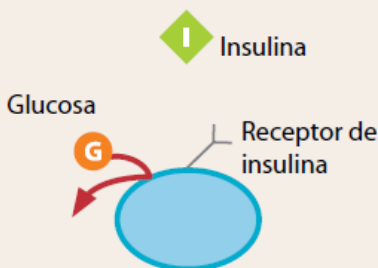
Diabetes mellitus dependiente de insulina o diabetes tipo I.

Se produce cuando el páncreas no puede producir insulina o la produce en cantidad insuficiente debido a la destrucción o daño de las células β pancreáticas. De esta forma, la glucosa sanguínea no puede ser incorporada a la célula.



Diabetes mellitus resistente a la insulina o diabetes tipo II.

Se produce cuando el páncreas secreta insulina normalmente, pero los receptores de insulina de los tejidos blanco no son capaces de detectarla y por lo tanto las células no incorporan la glucosa disponible.

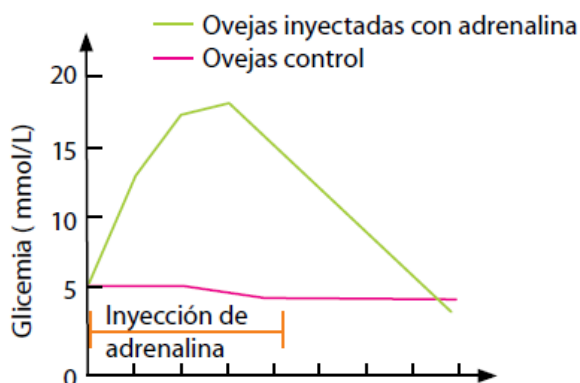


▲ La diabetes es una enfermedad de convalecencia prolongada y causa una muerte temprana si no se trata adecuadamente. Las inyecciones de insulina que se colocan diariamente los diabéticos del tipo I son parte de una tecnología que les facilita realizar sus actividades sin problemas.

ACTIVIDAD 5:

Analiza el siguiente gráfico y luego responde las preguntas planteadas.

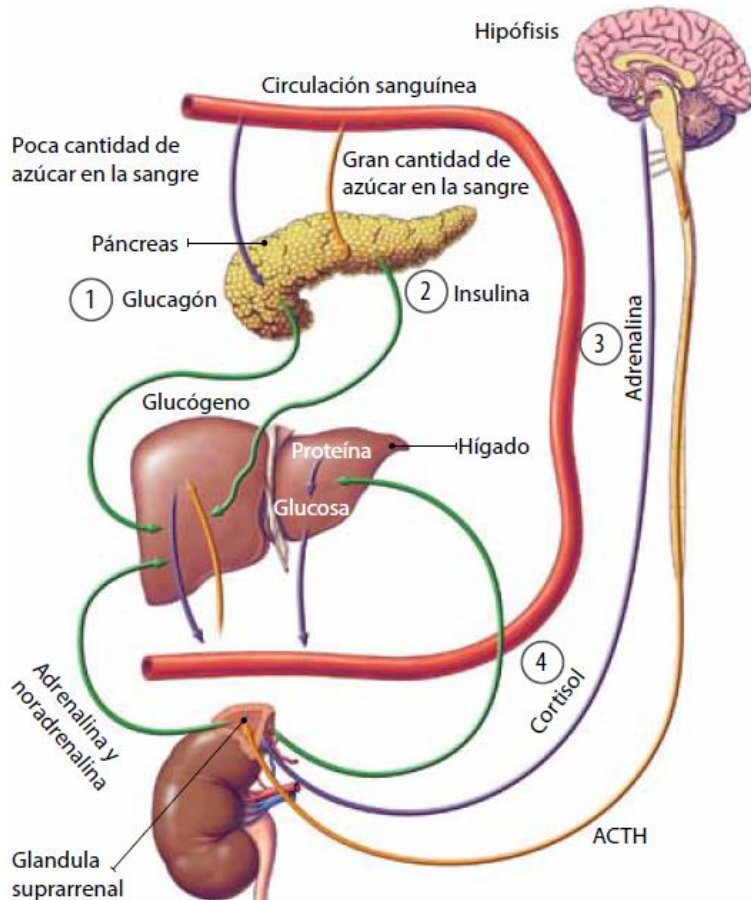
1. ¿Qué ocurre con la concentración de la glucosa en la sangre de las ovejas inyectadas con adrenalina en comparación con las ovejas control?
2. ¿Por qué creen que en situaciones de estrés se produce aumento de glucosa en la sangre?, ¿qué importancia tiene esto?
3. ¿Por qué una vez alcanzado el nivel más alto (peak) de glicemia, este baja a valores normales?



	Diabetes tipo I (dependiente de insulina)	Diabetes tipo II (resistente a la insulina)
Edad de desarrollo	Antes de los 35 años.	Después de los 45 años.
Síntomas y signos	Síntomas derivados de la hiperglicemia: volumen excesivo de orina, sensación de hambre y sed, delgadez, debilidad y falta de concentración.	No se presentan síntomas hasta que la diabetes progresa, momento en que empiezan a manifestarse: aumento de la sed y orina, irritación ocular, exceso de peso.
Tratamiento	Inyecciones diarias de insulina, dieta controlada, ejercicio.	Dieta controlada, fármacos hipoglicemiantes, en algunos casos insulina.

Efecto de otras hormonas en la glicemia

La mantención de un nivel adecuado de glucosa en la sangre es fundamental para el correcto funcionamiento de nuestro organismo, la glicemia está regulada principalmente por la insulina y el glucagón. Sin embargo, ante una falta de glucosa en la sangre, las hormonas adrenalina y cortisol también contribuyen a aumentar la glicemia. Como puedes darte cuenta, solo la insulina cumple la función de disminuir la concentración de glucosa en la sangre, de modo que desempeña un rol mucho más determinante en la mantención de la glicemia normal de nuestro cuerpo. A continuación se representa cómo las hormonas mencionadas anteriormente participan en la regulación de la glicemia.



1 Glucagón

Cuando disminuye la glicemia, las células alfa del páncreas secretan glucagón. Esta hormona estimula la descomposición del glucógeno en glucosa y su posterior liberación desde el hígado hacia el torrente sanguíneo.

2 Insulina

Cuando las concentraciones de glucosa aumentan, las células beta del páncreas secretan insulina y estimulan la absorción de glucosa por parte de los tejidos. Además, esta hormona promueve el almacenamiento de glucosa en el hígado, células musculares y tejido adiposo.

3 Adrenalina

Hormona secretada por las glándulas suprarrenales en respuesta a situaciones de estrés. Actúa elevando las concentraciones de glucosa en la sangre e inhibiendo la acción de la insulina.

4 Cortisol

Hormona secretada por la glándula suprarrenal. Se produce en respuesta al estrés y a niveles bajos de glucosa en la sangre.

Trastornos hormonales

Cuando no hay un adecuado balance en el sistema endocrino, se desarrollan enfermedades que afectan la homeostasis, y que se conocen como trastornos hormonales. Estos desórdenes pueden deberse a una disminución de la secreción hormonal normal (hiposecreción) o a un exceso de secreción hormonal (hipersecreción). A continuación revisaremos algunos ejemplos.

Trastornos en la secreción de la hormona del crecimiento

Enanismo hipofisiario

La hiposecreción de GH durante la infancia provoca esta enfermedad en la que el crecimiento de los huesos es lento y se detiene antes de que estos alcancen un tamaño dentro del rango normal.

Gigantismo hipofisiario

Esta enfermedad se debe a una hipersecreción de GH durante la infancia. Los huesos largos alcanzan una longitud superior al rango normal.

Acromegalia

Esta enfermedad se produce cuando la hipersecreción de GH ocurre durante la etapa adulta. En ella, los huesos largos ya no pueden crecer más, pero sí aumenta el grosor de los huesos de las manos, pómulos y mandíbulas y también crecen otros tejidos, como los de la lengua, los párpados y algunos tejidos cartilagosos, especialmente el nasal y el de las orejas.

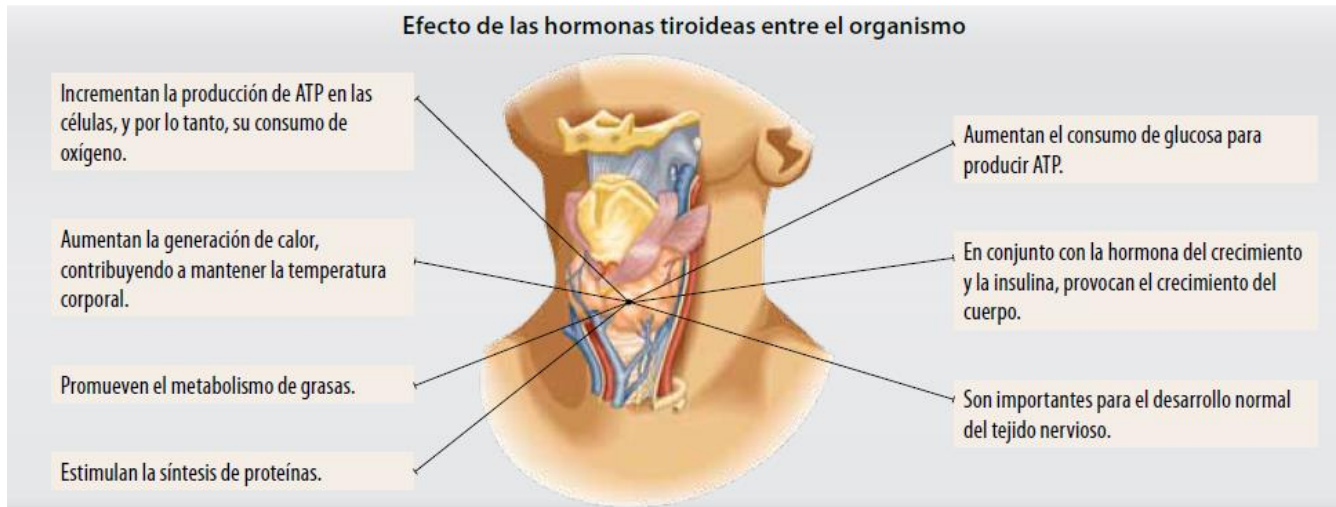


▲ Hombre de estatura normal junto a una persona con gigantismo.



Glándula tiroides

Produce dos hormonas que se sintetizan sobre la base del aminoácido tirosina: la tiroxina o T4, que contiene cuatro átomos de yodo, y la triyodotironina o T3, que contiene tres átomos de yodo y es la más activa de las dos. Estas hormonas viajan por la sangre unidas a proteínas específicas. Al unirse a sus receptores intracelulares, regulan la expresión de genes específicos, relacionados con el metabolismo energético, el crecimiento y el desarrollo.

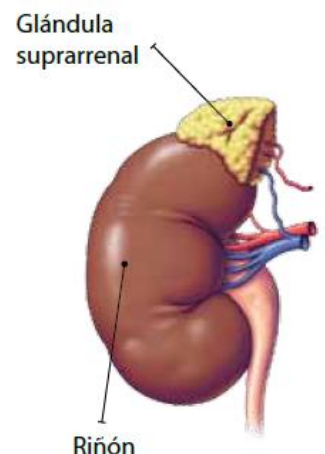


Trastornos de la glándula tiroides	
Dietarios	
Bocio	Es el aumento exagerado del tamaño de la tiroides. Puede deberse a distintos trastornos, pero es común cuando el consumo de yodo en la dieta es insuficiente. La disminución de las hormonas tiroideas en la sangre provoca una hipersecreción de TSH, lo que causa el aumento del tamaño de esta glándula.
Hiposecreción de hormonas tiroideas (hipotiroidismo)	
Cretinismo	El cretinismo es el resultado de una deficiencia de la glándula tiroidea, o bien, se puede desarrollar por una deficiencia de yodo. Este trastorno tiene como efectos negativos un déficit en el crecimiento de los tejidos musculares y neurológicos. Una persona afectada por cretinismo sufre graves retardos físicos y mentales.
Mixedema	Cuando la hiposecreción se produce en la adultez, se originan trastornos como la acumulación de líquidos intersticiales (edema), especialmente en el rostro. Disminuye la frecuencia cardíaca y hay baja temperatura corporal. Existe la sensación de cansancio y debilidad. Como el sistema nervioso ya está desarrollado, no aparece retraso mental, pero puede haber alteraciones de algunas funciones mentales.
Hipersecreción de hormonas tiroideas (hipertiroidismo)	
Enfermedad de Graves.	Es una enfermedad de origen autoinmune y es la forma más frecuente de hipertiroidismo. La mayor cantidad de hormonas tiroideas que se producen en este caso aumenta el metabolismo energético en las células, por lo que se incrementan la producción de calor y el consumo de alimentos. Los pacientes presentan sudoración excesiva, adelgazan a pesar de comer bastante, sufren de insomnio, nerviosismo y temblor al extender los dedos de las manos. En los casos más graves, se produce una prominencia anormal de uno o ambos ojos, ocasionada por un edema en su parte posterior, efecto denominado exoftalmia.

Glándulas suprarrenales

Como sabes, las glándulas suprarrenales son pequeñas y se sitúan sobre los riñones.

Trastornos en las glándulas suprarrenales	
Enfermedad de Addison	Trastorno producido por la hiposecreción de aldosterona y glucocorticoides. La pérdida de Na ⁺ y el aumento de K ⁺ en el plasma causan baja presión sanguínea, deshidratación, disminución del gasto cardíaco, además de letargo mental, anorexia, náuseas y vómitos, pérdida de peso y debilidad muscular.
Síndrome de Cushing	Trastorno producido por la hipersecreción de glucocorticoides, lo que produce una piel y tejidos subcutáneos delgados, músculos poco desarrollados, acumulación de grasa abdominal y dificultad en la cicatrización, lo que puede producir en algunos casos equimosis (manchas en la piel) y hematomas.



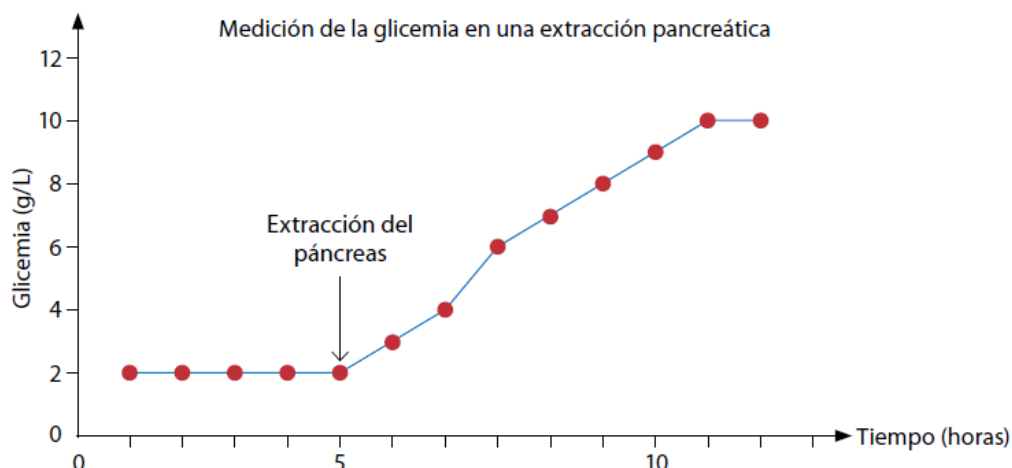


ACTIVIDAD 6:

1. Completa la siguiente tabla resumen.

Glándulas endocrinas	Hormonas	Función
	Estrógeno	
Neurohipófisis		
	Insulina y glucagón	
Paratiroides		
	Tiroxina	
Glándula suprarrenal		
Adenohipófisis	Hormona antidiurética	
	Testosterona	

2. El siguiente gráfico muestra la concentración de glucosa en la sangre de un animal al que se le extrajo el páncreas. De acuerdo con la información que entrega, responde las preguntas.



- Elabora una tabla con los datos presentes en el gráfico. Identifica cuáles son las variables dependiente e independiente.
- Explica por qué la curva de resultados tiene la forma representada en el gráfico.
- Interpreta qué efecto tiene la extracción del páncreas.
- Predice si es posible o no restablecer la glicemia normal en este animal? Si lo es, ¿de qué manera se puede lograr?

REGULACION HORMONAL DEL SISTEMA REPRODUCTOR

Sexualidad y afectividad

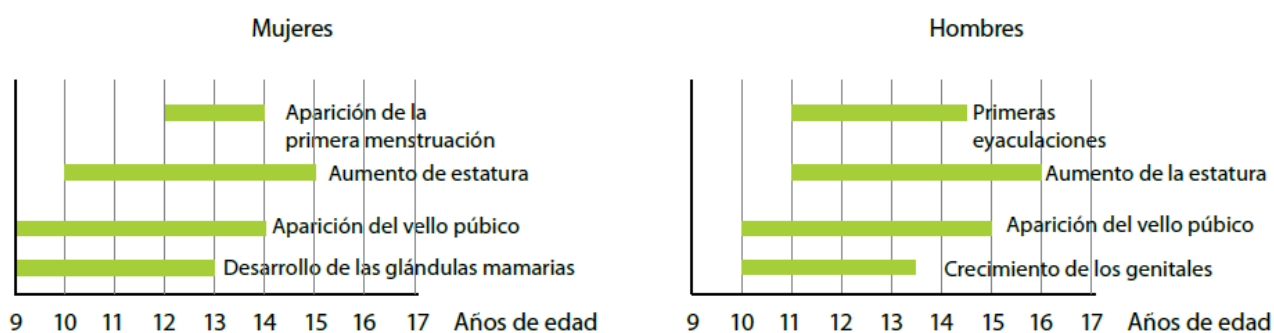
La sexualidad es una dimensión fundamental del ser humano, puesto que somos seres sexuados, y está presente a lo largo de las diferentes etapas de desarrollo de la vida. La sexualidad también incluye factores individuales, tales como el desarrollo cognitivo y psicosocial, aspectos éticos y valóricos, así como también influencias sociales del medioambiente en que se desarrollan las personas. De la coordinación armónica de todos estos factores depende el desarrollo de una sexualidad sana, que a su vez es fundamental para la mantención del estado de salud integral. A nivel biológico, sabemos que el sexo del nuevo ser humano queda determinado genéticamente desde el momento de la fecundación. Luego, al completarse el desarrollo fetal, esta información genética se traduce en la formación del sistema reproductor característico de cada sexo (caracteres sexuales primarios). En la pubertad y adolescencia, este desarrollo biológico se complementa con el aumento en la producción de hormonas sexuales que desencadenan la aparición de los caracteres sexuales secundarios propios de cada sexo y la producción de gametos, lo que nos hace aptos para reproducirnos.

Desarrollo de la sexualidad en la adolescencia

A partir de su nacimiento, cada persona pasa por diferentes etapas: niñez, adolescencia, adultez y vejez. En cada una de ellas va madurando en los ámbitos biológico, psicológico y social. Como parte del desarrollo sexual, alrededor de los doce años de edad se producen cambios físicos que desencadenan el crecimiento y la maduración funcional de los órganos reproductores y, con ello, la capacidad de una persona para reproducirse. Esta etapa del desarrollo humano corresponde a



la pubertad, es decir, al período en el cual un individuo llega a ser maduro desde un punto de vista reproductivo. La adolescencia es el período de la vida que se extiende entre la pubertad y la edad adulta. La palabra adolescencia proviene del latín *adolescere*, que puede traducirse como criarse, estar creciendo o madurar. Este período se caracteriza por múltiples cambios que ocurren en distintos ámbitos de las personas. En el plano psicológico, vinculado a lo social, surge la necesidad de independencia y la búsqueda y construcción de una identidad; las relaciones con los adultos suelen hacerse más complejas que en la infancia, ya que los adolescentes tienden a apoyarse en sus pares. A nivel biológico, durante la pubertad el hipotálamo aumenta la secreción de GnRH (hormona liberadora de gonadotropinas), lo que desencadena un aumento de los niveles sanguíneos de las hormonas gonadotróficas LH y FSH secretadas por la hipófisis. Como viste en la Lección 1, estas hormonas actúan sobre las gónadas (ovarios y testículos), las que responden a este estímulo secretando hormonas sexuales. En las mujeres, los ovarios aumentan la producción de estrógenos y progesterona, que permiten desarrollar ovocitos capaces de ser fecundados y preparan al organismo femenino para el embarazo. En los hombres, los testículos aumentan la producción de testosterona y producen espermatozoides.



▲ Cronología de cambios durante la pubertad.

Cambios que se manifiestan en la pubertad

Cambios físicos

Durante la infancia, el nivel de las gonadotropinas FSH y LH, y de las hormonas sexuales, como estrógenos, progesterona y testosterona, se mantiene bajo y constante. Al llegar la pubertad, se produce un aumento en la concentración de las hormonas sexuales que ejercen su acción en tejidos como huesos, músculos y sistema nervioso, lo que provoca el desarrollo de las características sexuales secundarias, que marcan diferencias entre hombres y mujeres, y se asocian a la maduración psicológica y emocional.

Cambios psicológicos y sociales

En esta etapa, los adolescentes están en busca de la propia identidad y de modelos a seguir para definir su comportamiento frente a distintas situaciones. Suele producirse un distanciamiento entre padres e hijos, pues los primeros ya no son sus únicos referentes, de modo que suelen confiar sus vivencias, problemas e inquietudes a sus amistades. También se hace mucho más fuerte el interés por jóvenes del sexo opuesto y por cuidar su cuerpo, además de respetar a los demás y de velar por su higiene, entre otros.

Características sexuales secundarias

Comparación de algunas características sexuales secundarias entre hombres y mujeres.

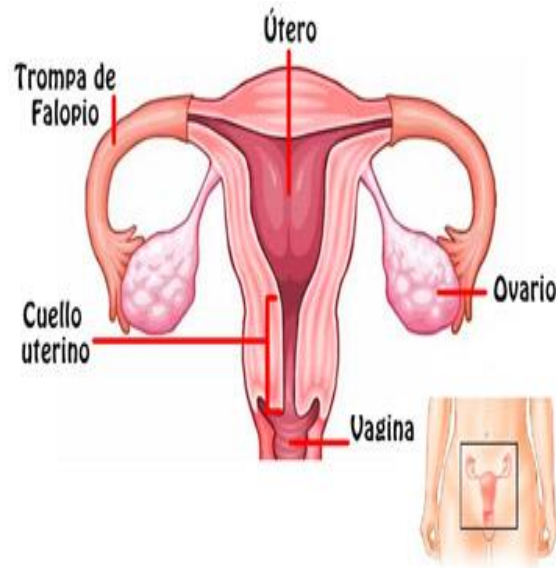
Mujeres	Hombres
Aumento de la estatura	Aumento de la estatura.
Desarrollo de las glándulas mamarias	Desarrollo de los genitales.
Aparición de vello en el pubis y las axilas	Aparición de vello en la cara, pubis y axilas.
Se agudiza la voz en comparación con los hombres.	El tono de voz es más grave.
Acumulación de grasa en caderas y muslos.	Aumento de la masa muscular.

Sistema reproductor femenino

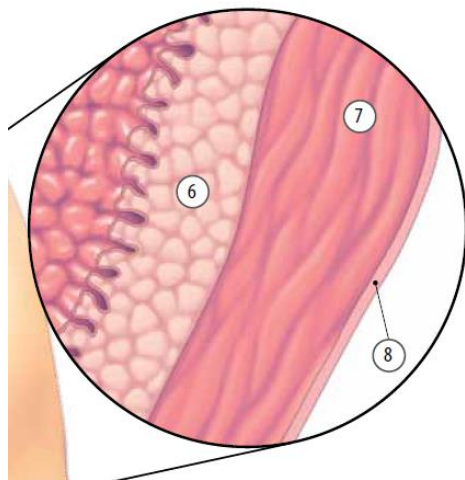
El desarrollo físico producido durante la pubertad y la adolescencia permite que los sistemas reproductores se encuentren en condiciones de cumplir sus funciones. En la mujer, el sistema reproductor está formado por genitales internos y externos. Los genitales internos corresponden a los ovarios, las trompas de Falopio u oviductos, el útero y la vagina. Los genitales externos reciben el nombre de vulva, están ubicados en la base de la cavidad pélvica e incluyen el monte pubiano o de Venus, los labios mayores y menores, el clítoris y el vestíbulo de la vagina. Los genitales externos constituyen una especie de barrera mecánica para proteger a las estructuras internas de agentes infecciosos y del daño físico. La

región de la vulva es también muy importante para que la mujer reconozca los signos de fertilidad e infertilidad durante su ciclo menstrual. A continuación describiremos las estructuras que componen el aparato reproductor femenino.

- Ovarios:** Son dos órganos cuyo tamaño fluctúa entre 2 y 3 cm de largo, presentan forma almendrada y se ubican a cada lado del útero. Contienen los ovocitos, que corresponden a los gametos o células germinales femeninas. También cumplen una función endocrina debido a que producen estrógeno, progesterona y testosterona, entre otras hormonas.
- Oviductos o Trompas de Falopio:** Conductos musculares, de aproximadamente 10 cm de longitud que conectan los ovarios con el útero permiten el transporte del ovocito para su encuentro con los espermatozoides. Cuando se produce la fecundación, el embrión es transportado al interior del oviducto, durante sus primeros seis días de vida.



- Útero:** Este órgano mide aproximadamente 7 cm de largo y 5 cm de ancho. Durante el embarazo puede aumentar hasta seis veces su tamaño. Está formado por paredes gruesas de músculo liso y estriado. La región inferior, se denomina cuello o cérvix. La región superior está formada por tres capas: perimetrio (8), miometrio (7) y endometrio (6). En esta estructura se produce, generalmente, la recepción e implantación del embrión en el embarazo.



(6) **Endometrio:** Es la capa más interna del útero y está formada por células epiteliales y secretoras. Experimenta cambios regulares de grosor durante los ciclos reproductores femeninos. El endometrio es altamente sensible a la acción de las hormonas esteroideas, como el estradiol y la progesterona: cada mes se modifica con el fin de recibir y nutrir al embrión durante su desarrollo. Estos cambios regulares del endometrio dan origen al ciclo menstrual, y cuando no ocurre la fecundación, parte del endometrio se desprende y se produce la menstruación.

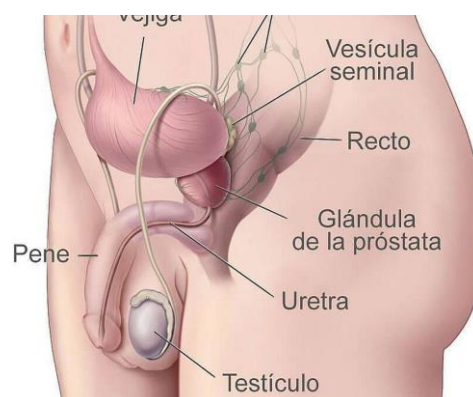
(7) **Miometrio:** Capa intermedia del útero, formada por músculo liso. Su capacidad de contracción es fundamental durante el parto.

(8) **Perimetrio:** Es la zona más externa de la pared del útero.

- Vagina:** Órgano elástico de unos 7 cm de largo, que conecta el útero con el exterior y termina en una abertura llamada orificio vaginal. Durante la relación sexual, el pene se aloja en el canal vaginal y deposita los espermatozoides en su tercio superior, donde toman contacto con el moco cervical a través del cual ingresan al tracto genital femenino.

Sistema reproductor masculino

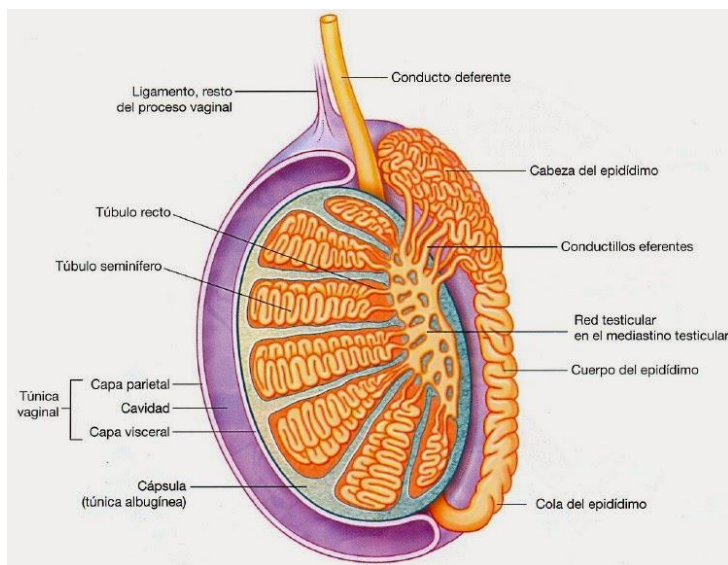
Al igual que el sistema reproductor femenino, el masculino participa en la formación de nuevos individuos, por medio de la formación de gametos masculinos (espermatozoides). Se compone de una serie de órganos internos, como los testículos y el epidídimo. Además de órganos externos, como el pene y escroto.





A continuación describiremos las estructuras que componen el aparato reproductor masculino.

1. **Pene:** Es el órgano copulador masculino. Está formado por dos cuerpos cavernosos y un cuerpo esponjoso, que se llena de sangre, lo que permite que se produzca la erección, la que puede ocurrir de manera independiente a la excitación. En su interior se encuentra la uretra, que desemboca en el meato urinario por donde se elimina la orina. Este orificio se encuentra en el glande, cabeza y región distal del pene. A través del meato urinario también sale el semen mediante un mecanismo reflejo llamado eyaculación.
2. **Testículos:** Son dos estructuras de forma ovoide que miden alrededor de 3,5 cm de largo y se ubican fuera de la cavidad pélvica, bajo el pene, dentro de una capa de piel denominada escroto. Este hecho favorece la existencia de una temperatura inferior a la abdominal, condición fundamental para la producción de espermatozoides. Además, los testículos cumplen una función endocrina, y producen testosterona.
3. **Túbulo seminífero:** Los testículos están formados por lóbulos, cada uno de los cuales está constituido por uno a tres túbulos seminíferos enrollados. El conducto que parte desde los túbulos seminíferos del testículo y llega al epidídimo recibe el nombre de conducto eferente. Transporta los espermatozoides desde los testículos hasta el epidídimo.



4. **Epidídimo:** Órgano de unos 3,8 cm de longitud, formado por un túbulo plegado y enrollado, llamado conducto epididimario, que si se estirara, tendría una longitud aproximada de 6 m. Permite la maduración de los espermatozoides, es decir, que estos alcancen la capacidad de fecundar y adquieran movilidad. Los espermatozoides permanecen en esta estructura alrededor de tres a cuatro semanas y en ella también se produce la reabsorción de los espermatozoides que no han sido eyaculados.

5. **Conducto deferente:** Se ubica inmediatamente a continuación del epidídimo, presenta un mayor diámetro que el conducto epididimario y mide alrededor de 45 cm de longitud. Está formado por tres capas musculares y revestido de epitelio cilíndrico. Transporta los espermatozoides desde el epidídimo hacia la uretra.

6. **Uretra:** Conducto común del sistema reproductor y del sistema renal, a través del cual se conducen los espermatozoides y la orina al exterior del cuerpo.

7. **Próstata:** Glándula ubicada en la parte baja de la vejiga y sobre la uretra. Produce una secreción lechosa, ligeramente ácida, que constituye alrededor del 25 % del volumen del semen, y que contribuye a la movilidad y viabilidad de los espermatozoides y a la coagulación del semen poco tiempo después de la eyaculación.

8. **Vesículas seminales:** Son dos glándulas ubicadas por detrás de la vejiga y frente al recto, que miden aproximadamente 5 cm de longitud. Secretan un líquido de pH alcalino, que constituye aproximadamente el 60 % del volumen del semen, compuesto por prostaglandinas, fibrinógeno y fructosa. Esta secreción cumple importantes funciones, como neutralizar la acidez vaginal y proporcionar a los espermatozoides energía, motilidad y favorecer su viabilidad para el ascenso a través del tracto femenino. Además, junto con la secreción de la próstata, permite la coagulación del semen después de ser eyaculado.

Gametogénesis

La gametogénesis es el proceso de formación de los gametos femeninos y masculinos a partir de las células germinales primordiales que se originan durante el desarrollo embrionario. Este proceso ocurre en las gónadas (ovarios y testículos).

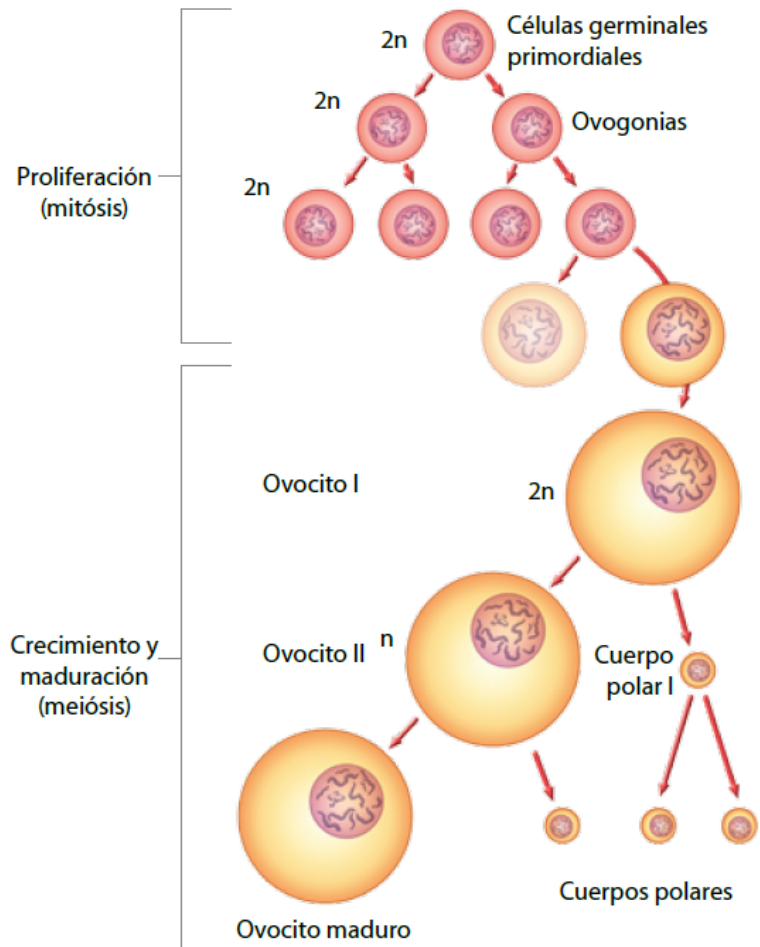
Ovogénesis

Se desarrolla en los ovarios y consiste en la formación de gametos femeninos haploides, denominados ovocitos. Comienza antes del nacimiento y dura toda la vida reproductiva de la mujer. En la ovogénesis se pueden distinguir tres etapas: multiplicación, crecimiento y maduración.

Proliferación. En esta etapa, que ocurre durante las primeras fases del desarrollo fetal, las células germinales primordiales femeninas se diferencian y dan origen a las ovogonias, células precursoras de los gametos femeninos. Luego, estas proliferan por divisiones mitóticas hasta el quinto o sexto mes de gestación, cuando se han formado unos siete millones de ovogonias en total.

Crecimiento y maduración. Se prolonga desde el segundo mes de gestación hasta los seis meses después del nacimiento, cuando cesan de proliferar las ovogonias, se inicia la fase de maduración, en la que estas llegan al ovario y se rodean de una capa de células que forman una estructura llamada folículo y se diferencian en los ovocitos primarios (ovocitos I). En esta etapa, entran en una división meiótica que se detiene en la profase I. Luego de la pubertad, en cada ciclo menstrual, un ovocito completará su desarrollo y será liberado desde el ovario (ovulación).

Aproximadamente cada 28 días se producirá la ovulación, proceso en el que termina la meiosis I y se generan dos células haploides de distinto tamaño: una pequeña, con escaso citoplasma, denominada **cuerpo polar I o polocito I**, y una de mayor tamaño, llamada **ovocito II**. Luego, la meiosis continúa hasta la metafase II, etapa en que es interrumpida nuevamente y se completará solo si ocurre la fecundación.

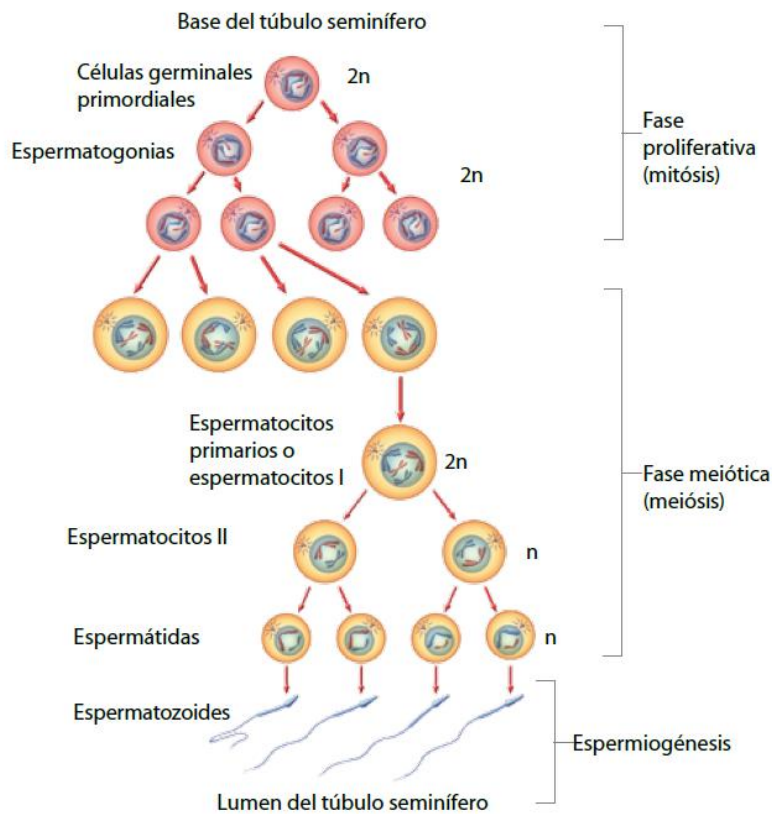


El ovocito que termina su maduración durante un ciclo menstrual comenzó a desarrollarse aproximadamente tres meses antes de manera independiente de las hormonas. Durante el ciclo menstrual, un grupo de folículos llamado cohorte folicular es reclutado por la hormona FSH. Uno de estos folículos crecerá y madurará hasta convertirse en el llamado folículo dominante, y el ovocito contenido en su interior será expulsado desde el ovario en la ovulación.

Espermatogénesis

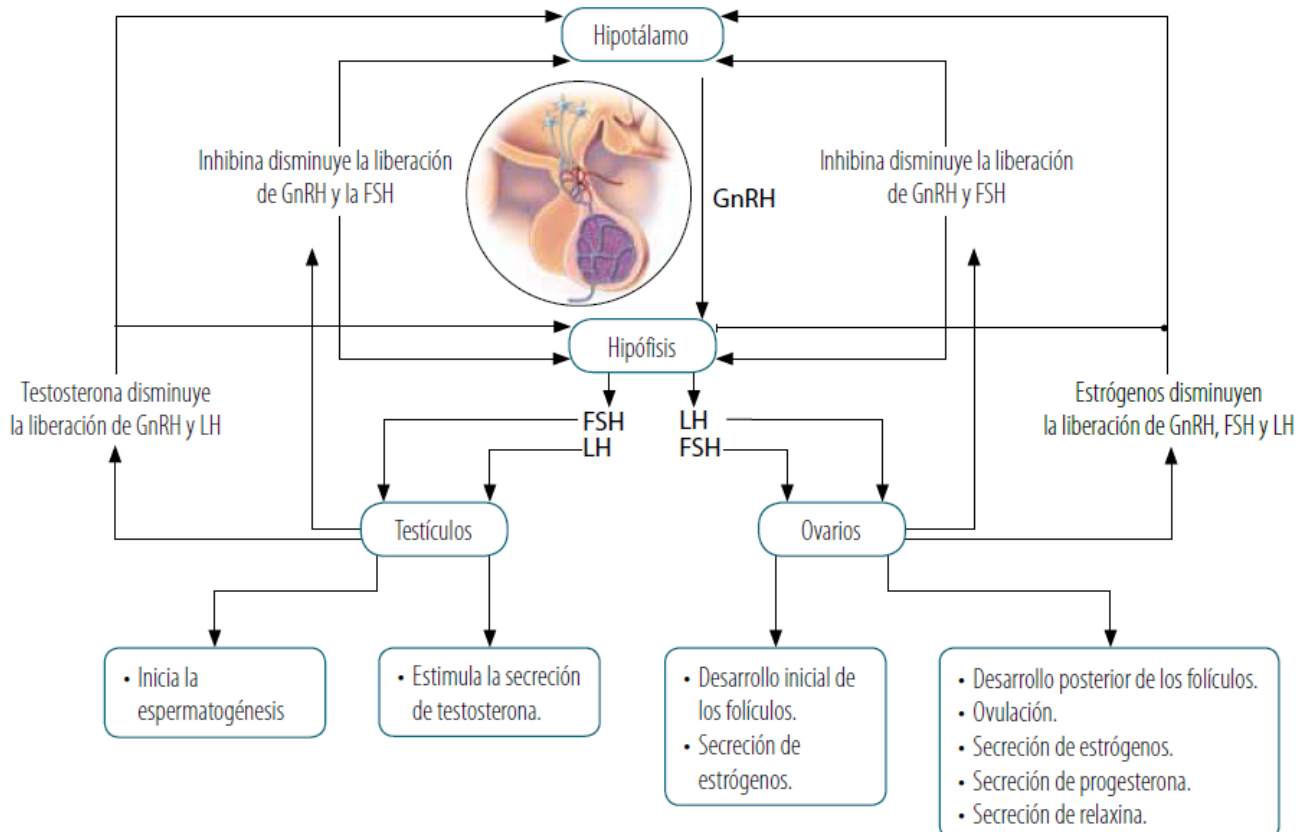
La espermatogénesis es el proceso de formación y diferenciación de los espermatozoides o gametos masculinos a partir de células germinales primordiales. Se lleva a cabo en los túbulos seminíferos y se divide en tres fases: proliferativa, meiótica y espermiogénesis o espermiogénesis.

- Fase proliferativa.** Durante el desarrollo del embrión, las células germinales primordiales masculinas se dividen por mitosis y dan origen a las espermatogonias. En la pubertad, algunas se mantienen en un estado indiferenciado y se renuevan para conservar células germinales indiferenciadas, mientras que otro grupo prolifera para generar espermatogonias más diferenciadas y, posteriormente, espermatocitos primarios o espermatocitos I.
- Fase meiótica.** Los espermatocitos primarios entran en meiosis y se transforman, luego de la primera división meiótica, en espermatocitos II. En la segunda división meiótica, estos últimos se dividen nuevamente y originan las espermátidas. Las células de Sertoli, células que se entremezclan con las espermátidas en desarrollo, las sostienen, protegen y nutren, controlando la liberación de los espermatozoides al lumen de los túbulos.
- Fase de espermiogénesis.** En esta etapa de la espermatogénesis se producen los mayores cambios morfológicos en las células germinales llegando a la formación de células diferenciadas denominadas espermatozoides. La transformación final de las espermátidas involucra la condensación del núcleo, la contracción del citoplasma, el desarrollo del flagelo y la formación del acrosoma, organelo que contiene enzimas que una vez liberadas le permiten al espermatozoide atravesar las cubiertas del ovocito y así fecundarlo.



Regulación de las hormonas sexuales

Ya sabes que las gónadas, además de contener las células germinales, tienen una función endocrina: producen hormonas sexuales fundamentales para sostener el proceso reproductivo. Las hormonas sexuales son de tipo esteroidea y pueden actuar sobre numerosos tejidos, como el cerebro, huesos y músculos, y dirigir los cambios físicos y el desarrollo de las características sexuales secundarias masculinas y femeninas. A continuación se describen los principales mecanismos de regulación de la función reproductiva por el eje hipotálamo-hipófisis.



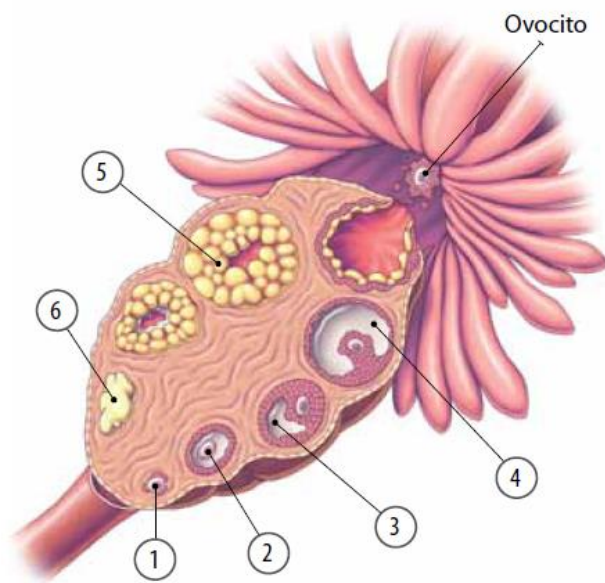
ACTIVIDAD 7:

Analiza el esquema anterior y responde en tu cuaderno las siguientes preguntas.

1. Menciona las glándulas que están involucradas en este mecanismo de regulación. Luego, identifica las hormonas que cada una de ellas libera.
2. ¿Qué sucedería si la hipófisis no secretara LH en una mujer o en un hombre? Explica.
3. Infiere qué ocurriría con el ciclo reproductor en una mujer si se le administran continuamente estrógenos.

Desarrollo folicular

La **foliculogénesis** es el proceso por el cual un folículo crece y se desarrolla hasta alcanzar su madurez. Observemos en la ilustración de un corte transversal del ovario cómo ocurre este proceso.



1

Los folículos primordiales son pequeños e inmaduros. Están formados por el ovocito y una capa de células foliculares.

2

El ovocito comienza a crecer y se rodea por un halo translúcido compuesto por glicoproteínas llamado **zona pelúcida**. Las células foliculares se multiplican y adoptan una forma cúbica, formando los denominados **folículos primarios**.

3

El crecimiento continúa, debido a la proliferación de las células foliculares y al incremento del tamaño del ovocito, hasta llegar a un estado que recibe el nombre de **folículo secundario** o folículo antral. Comienza a formarse una cavidad denominada **antro**.

4

En los folículos de mayor tamaño, el ovocito es desplazado de la región central y se rodea por una corona de células foliculares llamada **corona radial**.

Justo antes de la ovulación, el ovocito se alista para terminar la meiosis I, en el llamado folículo preovulatorio o de Graaf.

5

Después de que el ovocito es liberado, las células foliculares remanentes en el ovario forman una nueva estructura llamada **cuerpo lúteo**. Este actúa como glándula endocrina al producir altos niveles de progesterona y estrógenos, necesarios para mantener el embarazo en las primeras semanas de gestación.

6

Si después de la ovulación no se produce el embarazo, el cuerpo lúteo degenera y un nuevo grupo de folículos comenzará su crecimiento.

Para saber

Al nacer, una mujer tiene alrededor de 7 millones de folículos en sus ovarios, que se forman durante el período embrionario. De estos, solo 400 000 están presentes en el ovario al llegar la pubertad, y de ellos, solo unos 400 completarán su desarrollo y serán ovulados durante la vida de una mujer. Esto ocurre debido a un proceso denominado atresia folicular, en el que la mayoría de los folículos mueren sin completar su desarrollo.

Ciclo reproductor femenino

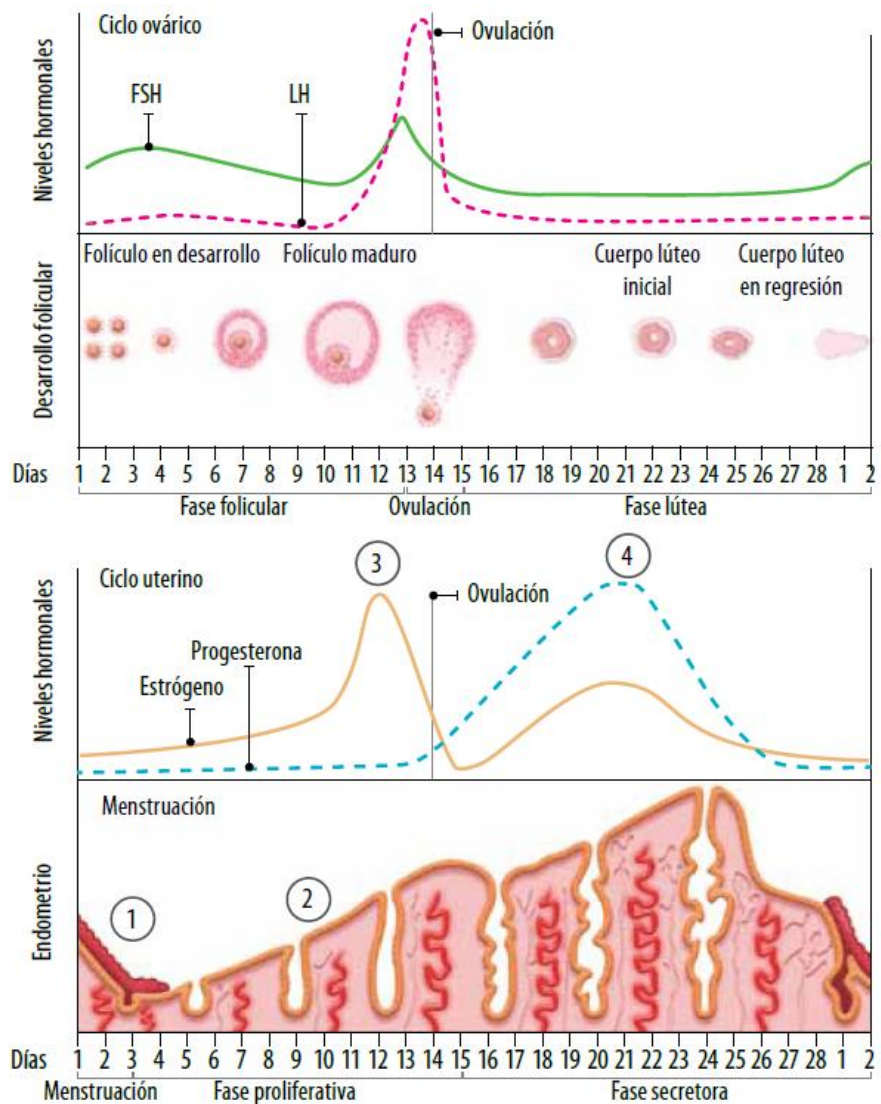
Es normal que después de la pubertad, y durante toda su vida reproductiva, una mujer ovule cada 28 días aproximadamente (con un rango entre 24 y 36 días). Cada mes, desde un folículo se libera un ovocito en la ovulación. La actividad endocrina del ovario dirige a su vez la preparación del endometrio para la implantación del embrión en el caso de que se produzca la fecundación. Este proceso es conducido por variaciones hormonales cíclicas y, por esta razón, se denomina ciclo reproductor femenino. Lo fundamental en este ciclo es la ocurrencia de la ovulación.

Se suele pensar que la ovulación siempre ocurre en la mitad del ciclo. Sin embargo, eso es un error, ya que la ovulación ocurre 14 días antes de la siguiente menstruación y por esta razón, en un ciclo de 24 días la ovulación ocurrirá en el día 10 del ciclo, mientras que en un ciclo de 36 días, la ovulación ocurrirá en el día 22.

1) El ciclo se inicia con la **menstruación**, que consiste en la expulsión de sangre y tejidos del endometrio a través de la vagina. Esta etapa se desencadena por la disminución de las hormonas FSH y LH producidas por la hipófisis y el descenso de los estrógenos y la progesterona secretada por los ovarios.

2) **Fase folicular o preovulatoria.** La hipófisis libera FSH, hormona que estimula la secreción de estrógenos en el ovario y la maduración de varios folículos, pero solamente uno de ellos completa su desarrollo y forma un folículo maduro, el que se denomina folículo de Graaf. Mientras el folículo crece y madura, se producen estrógenos que estimulan la proliferación del endometrio. El aumento de la secreción de estrógenos induce el aumento de la secreción de FSH y LH por parte de la hipófisis.

3) **Ovulación.** Aproximadamente del día 14 del ciclo, los niveles de LH, estrógenos y FSH alcanzan su máxima concentración, lo que produce que en el ovario se rompa el folículo y se libere el ovocito II. En esta etapa, el endometrio sigue aumentando de grosor y en irrigación para permitir que en caso de haber fecundación el embrión se implante.



4) **Fase lútea o postovulatoria.** En el ovario, el cuerpo lúteo (restos del folículo) empieza a secretar progesterona, que mantiene al endometrio engrosado y preparado para un posible embarazo. Si el ovocito II no es fecundado, el cuerpo lúteo degenera, lo que determina que los niveles de progesterona y estrógenos descendan drásticamente y que se produzca una nueva menstruación. Si el ovocito es fecundado, el cuerpo lúteo mantiene su actividad de secreción de progesterona, lo que favorece el crecimiento del endometrio. En este tejido se implanta entonces el huevo fecundado y se desarrolla un nuevo individuo.

ACTIVIDAD 8:

- Analiza los gráficos presentados en esta página y luego responde en tu cuaderno las siguientes preguntas.
 - ¿Qué hormonas participan en la regulación del ciclo reproductivo?
 - ¿Qué hormona tiene su peak cuando se produce la ovulación?
 - ¿Qué cambios experimenta el endometrio luego de la ovulación y con qué hormona se relaciona este proceso?
 - Describe qué sucede con la concentración de FSH, LH, estrógenos y progesterona durante la fase preovulatoria y la postovulatoria?
 - ¿En qué días del ciclo reproductivo existen más posibilidades de que la mujer quede embarazada?

Lectura y actividades período OCTUBRE-NOVIEMBRE-DICIEMBRE

Indicadores de evaluación:

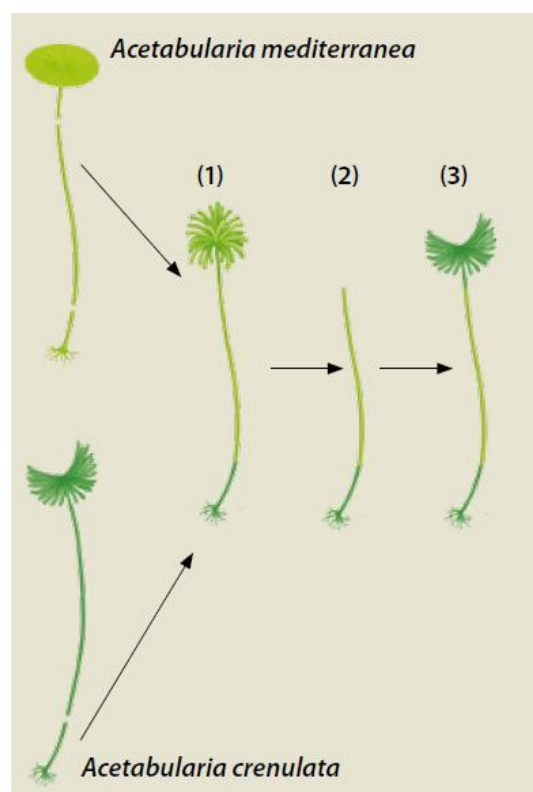
- Describen el modelo del material genético considerando las diferencias entre cromosomas, ADN y genes, y sus características en las distintas etapas del ciclo celular.
- Argumentan basándose en evidencias que la información genética se transmite de generación en generación en plantas, animales y en todos los seres vivos.
- Establecen la relación entre ADN, cromosomas, ciclo proliferativo y crecimiento, reparación de heridas y regeneración de tejidos, mediante la investigación y la elaboración de modelos.
- Infieren que la meiosis es un proceso que forma células haploides que permiten la reproducción de individuos y la generación de diversidad genética en plantas y animales sexuales, mediante el análisis de modelos y tablas de datos.
- Analizan y comparan la mitosis y la meiosis en plantas y animales considerando el mecanismo de transmisión del material genético de generación en generación.
- Debaten en torno a enfermedades genéticas mediante la investigación de anomalías cromosómicas, su origen e implicancias sociales y económicas.

¿Qué es el material genético?

El experimento de Hämmerling

A comienzos de la década de 1930, el biólogo danés-alemán Joachim Hämmerling trabajó con un alga marina unicelular de gran tamaño, llamada *Acetabularia* (mide entre 2 y 5 cm). Este organismo presenta tres partes bien diferenciadas en su estructura: sombrero, tallo y pie. En esta última se encuentra el núcleo de la célula. Hämmerling hizo sus estudios con dos especies de acetabularia que se diferencian en la forma del sombrero: la *Acetabularia mediterránea* y la *Acetabularia crenulata*. Una de las características que llamaron la atención de Hämmerling fue la gran capacidad de la *Acetabularia* para regenerar su sombrero si este es cortado. En su experimento, el científico aisló el tallo de la *Acetabularia mediterránea* y le injertó el pie de la *Acetabularia crenulata*

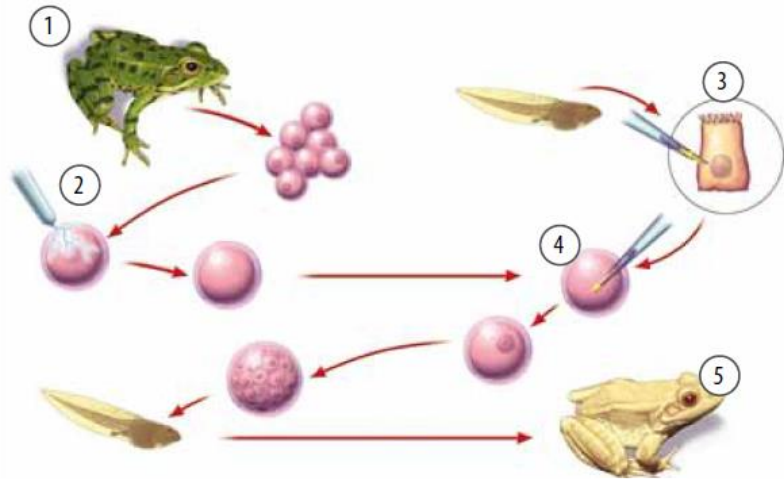
(1). Al cabo de un tiempo, el alga regeneró un sombrero con características intermedias de ambas especies (2). Posteriormente, Hämmerling volvió a cortar el sombrero y el alga regeneró el sombrero de *Acetabularia crenulata* (3). Hämmerling interpretó estos resultados como prueba de que ciertas sustancias que determinan las características del sombrero son producidas bajo la dirección del núcleo, y se acumulan en el citoplasma.



Los experimentos realizados por Hämmerling demostraron que el núcleo de las algas unicelulares almacenan la información genética, pero aún se desconocía si esto operaba de igual forma en los organismos pluricelulares. La comunidad científica de ese entonces sostenía que las células de los organismos pluricelulares debían eliminar información genética para diferenciarse, por ejemplo, en células musculares o células hepáticas. Aproximadamente tres décadas después de los trabajos de Hämmerling, el investigador inglés John Gurdon realizó un experimento que permitió establecer que las células no pierden información genética durante su diferenciación, sino que conservan la capacidad genética para producir todas las estructuras especializadas del adulto. Para demostrarlo, utilizó dos variedades de la rana africana, conocida como *Xenopus laevis*: una de piel verde (rana salvaje) y otra de piel blanca (rana albina).

A continuación se describe el experimento realizado por Gurdon.

1. Extrajo óvulos de ranas de fenotipo normal (piel verde)
2. Les aplicó radiación UV para destruir el núcleo.
3. De un renacuajo albino obtuve células intestinales y se les extrajo su núcleo.
4. Tomó el ovocito anucleado y le transfirió un núcleo proveniente de células intestinales de los renacuajos albinos.
5. Se obtuvo una rana albina.

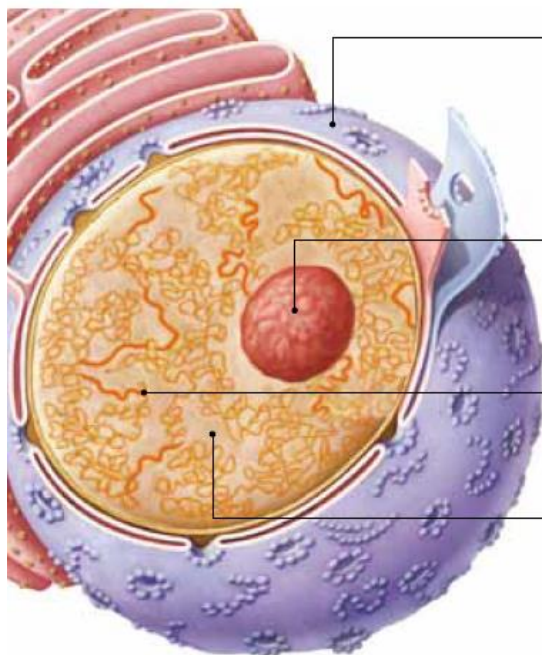


ACTIVIDAD 9:

1. Después de todo lo leído acerca del material genético, ¿cómo lo definirías?
2. Explica por qué a partir de núcleos del intestino de un renacuajo albino se obtuvieron ranas albinas y no células intestinales.
3. Explica por qué crees que se utilizaron ovocitos y no otro tipo de células.
4. Si Gurdon hubiera extraído células de otro tejido del renacuajo de rana albina y no de su intestino, ¿habrían variado los resultados del experimento? Fundamenta.

El núcleo y sus componentes

El núcleo es el centro de control de la célula eucarionte. Está constituido por partes bien definidas: la membrana nuclear, el nucléolo, el nucleoplasma y la cromatina. En el núcleo se encuentra almacenado el material genético. Su tamaño y ubicación varían dependiendo de la actividad y del tipo celular. Aunque la mayor parte de las células tienen un único núcleo, algunos tipos celulares carecen de él, como es el caso de los glóbulos rojos en proceso de maduración. Otros tipos de célula presentan múltiples núcleos, por ejemplo, las células del músculo esquelético humano. En el ser humano, los glóbulos rojos en proceso de maduración pierden el núcleo para optimizar el transporte de oxígeno y dióxido de carbono en la sangre. Debido a la ausencia de núcleo, tienen una forma plana bicóncava, lo que aumenta la superficie de intercambio de oxígeno por dióxido de carbono en los tejidos. Al igual que toda estructura celular, el núcleo contiene en su interior una serie de moléculas orgánicas, tales como proteínas, carbohidratos, lípidos, ácidos nucleicos y agua. A continuación se describen las principales estructuras del núcleo celular.



Membrana nuclear. Es una doble membrana, la **externa** y la **interna**, separadas por un **espacio intermembranoso**. Está perforada por diminutos canales, llamados poros, que permiten la comunicación y el paso de moléculas desde el citoplasma al núcleo, y viceversa.

Nuécleolo. Es un corpúsculo esférico y **carente de membrana** que solo puede verse cuando la célula no está en división. Su principal función es la formación de los ribosomas.

Cromatina. Está constituida por filamentos de ADN en diferentes grados de condensación asociados a proteínas, y dispersos en el nucleoplasma.

Nucleoplasma. Es el medio interno acuoso en el que se encuentran inmersos los demás componentes nucleares.

ACTIVIDAD 10:

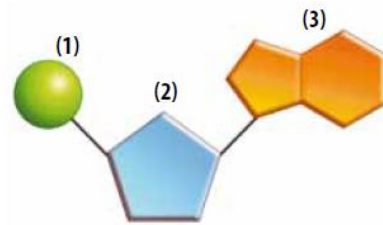
Analiza y responde en tu cuaderno las siguientes preguntas.

1. Describe qué función cumple el nucléolo.
2. Explica qué sucedería si no existieran los poros nucleares.
3. Analiza qué pasaría si a una célula se le elimina su núcleo? ¿Puede vivir?

Estructura del ADN

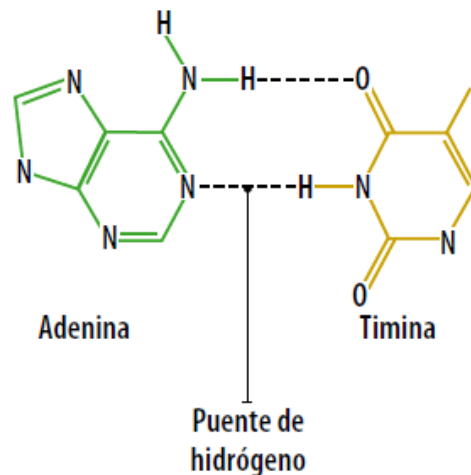
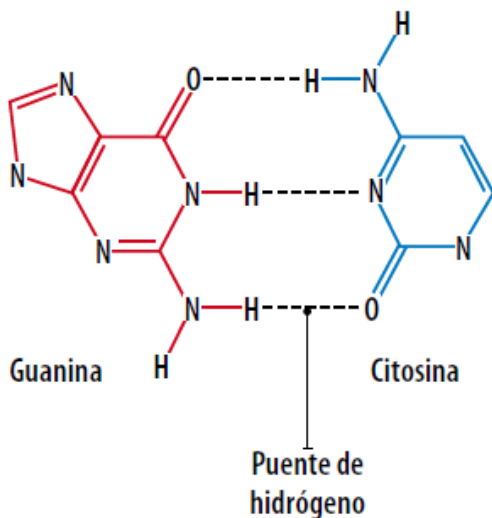
En cursos anteriores has aprendido que todos los organismos están formados por células, ya sean procariontes o eucariontes, y estas constituyen la unidad básica de funcionamiento de los seres vivos. También aprendiste que cada célula proviene de otra preexistente y que en este proceso, la célula transmite a sus células hijas el material genético ubicado dentro de su núcleo celular: el ADN. Cada molécula de ADN (ácido desoxirribonucleico) está formada por dos largas cadenas de nucleótidos que se disponen en forma helicoidal, estructura conocida como doble hélice. En las cadenas de ADN, la unidad estructural o monómero es el nucleótido, el cual está constituido por un grupo fosfato (1), un azúcar de cinco carbonos (pentosa), llamada desoxirribosa (2) y una base nitrogenada (3).

Existen cuatro clases de bases nitrogenadas, que se diferencian entre sí en sus características químicas: adenina (A), guanina (G), timina (T) y citosina (C). Adenina y guanina son bases púricas; en cambio, timina y citosina son bases pirimídicas. Las cadenas del ADN son complementarias, pues frente a cada timina hay una adenina y frente a cada guanina una citosina; vale decir, frente a cada base púrica hay una pirimídica, y viceversa. Las bases nitrogenadas se unen entre sí mediante puentes de hidrógeno. Las adeninas se unen a las timinas a través de dos puentes de hidrógeno, mientras que las citosinas se unen a las guaninas a través de tres puentes de hidrógeno.



▲ Esquema general de un nucleótido. (1) Grupo fosfato, (2) azúcar desoxirribosa (pentosa), (3) base nitrogenada.

Los nucleótidos que conforman una hebra de ADN están unidos a un grupo fosfato por medio de un enlace covalente denominado enlace fosfodiéster. A su vez, entre las dos hebras, las bases nitrogenadas se unen mediante puentes de hidrógeno, la adenina se une a la timina mediante dos puentes de hidrógeno, mientras que la citosina lo hace con la guanina por tres de estos enlaces.

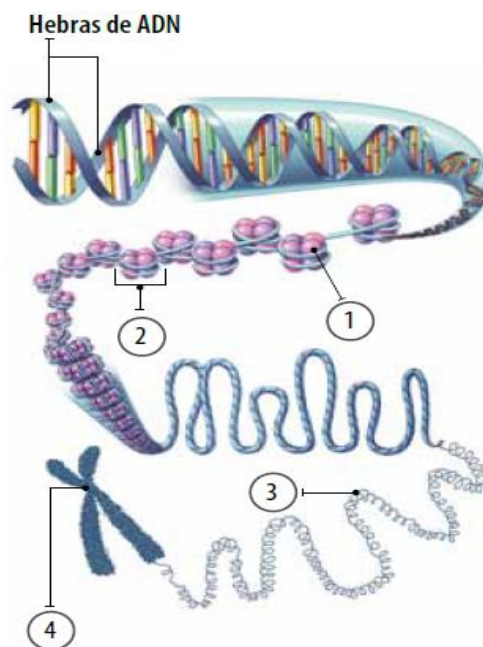


Organización del ADN

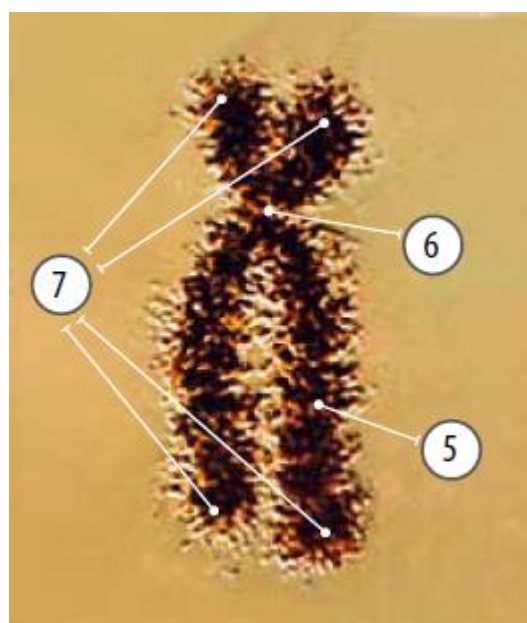
En las células procariontes, el ADN se encuentra disperso en el citoplasma, pero en las células eucariontes, se encuentra asociado a un conjunto de proteínas globulares llamadas histonas (1). El empaquetamiento ordenado de la molécula de ADN depende de las histonas, pues sobre ellas se enrollan las dos hebras formando estructuras globulares, los nucleosomas (2), que le confieren un aspecto de collar de perlas. El complejo generado por la combinación de histonas y ADN se denomina cromatina (3) (del griego chroma: color), nombre que se debe a sus propiedades de tinción celular: se tiñe intensamente cuando se emplean colores básicos. Dependiendo del grado de compactación de la cromatina, es posible diferenciarla en dos estados: heterocromatina y eucromatina. La primera es la forma más compactada en que se organiza la cromatina y frecuentemente está adherida a la membrana nuclear. Por su parte, la eucromatina se encuentra en un estado descondensado y disperso en el nucleoplasma. Cuando la célula se alista para una división celular, la cromatina se condensa hasta alcanzar su máximo grado de compactación, formando los cromosomas (4). El ADN de una célula humana presenta una longitud total de 2 metros, aproximadamente. Los núcleos celulares, en tanto, tienen un diámetro de unos 0,005 milímetros. La condensación del material genético en cromatina implica el alto grado de compactación del ADN dentro del núcleo.

Estructura de un cromosoma

Los cromosomas de células eucariontes están formados por dos brazos, cromátidas (5), unidos por una estructura, centrómero (6). Esta región participa en la segregación o separación de las cromátidas de los cromosomas durante el proceso de división celular. En el centrómero se encuentra una estructura proteica denominada cinetocoro que es fundamental para realizar dicha separación. En los extremos de cada brazo se encuentran los telómeros (7), que son secuencias de ADN específicas que cumplen una función relacionada con el mantenimiento de la longitud



▲ Representación de la cromatina y el empaquetamiento del material genético.



ACTIVIDAD 11:

1. Explica por qué crees que la cromatina puede encontrarse como heterocromatina y como eucromatina.
2. Infiere por qué la molécula de ADN se encuentra asociada a histonas.
3. Deduce cuál es la función de los cromosomas.



Tipos de cromosomas

De acuerdo a la posición del centrómero, los cromosomas se clasifican en cuatro tipos: metacéntricos, submetacéntricos, acrocéntricos y telocéntricos.

Tabla N° 1. Tipos de cromosomas duplicados según la posición del centrómero

Metacéntricos	Submetacéntricos	Acrocéntricos	Telocéntricos
El centrómero se encuentra en la mitad del cromosoma.	Los brazos cromosómicos son un poco desiguales.	Los brazos cromosómicos son muy desiguales.	El centrómero está en la región de los telómeros.
			

Hasta ahora sabes que la información genética se encuentra en el núcleo y que en su interior se ubican los cromosomas, pero ¿qué relación existe entre la información genética y los cromosomas? En la mayoría de nuestras células los cromosomas se organizan en pares. Uno de los cromosomas que forma el par proviene del padre y el otro de la madre, es decir, cada cromosoma de nuestras células proviene de nuestros progenitores. Estos pares de cromosomas se denominan cromosomas homólogos y son similares tanto en su forma como en la posición que ocupa el centrómero. La característica más importante de los cromosomas homólogos es que ambos portan información para los mismos rasgos. Sin embargo, esto no significa que posean la misma información genética. Por ejemplo, si consideramos el carácter, color de ojos, en uno de los cromosomas del par homólogo puede haber información para el color verde, mientras que en el otro, para el color café. Si una célula posee los dos cromosomas de cada par homólogo se dice que esta es una célula diploide, mientras que si tiene solo un cromosoma de cada par homólogo, es una célula haploide. La gran mayoría de las células de tu cuerpo son diploides, mientras que solo las células sexuales son haploides. Esto último permite que en el momento de la fecundación, al fusionarse los núcleos de los gametos masculino y femenino, se establezca el número total de cromosomas característico de una especie.

Tabla N° 2: Número de cromosomas de diversos organismos

Organismos	Número de cromosomas
Arroz	24
Poroto	22
Maíz	20
Lechuga	18
Cebolla	16
Ballena	44
Cuy	62
Vaca	60
Gorila	48
Ser humano	46

ACTIVIDAD 12:

Completa la tabla con el número diploide o haploide, según corresponda. Luego responde las preguntas planteadas.

- ¿Existe alguna relación entre el tamaño de las especies y el número de cromosomas? **Justifica.**
- Sabiendo el número de cromosomas de una célula de un organismo, ¿podrías identificar con certeza la especie a la que este pertenece? **Explica.**

Organismo	Número haploide (n)	Número diploide (2n)
Pejerrey	23	
Gato	19	
Ratón		42
Tomate		24
Chimpancé		48
Caballo	32	
Perro		78



Cariotipo y cromosomas

El cariotipo de una especie es el conjunto de cromosomas ordenados de acuerdo a sus características morfológicas y sus tamaños. En él se distinguen dos tipos de cromosomas: los cromosomas sexuales y los cromosomas autosómicos.

- Cromosomas sexuales: son muy diferentes el uno del otro e intervienen en la determinación del sexo. Por su forma, a uno de ellos se le llama X y al otro Y. En el ser humano, los cromosomas sexuales femeninos corresponden a dos cromosomas X (XX), en tanto que los cromosomas sexuales masculinos corresponden a un cromosoma X y a uno Y (XY). Por lo tanto, el cromosoma sexual Y es el factor determinante de que un individuo sea hombre, pues en él se encuentra la información genética que permite que se exprese el fenotipo masculino.

- Cromosomas autosómicos: Constituyen el resto de cromosomas y tienen las mismas características en ambos sexos. Por ejemplo, las células somáticas de un ser humano, en ambos sexos, contienen 23 pares de cromosomas, de los cuales 22 pares corresponden a cromosomas autosómicos y un par corresponde a cromosomas sexuales. Mediante el estudio del cariotipo es posible detectar anomalías en el número o en la forma de los cromosomas. Por ejemplo, en el caso de la enfermedad del síndrome de Down, el análisis del cariotipo permite detectar tempranamente esta enfermedad.

Determinación genética del sexo de un ser humano

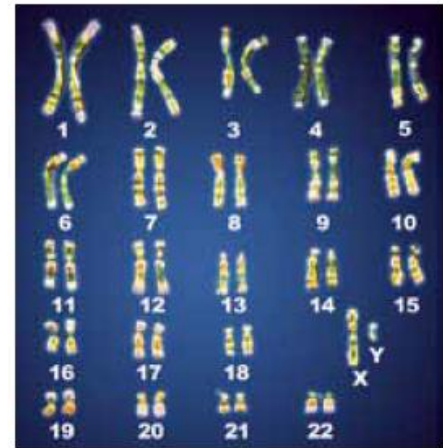
En el siguiente esquema se observa que los ovocitos siempre llevan un cromosoma X, pero los espermatozoides pueden llevar ya sea un cromosoma X o uno Y. Esto hace que dependiendo del espermatozoide que intervenga en la fecundación del ovocito, el individuo que se forma será hombre o mujer.

Durante la fecundación, cada óvulo tiene las mismas posibilidades de ser fecundado por un espermatozoide que porte un cromosoma X, que por uno con un cromosoma Y. Por tanto, en cada fecundación, la probabilidad de que se forme un hombre o una mujer es del 50 %.

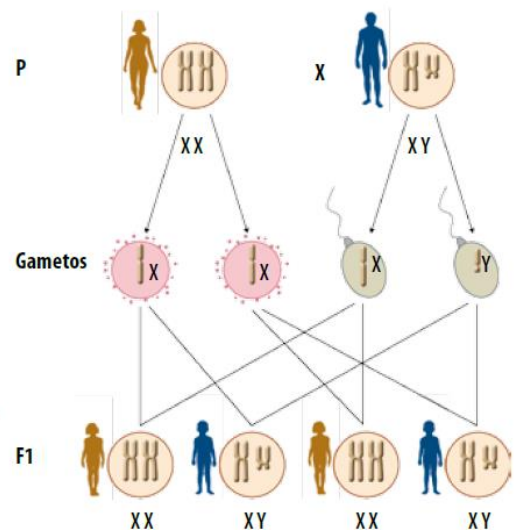
Información genética y genotipo

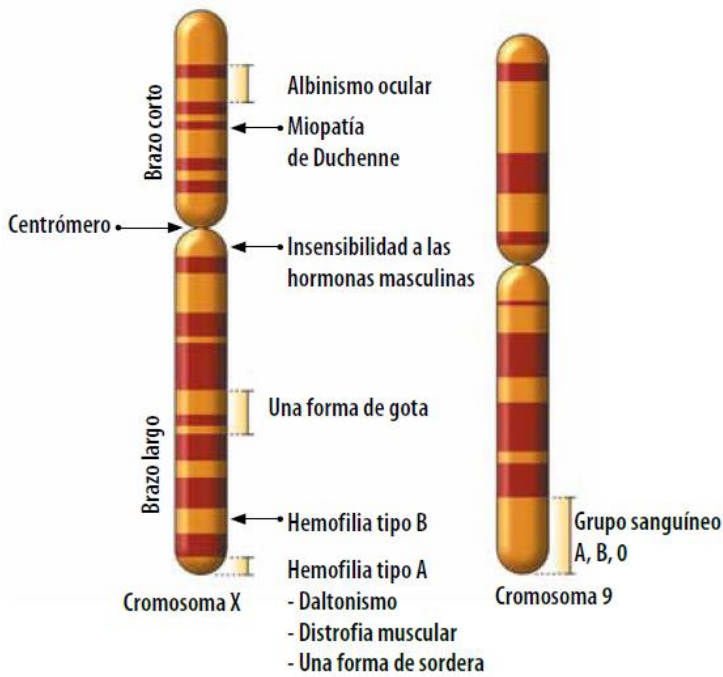
En cada cromosoma puede haber cientos de genes, en los cuales existe información para una característica distinta. Al conjunto de genes que posee un individuo y que ha heredado de sus progenitores se le llama genotipo, mientras que al conjunto de características biológicas observables de un individuo (físicas, conductuales, etc.) se le denomina fenotipo.

¿Por qué existen gatos de ojos azules, mientras que otros los tienen amarillos? ¿Por qué el pelaje de estos felinos puede ser corto o largo, fino o grueso? Cada población, o grupo de organismos de la misma especie, tiene un patrimonio genético que es responsable de las semejanzas y las diferencias fenotípicas entre los individuos que la conforman. Dentro del patrimonio genético de una especie o población existen tipos o variedades alternativas para los genes que determinan la expresión de una característica específica, conocidos como alelos. Un ejemplo de genes alelos son los que determinan el grupo sanguíneo en nuestra especie. El ordenamiento de los genes en los cromosomas se representa mediante un diagrama llamado mapa cromosómico, en el que se definen las posiciones de ciertos genes en el cromosoma (loci). El lugar físico específico que un gen ocupa en un cromosoma recibe el nombre de locus. Estos se ubican en el mismo lugar o locus del par de cromosomas homólogos. Los genes ocupan un lugar definido dentro del cariotipo. Las bandas claras y oscuras que se observan en los cromosomas son constantes en una misma especie, y se hacen visibles gracias a tinciones especiales que se aplican sobre los cromosomas. En cada banda existen muchísimos genes diferentes. Por ejemplo, en la especie humana los genes del grupo sanguíneo ABO se ubican en uno de los extremos del cromosoma 9. Otros genes pueden determinar enfermedades, como el gen del albinismo ocular. ¿En qué región del cromosoma X se ubica el gen que determina esta enfermedad?



▲ Cariotipo humano masculino. Los pares de cromosomas de hombres y mujeres son similares en forma y tamaño, a excepción de los cromosomas sexuales.





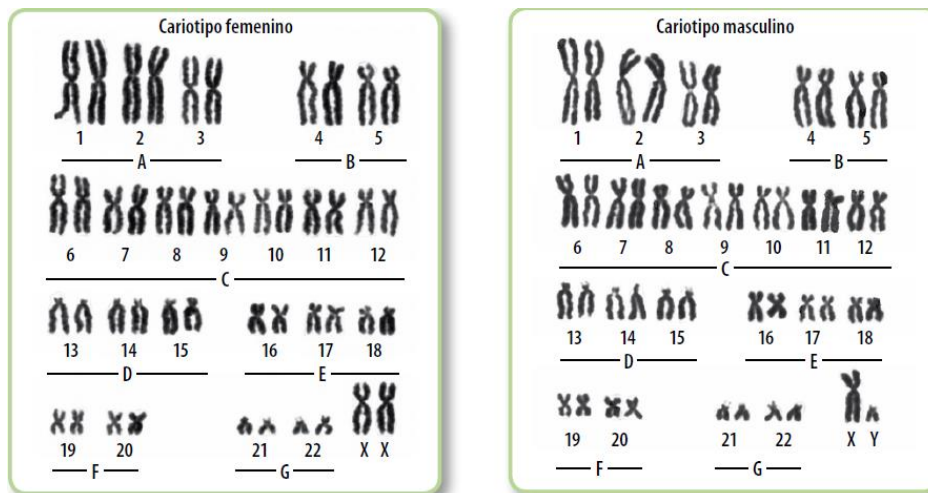
Dato

En el caso de la especie humana, se ha observado que, en realidad, el sexo depende de un gen situado en el cromosoma Y.

Este gen, a partir de la séptima semana de vida, induce la formación de los testículos del feto, por ello recibe el nombre de gen TDF (factor determinante de testículos).

ACTIVIDAD 14:

Observa los siguientes cariotipos y responde las preguntas.



- ¿Qué criterio se utilizó para ordenar los cromosomas en ambos cariotipos?
- ¿Qué tienen en común los cromosomas de los grupos identificados con letras (A, B, C, etcétera)? Fundamenta.
- ¿Qué diferencias distingues entre los cariotipos de la mujer y los del hombre?

El ciclo celular

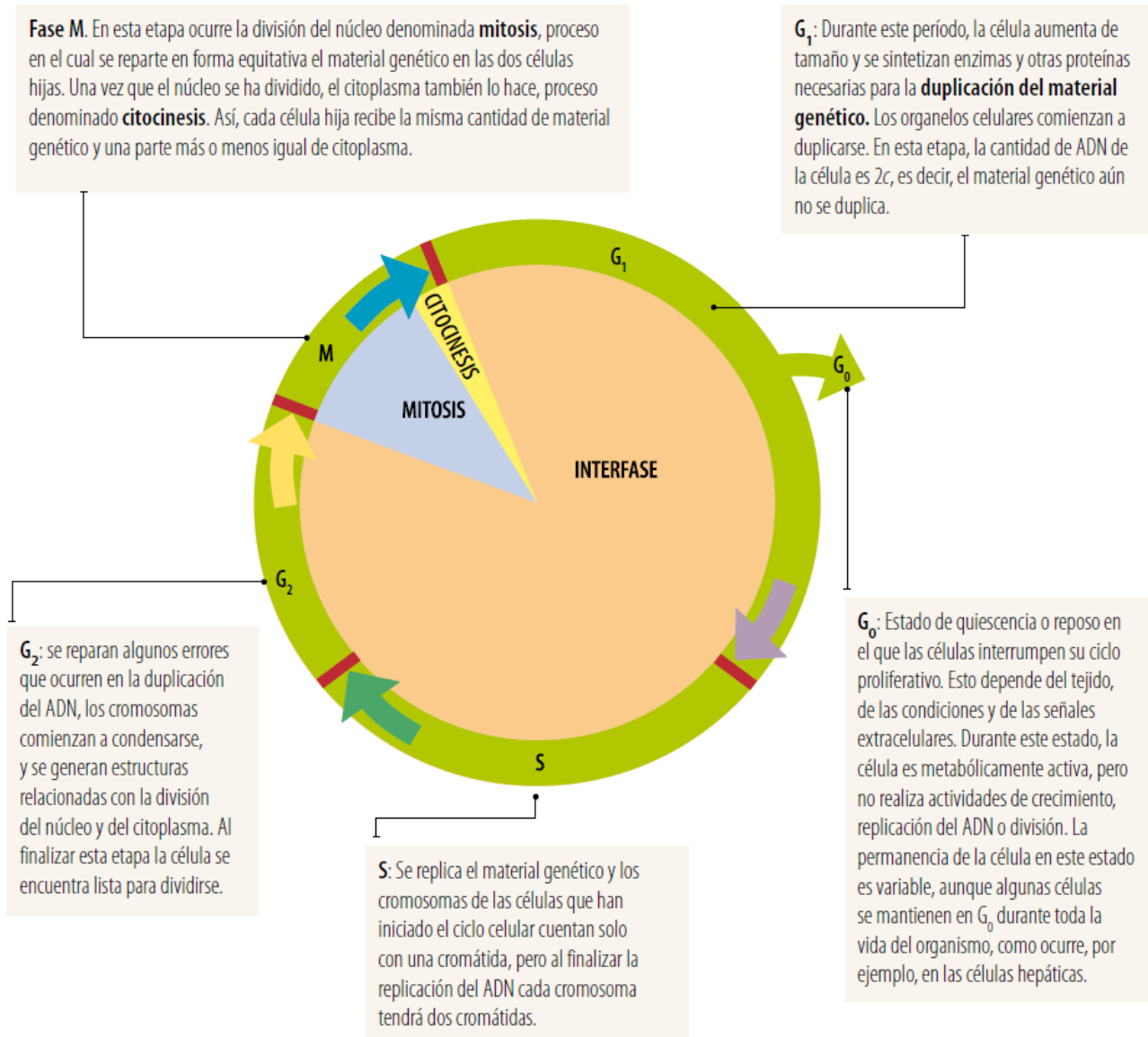
En la vida de una célula se pueden distinguir cuatro etapas: nacimiento, crecimiento, diferenciación y reproducción o muerte celular. De acuerdo con la teoría celular, toda célula se origina de una célula preexistente y el proceso por el que esto ocurre se denomina división celular. En organismos unicelulares, este mecanismo da origen a un nuevo individuo, incrementando el tamaño de su población, mientras que en organismos pluricelulares permite el crecimiento del individuo debido al aumento del número de células y el remplazo de células dañadas o muertas.



Etapas del ciclo celular

Aunque la división celular ocurre tanto en procariontes como en eucariontes, esta lección se limitará a la descripción de la división celular de células eucariontes. Para dividirse, toda célula experimenta una serie de transformaciones que culminan en la generación de dos células hijas. Esta serie de cambios recibe el nombre de ciclo celular. A continuación se describe con mayor detalle cada etapa del ciclo celular:

Interfase. Es el período en el que la célula crece y se prepara para la siguiente división celular. Consta, a su vez, de otras tres fases, denominadas **G₁**, **S** y **G₂**, en las que la célula duplica su material genético y todo su contenido (proteínas, organelos y membranas, entre otros), de modo que aumenta su tamaño antes de dividirse en dos células hijas.



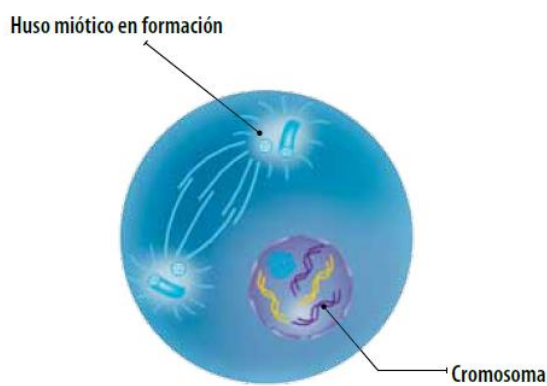
Dato: En células humanas de división rápida como las células de la piel, el ciclo celular tiene una duración de 24 horas, donde G₁ dura 9 horas; S, 10 horas; G₂, 4,5 horas y mitosis, 30 minutos.

Fase M

Esta fase de división celular está constituida por dos procesos: mitosis y citocinesis. Estos ocurren mediante una serie de mecanismos especializados que tienen lugar en la célula y que finalizan con la formación de dos células hijas genéticamente iguales.

Mitosis

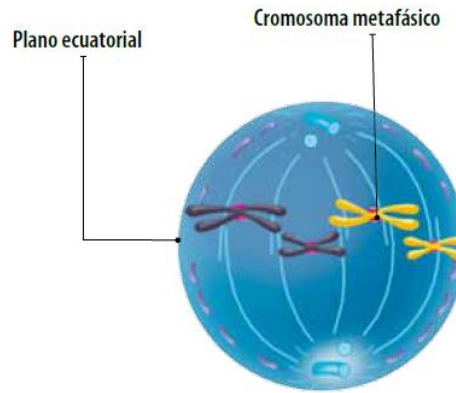
La mitosis es un proceso continuo que consiste en la división del núcleo celular. Con el fin de facilitar su estudio, los biólogos la han dividido en cuatro etapas. Cada una de estas etapas se caracteriza por hechos particulares que se llevan a cabo en el interior de la célula en división: profase, metafase, anafase y telofase. Este tipo de división ocurre en células somáticas y es fundamental para la proliferación celular que tiene lugar durante el desarrollo embrionario, el crecimiento y la mantención de los tejidos.



Profase

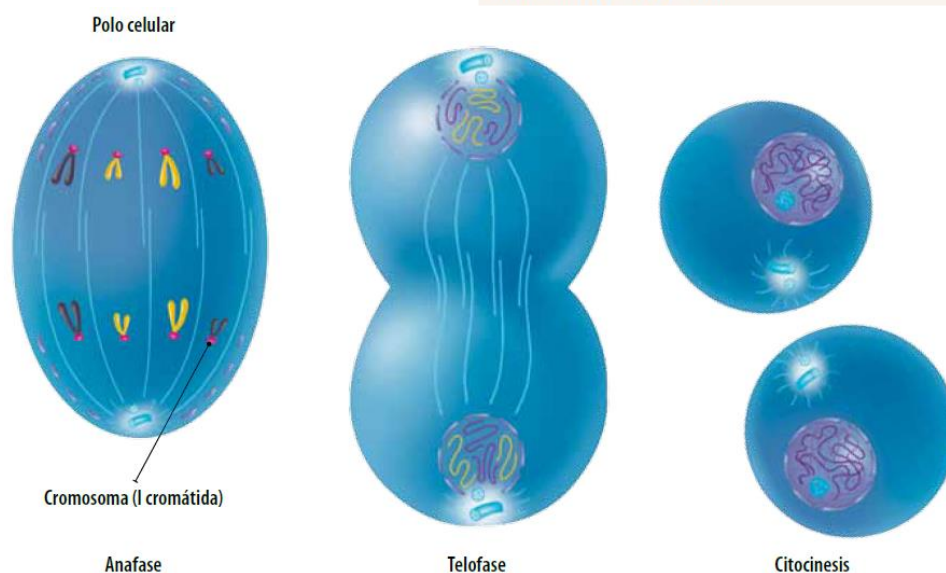
Primera etapa de la mitosis, que comienza con la **condensación del material genético**. La cromatina, ubicada en el núcleo, se compacta permitiendo observar los cromosomas, que están formados por dos cromátidas hermanas unidas por el centrómero. La membrana nuclear o carioteca inicia su desorganización. El nucléolo se desorganiza y desaparece. Los centriolos migran hacia los polos de la célula y en el citoplasma se organizan unas finas estructuras proteicas en forma de filamentos tubulares (microtúbulos) que formarán el **huso mitótico**.

El aparato de Golgi y el retículo endoplasmático se fragmentan.



Metafase

La membrana nuclear ha desaparecido por completo y el huso mitótico se encuentra totalmente desarrollado. Los cromosomas **alcanzan su máximo grado de condensación** y son fácilmente observables al microscopio óptico. Cada centrómero interactúa con microtúbulos del huso mitótico, provocando el alineamiento de los cromosomas en el plano ecuatorial de la célula. En esta zona, los cromosomas están sometidos a dos fuerzas opuestas: por un lado, la tendencia de los microtúbulos del huso mitótico, unidos al **cinetocoro** de cada cromosoma, a separar las cromátidas hermanas, y, por otro, la fuerza de cohesión que las mantiene unidas en el centrómero. Gracias a este fenómeno se genera la tensión necesaria para formar la placa metafásica, es decir, el alineamiento de los cromosomas en el ecuador celular.



Anafase

Corresponde a la etapa más corta del proceso de mitosis. Los centrómeros que unen a las cromátidas se dividen y las cromátidas se separan debido al acortamiento de los filamentos del huso mitótico. Esto permite que cada cromátida sea arrastrada hacia los polos de la célula. De esta manera, **las dos cromátidas que forman cada cromosoma se separan y se dirigen cada una al polo opuesto**. La separación simultánea de los pares de cromátidas hermanas en la transición metafase-anafase es un momento crucial del ciclo celular, por lo que está finamente regulado. Por ejemplo, es muy importante que la cohesión se pierda en el momento adecuado, para que cada cromátida pueda migrar a la célula hija correspondiente.



Telofase

Los cromosomas, ahora formados por una sola cromátida, migran completamente hacia los polos celulares y vuelven a descondensarse, perdiendo el aspecto que tenían durante la metafase.

El huso mitótico comienza a desaparecer y se inicia la formación de la membrana nuclear alrededor de los dos grupos de cromosomas en cada extremo de la célula. Además, en su interior comienzan a reorganizarse los nucléolos y en el citoplasma se ensamblan el aparato de Golgi y el retículo endoplasmático.



Citocinesis

Consiste en la división del citoplasma de la célula madre en dos partes relativamente iguales. En esta etapa se completa el proceso de división celular y los primeros indicios se observan en la anafase. Continúa con la formación de los nuevos núcleos de las dos células hijas, y se produce el reordenamiento de los componentes celulares y la reorganización del citoesqueleto. En las células animales, la citocinesis ocurre gracias a una serie de proteínas, principalmente actina y miosina, que forman una especie de anillo contráctil interno en el ecuador de la célula adherido a la membrana. Al cerrarse cada vez más, provoca finalmente la división del citoplasma.

Para saber

No disyunción en la mitosis

Raramente, las dos cromátidas de un cromosoma pueden migrar juntas hacia el mismo polo celular durante la anafase. Este fenómeno, conocido como no disyunción cromosómica, provoca un error en la distribución de los cromosomas: una de las células hijas queda con un cromosoma de más y la otra con uno de menos. La presencia de cromosomas de más o de menos es denominada aneuploidía.

Citocinesis

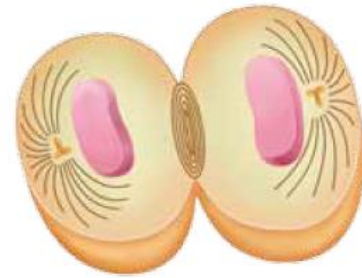
La citocinesis difiere significativamente en las células vegetales y en las animales. Como viste anteriormente, el primer indicio de la citocinesis en la mayoría de las células animales aparece durante la anafase en la forma de una hendidura que rodea a la célula en el plano ecuatorial y que se produce por la contracción de un anillo compuesto principalmente por filamentos de actina y miosina. El anillo contráctil actúa en la membrana de la célula, estrangulándola hasta que se separan las dos células hijas. Las células vegetales, como están encerradas en una pared celular relativamente rígida, pasan por la citocinesis mediante un mecanismo muy distinto. A diferencia de las células animales, que generan un surco formado por un anillo contráctil, en las células vegetales se forma una pared celular dentro de la célula en división. La formación de la pared comienza en el centro de la célula, donde una serie de vesículas llenas de carbohidratos provenientes del aparato de Golgi se fusionan y forman una estructura plana y limitada por membrana, la placa celular, que divide a la célula en la línea media y crece hacia afuera para encontrarse con las paredes laterales existentes.

Importancia de la mitosis

La mitosis es un proceso que reviste gran importancia para los organismos eucariontes, tanto unicelulares como pluricelulares. Para estos últimos, la mitosis cumple un rol fundamental en los siguientes procesos.

- **Desarrollo.** A partir del cigoto formado después de la fecundación y mediante sucesivas divisiones celulares se originan los millones de células que forman parte de un individuo. En este proceso de proliferación celular, la mitosis es de suma importancia, pues asegura que todas las células contengan la misma información genética y así dar origen a los diferentes tipos celulares que formarán parte del organismo.
- **Crecimiento.** La división celular por mitosis permite un aumento en el número de células en los organismos y, como consecuencia de esto, los organismos crecen.
- **Reparación y renovación de tejidos.** A diario, nuestro cuerpo pierde un gran número de células por diversos motivos. En ciertos tejidos, como la piel y los tejidos de revestimiento de algunos órganos, producto del roce se pierden a diario numerosas células; cuando se produce una herida se dañan muchas células que posteriormente mueren; asimismo, en nuestro organismo hay células que tienen un tiempo de vida limitado, como los glóbulos rojos, cuya vida media aproximada es de 120 días. En todos estos casos, la proliferación celular permite restablecer las células perdidas. A diferencia de lo que ocurre en los organismos pluricelulares, para los organismos unicelulares eucariontes la división celular constituye un mecanismo de reproducción, pues da origen a dos nuevos individuos.

Célula animal



Célula vegetal



▲ Comparación de la citocinesis de una célula animal y una célula vegetal.



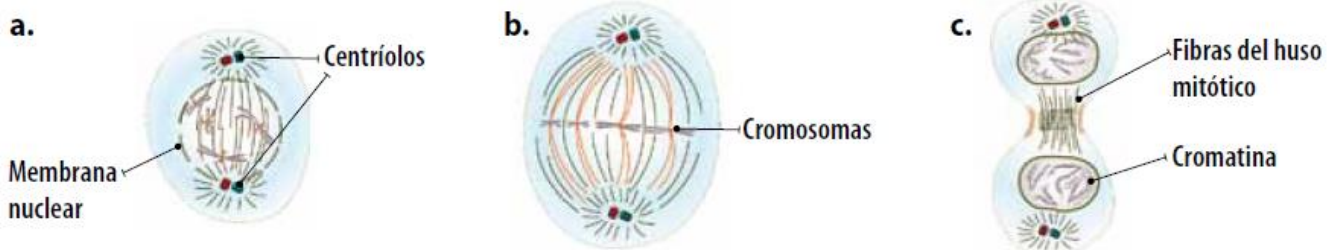
▲ Paramecio en proceso de división celular. Para este individuo, la mitosis es su forma de reproducción.

ACTIVIDAD 15:

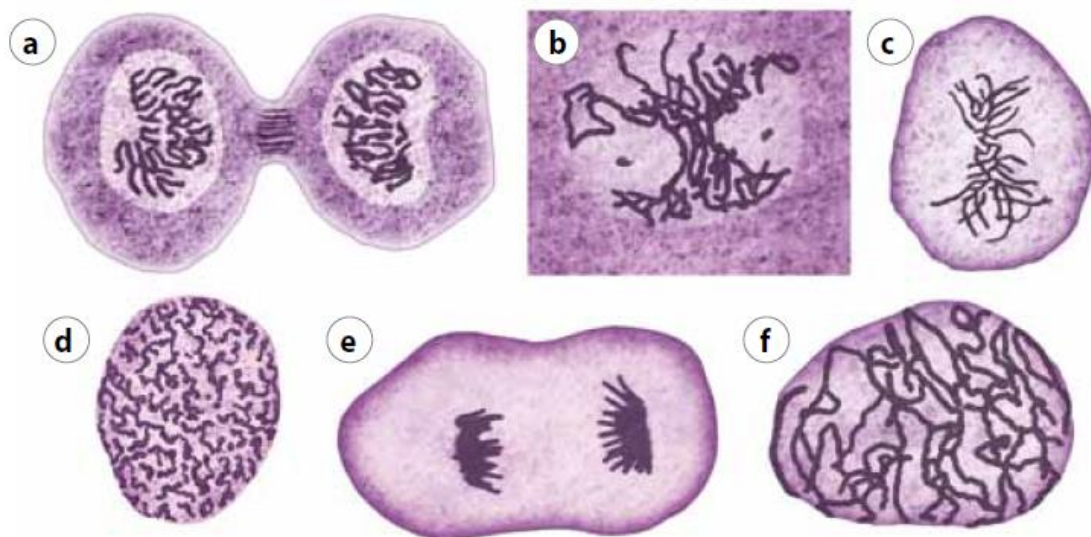
1. **Identifica** y anota la fase del ciclo celular en la que ocurre cada uno de los siguientes eventos:

- Replicación de las moléculas de ADN = _____
- División del citoplasma para originar dos células = _____
- Duplicación de los centriolos = _____
- Degradación de la membrana nuclear = _____
- Síntesis de las enzimas que controlan la duplicación del ADN = _____
- Repartición equitativa de cromosomas en las células hijas = _____

2. **Describe** en tu cuaderno lo que pasa con los distintos elementos celulares durante las fases de la mitosis indicadas en el esquema.



3. **Identifica** y ordena las etapas de la mitosis según la secuencia en la que ocurren los eventos. Luego responde en tu cuaderno las preguntas planteadas.



- ¿En qué etapa de la mitosis los cromosomas alcanzan su máximo grado de compactación?
- ¿Qué tipo de citocinesis experimenta esta célula?
- ¿Es correcto afirmar que estas imágenes corresponden a la mitosis de una célula vegetal? Fundamenta tu respuesta.

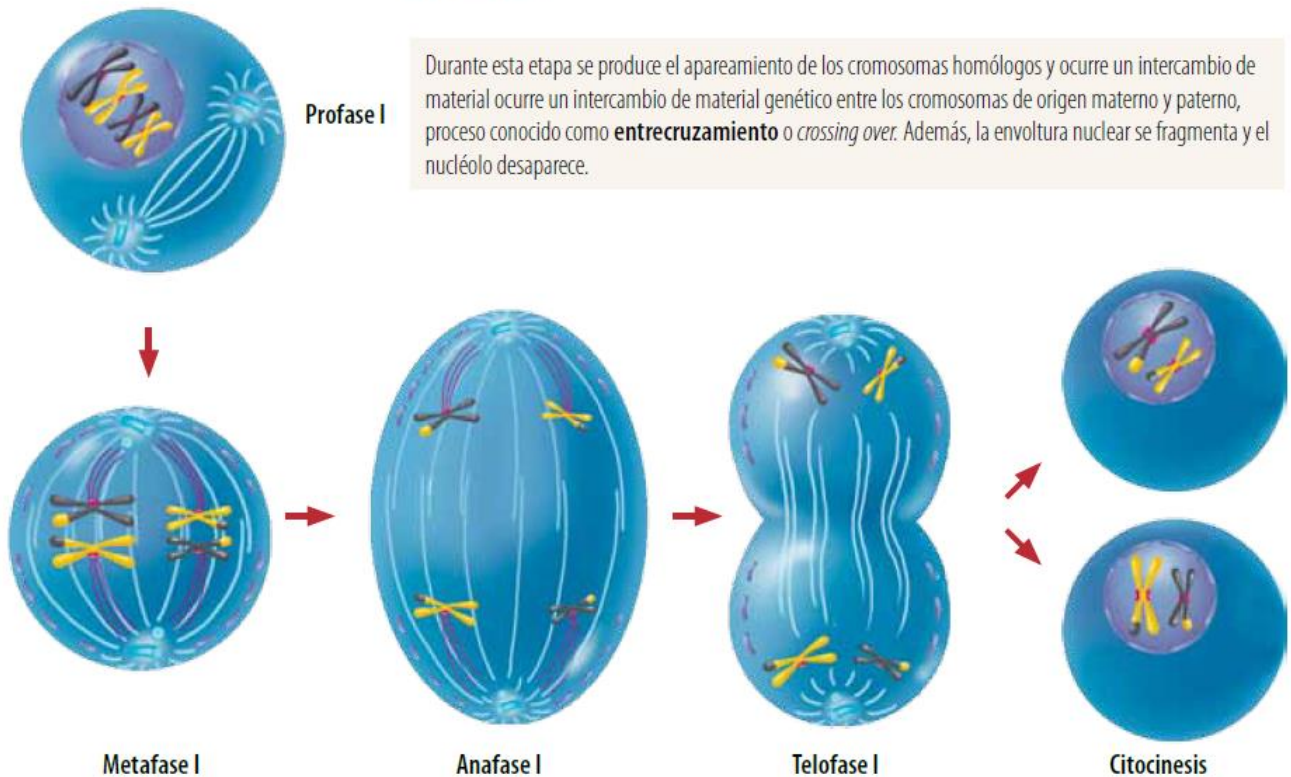
¿Qué es la meiosis?

La meiosis es un tipo de división celular, exclusiva de los organismos que se reproducen sexualmente. En muchos protozoos, algas y hongos, la reproducción es asexual, es decir, por división celular simple o mitosis. En este caso todos los descendientes tienen una herencia que proviene de un solo antecesor. En cambio, en la mayoría de los organismos multicelulares la reproducción se realiza por medio de gametos o células sexuales que se generan por meiosis en un proceso denominado gametogénesis. Mediante la fecundación se origina el cigoto o célula huevo, que porta material genético de los dos progenitores y se reproduce por mitosis hasta formar un nuevo individuo pluricelular.

Etapas de la meiosis

La meiosis es un proceso que consiste en dos divisiones celulares sucesivas (meiosis I y II), cada una de las cuales presenta las mismas fases de la mitosis: profase, metafase, anafase y telofase. Como resultado de este proceso, por cada célula inicial (diploide) se forman cuatro células haploides genéticamente distintas. De este modo, la reorganización del material genético en los organismos con reproducción sexual contribuye en gran medida a la posibilidad de que la descendencia tenga una combinación de genes distinta de la de sus padres. El resultado de la primera división son dos células haploides, es decir, poseen la mitad del número de cromosomas propio de la especie. Por esta razón, se dice que la meiosis I es una división reduccional.

Meiosis I



Durante esta etapa se produce el apareamiento de los cromosomas homólogos y ocurre un intercambio de material genético entre los cromosomas de origen materno y paterno, proceso conocido como **entrecruzamiento** o *crossing over*. Además, la envoltura nuclear se fragmenta y el nucléolo desaparece.

Esta etapa se caracteriza por un huso mitótico completamente formado y por la alineación de los cromosomas homólogos apareados en el plano ecuatorial de la célula y pueden quedar orientados hacia cualquier polo de la célula, proceso conocido como **permutación cromosómica**.

Durante esta etapa, los cromosomas homólogos maternos y paternos se separan y se desplazan hacia los polos de la célula. Además, cada cromosoma sigue teniendo dos cromátidas.

La membrana nuclear se reorganiza y se descondensa la cromatina. Esta etapa no se presenta en todas las especies, y en algunas, se pasan directamente a metafase II.

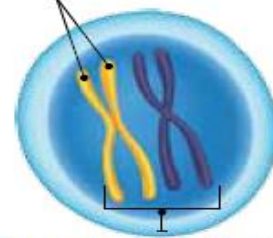
Esta fase puede estar o no acompañada de la citocinesis. Además, se producen el reordenamiento de los componentes celulares y la reorganización del citoesqueleto.

Meiosis II

Después de finalizada la meiosis I, las células pasan por una breve interfase, en la cual se preparan para la segunda y última división celular, pero a diferencia de la primera no hay síntesis de ADN. Las características de la meiosis II son similares a las de la mitosis y, por lo tanto,

- Durante la profase II se desintegra el nucléolo y la membrana nuclear y los cromosomas vuelven a condensarse. A diferencia de la profase I, en esta etapa no hay entrecruzamiento.
- En la metafase II, las fibras del huso mitótico se unen a los cinetocoros y los cromosomas se alinean en el ecuador de la célula.
- Durante la anafase II, las cromátidas son separadas por los centrómeros y cada cromátida es desplazada a un polo de la célula.
- Finalmente, en la telofase II se reorganiza la membrana nuclear, los cromosomas se transforman en cromatina y cada célula se divide en la citocinesis.

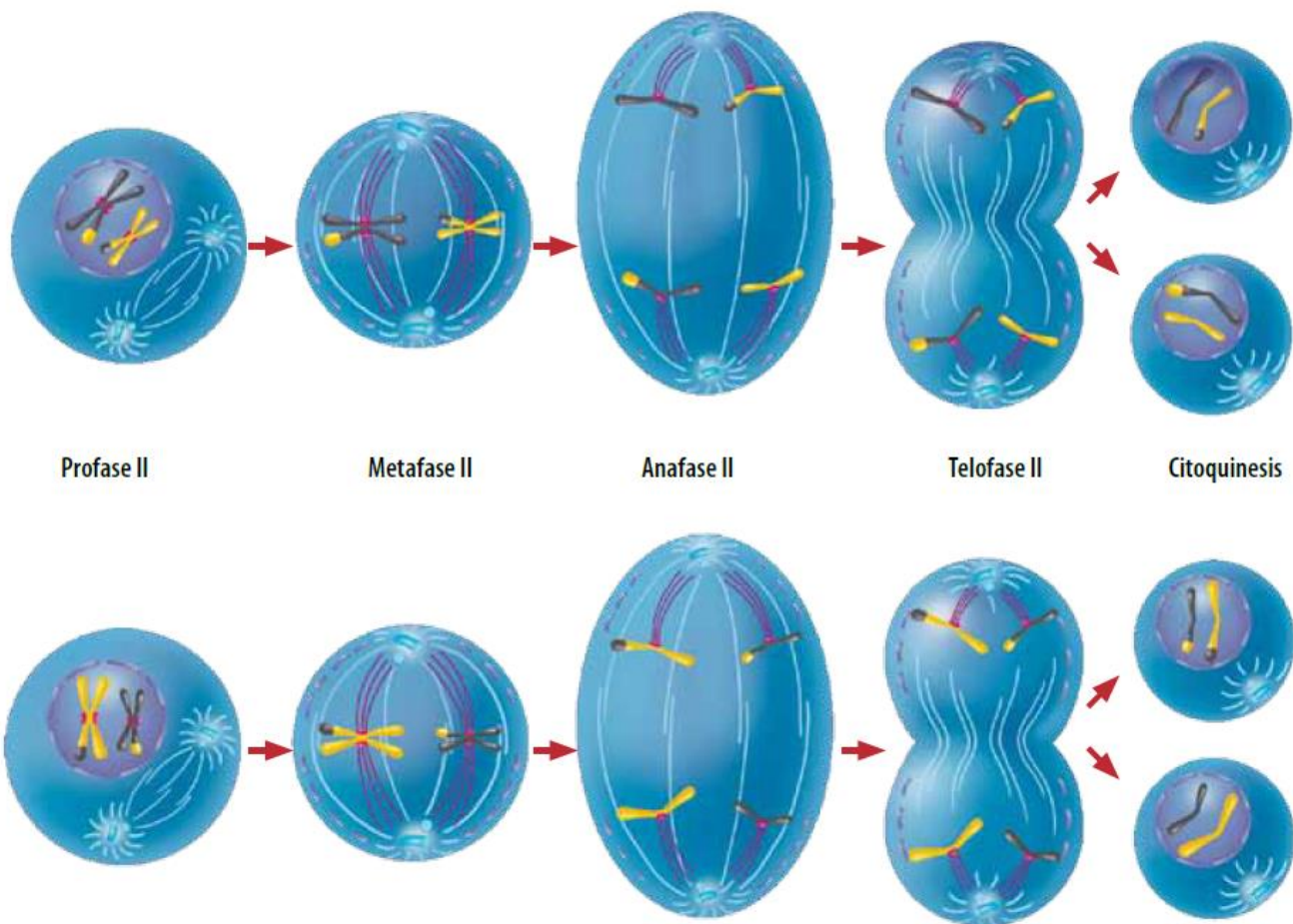
Cromátidas hermanas



Cromosomas homólogos

- ▲ Las **cromátidas hermanas** son aquellas que componen a un cromosoma después de la duplicación del material genético y, por lo tanto, son idénticas.

Los **cromosomas homólogos**, aunque son iguales en tamaño y estructura y contienen la misma secuencia de genes, no son idénticos, ya que uno es de origen paterno y otro de origen materno.

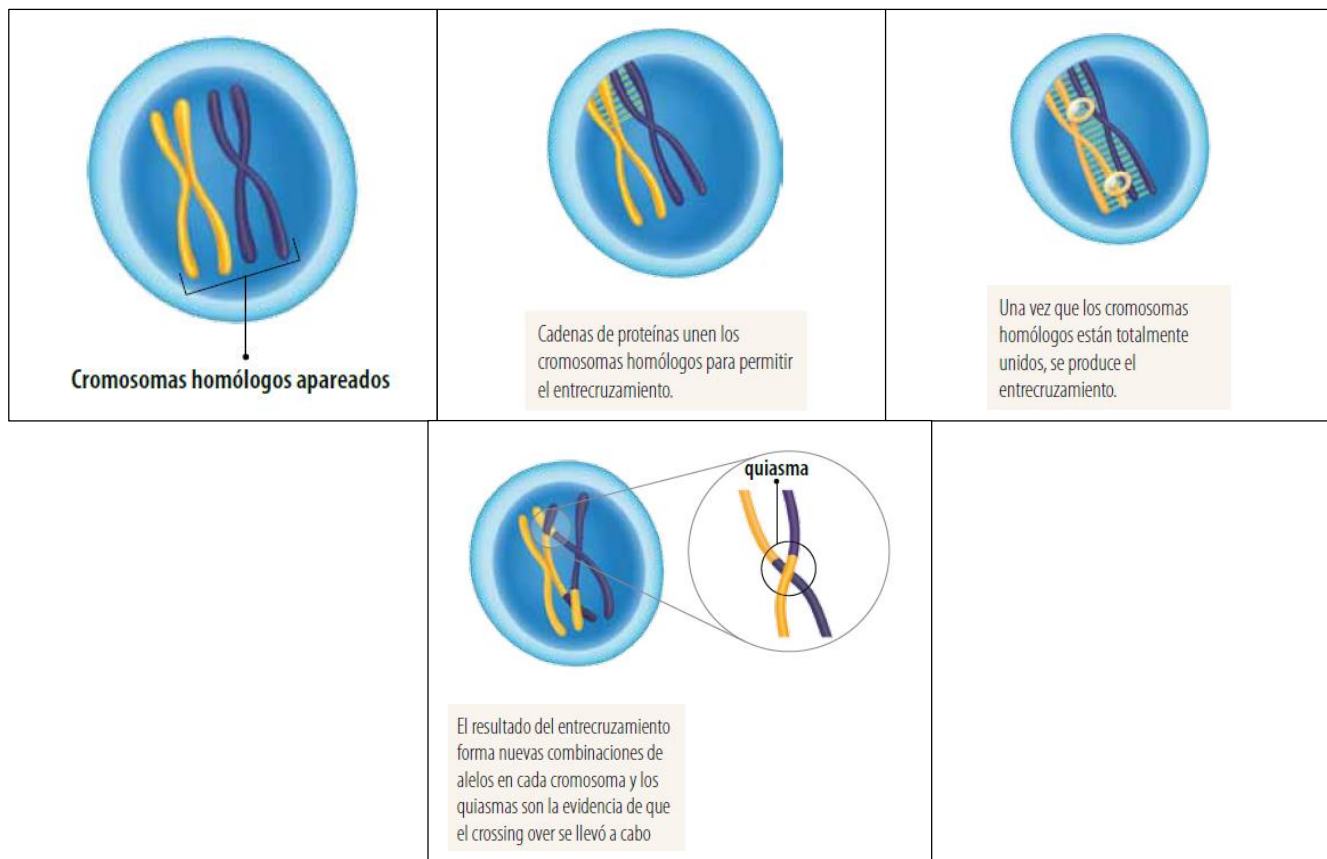


Como resultado final, a partir de una célula diploide ($2n$ y $2c$) se obtienen 4 células haploides (n y c) genéticamente distintas.

Importancia de la meiosis

Ya sabes que el resultado final de la meiosis son cuatro células haploides, llamadas gametos, genéticamente distintas entre sí. Esta variabilidad es posible gracias a dos eventos de reorganización del material genético: el entrecruzamiento y la permutación cromosómica. Si bien las mutaciones son consideradas la fuente primaria de variabilidad genética, los mecanismos mencionados anteriormente permiten obtener nuevas combinaciones de alelos de genes distintos. Esta variedad entre los organismos es una condición necesaria para su adaptación al medio ambiente, ya que puede contribuir a mejorar las respuestas de los organismos a los cambios de su entorno. El entrecruzamiento o crossing-over ocurre

durante la profase I y consiste en el intercambio de material genético entre cromosomas homólogos. La manifestación visible de cada evento es el quiasma, y puede ser observada al final de la profase I.



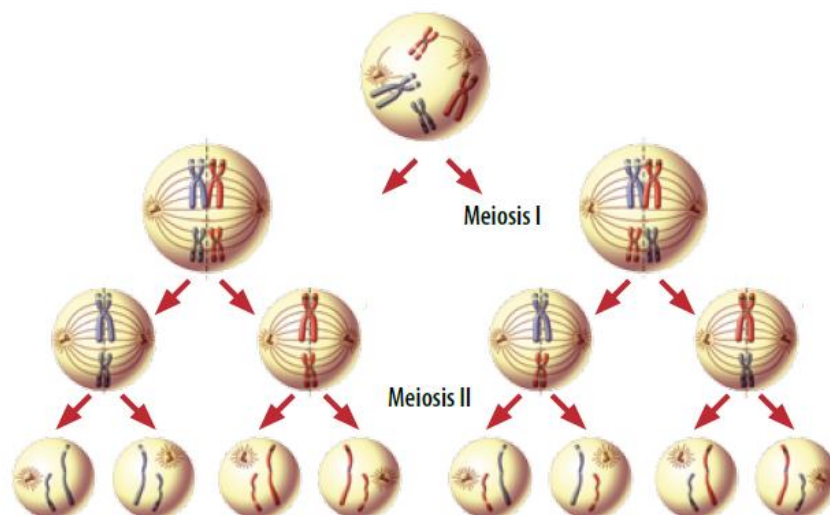
La maquinaria involucrada en estos eventos controla que el entrecruzamiento ocurra en áreas de los cromosomas que presenten homología, de manera que no se realicen intercambios anormales de material genético, o entre cromosomas no homólogos ya que, en el caso de que ocurra una fertilización, la falla de estos mecanismos podría originar diversas enfermedades o incluso la muerte temprana del organismo.

ACTIVIDAD 16:

Responde en tu cuaderno las siguientes preguntas.

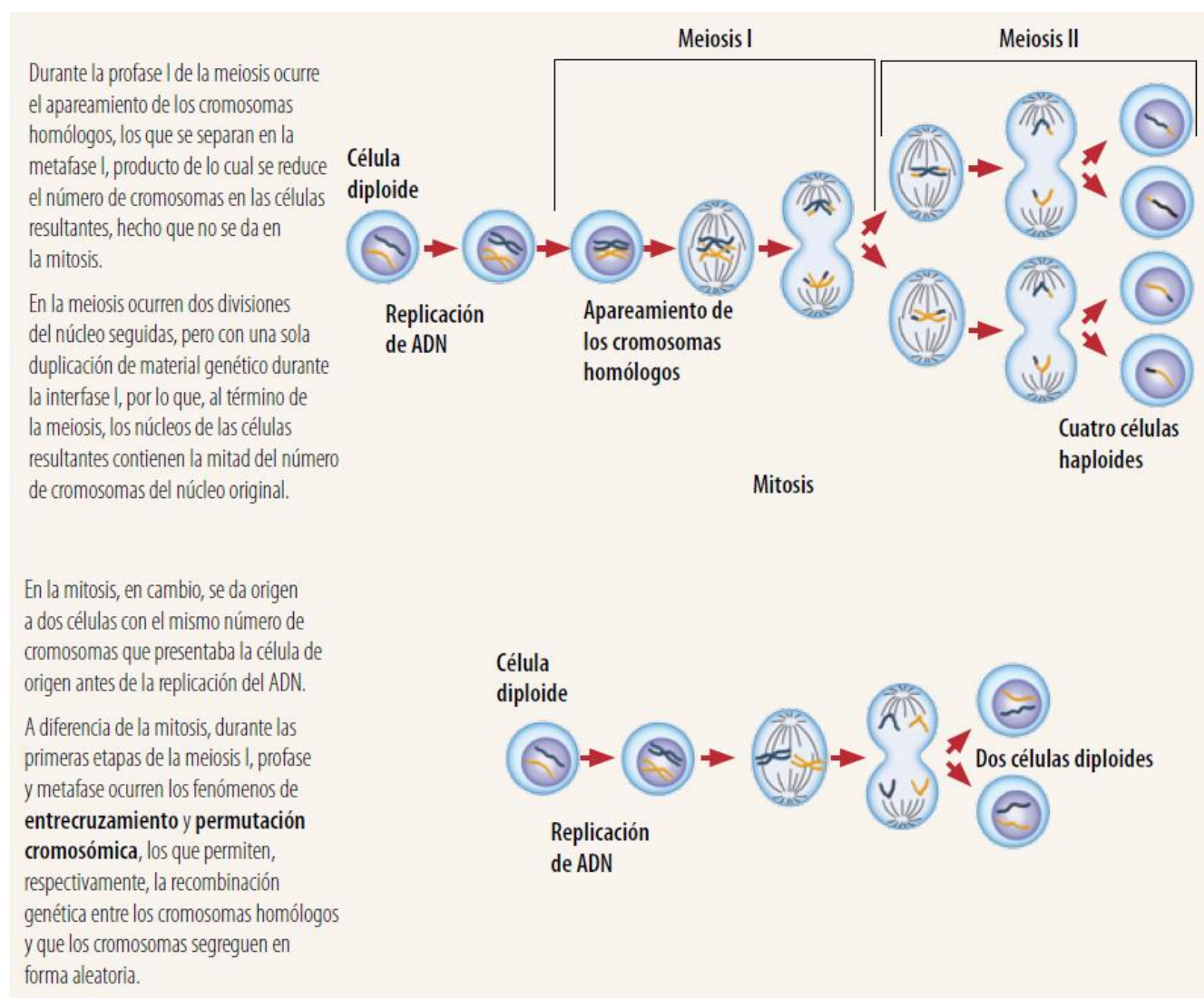
- ¿En qué momento de la meiosis ocurre el proceso que se representa en el esquema de esta página?
- ¿En qué tipo de célula se produce? Explica.
- ¿Cómo crees que serían los cromosomas de los gametos si se les añadiera a las células de un organismo una sustancia inhibitoria de este proceso? Fundamenta.

La denominada **permutación cromosómica** corresponde al fenómeno de repartición azarosa de los cromosomas homólogos en los gametos. La separación o segregación de los cromosomas homólogos durante la meiosis I ocurre aleatoriamente. Se produce de acuerdo con la ubicación de los cromosomas homólogos en la placa ecuatorial de la metafase I. Esto puede originar una amplia variedad de combinaciones de cromosomas en las células resultantes de la meiosis I. Los mecanismos de entrecruzamiento y permutación cromosómica combinados aumentan enormemente la variabilidad y permiten que los gametos de un individuo contengan distintas combinaciones de genes, que a su vez darán origen a una descendencia de composición genética diferente a la de sus progenitores.



Comparación entre mitosis y meiosis

La diferencia esencial entre la mitosis y las dos etapas de la meiosis radica en la distribución del material genético entre las células hijas. En la meiosis I se separan los miembros de cada pareja de cromosomas, con lo que se reducen a la vez la cantidad de ADN ($4c \rightarrow 2c$) y el número de cromosomas ($2n \rightarrow n$), y las células hijas reciben diferente material genético, pues cada cromosoma de un par puede contener alelos diferentes en cada locus. El proceso de la meiosis II es equivalente al de la mitosis, puesto que se separan las dos cromátidas hermanas. Después de haber analizado ambos procesos de división celular es posible advertir algunas similitudes, aunque existen grandes diferencias. Las principales diferencias entre mitosis y meiosis se detallan a continuación.



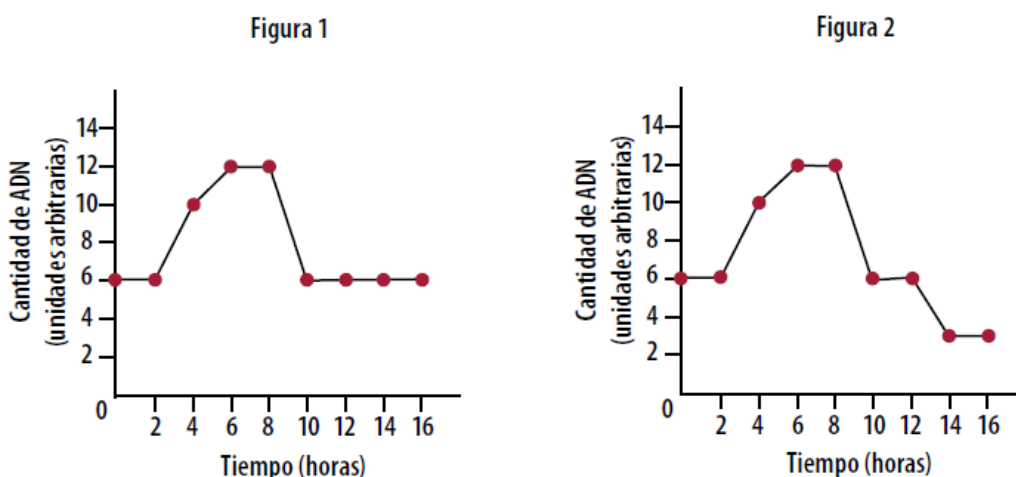
A continuación se presenta un cuadro comparativo entre la mitosis y la meiosis.

	Mitosis	Meiosis
Células implicadas	Se produce en las células somáticas. Puede ocurrir en células haploides o diploides, ya que los cromosomas homólogos no están emparejados.	Solo se produce en las células germinales. Se produce solo en células diploides, ya que necesita que los cromosomas homólogos estén emparejados.
Número de divisiones	Una sola división celular.	Dos divisiones celulares consecutivas.
Crossing over o entrecruzamiento	No se produce.	Se produce entre cromosomas homólogos.
Duración	Breve.	Prolongada.
Comportamiento durante la anafase	Se separan las cromátidas hermanas.	Durante la primera división meiótica se separan pares de cromosomas homólogos. En la segunda división se separan cromátidas hermanas.
Resultado	Se originan dos células hijas idénticas y con los mismos cromosomas que la célula madre.	Se originan cuatro células hijas genéticamente distintas, con la mitad de cromosomas que la célula madre.
Finalidad	Crecimiento y renovación de tejidos. En organismos unicelulares es fundamental para el mantenimiento de la vida del individuo.	Continuidad de la especie y aumento de la variabilidad genética.



ACTIVIDAD 17:

Un investigador determinó las variaciones en las concentraciones de ADN a lo largo del tiempo, en células del ovario y del epitelio intestinal de un animal. Las variaciones en la cantidad de ADN en cada célula en los dos casos están registradas en las figuras 1 y 2.



- ¿Cuál de las figuras corresponde a las células del ovario y cuál al epitelio intestinal? Fundamenta tu respuesta.
- ¿Cuál es el valor c propio de esta especie?

Las mutaciones cromosómicas

Cualquier alteración que afecte al número o la estructura de los cromosomas de una célula se denomina mutación cromosómica, también conocida como aberración cromosómica. Estas pueden clasificarse en dos tipos: numéricas y estructurales.

Las mutaciones cromosómicas numéricas son aquellas en las que hay alteración en el número de cromosomas de la célula; se clasifican en aneuploidías y euploidías.

- Las aneuploidías son alteraciones en las que hay pérdida o aumento de uno o más cromosomas de la célula. Surgen por errores en la distribución de los cromosomas durante las divisiones celulares, tanto en la mitosis como en la meiosis y, por lo tanto, las células resultantes de la división anormal tienen exceso o falta de cromosomas. Suelen causar trastornos serios a sus portadores.

En la especie humana, por ejemplo, se conocen varias enfermedades provocadas por aneuploidías. Las más comunes son el síndrome de Down, causado por la trisomía del cromosoma 21; el síndrome de Turner, causado por la monosomía del cromosoma sexual X; y el síndrome de Klinefelter, causado por trisomía que afecta a los cromosomas sexuales (47, XXY).

- Las euploidías son alteraciones en las que hay aumento de lotes cromosómicos (genomas) completos. Surgen cuando los cromosomas se duplican y la célula no se divide. Algunas especies vegetales cultivadas presentan euploidías, como el trigo, con variedades con dos lotes cromosómicos (diploides), con cuatro lotes cromosómicos (tetraploides) y con seis lotes cromosómicos (hexaploides). De una manera genérica, cuando el número de lotes cromosómicos (genomas) es mayor que 2, se habla de poliploidía. Las variedades poliploides son, en muchos casos, mayores y más productivas que las diploides. Además de aprovechar los casos de poliploidía que surgen espontáneamente en la naturaleza, se pueden inducir euploidías en plantas cultivadas por medio de fármacos como la colchicina, que bloquea la formación del huso durante las divisiones celulares. Las mutaciones estructurales son aquellas en las que hay alteración en la forma o en el tamaño de uno o más cromosomas de la célula. Resultan de roturas cromosómicas seguidas de pérdida de fragmentos o de nuevas uniones de los fragmentos en posiciones diferentes a la posición original.

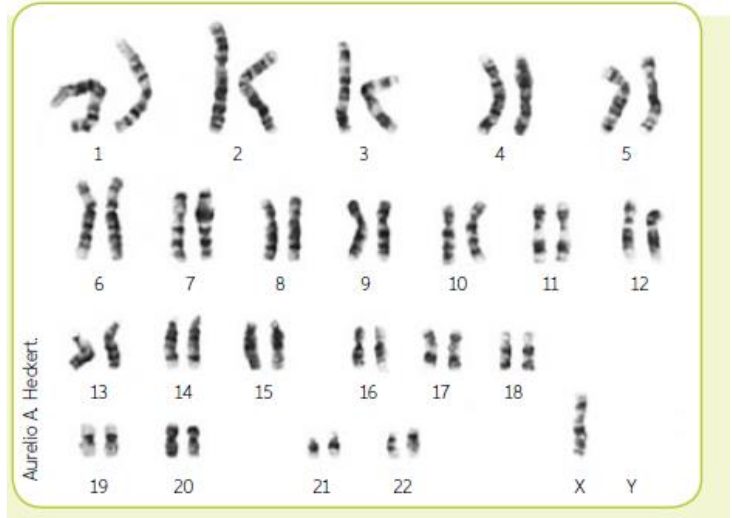
Las mutaciones estructurales se dividen en:

- Deleción, cuando al cromosoma le falta un fragmento.
- Duplicación, cuando el cromosoma tiene un fragmento repetido.
- Inversión, cuando el cromosoma tiene un fragmento invertido.
- Traslocación, cuando un cromosoma tiene un fragmento procedente de otro cromosoma.



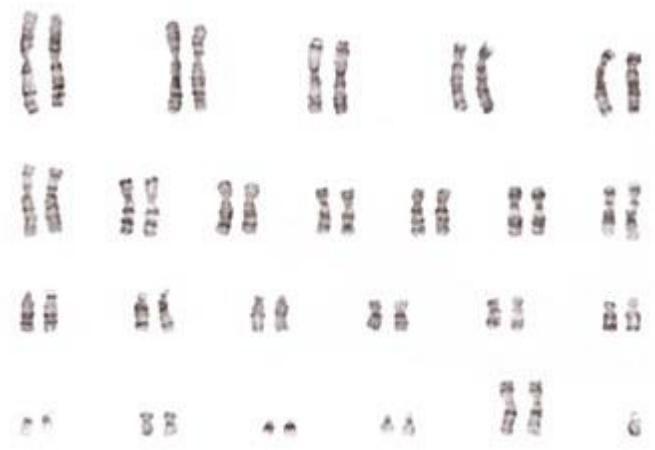
ACTIVIDAD 18:

A partir del análisis de los siguientes cariotipos, responde:



a. ¿Qué alteración detectas en estos cariotipos? Descríbelas.

b. ¿Cómo crees que debió ser la dotación cromosómica de los dos gametos que dieron origen a estas personas? Explica.





LICEO BICENTENARIO
GREGORIO CORDOVEZ
PROFESORA: PATRICIA RIVAS S.
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS