Colegio de
San Francisco de Paula

Tema 5. Fisiología Humana

5.6. Hormonas, homeostasis y reproducción

Germán Tenorio
Biología NM-Diploma BI

International Baccalaureate

"Your blood sugar is too high."

Idea Fundamental: Las hormonas se emplean cuando hace falta una amplia distribución de las señales.

Programación

6.6 Hormonas, homeostasis y reproducción

Naturaleza de las ciencias:

Las mejoras en los aparatos conllevan avances en la investigación científica: William Harvey vio dificultada su investigación basada en la observación de la reproducción por falta de equipamiento. El microscopio se inventó 17 años después de su muerte. (1.8)

Comprensión:

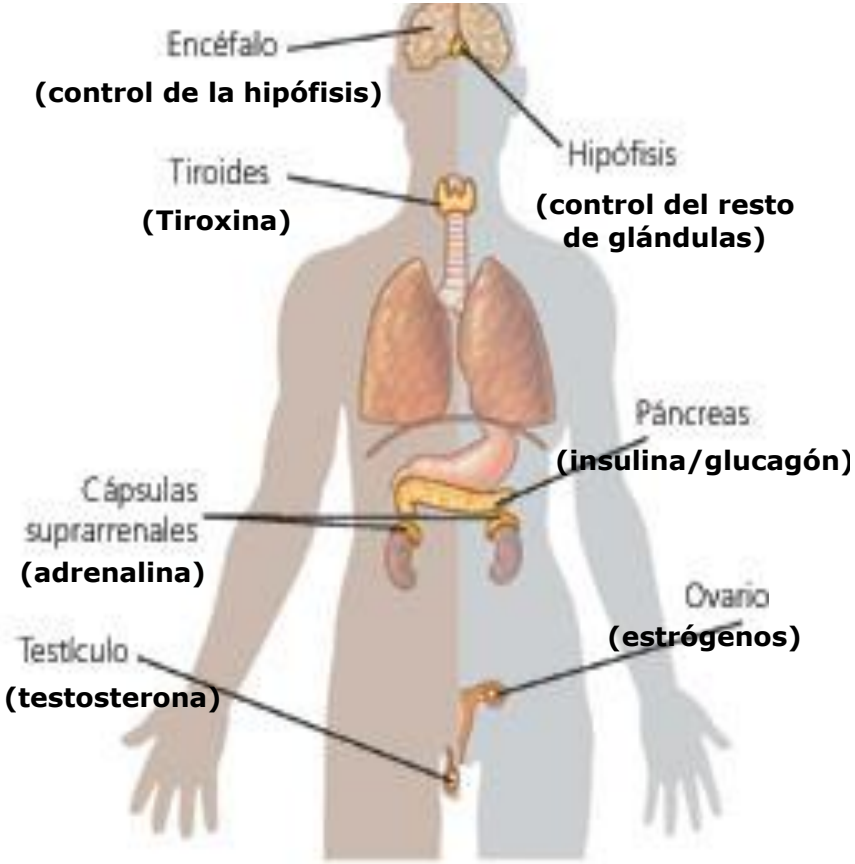
- Las células β y α del páncreas segregan insulina y glucagón respectivamente, con el fin de controlar la concentración de glucosa en sangre.
- La glándula tiroides segrega tiroxina para regular la tasa metabólica y ayudar a controlar la temperatura corporal.
- Ciertas células del tejido adiposo segregan leptina, la cual actúa sobre el hipotálamo del cerebro para inhibir el apetito.
- La epífisis o glándula pineal segrega melatonina para controlar los ritmos circadianos.
- Un gen en el cromosoma Y es responsable de que las gónadas embrionarias se desarrollen como testículos y segreguen testosterona.
- La testosterona causa un desarrollo prenatal de los genitales masculinos, así como la producción de espermatozoides y el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios durante la pubertad.
- Los estrógenos y la progesterona causan un desarrollo prenatal de los órganos reproductores femeninos y los caracteres sexuales secundarios durante la pubertad.
- El ciclo menstrual es controlado mediante mecanismos de retroalimentación negativa y positiva, con la intervención de las hormonas ováricas y pituitarias.

Aplicaciones y habilidades:

- Aplicación: Causas y tratamiento de las diabetes de tipo I y de tipo II.
- Aplicación: Análisis de leptina en pacientes con obesidad clínica y razones para el fallo de control de la enfermedad.
- Aplicación: Causas del "jet lag" y uso de melatonina para aliviarlo.
- Aplicación: Uso de fármacos en la fertilización *in vitro* para suspender la secreción normal de hormonas, seguido del uso de dosis artificiales de hormonas para inducir una superovulación y lograr un embarazo.
- Aplicación: Investigación de William Harvey de la reproducción sexual en ciervos.
- Habilidad: Anotar diagramas del sistema reproductor masculino y femenino donde se indiquen los nombres de las estructuras y sus funciones.

Sistema endocrino

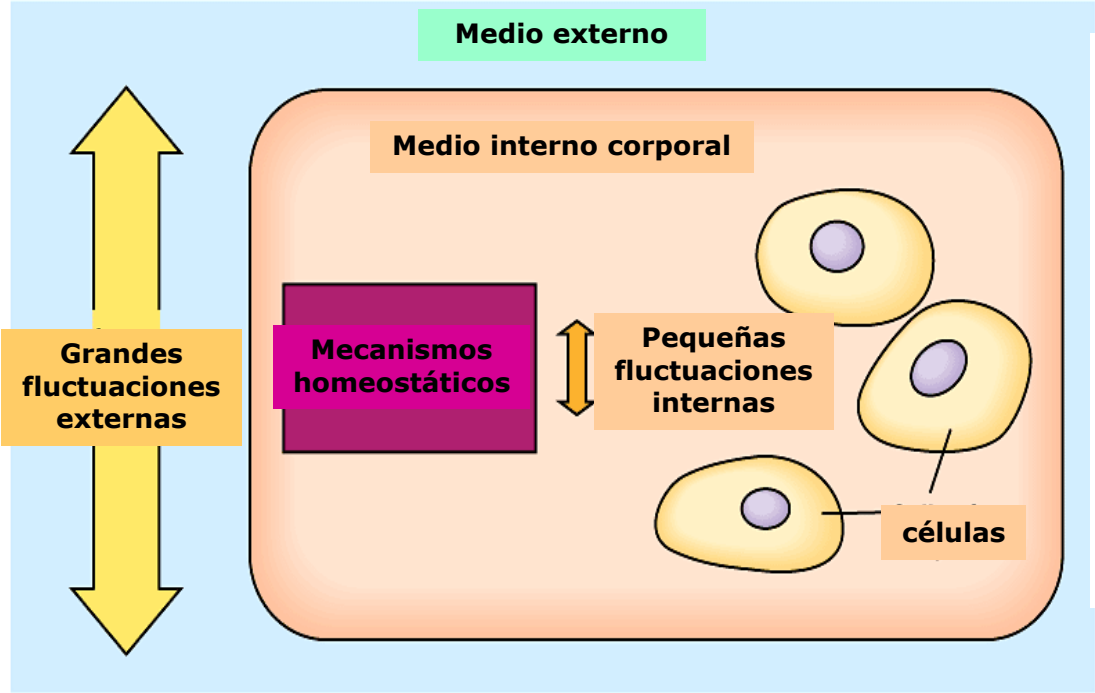
- Está formado por un conjunto de glándulas endocrinas capaces de producir hormonas.



- Las **hormonas** son sustancias químicas que se vierten a la sangre para actuar, como mensajeros químicos, sobre determinados órganos diana.
- Las respuestas de este sistema frente a un estímulo, son mucho más lentas que en el SN, pero más permanentes.
- El sistema nervioso y endocrino están estrechamente interrelacionados, ya que la secrección de hormonas está bajo control del SNC.
- La misión de ambos sistemas es el mantenimiento del medio interno dentro de unos valores constantes (**homeostasis**).

Homeostasis

- La homeostasis **implica el mantenimiento del medio ambiente interno del cuerpo dentro de unos límites**.
- El medio interno lo forman la sangre y los fluidos de los tejidos.



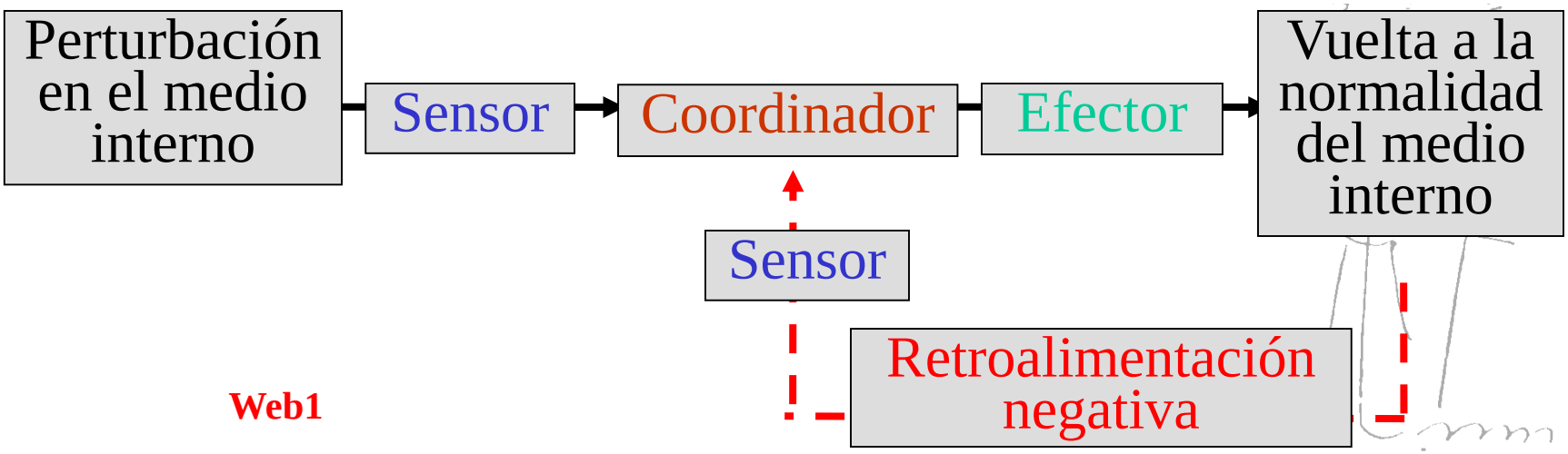
Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

- La **homeostasis incluye la regulación** del:

  - pH de la sangre,
  - concentración de CO_2,
  - concentración de glucosa en sangre,
  - temperatura corporal,
  - balance hídrico.

Componentes de un sistema homeostático

- Un **sensor** para detectar cambios en el medio interno.
- Un **coordinador** que fija el punto de referencia del sistema. El punto de referencia será la condición óptima bajo la cual el sistema opera.
- Un **efector** que lleve de vuelta el sistema al punto de referencia.
- Un **control de retroalimentación negativa**, que detiene el sistema cuando se vuelve a los condiciones fijadas.
- Un **sistema de comunicación** que conecte las diferentes partes del sistema.



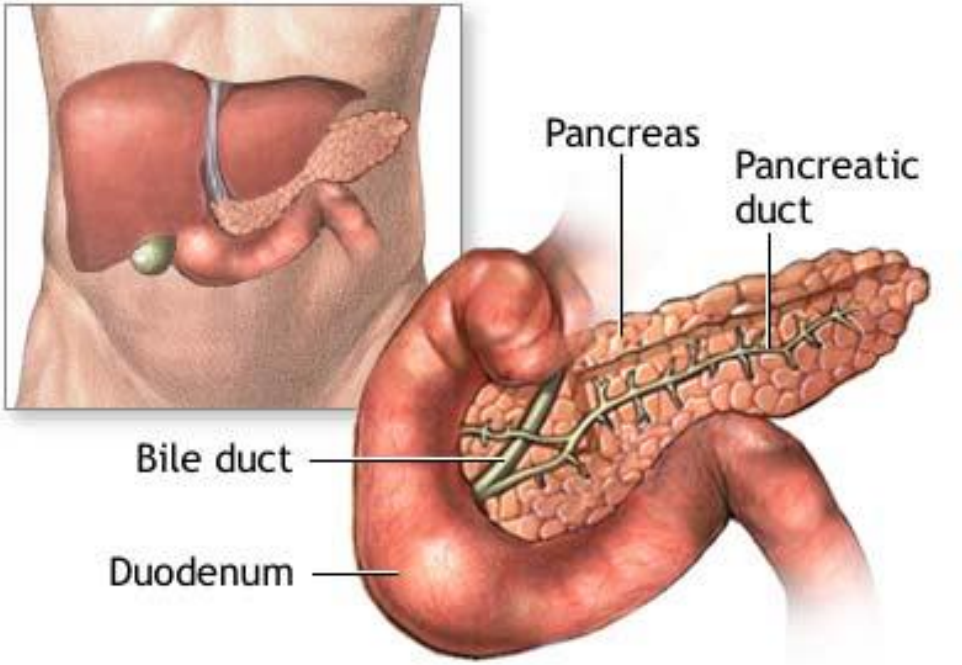
Web1

Control de la concentración de glucosa en sagre

- La concentración de glucosa en sangre debe ser regulada (5 mmol dm^{-3}) por muchas razones, destacando:

  -Ósmosis; el contenido de glucosa en un tejido está determinado por su concentración en los tejidos circundantes.

  -Respiración; algunos tejidos son enteramente dependientes de la concentración de azúcar como sustrato respiratorio siendo incapaces de almacenar la glucosa del metabolismo de los lípidos.

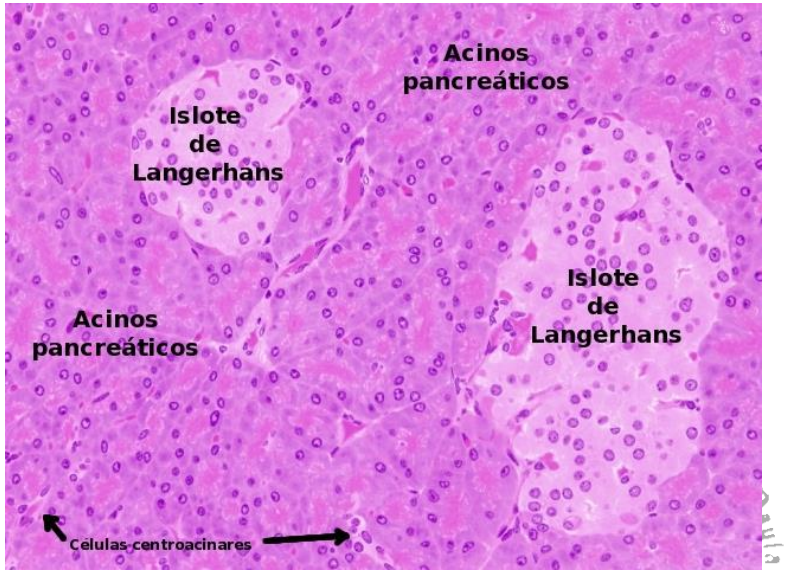


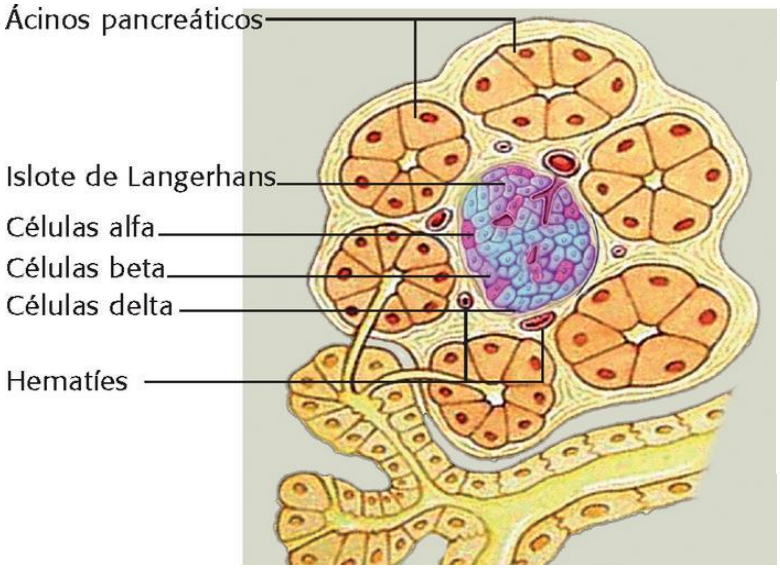
ADAM.

- La concentración de glucosa en sangre es regulada por la acción del páncreas y del hígado.

El páncreas como glándula endocrina

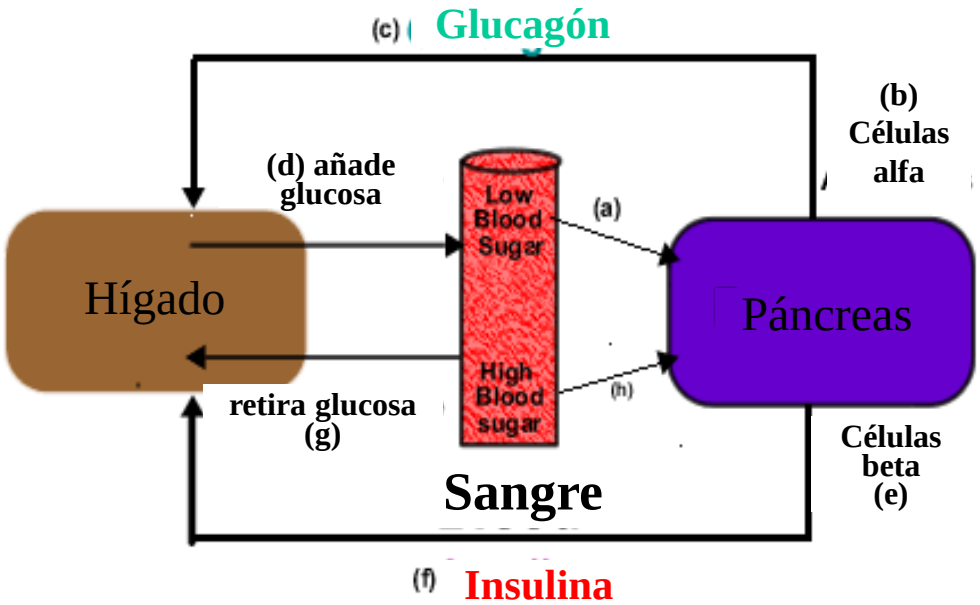
- Las células endocrinas (alfa y beta) del páncreas se localizan en los islotes de Langerhan.
- Existen de 1 a 2 millones de islotes en un páncreas humano.
- La sangre de los islotes libera su contenido a la vena portahepática que vierte directamente al hígado.

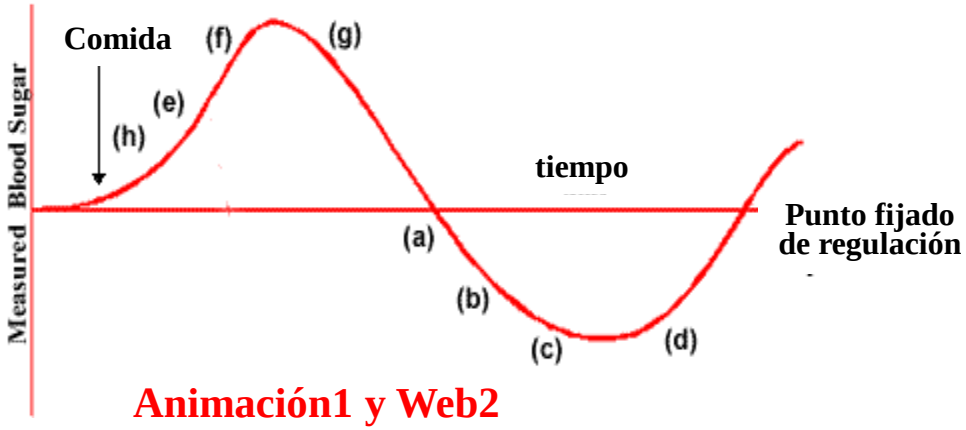




- Las células α (20% del total de células que forman un islote) secretan glucagón.
- Las células β (75% del total de células que forman un islote) secretan insulina.
- **Las celulas β y α del páncreas segregan insulina y glucagón respectivamente, con el fin de controlar la concentración de glucosa en sangre.**

Control de la concentración de glucosa en sagre





Animación1 y Web2

(a) Bajos niveles de glucosa en sangre son detectados por el páncreas.

(b) Las células alfa de los islotes pancreáticos secretan glucagón.

(c) Glucagón viaja por la sangre hasta receptores en las células del hígado.

(d) El hígado responde degradando el glucógeno hasta glucosa, que se libera al torrente sanguíneo.

(h) Altos niveles de glucosa en sangre estimulan a las células beta del páncreas.

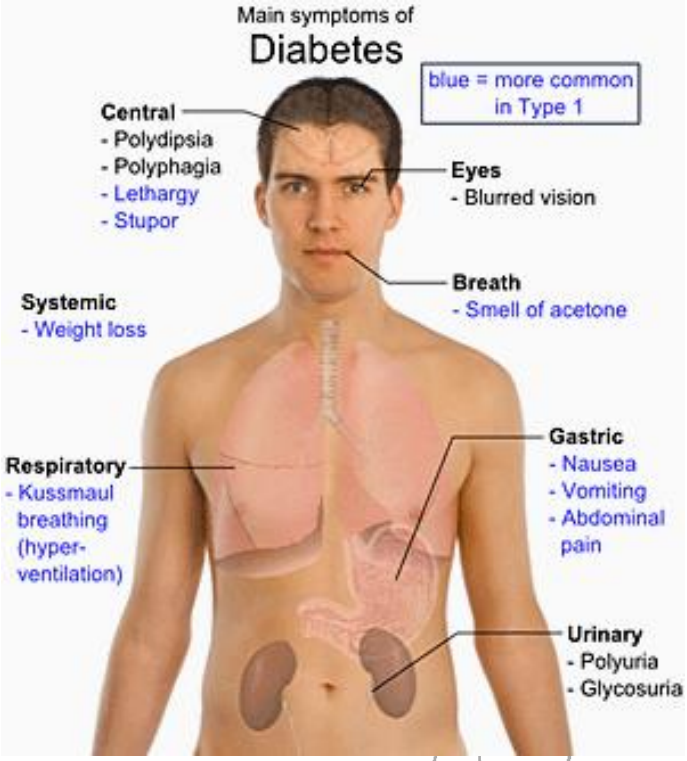
(e) Las células beta pancreáticas secretan insulina.

(f) La insulina viaja por la sangre hasta receptores en las células del hígado y músculo esquelético.

(g) La insulina estimula al hígado para que retire glucosa de la sangre y la almacene como glucógeno (insoluble).

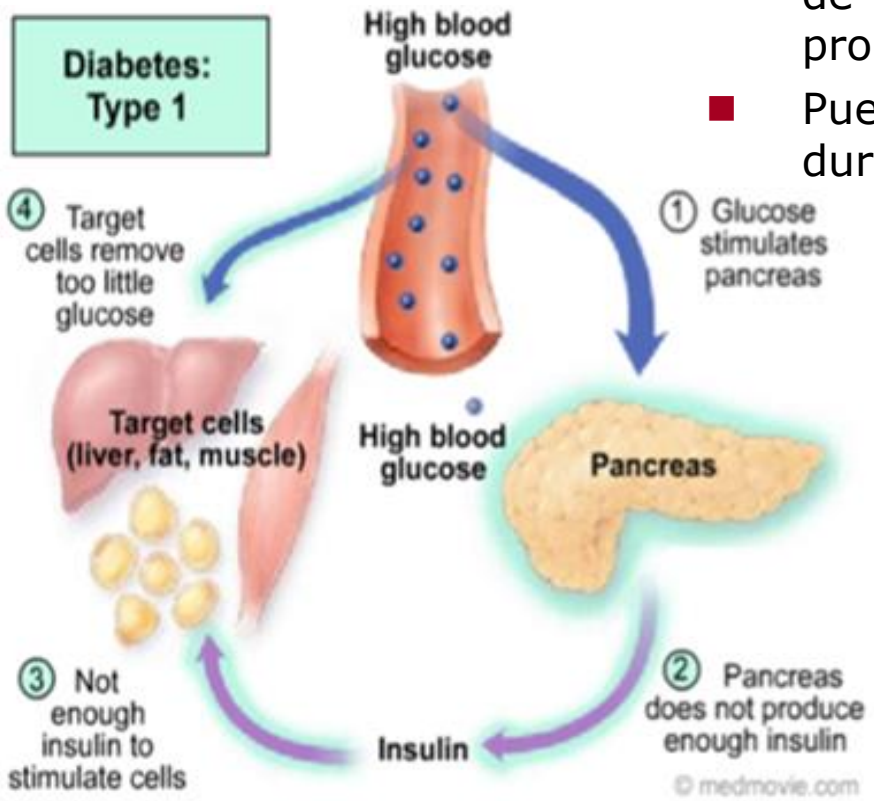
APLICACIÓN: Diabetes mellitus

- Enfermedad causada por una reducida capacidad para controlar los niveles de glucosa mediante insulina.
- Aumenta **la glucosa** en el torrente sanguíneo y **llega a aparecer en la orina** (glucosuria).
- La alta concentración de glucosa en sangre (**hiperglucemia**) afecta a la reabsorción de agua en los riñones, provocando **la deshidratación del cuerpo y la producción de un mayor volumen de orina**, haciendo que las personas tengan que orinar con mayor frecuencia y que se muestren sedientos.
- La carencia de glucosa en las células provoca que lípidos y proteínas se tengan que metabolizar (**pérdida de peso**).
- La degradación de proteínas, en concreto, para la obtención de energía, provoca **daño a los órganos**.
- Existen 2 formas principales de esta enfermedad.



APLICACIÓN: Causas de la diabetes tipo I o juvenil

- Se caracteriza por una incapacidad para producir cantidades suficientes de insulina.
- **Está causada** por una enfermedad autoimmune que provoca la destrucción de las células beta pancreáticas por el propio sistema inmunitario del paciente.
- Puede desencadenarse por infecciones durante la infancia (paperas).



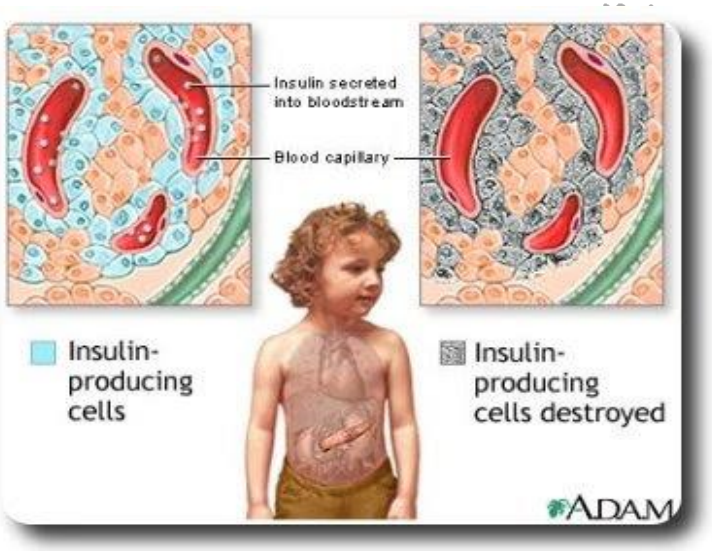


IMAGEN: 1.bp.blogspot.com

APLICACIÓN: Tratamiento diabetes tipo I o juvenil

- **Su tratamiento** consiste en la realización de análisis regulares de la concentración de glucosa en sangre y en la inyección de insulina cuando sus niveles son altos.
- También se inyecta insulina justo antes de las comidas para prevenir el rápido aumento de glucosa una vez que el alimento ha sido digerido y absorbido.
- Es importante la coordinación en el tiempo, dado que las moléculas de insulina no perduran mucho tiempo en la sangre.

IMAGEN: abc.com.py/imagenes/

IMAGEN: kidshealth.org

IMAGEN: correodelorinoco.gob.ve

APLICACIÓN: Tratamiento diabetes juvenil o tipo I

- Actualmente, se están desarrollando mejores tratamientos mediante la implantación de dispositivos que pueden liberar glucosa exógena al torrente circulatorio cuando sea necesario.
- Una posible cura permanente radica en la utilización de célula madre para la obtención de células beta funcionales que reemplacen las dañadas.

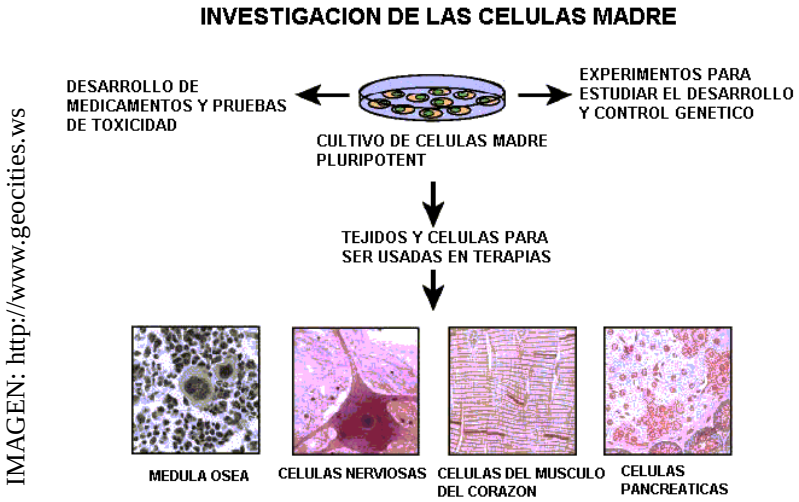
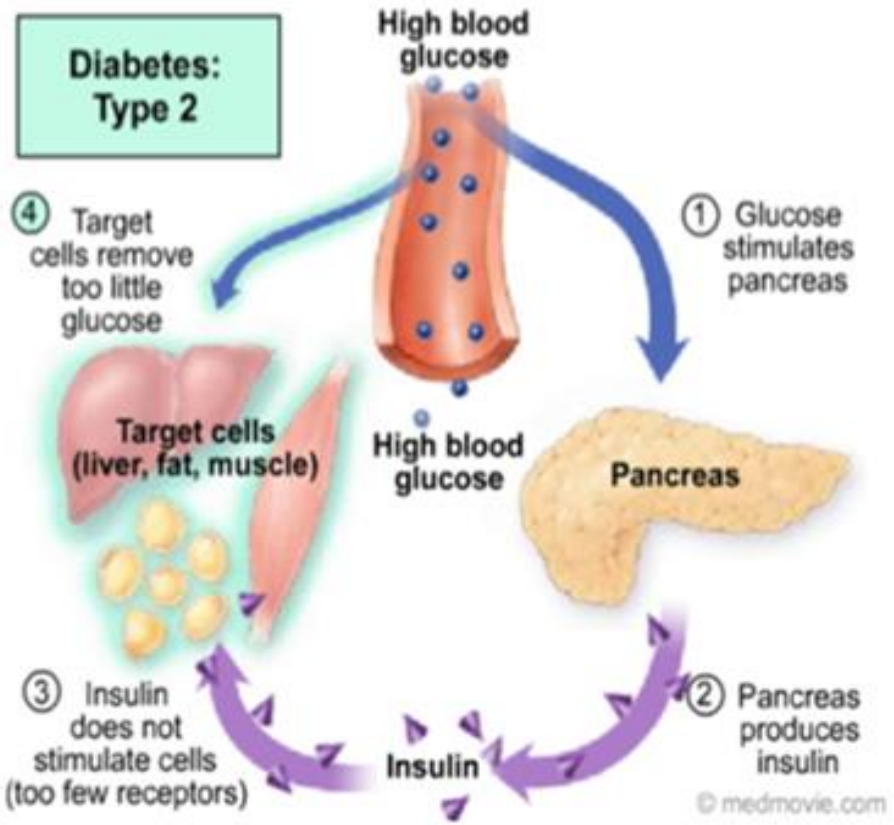


IMAGEN: http://www.geocities.ws

IMAGEN: 4.bp.blogspot.com

APLICACIÓN: Causas diabetes tipo II o adulta/aparición tardía

- Se caracteriza por una incapacidad para procesar o responder a la insulina, debido a una deficiencia de receptores de insulina o transportadores de glucosa en las células diana.
- La insulina se fabrica normalmente en las células beta.
- Hasta hace unas décadas era rara en personas menores de 50 años y únicamente común a partir de los 65 años.
- **Está causada** por factores de riesgos como la obesidad, debida al exceso de azúcares y grasas, la falta de ejercicio y el sedentarismo, junto con factores genéticos que afectan al metabolismo.



APLICACIÓN: Tratamiento diabetes tipo II o adulta/aparición tardía

- **Su tratamiento** consiste en seguir una dieta que reduzca los picos máximos y mínimos en los niveles de glucosa en sangre.
- Las comidas deben ser reducidas pero frecuentes, en lugar de infrecuentes pero grandes comidas.
- Deben evitarse alimentos con alto contenido en azúcares.
- Realizar ejercicio vigoroso y perder peso ayudan a mejorar la capatación y acción de la insulina.

IMAGEN: kidshealth.org

Video1

IMAGEN: m1.paperblog.com

La hormona tiroxina

- La hormona tiroxina es secretada por la **glándula tiroides** en el cuello.
- La tiroxina contiene 4 átomos de iodo en su estructura, por lo que una deficiencia prolongada de iodo en la dieta puede impedir la síntesis de esta hormona.

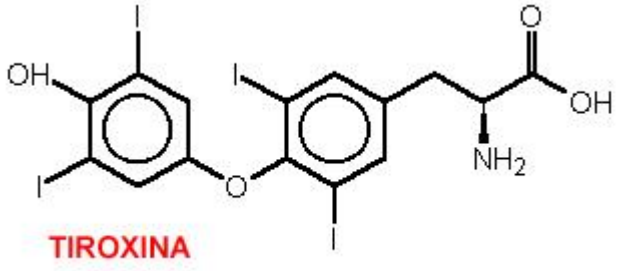


IMAGEN: iqb.es

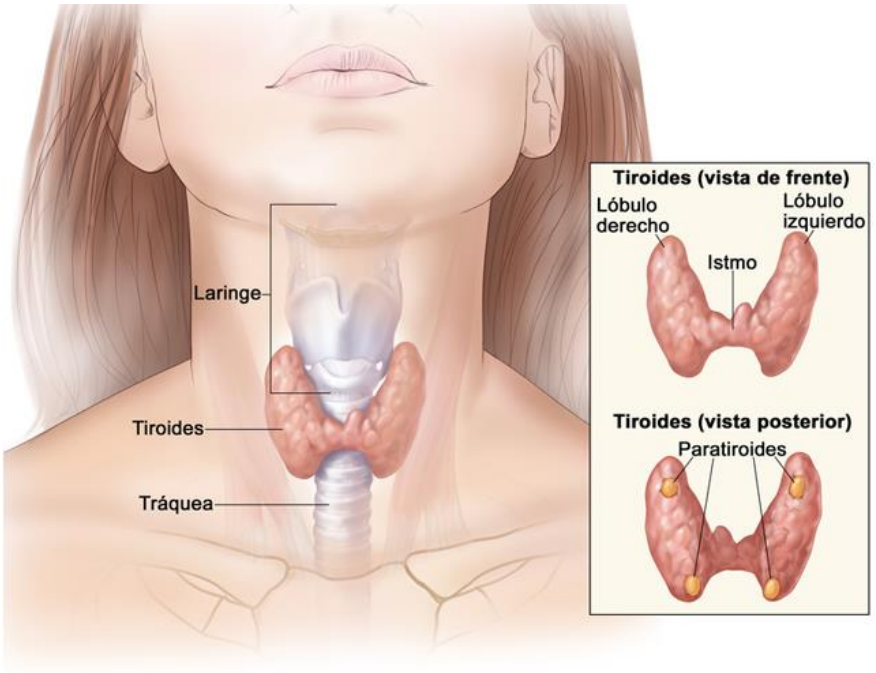


IMAGEN: sanatorioallende.com/

- **La glándula tiroides segrega tiroxina para regular la tasa metabólica y ayudar a controlar la temperatura corporal**. Todas las células son dianas para ella, si bien las células metabólicamente más activas como las del hígado, músculos y cerebro son las dianas principales.

La hormona tiroxina

- El **hipotálamo** segrega la hormona liberadora de tirotropina (TRH), que hace que la **hipófisis** libere la hormona estimulante del tiroides (TSH), que induce que la tiroxina sea secretada por la **glándula tiroides**.
- La tiroxina incrementa el metabolismo, así como el crecimiento y desarrollo.
- Cuando los niveles de tiroxinas son altos, se inhibe la producción de TRH y TSH mediante un mecanismo **retroalimentación negativa**.

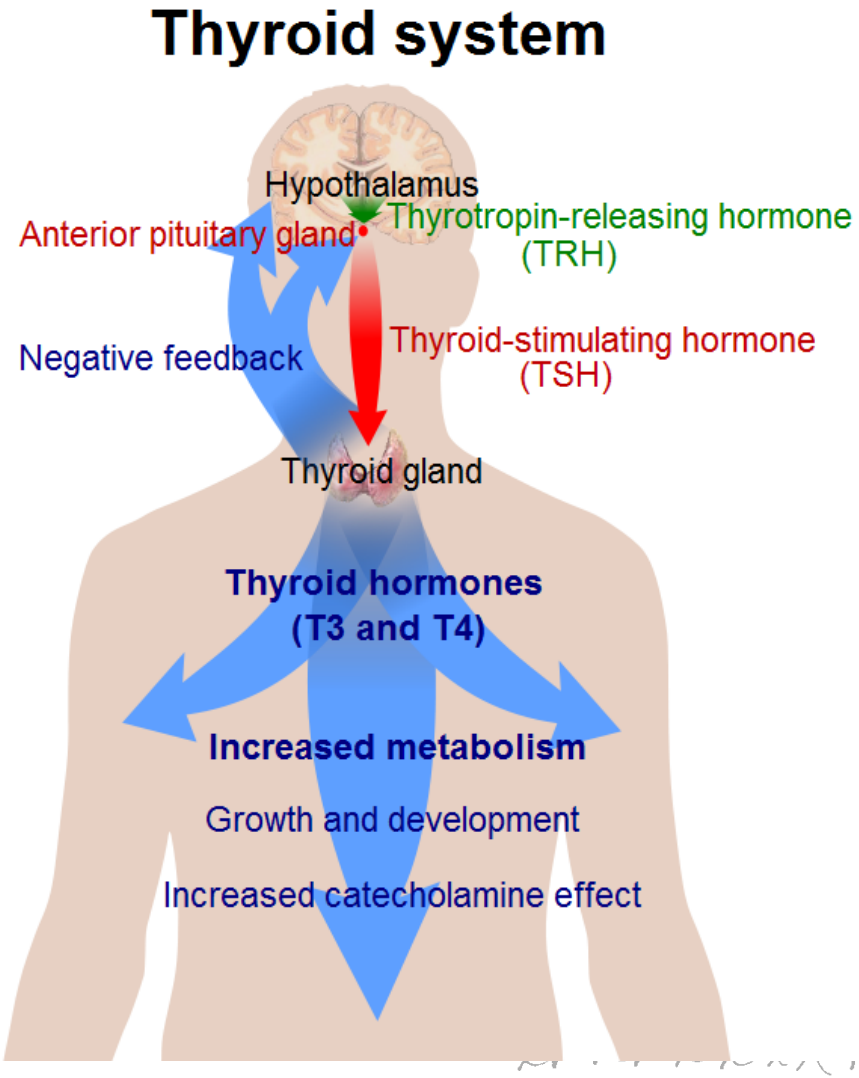


IMAGEN: https://es.wikipedia.org/wiki

La hormona tiroxina

- La tiroxina por tanto, **ayuda a controlar la temperatura corporal**.
- En una persona con una fisiología normal, un enfriamiento provoca el aumento de la secreción de tiroxina por la glándula tiroides, estimulando la producción de calor para que la temperatura corporal aumente.
- Dentro del encéfalo, el **hipotálamo** es el **coordinador** en la homeostasis de la temperatura, enviando impulsos al cuerpo para aumentarla o disminuirla.
- Los **sensores** se encuentran tanto en el hipotálamo como en la piel (termorreceptores).
- El hipotálamo estimula a la hipófisis, para que a su vez estimule la producción de tiroxina por el tiroides, estimulando la producción de calor.

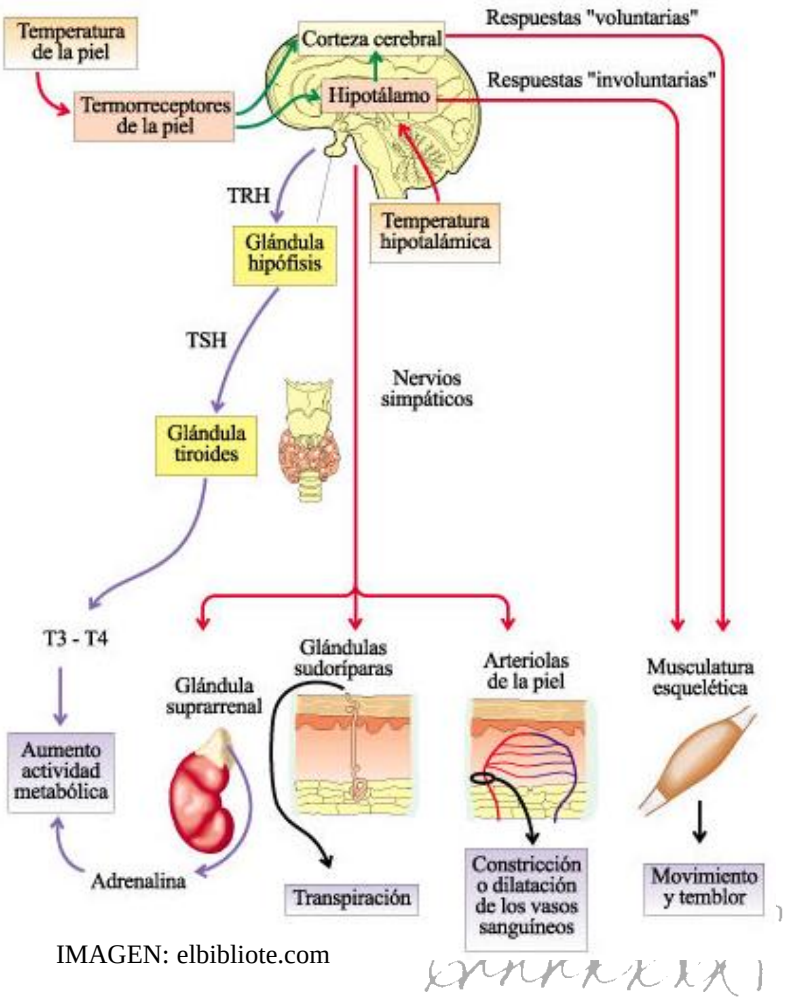


IMAGEN: elbibliote.com

La hormona leptina

- La leptina es una hormona segregada por ciertas células del tejido adiposo, y que **actúa sobre el hipotálamo del cerebro, inhibiendo el apetito**.
- La concentración de leptina en sangre está **controlada por la ingesta de alimento y la cantidad de tejido adiposo** en el cuerpo.
- La leptina se une a receptores en la membrana de las células del hipotálamo, controlando el apetito.

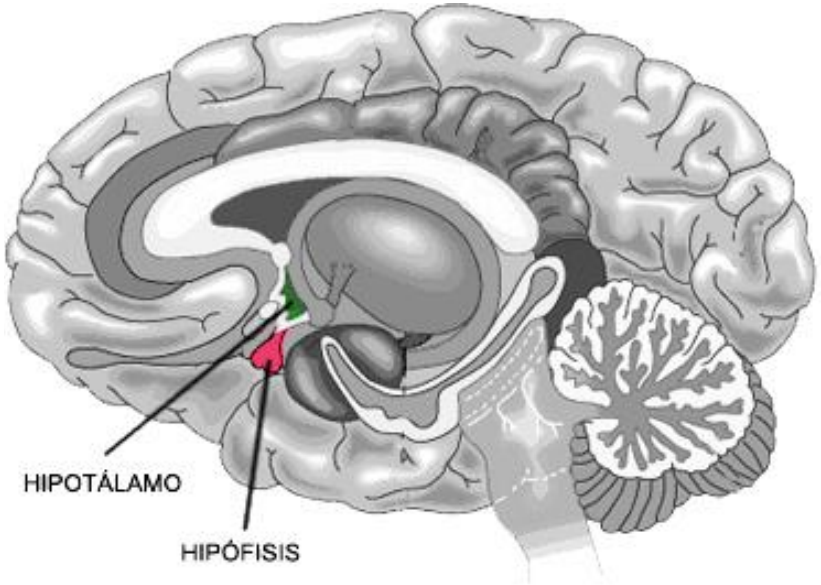


IMAGEN: ferato.com

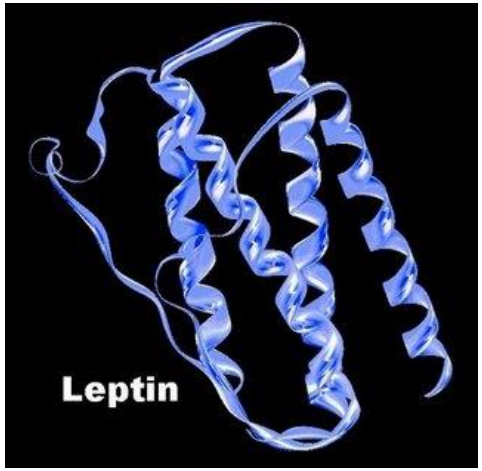


IMAGEN: todosigueigual.wordpress.com

Video2

La hormona leptina

- Si el tejido adiposo (grasa) aumenta, la concentración de leptina en sangre aumenta, informando al hipotálamo de que el cuerpo tiene bastantes reservas para cubrir los proceso metabólicos normales, y causa una inhibición del apetito a largo plazo y una reducción en la ingesta de alimento, al reducir la producción del neuropéptido Y.

- Por otro lado, cuando se pierde grasa, también disminuye la cantidad de leptina producida, que si está por debajo del umbral óptimo para el cuerpo, el cerebro lo detecta y genera la sensación de hambre, al aumentar la producción del neuropéptido Y.

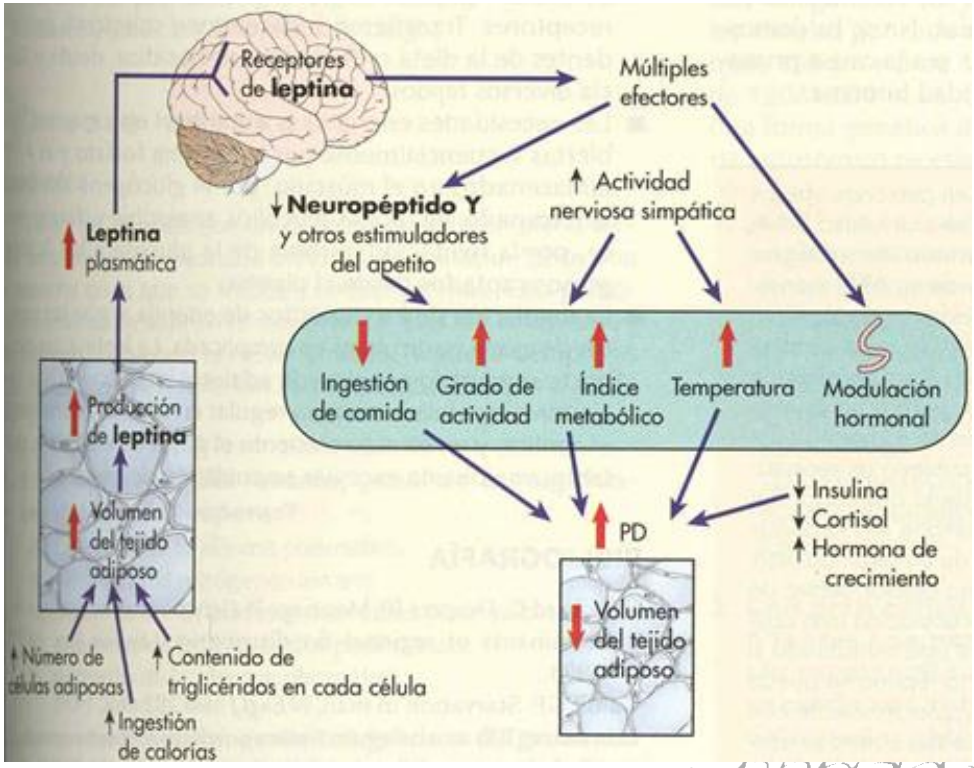


IMAGEN: 163.178.103.176/CasosBerne

La hormona leptina

- La evidencia de que la leptina es la responsable de controlar el apetito, ha sido verificado mediante estudios experimentales llevados a cabo en los años 90 con ratones que presentaban una mutación genética en el **gen *ob*** (obeso).
- Aquellos ratones homocigotos recesivos que contienen las dos copias del alelo recesivo *ob*, comen con voracidad, cuatriplicando su masa corporal y la cantidad de tejido adiposo, por lo que son obesos y estériles.
- Sin embargo, aquellos retones que contienen una copia del alelo silvestre dominante, producen una proteína que se denominó leptina (leptos en griego significa delgado) y por tanto, tienen una masa corporal normal.
- Cuando a los ratones *ob/ob* se les inyecta leptina, se reduce su apetito y aumenta su gasto energético, disminuyendo en un mes el 30% de su masa corporal.

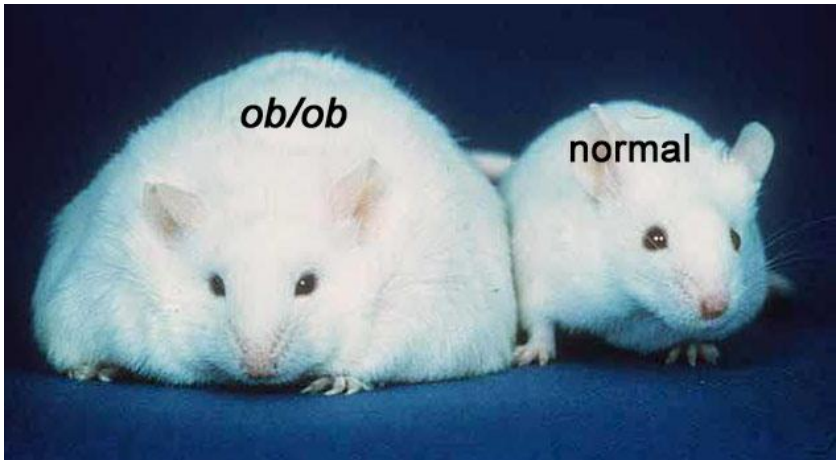


IMAGEN: crazysscientists.wordpress.com

W3

APLICACIÓN: Leptina y obesidad clínica

- El descubrimiento de que la obesidad en ratones podía estar causada por la carencia de leptina, y de que ésta se curaba cuando se inyectaba leptina, abrió la puerta a la posibilidad de poder tratar la obesidad de la misma forma en humanos.
- Para ello, se realizó un ensayo clínico **doble ciego** con 73 personas a las que se les inyectó leptina o placebo.
- Al final del ensayo, aparte de algunos efectos secundarios que hicieron que solo 47 pacientes lo terminaran, los resultados mostraron que los pacientes que recibieron la mayor dosis de leptina perdieron una media de 7 kg, comparado con los 1.3 kg que perdieron aquellos que recibieron placebo.

IMAGEN: //slideplayer.es/slide/93615/

- El problema radica en la variabilidad de los resultados, ya que la variación de peso de los pacientes que recibieron la mayor dosis de leptina oscilaba desde una pérdida de 15 kg hasta una ganacia de 5 kg.

APLICACIÓN: Leptina y obesidad clínica

- En contraste con los ratones *ob/ob*, **la mayoría de las personas obesas presentan una alta concentración de leptina en sangre**, dado su alto contenido en tejido adiposo.
- Por tanto, sugiere que **el hipotálamo presenta resistencia a la leptina**, no respondiendo a la leptina ni a altas concentraciones. Por tanto, el apetito no es inhibido y la ingesta de alimentos es excesiva.
- La inyección de leptina en este caso no es capaz de controlar la obesidad, dado que la causa es la resistencia a la leptina.

IMAGEN: megustaestarbien.com

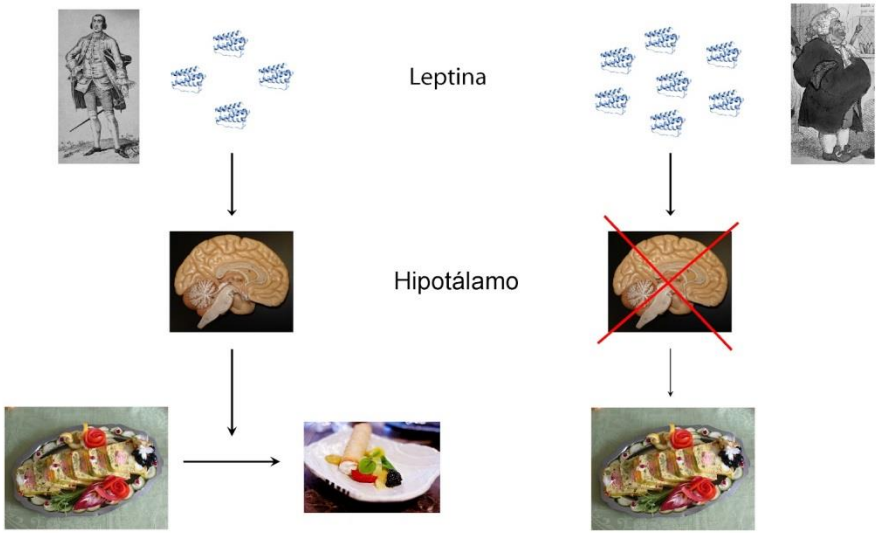


IMAGEN: //slideplayer.es/slide/93615/

APLICACIÓN: Leptina y obesidad clínica

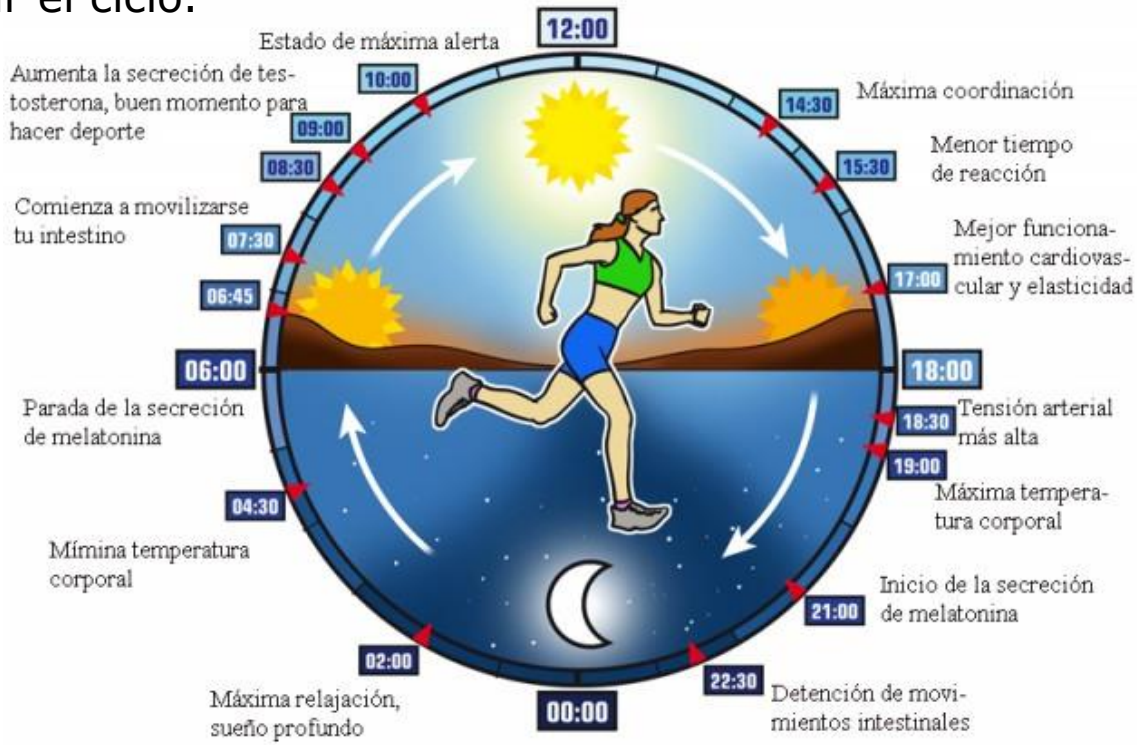
- Una **pequeña proporción de casos de obesidad en humanos se debe** a una mutación en los genes responsables de la **síntesis de leptina o de la de sus receptores** en las membranas de las células dianas.
- Estas personas sí pierden masa corporal si se les inyecta leptina de forma continuada. Sin embargo, dada su corta vida media, hay que realizar varias inyecciones a lo largo del día, lo que resulta incómodo.
- Además, la leptina no puede inyectarse en jóvenes, al afectar al desarrollo y funcionamiento del sistema reproductivo.

IMAGEN: megagalerias.terra.cl

La hormona melatonina

- Los humanos estamos adaptados a vivir en ciclos de 24 h y tener ritmos de comportamiento que se ajustan a dicho ciclo, denominados **ritmos circadianos**.
- Estos ritmos circadianos continuan incluso si una persona es colocada en condiciones de luz u oscuridad continua, dado que se usa un sistema interno para controlar el ciclo.

IMAGEN: estaticosv2.sportlife.es/rcs



Video3

La hormona melatonina

- Unas células especiales localizadas en el hipotálamo y denominadas **núcleo supraquiasmático**, promueven la **producción de la hormona melatonina por la glándula pineal o epífisis para controlar los ritmos circadianos.**

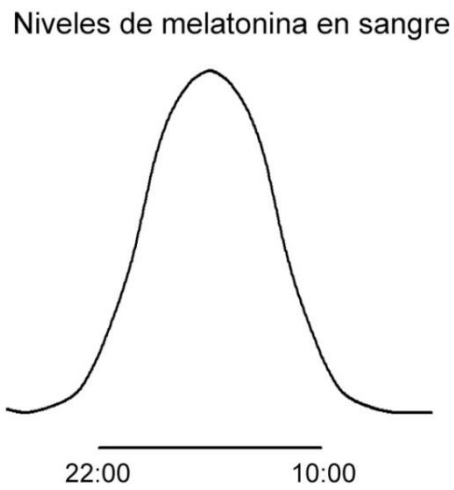
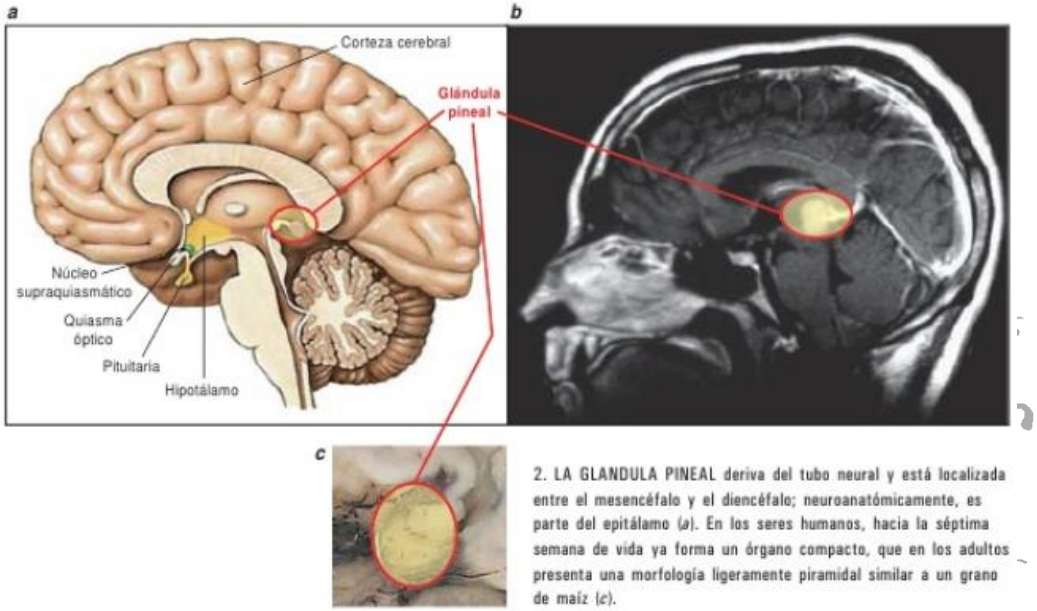


IMAGEN: las-hormonas.blogspot.com.es



2. LA GLANDULA PINEAL deriva del tubo neural y está localizada entre el mesencéfalo y el diencéfalo; neuroanatómicamente, es parte del epitálamo (*a*). En los seres humanos, hacia la séptima semana de vida ya forma un órgano compacto, que en los adultos presenta una morfología ligeramente piramidal similar a un grano de maíz (*c*).

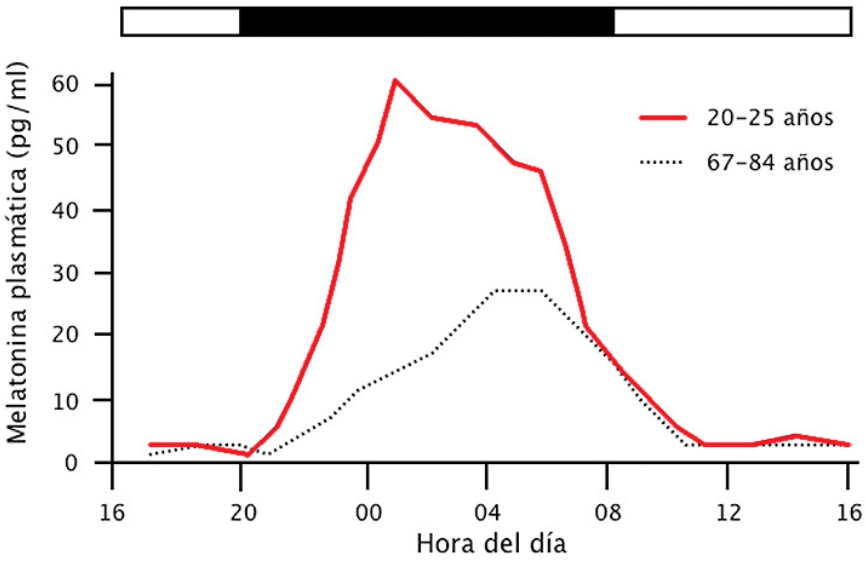
IMAGEN: Investigación y Ciencias, octubre 2007

- La secreción de melatonina aumenta durante la noche y alcanza sus niveles más bajos al amanecer. Como la hormona es rápidamente eliminada de la sangre por el hígado, su concentración en sangre sube y baja en respuesta a estos cambios en la secreción.

La hormona melatonina

- El efecto más obvio de la melatonina es el **ciclo vigilia-sueño**, donde unos niveles altos de melatonina provocan somnolencia y promueven el sueño a lo largo de la noche, mientras que la caída de los niveles de melatonina promueven el despertar al final de la noche.
- Además, se ha demostrado experimentalmente que la melatonina contribuye a la disminución de la temperatura corporal central durante la noche, ya que cuando se bloquea el aumento de los niveles de melatonina, se reduce este descenso, y cuando se suministra artificialmente durante el día causa una disminución de la temperatura corporal.

IMAGEN: ocw.unican.es



- Por otro lado, la existencia de receptores para la melatonina en los riñones, sugieren que el descenso en la producción de orina que tiene lugar durante la noche pudiera ser otro de los efectos de esta hormona.

La hormona melatonina

- Cuando los humanos son colocados experimentalmente en un ambiente sin ninguna luz que pueda sugerir la hora del día en la que se encuentra, el SNC y la glándula pineal mantienen un ritmo ligeramente superior a las 24 h.
- Las **células ganglionares de la retina** del ojo detectan la luz de longitud de onda 460-480 nm y pasan el impulso al núcleo supraquiasmático, indicándole el momento del amanecer y del anochecer, permitiendo ajustar la secreción de melatonina al momento correspondiente del ciclo día noche.

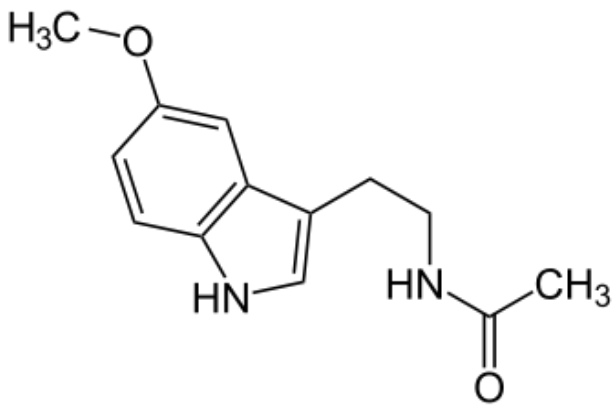
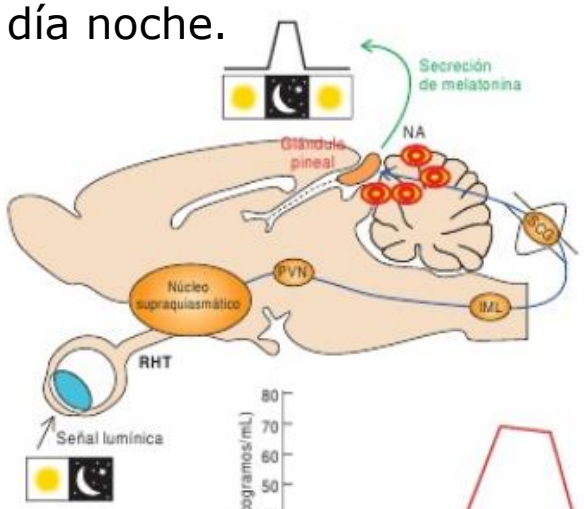
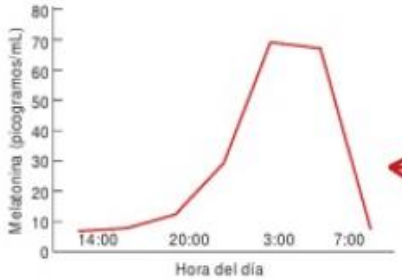


IMAGEN: http://es.wikipedia.org





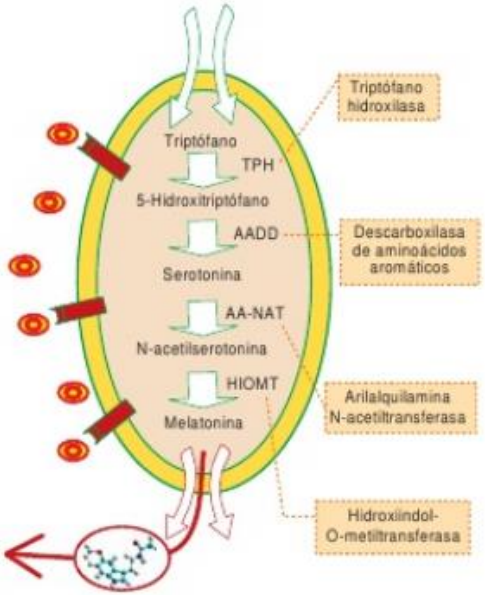


IMAGEN: Investigación y Ciencias, octubre 2007

APLICACIÓN: Melatonina y “jet lag”

- El “jet lag” o desajuste horario es un desequilibrio producido cuando una persona cruza varias zonas horarias en un viaje en avión.
- Los síntomas consisten en la dificultad para mantener despierto durante el día y poder dormir durante la noche, así como fatiga, indigestión, dolor de cabeza e irritabilidad.
- La **causa** del “jet lag” consiste en que el núcleo supraquiamático y la glándula pineal están continuamente fijando un ritmo circadiano que se ajuste al momento del día y la noche del sitio de partida en lugar del lugar de destino.

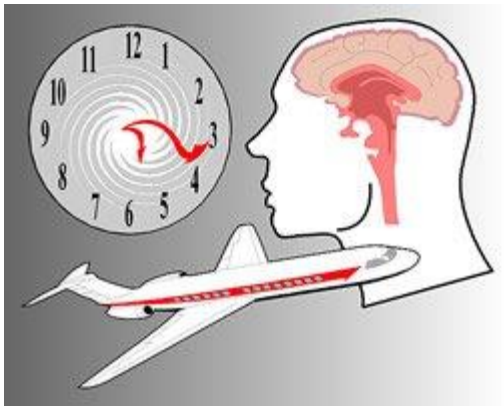


IMAGEN: http://es.wikipedia.org

IMAGEN:atomictoasters.com

APLICACIÓN: Melatonina y “jet lag”

- El “jet lag” solo dura unos cuantos días, durante los cuales, las células ganglionares de la retina envía impulsos al núcleo supraquismático cuando detecta la luz para ayudar al cuerpo a ajustarse al nuevo régimen.
- La toma de melatonina oral ha mostrado ser efectiva para promover el sueño y ayudar a reducir el jet lag, especialmente si se vuela hacia el Este y se cruzan varios zonas horarias.

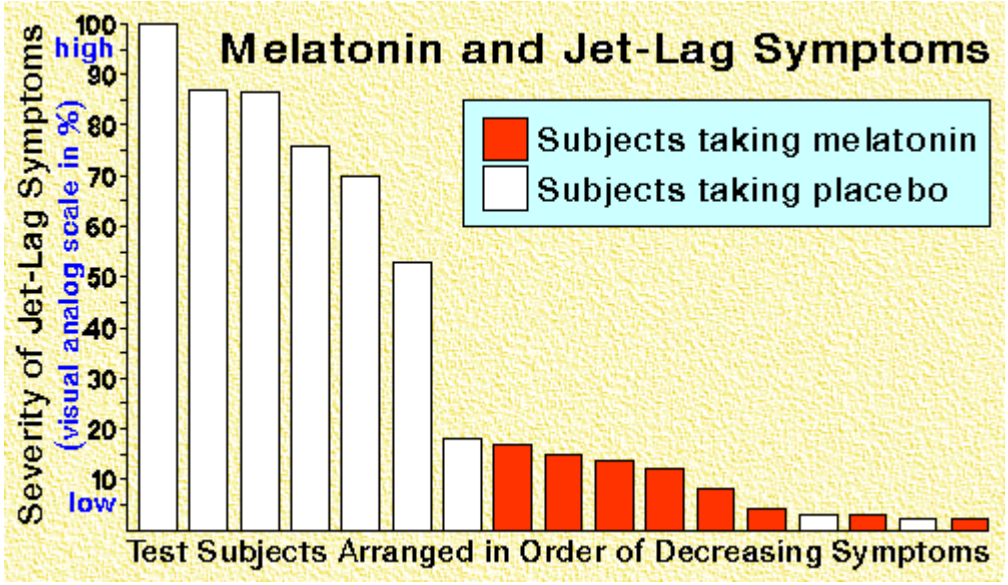


IMAGEN: http://ceri.com/sd2-jet.gif

IMAGEN:http://dormir.org.es/jet-lag

Reproducción

- La **reproducción** consiste en la obtención de descendientes para la perpetuación de la especie.

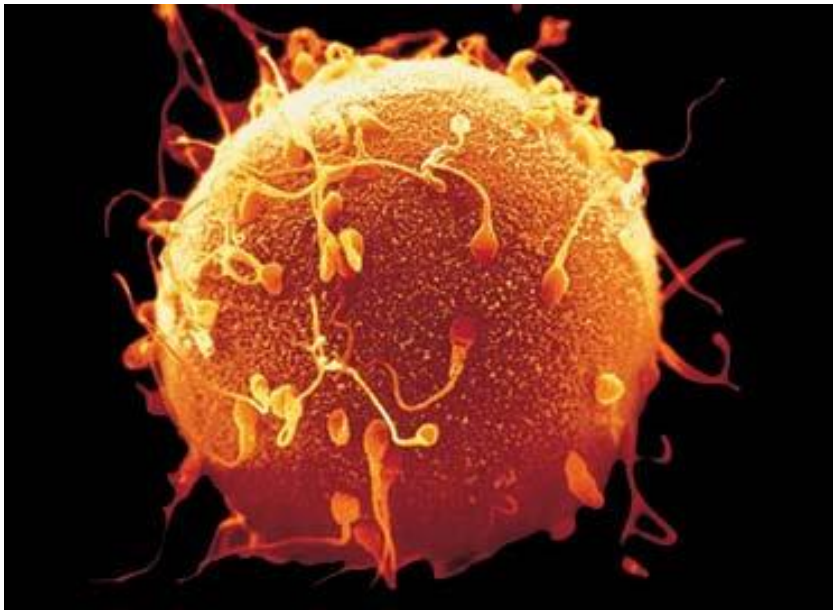


IMAGEN: http://www.ferato.com

IMAGEN: https://encrypted-tbn1.gstatic.com

Reproducción sexual

- La reproducción sexual comprende la producción y fusión de los gametos masculinos y femeninos haploides.
- Los gametos haploides son producidos por meiosis (gametogénesis) en las gónadas a partir de células diploides.
- Los gametos producidos son genéticamente distintos. Esta **variabilidad genética** se consigue por:

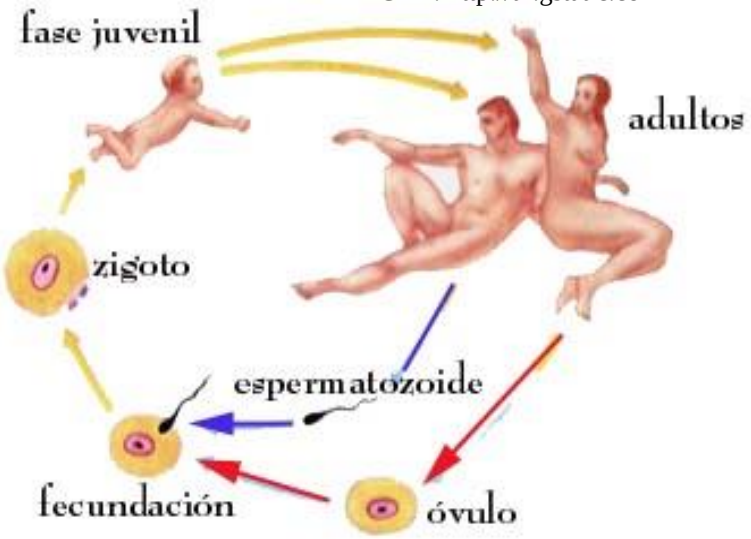
  - Recombinación entre cromosomas homólogos en la meiosis I.

  - Segregación independiente de los cromosomas homólogos en la meiosis I.

  - Mutación en las células germinales (gametos).

  - Fertilización.

IMAGEN: http://t2.gstatic.com



- Tras la fusión de los gametos haploides (n) se produce un cigoto diploide (2n) que por mitosis se desarolla el nuevo individuo.

Determinación del sexo masculino

- Inicialmente, todos los embriones se desarrollan de la misma manera, pudiendo desarrollarse las gónadas embrionarias igualmente tanto en ovarios como en testículos.
- Que finalmente se desarrollen ovarios o testículos, depende de la presencia o ausencia de un único gen denominado **SRY (sex-determinating region Y)**.

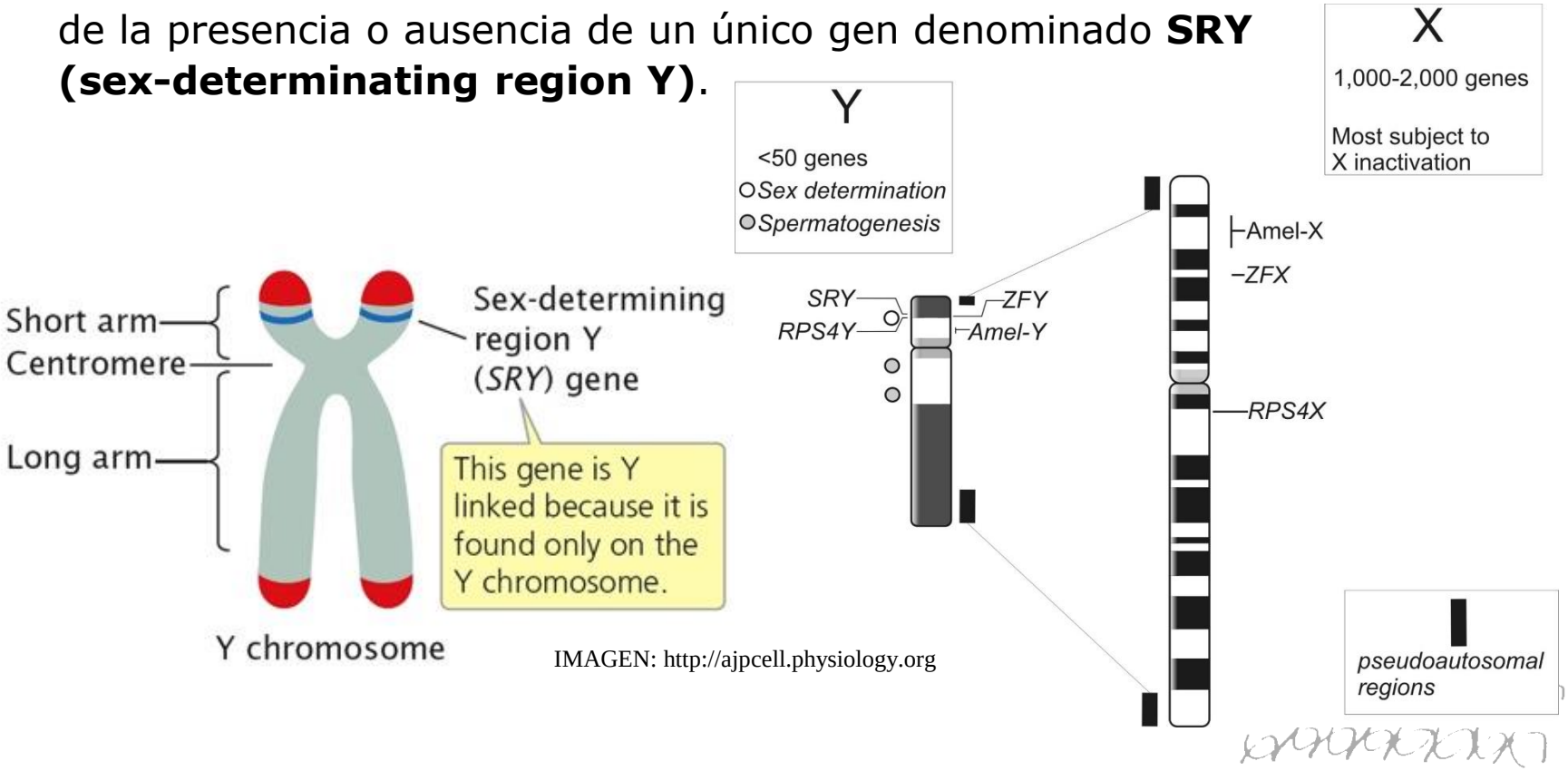


IMAGEN: http://ajpcell.physiology.org

Determinación del sexo masculino

- SRY se localiza en el cromosoma Y, por lo que solo está presente en el 50% de los embriones. **Cuando el gen SRY está presente, las gónadas embrionarias se desarrollarán como testículos y segregarán testosterona**.

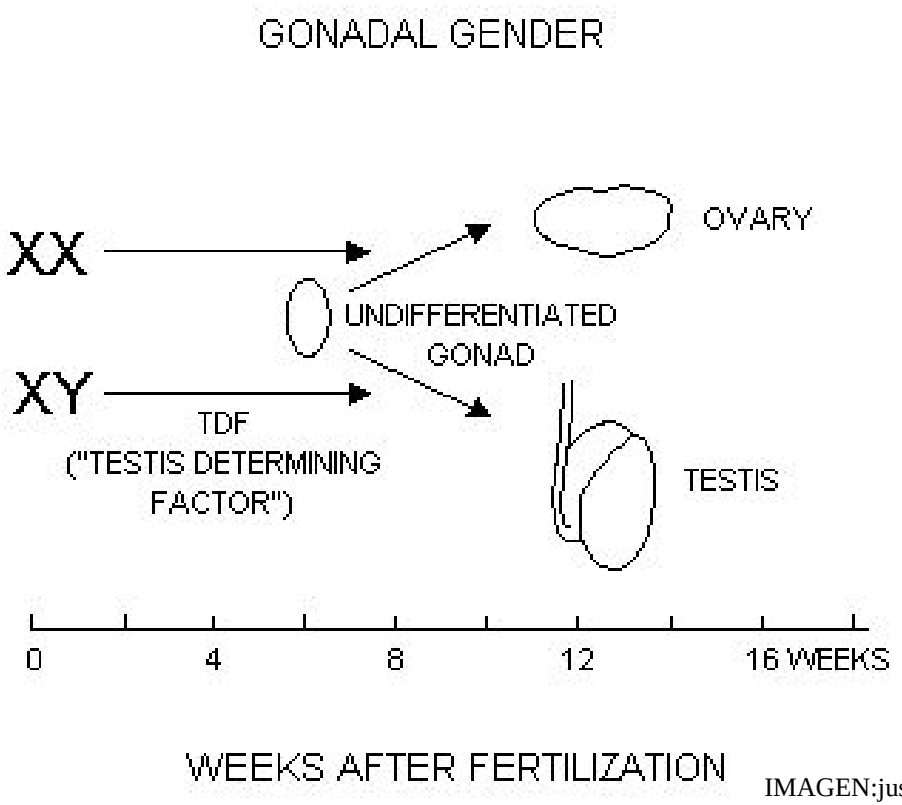
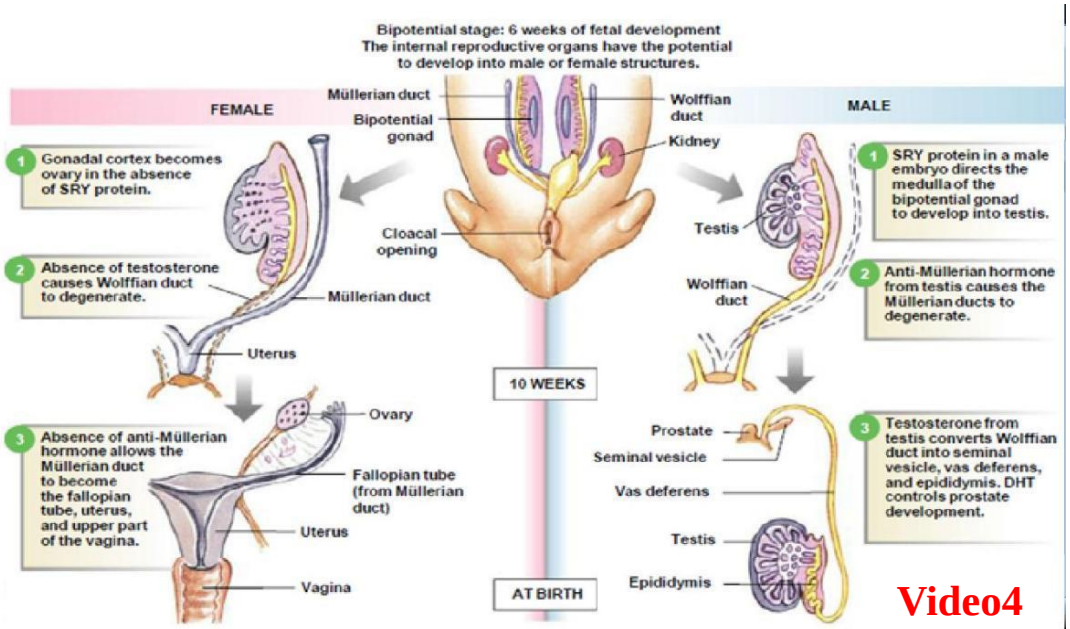


IMAGEN:just.edu.jo/

- SRY codifica para un factor de transcripción denominado **TDF (testis determining factor)**, que estimula la expresión de otros genes que causan el desarrollo de los testículos.
- El 50% de los embriones tiene dos cromosomas X, por lo que no poseen una copia del gen SRY, lo que hace que no produzcan la proteína TDF y que las gónadas embrionarias se desarrollen como ovarios.

Hormona testosterona

- Alrededor de la 8ª semana de gestación, cuando el embrión se convierte en feto, las gónadas embrionarias se desarrollan como testículos.
- En los testículos se desarrollan las células productoras de testosterona (**células de Leydig**) hasta la 15ª semana de gestación, causando el desarrollo de los genitales masculinos (**caracteres sexuales primarios**).



Video4

IMAGEN: 1.bp.blogspot.com

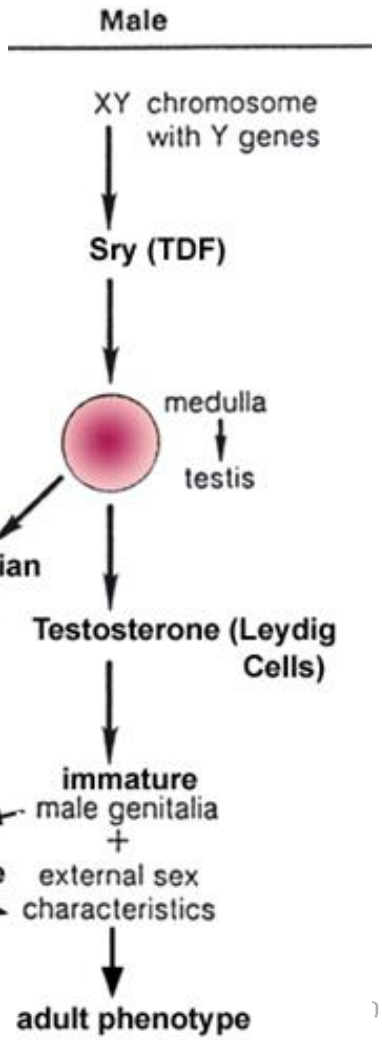


IMAGEN:just.edu.jo/

Hormona testosterona

- Durante la pubertad aumenta la secrección de testosterona por las células intersticiales o de Leydig, estimulando la producción de espermatozoides en los testículos, así como el desarrollo de los **caracteres sexuales secundarios**, tales como el aumento del pene, crecimiento de vello púbico, aumento de la masa muscular, agravamiento de la voz, etc.

IMAGEN: taringa.net

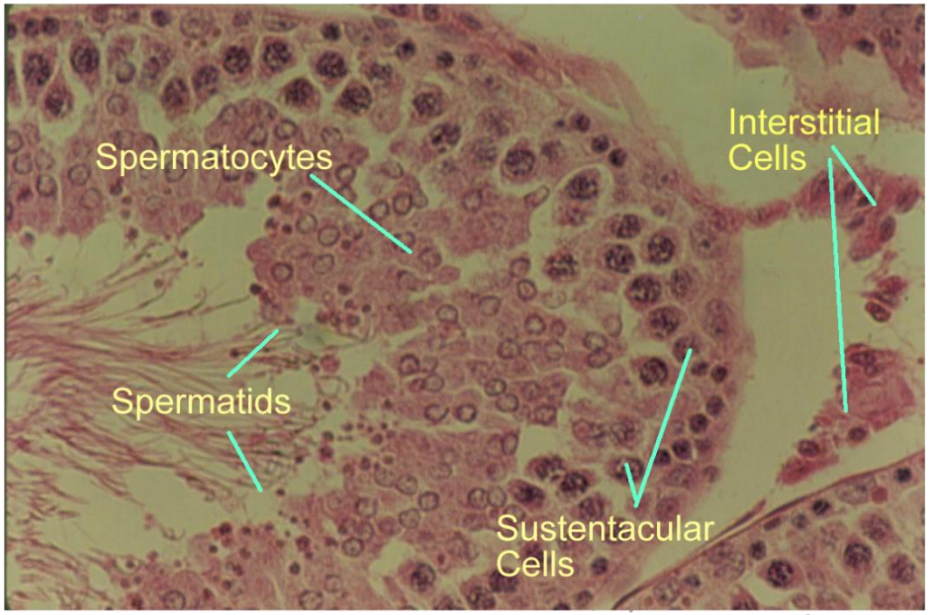


IMAGEN: jiws.collin.edu/

Determinación del sexo femenino

- Si el gen SRY no está presente en el embrión porque no hay cromosoma Y, las gónadas embrionarias se desarrollan como ovarios.
- Las hormonas femeninas **estrógeno y progesterona**, presentes durante toda la gestación, en ausencia de testosterona **causan el desarrollo prenatal de los órganos reproductores femeninos**.
- Durante la pubertad, aumenta la secreción de estrógeno y progesterona, estimulando el desarrollo de los **caracteres sexuales secundarios**, tales como el aumento de las mamas, crecimiento de vello púbico, ensanchamiento de las caderas etc.

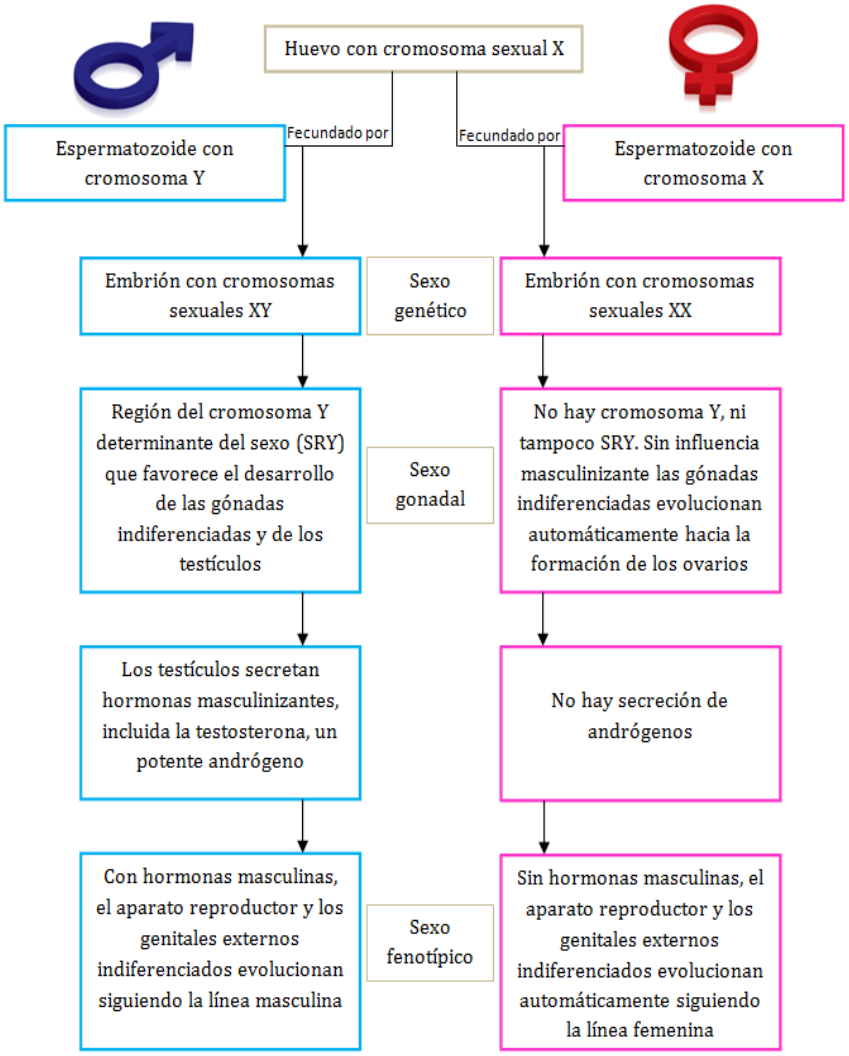
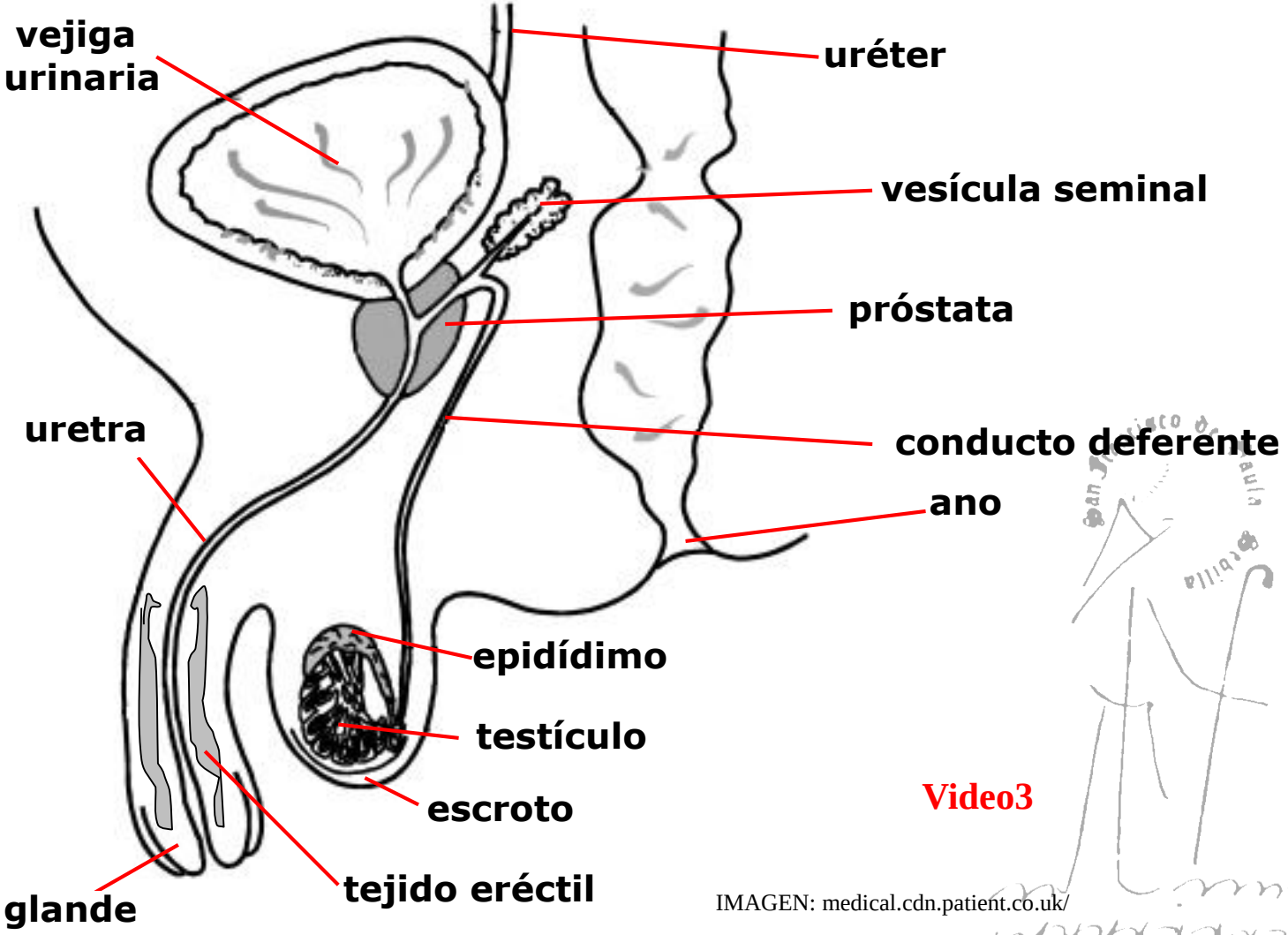


IMAGEN: http://ajpcell.physiology.org

Colegio de
San Francisco de Paula

HABILIDAD: Anotar diagrama sistema reproductor ♂

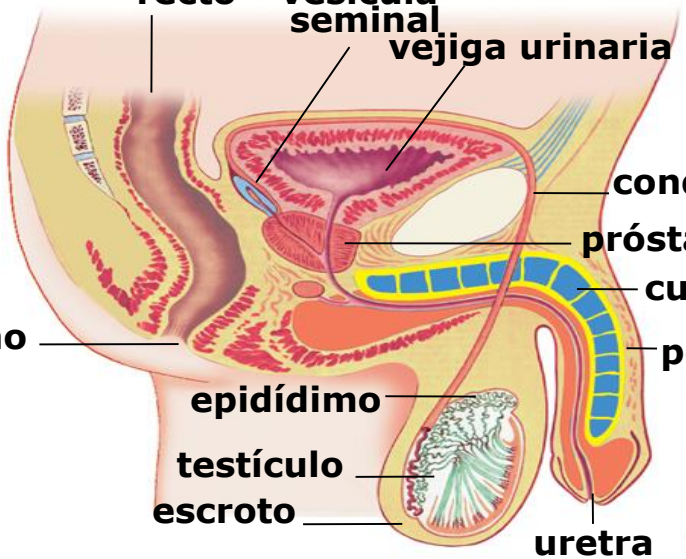


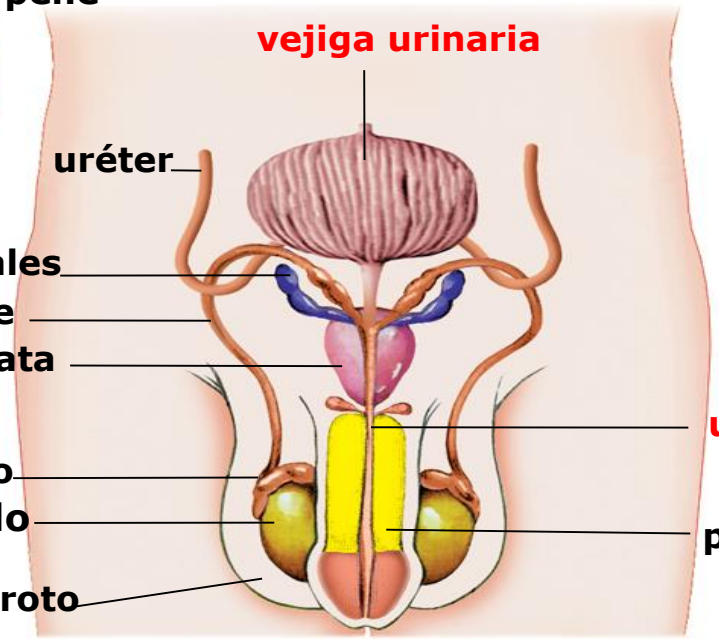
Video3

IMAGEN: medical.cdn.patient.co.uk/

Colegio de
San Francisco de Paula

HABILIDAD: Anotar diagrama sistema reproductor ♂





Animación1

HABILIDAD: Anotar diagrama sistema reproductor ♂

- **Testículos**: produccen los espermatozoides (espermatogénesis) y testosterona.
- **Escroto**: mantiene una temperatura inferior (35 ºC) a la corporal para la espermatogénesis.
- **Epidídimo**: maduración y almacenamiento de los espematozoides.
- **Conductos deferentes**: comunican el epidídimo con la uretra para la eyaculación de los espermatozoides.
- **Vesícula seminal**: producen fructosa como fuente de energía y mucus protector.
- **Próstata**: Añade fluidos alcalinos que neutralizan la acidez de la vagina.
- **Uretra**: Conducto para la salida del semen en la eyaculación y de la orina en la micción.
- **Pene**: órgano para la copulación que deposita el semen en la vagina, cerca de la cervix.

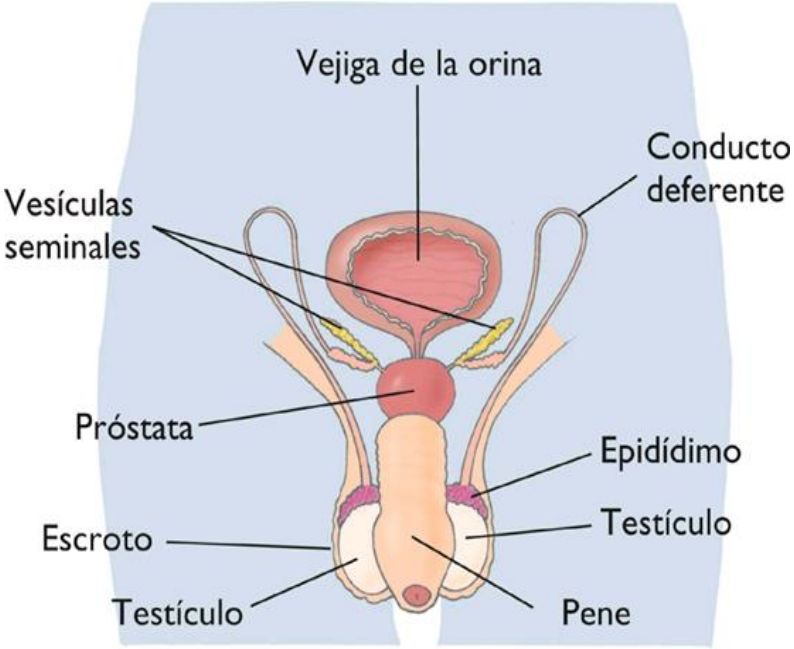
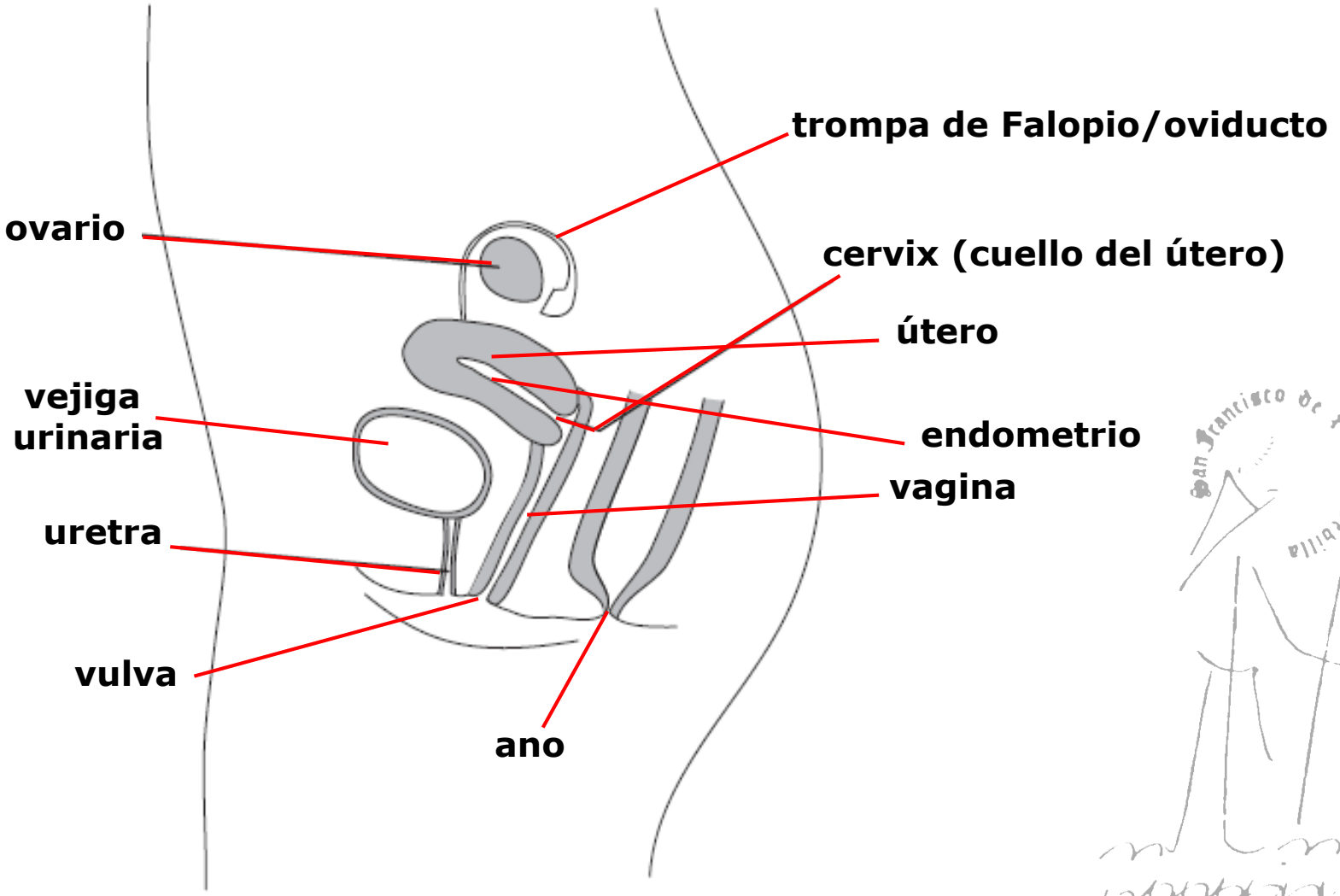


IMAGEN: encrypted-tbn2.gstatic.com

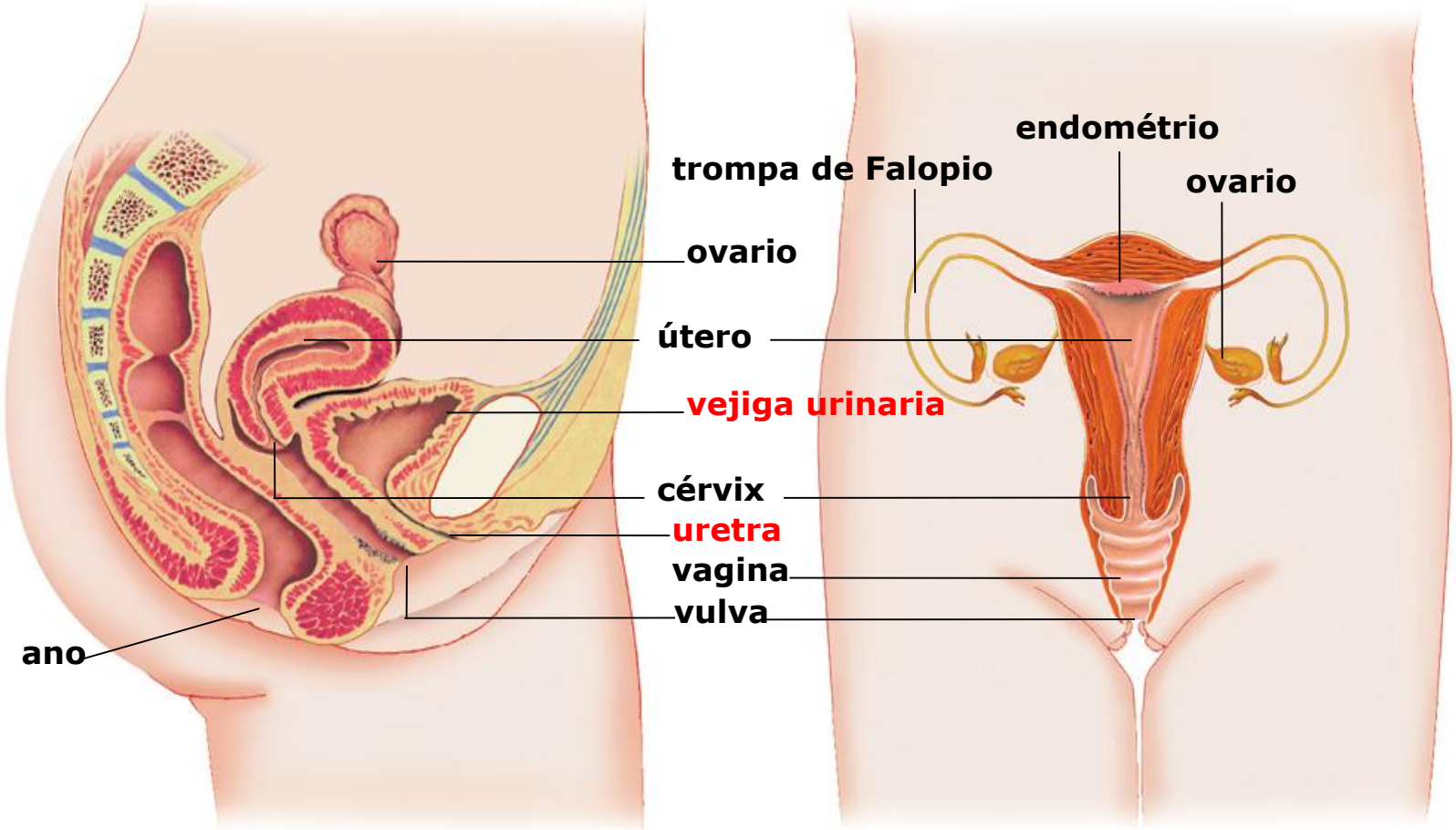
Colegio de
San Francisco de Paula

HABILIDAD: Anotar diagrama sistema reproductor ♀



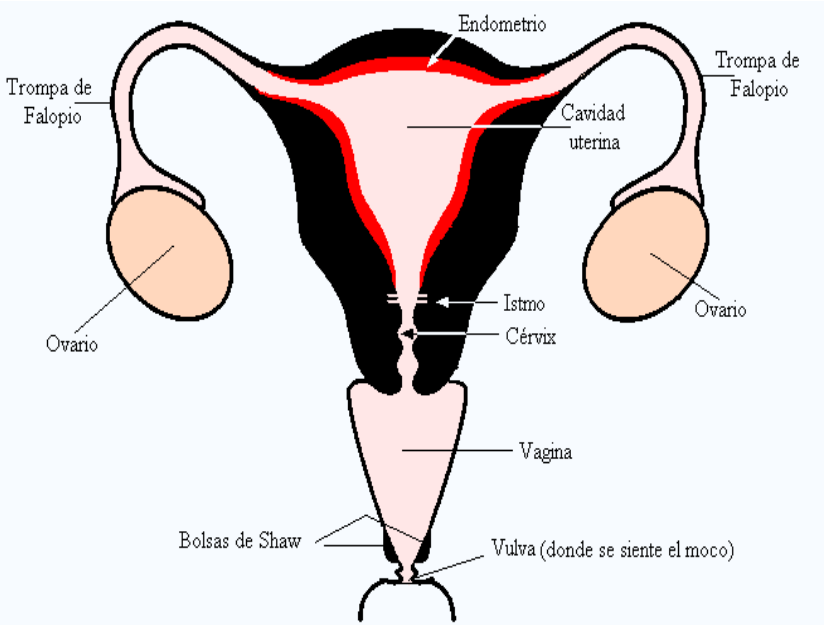
Colegio de
San Francisco de Paula

HABILIDAD: Anotar diagrama sistema reproductor ♀



HABILIDAD: Anotar diagrama sistema reproductor ♀

- **Ovarios**: Producen los óvulos (ovogénesis), estrógeno y progesterona.
- **Trompas de Falopio**: Recogen el óvulo producido, y proporcionan el lugar para la fertilización, desde donde migra el embrión formado hacia el útero.
- **Útero**: Propociona todo lo necesario al embrión y feto durante la gestación.
- **Cérvix**: Produce un mucus que facilita la subida del esperma, protege al feto durante la gestación y se dilata propocionando un canal para el parto.



Animación2

IMAGEN: 1.bp.blogspot.com

- **Vagina**: Tiene glándulas lubricantes para facilitar la penetración y un pH ácido para eliminar patógenos. Proporciona un canal para el parto.
- **Vulva**: Órgano genital externo que protege al sistema reproductor.

Hormonas del ciclo menstrual

- Una mujer es fértil a partir del comienzo del ciclo menstrual (**menarquia**). Estos ciclos coordinan el desarrollo y liberación de un óvulo en las condiciones requeridas para que en el útero pueda llevarse a cabo el desarrollo embrionario.

- Tras la pubertad, la fertilidad de la mujer se manifiesta por la existencia del ciclo menstrual, que se repite de forma natural hasta que hay un embarazo o bien la mujer alcanza el final de su vida reproductiva (**menopausia**).

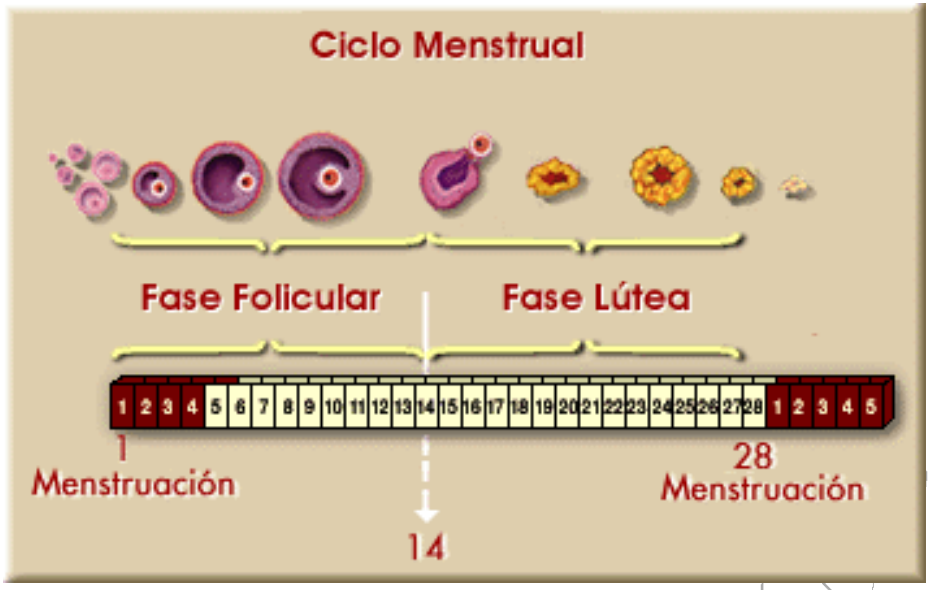


IMAGEN: recursostic.educacion.es

- La primera mitad del ciclo se denomina **fase folicular**, y consiste en el desarrollo de un grupo de folículos, y la liberación de un óvulo por uno de ellos, a la vez que el endometrio del útero se engrosa. La segunda mitad del ciclo se denomina **fase lútea**, dado que el folículo que ha liberado al óvulo se convierte en el cuerpo lúteo a la vez que el endometrio se prepara para la implantación del embrión.

Hormonas del ciclo menstrual

- El ciclo está controlado por el sistema endocrino, tanto por hormonas del cerebro (FSH y LH) como del ovario (estrógeno y progesterona).

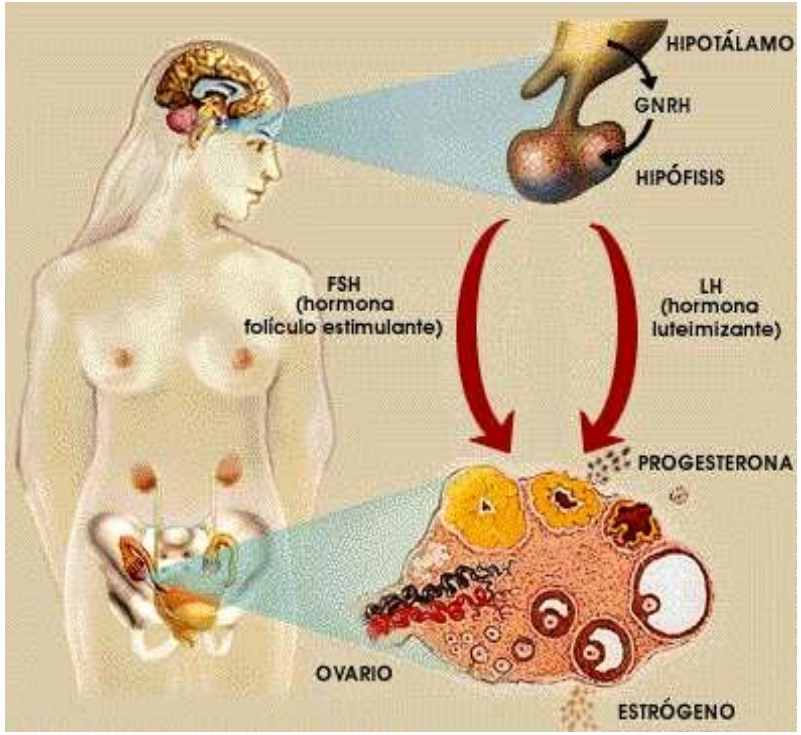


IMAGEN: recursostic.educacion.es/

- La **glándula pituitaria** (hipófisis anterior) libera las hormonas FSH y LH, actuando sobre el ovario.
- La **hormona FSH (Folículo Estimulante)**:

  - Estimula el desarrollo de un nuevo folículo.

  - Incrementa el número de células foliculares y las estimula para que produzcan estrógeno.
- La **hormona LH (Luteinizante)**:

  - Madura el ovocito y causa su liberación (ovulación).

  - Provoca que las células foliculares secreten menos estrógeno.

  - Estimula el desarrollo del cuerpo lúteo (amarillo).

Hormonas del ciclo menstrual

- Los ovarios liberan las hormonas estrógeno y progesterona, actuando sobre el ovario, útero e hipófisis.
- Los **estrógenos**:

  - Estimula el desarrollo del endometrio.

  - Durante la 1ª mitad del ciclo ejerce un feedback + sobre la FSH, incrementando la sensibilidad de las células foliculares a esta hormona.

  - Durante la 2ª mitad del ciclo (alto nivel de estrógeno) ejerce un feedback - sobre la secreción de FSH y estimula la secreción de LH.

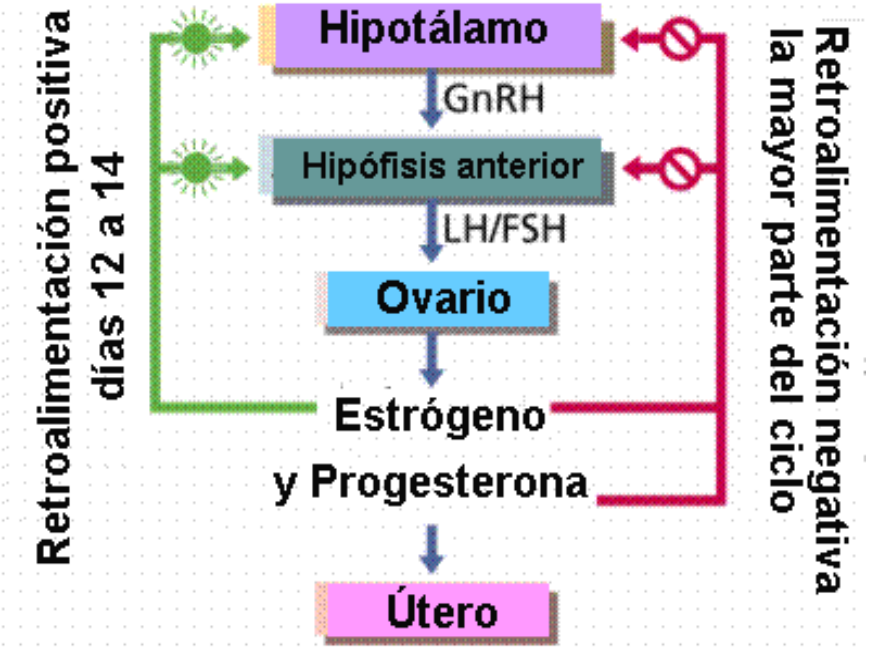


IMAGEN: biologiaygeologia.org

- La **progesterona**:

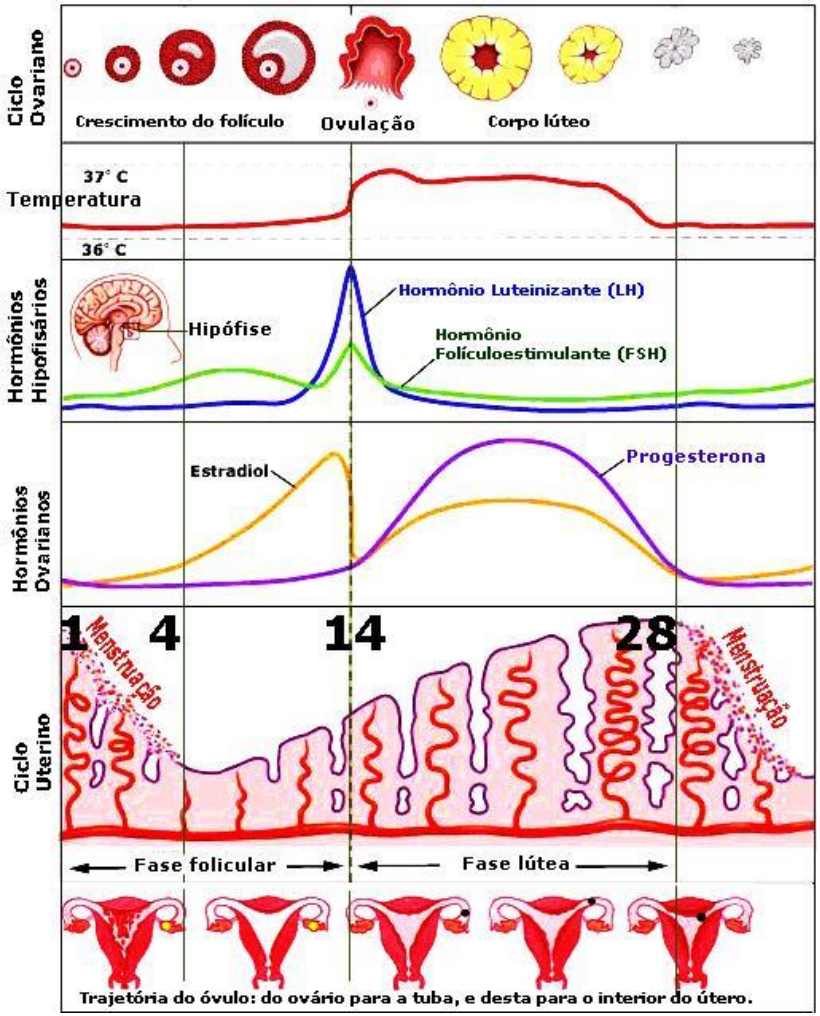
  - Mantiene el endometrio.

  - Ejerce un feedback - sobre la secreción de FSH & LH.

  - Sus bajos niveles por degeneración del cuerpo lúteo permite la menstruación.

El ciclo menstrual

IMAGEN: vestibulandoweb.com.br



Web Sumanasinc

Día 1-14 (fase folicular)

-Menstruación (el endometrio se desprende).

-Aumento de la FSH al final del ciclo estimula el desarrollo de los folículos conteniendo un ovocito.

-La FSH estimula la producción de estrógeno por el folículo.

-El estrógeno estimula el desarrollo del endometrio.

-El estrógeno inhibe a la FSH y estimula a la LH.

-El nivel máximo (pico) de LH causa la ovulación (día 14).

Día 14-28 (fase luteínica)

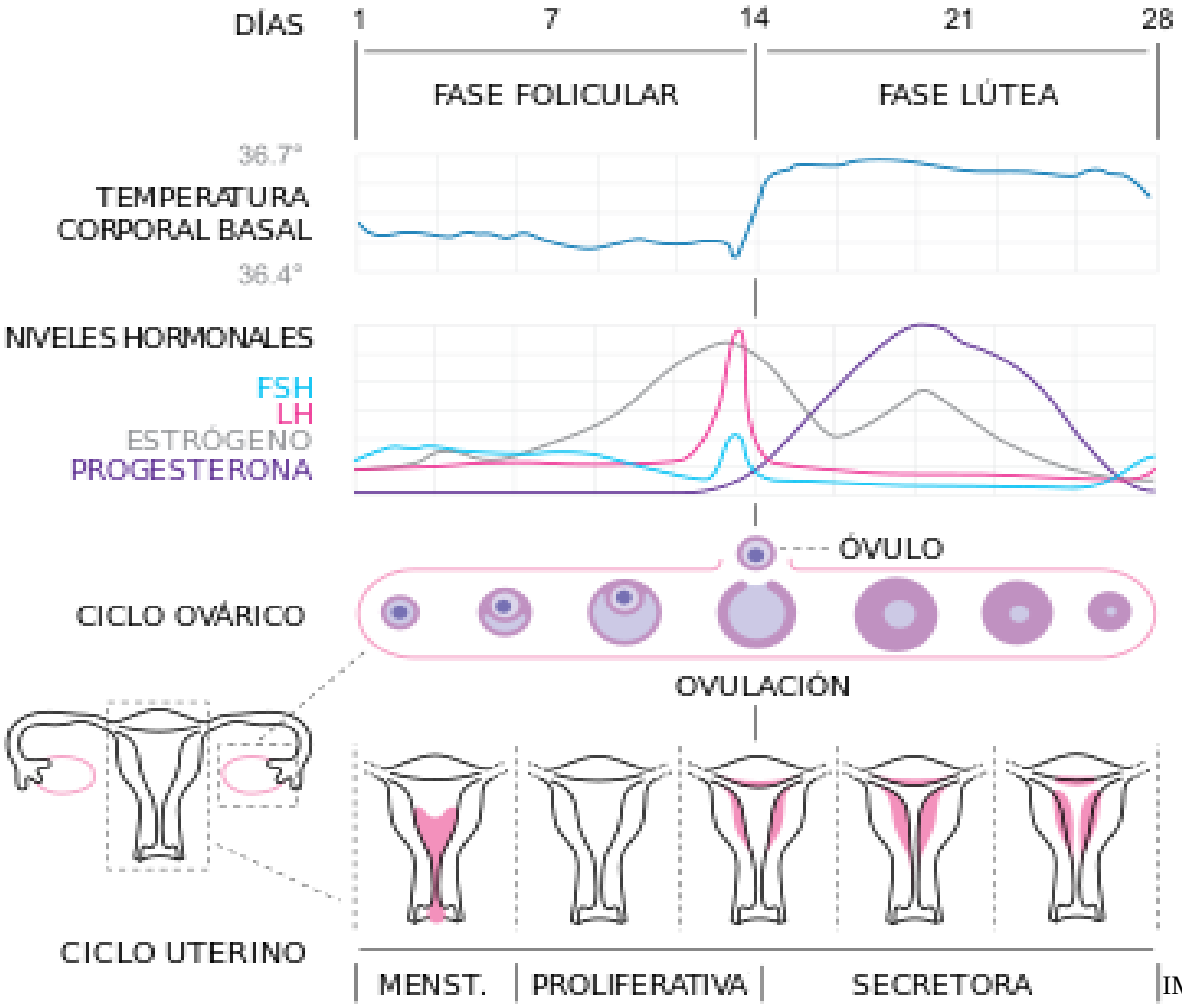
-El nivel de LH decae. Se forma el cuerpo lúteo a partir del folículo vacío sin óvulo.

-El cuerpo lúteo libera progesterona.

-La progesterona mantiene el endometrio e inhibe la producción de la FSH y LH.

Si no hay fertilización y la implantación del cigoto no tiene lugar, la progesterona y el estrógeno disminuyen, provocando la menstruación y la liberación de la FSH.

Gráfica del ciclo menstrual



Video6

IMAGEN: http://bodymorphit.com

Fertilización

- La fertilización en los humanos tiene lugar en las **trompas de Falopio**, y para que los espermatozoides lleguen hasta allí, deben moverse mediante sus flagelos.
- Sin embargo, debido a diferentes razones, como el estilo de vida, dieta, antecendentes genéticos, etc., pueden hacer que los espermatozoides tengan una movilidad reducida, impidiendo que puedan alcanzar el óvulo en las trompas de falopio, y por tanto que la fertilización tenga lugar.

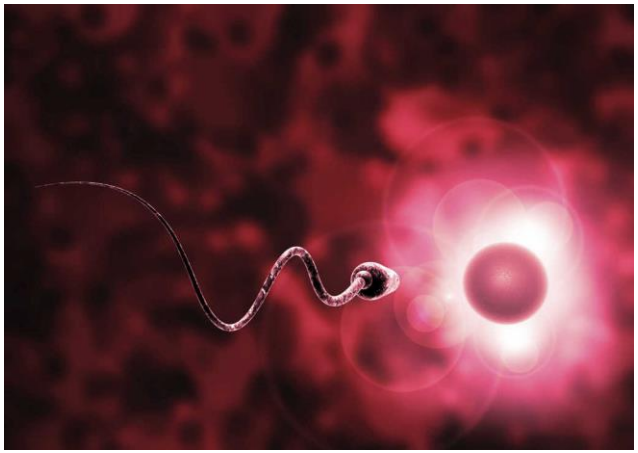


IMAGEN: curiosidades.batanga.com

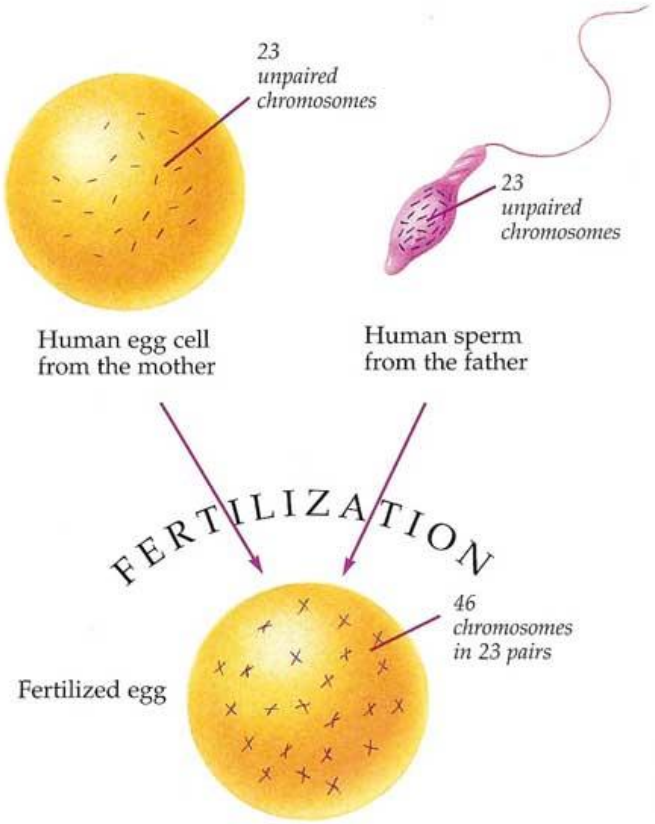


IMAGEN: encrypted-tbn0.gstatic.com

Fertilización *in vitro*

- Aparte de la fertilización interna *in vivo*, la fertilización puede llevarse a cabo en el exterior del cuerpo en condiciones controladas de laboratorio, en la denominada **Fertilización *in vitro* (FIV)**.
- Este procedimiento fue desarrollado por **Robert Edwars** en los años 70, y reconocido con el Premio Nobel de Medicina en 2010.

El investigador Edwards, pionero de la fecundación 'in vitro', junto a la primera bebé probeta, Louis Brown, en una foto de archivo tomada el 26 de julio de 2003. REUTERS/Stringer/Files

Evening News

Meet Louise, the world's first test-tube arrival

SUPERBABE

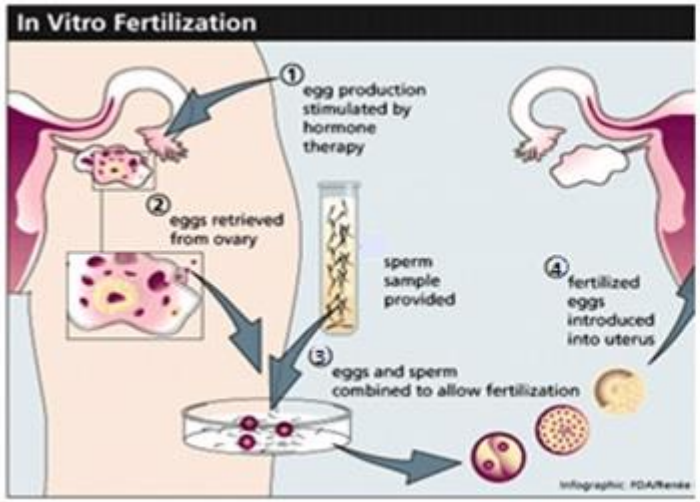
Wide-eyed Louise Brown pictured in hospital 18 hours after she was born. Today she's doing well. See Page Three

IMÄGENES: img.irtve.es

Fertilización *in vitro*

- El paso previo en la FIV consiste en la suspensión del ciclo menstrual normal mediante la toma diaria de fármacos (en forma de espray nasal), que inhiban la secreción de LH y FSH por parte de la glándula pituitaria, y consecuentemente, también la secreción de estrógeno y progesterona.
- Esta suspensión del ciclo permite que los médicos puedan controlar el momento y cantidad de la producción de óvulos en los ovarios.
- Para ello, se aplican inyeccciones intramusculares de FSH y LH, durante 10 días para estimular el desarrollo de una gran cantidad de folículos, dado que la concentración de FSH es superior a la normal en un ciclo menstrual **(superovulación)**.

IMAGEN: peainapodblog.files.wordpress.com



Four stages in IVF

1. Superovulation
2. Egg Retrieval
3. Fertilization/Insemination
4. Embryo transfer

IMAGEN: www.vri-custom.org

Fertilización *in vitro*

- Al finalizar la estimulación ovárica se suministra a la mujer la hormona Gonadotropina Coriónica humana (HCG), que por su similitud externa a la hormona LH, se utiliza con éxito para provocar la ovulación.
- Los óvulos son recolectados de los folículos mediante una micropipeta conectada a un escáner de ultrasonido (aspiración folicular), y finalmente mezclados con espermatozoides en condiciones estériles a 37 ºC durante un día.

IMAGEN: http://www.selectsurrogacyindia.com

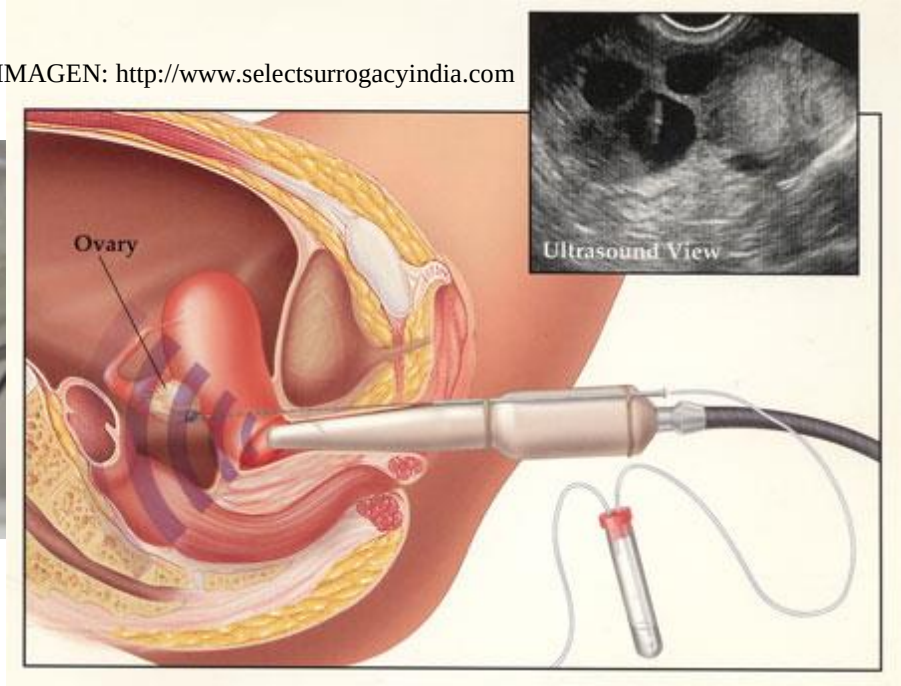


IMAGEN: fertilityontario.com

Fertilización *in vitro*

- Si la fertilización es exitosa, a las 48 h desde la misma, se implantan 1-2 embriones en el útero.
- Se le suministra progesterona a través de la vagina, para asegurar que el endometrio se mantiene. Si el embrión se implanta correctamente, el proceso de gestación no difiera de un embarazo que haya comenzado mediante concepción natural.

Video9

IMANGEN: ingenes.com

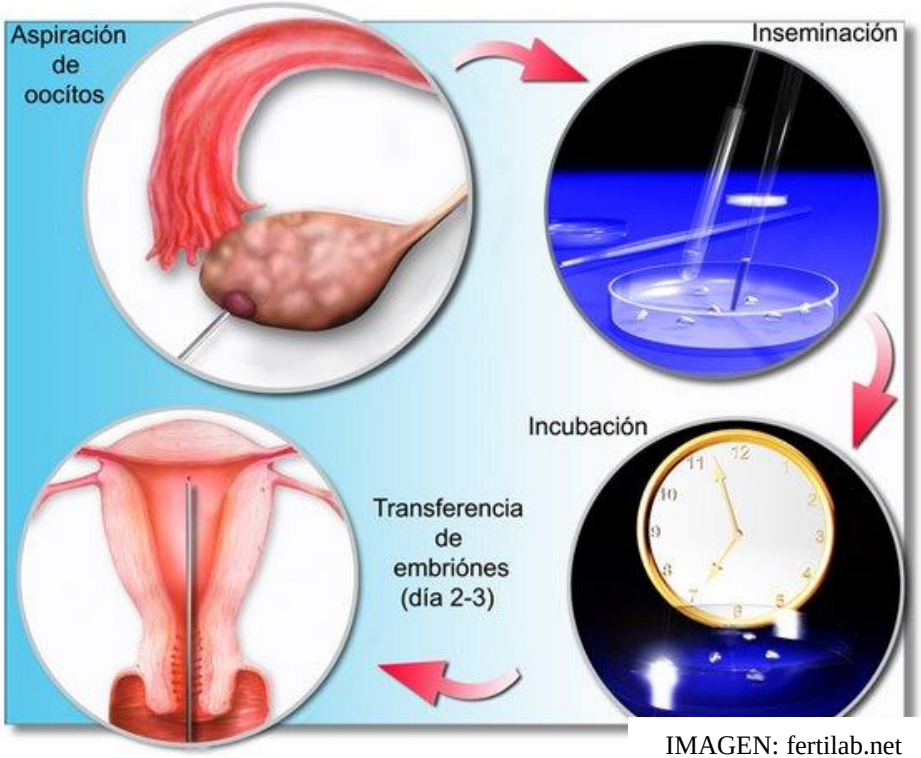


IMAGEN: fertilab.net

APLICACIÓN: William Harvey y la reproducción sexual en ciervos

- **William Harvey** es recordado, principalmente, por su descubrimiento de la circulación de la sangre, pero también tuvo una obsesión durante toda su vida, ¿cómo se transmite la vida de generación en generación? Esta obsesión le hizo ser pionero en la investigación en la reproducción sexual.

- A Harvey le enseñaron la **teoría de la "semilla y la tierra" de Aristóteles**, según la cual, el macho produce una semilla, que forma un huevo cuando se mezcla con la sangre menstrual. Este huevo se desarrolla en feto dentro de la madre.

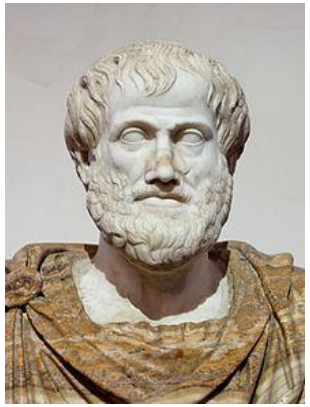


IMAGEN: wikipedia.org

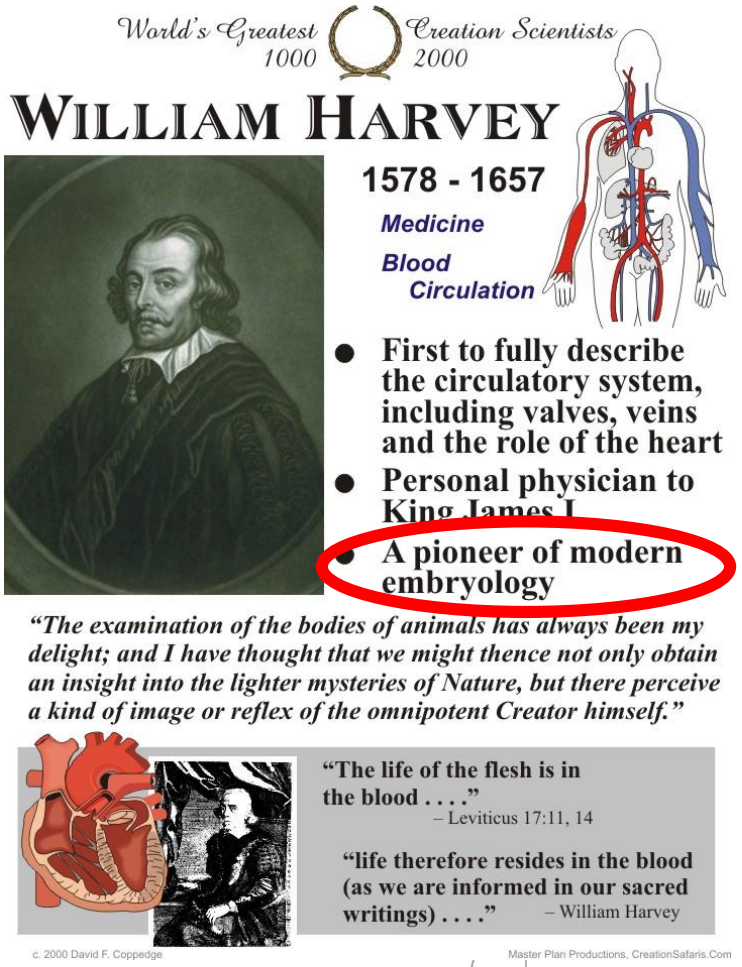


IMAGEN: creationsafaris.com

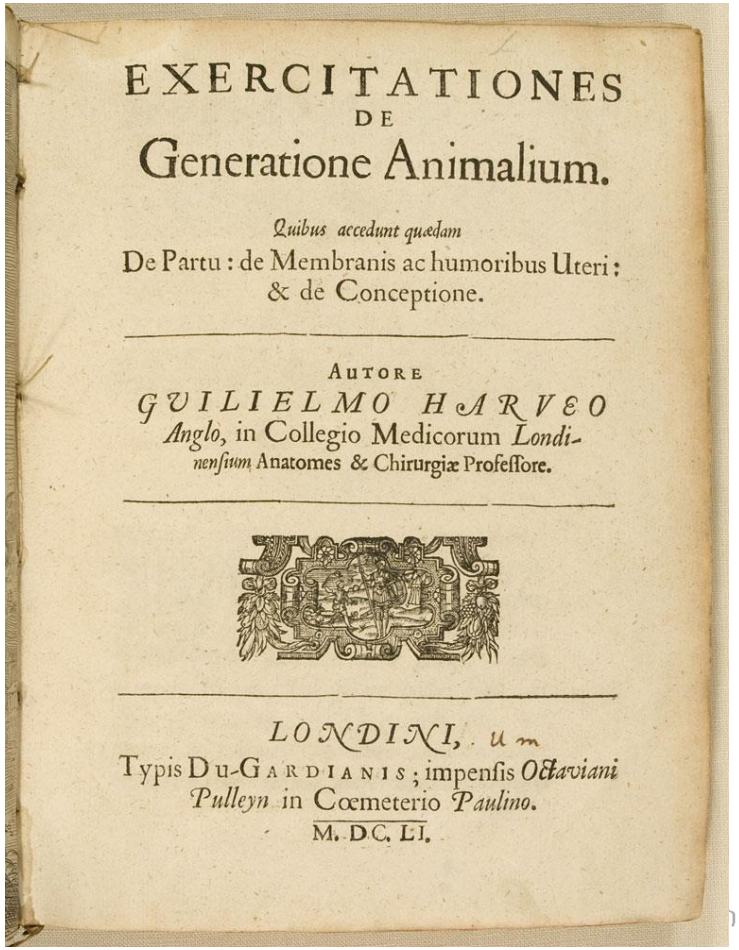
APLICACIÓN: William Harvey y la reproducción sexual en ciervos

- Harvey comprobó la teoría de Aristóteles usando ciervos, los cuales son reproductores estacionales, siendo sexualmente activos solo durante el otoño.
- Examinó el útero de la hembra durante la época de apareamiento, sacrificándola y diseccionándolo, esperando encontrar los huevos en desarrollo en el útero justamente después del apareamiento, pero solo encontró algo desarrollándose en las hembras 1-2 meses después del comienzo de la ápoca de apareamiento.
- Con sus experimentos comprobó que la teoría de Aristóteles era falsa, y que el feto no procede del la semilla del macho o de la hembra en el coito.

IMAGEN: harveycluboflondon.ca

NATURALEZA CIENCIAS: Mejoras en los aparatos conllevan avances en la investigación científica

- Harvey publicó sus investigaciones sobre reproducción sexual en 1651 a la edad de 73 años en su trabajo ***Exercitationes de Generatione Animalium***.
- William Harvey **no logró resolver el misterio de la reproducción sexual** por no disponer de microscopios eficaces en la época en que realizo sus investigaciones, por lo que la fusión de gametos y el posterior desarrollo embrionario permaneció sin descubrir.
- William Harvey vio dificultada su investigación basada en la observación de la reproducción por falta de equipamiento. El microscopio se invento 17 anos después de su muerte.


EXERCITATIONES
DE
Generatione Animalium.

Quibus accedunt quædam
De Partu : de Membranis ac humoribus Uteri ;
& de Conceptione.

AUTORE
GUILIELMO HARVEO
Anglo, in Collegio Medicorum Londinensium Anatomes & Chirurgiæ Professore.

LONDINI,
Typis Du-Gardianis ; impensis Octaviani Pulleyn in Cœmeterio Paulino.
M. DC. LI.

IMAGEN: indiana.edu