EESO N°259 “Juan Vicente Giménez”

Espacio curricular: Biología

Curso: 3°”C”

Profesora: Liliana Monrrobel

Año: 2025

Fig. 1. Los huevos de los reptiles poseen mucha cantidad de vitelo; esto garantiza un desarrollo completo del embrión hasta su eclosión.

Fig. 2. El vitelo ocupa diferentes regiones dentro de la célula huevo, y también es variable su cantidad. Estas dos características permiten clasificar a las cigotas de dos maneras: según la cantidad de vitelo (A) y según la distribución del vitelo (B).

1 LA EMBRIOLOGÍA O BIOLOGÍA DEL DESARROLLO

▲ En los huevos telolecitos, el vitelo está concentrado en el polo inferior de la célula (**polo vegetativo**). En el polo opuesto (**polo animal**) se halla el núcleo, por lo que su actividad metabólica es mucho mayor que en el polo vegetativo, ya que aquí se produce una activa división celular. Este tipo de huevo es el que desarrollan los peces, los anfibios y las aves. En los anfibios, la mitad del huevo está formada por vitelo, mientras que en las aves, constituye más del 95%, por lo que su citoplasma se halla restringido a un pequeño disco en el polo animal.

▲ Se sabe que en los huevos de rana, la división de cada una de las células hijas ocurre una hora después de la primera segmentación. La cigota del erizo de mar se divide una vez por hora, durante 10 h, siendo éste el tiempo que demora la etapa de segmentación. Los embriólogos suelen estudiar estos dos tipos de huevos ya que su desarrollo es externo, son transparentes –lo que facilita su observación– y, además, se producen en gran cantidad, lo cual ayuda en los posibles errores experimentales que pudieran cometerse.

Es muy común confundir el significado de los términos desarrollo y crecimiento, pero si los buscan en el diccionario, encontrarán que son muy diferentes. El término **crecimiento** hace referencia al aumento del número de células o al aumento de tamaño de éstas, lo que determina un aumento de la masa corporal del embrión hasta alcanzar el estado adulto. Por el contrario, el vocablo **desarrollo** se aplica para describir los procesos de **morfogénesis** ("creación de la forma") y de **diferenciación** que sufre el embrión hasta alcanzar el estado adulto.

Todo comienza cuando una gameta femenina se une con una gameta masculina y se forma la primera célula, llamada **célula huevo** o **cigota**. Esta célula sufrirá una serie de divisiones mitóticas tan importantes que culminarán con la formación de un nuevo ser. La **embriología** tiene como objeto de estudio todos los procesos implicados en la transformación de una célula huevo en un nuevo individuo.

El proceso de desarrollo del embrión, que ha sido investigado y observado de cerca en muchas especies, entre ellas, los erizos de mar, los anfibios y las aves, puede describirse en cuatro etapas: segmentación, morfogénesis, diferenciación y crecimiento.

1.1 Etapa de segmentación

***La segmentación** consiste en una serie de divisiones mitóticas de la célula huevo.*

Las divisiones de las cigotas no se producen al azar sino que dependen del **vitelo** (depósito de sustancias nutritivas que brindan alimento al embrión en desarrollo) que se halla almacenado en ellas. Cuando el vitelo es abundante tiende a retrasar, e incluso a inhibir, la segmentación en la región donde se concentra.

La primera línea de segmentación aparece como un **surco longitudinal** que se extiende desde el polo animal hasta el polo vegetativo, y divide a la célula en dos mitades iguales, quedando así formados los dos primeros **blastómeros** (*blastos*: brote; *meros*: parte). Una vez que se han constituido los cuatro primeros blastómeros, éstos siguen dividiéndose por mitosis a través de las diferentes líneas de segmentación, originándose un embrión cada vez con mayor cantidad de células, hasta transformarse en una "pelota" maciza que recibe el nombre de **mórula**. Cada una de las células que componen la mórula es un blastómero.

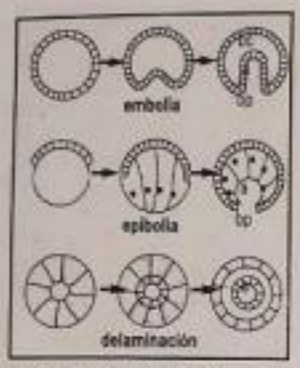


Fig. 4. Tipos de gastrulación. (ar: arquenterón; bp: blastoporo.)

El blastoporo puede dar origen a dos estructuras: la boca o el ano.
Si el blastoporo origina la "boca primaria" de los organismos, éstos reciben el nombre de protostomados. Es el caso de los moluscos, los anélidos y los artrópodos.
Si el blastoporo origina el ano, y la boca se forma en otro lugar, los animales reciben el nombre de deuterostomados, que significa "boca secundaria". Éste es el caso de los equinodermos y de los cordados.

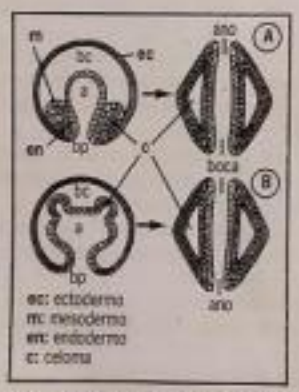


Fig. 5. Según la formación del mesodermo y del celoma, existen dos grandes grupos de animales triblásticos: protostomados esquizocelomados (A) y deuterostomados enterocelomados (B).

1.2. Etapa de morfogénesis

*Se llama **morfogénesis** a la combinación de movimientos celulares que provocan un **cambio de la forma** del embrión.*

Los movimientos celulares –morfogenéticos– reciben en su conjunto el nombre de **gastrulación**: las células del polo animal comienzan a migrar hacia el polo vegetal, y las células del polo vegetal también migran.

Los cambios producidos en la gastrulación son irreversibles: se establecen nuevas relaciones entre las células que determinan las diversas formas en que proseguirá el desarrollo. Estas nuevas relaciones se establecen debido a las diversas capas que determinan patrones definidos, los que originarán los futuros tejidos y órganos del embrión.

Las capas formadas por medio de la gastrulación reciben el nombre de **hojas embrionarias**; ellas son: el **ectodermo** (capa externa), el **mesodermo** (capa media) y el **endodermo** (capa interna). La etapa del embrión en la que se observan las tres hojas embrionarias se denomina **gástrula** (*gaster*: estómago). La gástrula encierra una cavidad, el **arquenterón** (intestino primitivo), que dará origen al futuro aparato digestivo. El arquenterón se comunica con el exterior por medio del **blastoporo**.

Tipos de gastrulación. De acuerdo con el tipo de blástula, existen diferentes formas de gastrulación, que originarán, en consecuencia, distintas gástrulas.

Gastrulación por invaginación o embolia: es típica de los huevos oligolecitos. Consiste en la invaginación del polo vegetativo de la blástula dentro del blastocele. Al culminar el proceso de gastrulación, el arquenterón se halla rodeado por un grupo de células que constituirán el endodermo, mientras que el resto de las células –que se ubican lateral y dorsalmente– forman el mesodermo.

Gastrulación por epibolia: el vocablo epibolia (del griego *epiboiē*: cubrir) hace referencia a la rápida multiplicación que sufren los micrómeros del polo animal, rodeando a los macrómeros del polo vegetal. Se produce en blástulas con cavidades pequeñas (anfibios).

Gastrulación por delaminación: este tipo de gastrulación es característico de la discoblástula de aves y mamíferos. Los blastómeros se dividen y se separan según las líneas que se hayan formado en el proceso de segmentación. Las células que quedan ubicadas exteriormente formarán el ectodermo, mientras que las internas (las que rodean al arquenterón) constituirán el endodermo.

No en todos los animales se obtienen tres hojas embrionarias como producto de la gastrulación. Existen animales que cumplen esta etapa con la constitución de sólo dos hojas embrionarias: endodermo y ectodermo. Estos animales, como los poríferos y los cnidarios inferiores, se denominan **diblásticos**. En los animales **triblásticos**, la tercera hoja embrionaria (mesodermo) se sitúa entre el ectodermo y el endodermo.

Formación del celoma. Luego de producida la gastrulación, en la mayoría de los animales habrán quedado formadas las tres hojas embrionarias que darán origen a todas las futuras estructuras corporales. Las células mesodérmicas se reagrupan de tal modo que "crean" una cavidad, denominada **celoma**. El celoma es la cavidad corporal principal de los animales triblásticos, en cuyo interior se alojan el tubo digestivo y otros órganos que crecen y se especializan funcionalmente.

El celoma no se origina de la misma manera en todos los animales; esto hace que, para su estudio, se los divida en dos grupos: **protostomados** y **deuterostomados**.

Animales protostomados. El celoma se forma por una "ruptura" o "fragmentación" en dos del mesodermo –las células mesodérmicas se separan y cubren parte del endodermo y parte del ectodermo–, y se denomina **esquizoceloma**.

Animales deuterostomados. El celoma se origina por una evaginación del arquenterón o intestino embrionario –el mesodermo y el celoma se forman simultáneamente–, y se denomina **enteroceloma** (del griego *enteron*: intestino).

ECTODERMO	MESODERMO	ENDODERMO
• Piel, pelo, uñas. • Sistema nervioso, incluyendo las células receptoras. • Médula adrenal.	• Músculos, sangre y vasos sanguíneos. • Tejido conjuntivo, incluido tejido óseo. • Riñones, uréteres. • Testículos, ovarios, oviductos, útero. • Sistema linfático.	• Epitelios del tubo digestivo. • Epitelios de la tráquea, los bronquios y los pulmones. • Epitelios de la uretra y de la vejiga. • Hígado. • Páncreas.

Fig. 6. Origen de los tejidos a partir de las tres hojas embrionarias.

Fig. 7. El erizo de mar es uno de los animales favoritos de los embriólogos porque posee fecundación externa, y produce gran cantidad huevos que también se desarrollan externamente.

Los huevos del erizo de mar, además de ser casi transparentes, poseen un período de morfogénesis y diferenciación muy rápida: en 48 h aparece el pluteo, que es el nombre que recibe la larva planctónica del erizo.
En el siglo pasado, el embriólogo alemán Hans Driesch (1867-1941) colocó embriones de erizos de mar de 2, 4 y 8 células en frasquitos que contenían agua de mar. Luego, los agitó fuertemente, y consiguió la separación de los blastómeros.

¿Qué creen que sucedió con cada uno de los blastómeros obtenidos? Justifiquen su respuesta.

No es necesario que los tejidos se hallen próximos entre sí para que uno induzca la formación del otro, ya que se comprobó que las sustancias químicas que provocan la inducción pueden difundirse. Si por algún motivo se interrumpe la difusión, la inducción no ocurre.

1.3. Etapa de diferenciación

*La **diferenciación** consiste en la adopción, por parte de los blastómeros, de la estructura y la función que se mantendrán, de manera irreversible, en el estado adulto.*

Por ejemplo, las células que tendrán a cargo el transporte de oxígeno, los glóbulos rojos, comienzan a sintetizar hemoglobina; las células que formarán parte del corazón comienzan a sintetizar una proteína contráctil que permitirá la contracción y la relajación de este órgano, etcétera.

La **especialización funcional** de las células implica, generalmente, su **especialización estructural**: la célula epitelial tiene un eje longitudinal mucho mayor que el transversal; esto le confiere una forma rectangular que permite la protección de diversos órganos del cuerpo. El glóbulo rojo, por el contrario, tiene forma de disco bicóncavo, lo que posibilita que el transporte de oxígeno se lleve a cabo con mayor eficacia.

La **eficacia funcional** de las células especializadas depende de su agrupamiento organizado, es decir, de la constitución de **tejidos**. La formación de los tejidos recibe el nombre de **histogénesis**; en este proceso, puede observarse la integración funcional de muchas células con la misma estructura. La histogénesis permite el perfeccionamiento de las funciones en el organismo multicelular, ya que un tejido especial se ocupa de cada una de ellas.

En las plantas superiores y en la mayoría de los metazoos, la eficacia funcional se intensifica, además, por la integración de distintos tipos de tejidos en **órganos**, proceso conocido como **organogénesis**. Los órganos pueden asociarse funcionalmente en **sistemas de órganos**, lo que aumenta aun más su eficacia.

Aunque hasta ahora se desconocen los mecanismos genéticos que marcan el comienzo de la diferenciación celular, está completamente demostrado que cada blastómero, en las primeras etapas de la segmentación, es capaz de formar un embrión completo (**totipotencialidad**).

La totipotencialidad de las células embrionarias se pierde a medida que el embrión avanza en el desarrollo, cuando ha alcanzado la etapa de blástula. Sin embargo, se ha descubierto que, en etapas más tardías del desarrollo, los tejidos tienen la capacidad de inducir la formación de otros nuevos y que existe interacción entre ellos.

El destino de las células depende, por lo tanto, de la interacción que se da entre los distintos tejidos. En los anfibios, el primer tejido que se desarrolla es el **labio dorsal del blastoporo**, tejido clave para el control del desarrollo embrionario.

© Santillana S.A. Prohibida su fotocopia. Ley 11.723

El crecimiento post-embrionario en animales y plantas se ve afectado por la **acción hormonal**. *En las plantas, actúan las auxinas y las giberelinas, mientras que en los animales, participa una gran variedad de hormonas.*

¿Qué hormonas regulan el crecimiento del ser humano?

1: Injerto del labio dorsal (ld) del blastoporo (bp) de un embrión en otro (huésped).
2: Migración del tejido injertado.
3: Formación de dos placas neurales (pn).
4: Desarrollo de dos embriones "siameses" de salamandra.
* El blastoporo del huésped se halla en la cara opuesta.

Fig. 8. Experimento con salamandras (anfibios) llevado a cabo por una discípula de Spemann, Hilde Mangold, en 1924. (Adaptado de *Biología*, de Helen Curtis.)

Observen la figura 8 y respondan:

¿Por qué el tejido injertado migra hacia el interior del embrión huésped?
¿Qué pretendía comprobar esta experiencia? ¿Cuál sería la hipótesis de trabajo?
Sobre la base de los resultados, ¿qué conclusiones pueden extraer?

1.4. Etapa de crecimiento

Una vez que todas las estructuras se han formado, es decir, que han culminado los períodos de morfogénesis y diferenciación, comienza el período de crecimiento, durante el cual, el organismo aumenta de tamaño.

> *El* ***crecimiento*** *consiste en el aumento del número de células o de su tamaño en todo el organismo o en alguna de sus partes.*

La **velocidad de crecimiento** del embrión no es constante: es muy elevada en las primeras fases del desarrollo, y disminuye progresivamente hacia la madurez; es cualquier organismo, es inversamente proporcional al grado de diferenciación celular.

La velocidad de crecimiento de las distintas estructuras que constituyen el embrión tampoco es la misma; algunas crecen más rápido que otras, lo que determina las diferentes proporciones que adquirirá el organismo durante su desarrollo. Por ejemplo, en las primeras etapas del desarrollo del embrión de un mamífero, éste consta casi exclusivamente de cerebro; sin embargo, a medida que avanza el desarrollo, la velocidad de crecimiento de ese órgano decrece y es proporcional a la del resto del cuerpo (el control de la velocidad de crecimiento es otra de las incógnitas del desarrollo).

1.5. Control del desarrollo embrionario

¿Cómo se explica que algunas células migren en momentos claves del desarrollo, y otras no? Si todas las células tienen la misma dotación genética que la célula que les dio origen, es decir, que poseen la misma información, ¿por qué son tan distintas unas de otras? ¿Cómo se lleva a cabo el proceso de diferenciación celular? Los genéticos moleculares y los embriólogos tratan de dilucidar estos interrogantes.

Al alterar el curso normal del desarrollo, los embriólogos tratan de inferir lo que sucede en la realidad. Hans Spemann (1869-1941), uno de los primeros embriólogos experimentales, trabajó con embriones de rana y de lagartija de la siguiente manera: cortó y separó las células del labio dorsal del blastoporo; luego, transplantó este tejido a una gástrula normal de otro embrión de la misma especie (huésped). Al cabo de un tiempo, Spemann observó que el trozo transplantado inducía la formación de un tejido modificado en el huésped (esto no sucedía si se transplantaban otros tejidos pertenecientes a la gástrula). Spemann denominó **"organizador"** al tejido dorsal del blastoporo, por su capacidad de inducir la formación de otros tejidos.

No es imprescindible que los tejidos a diferenciarse se hallen "contiguos" al labio dorsal del blastoporo, ya que éste puede generar cambios en tejidos que están distantes, por lo que se cree que produce sustancias químicas que viajan por el citoplasma celular para inducir la diferenciación celular. Se sabe que las sustancias inductoras son macromoléculas, entre las que se encuentran las proteínas y el ARN mensajero.

La diferenciación celular parece estar también regulada por sustancias "inhibitorias" secretadas por las células vecinas: si se colocan embriones de rana en un medio de cultivo donde se halla el corazón de una rana adulta, los embriones no forman un corazón; lo mismo ocurre si se colocan embriones en un medio que contenga el encéfalo de un adulto, es decir, los embriones no desarrollan este órgano. Esto hace presumir que las células ya diferenciadas en el embrión pueden producir determinadas sustancias que inhiben el mismo desarrollo en las células vecinas.

En síntesis, se cree que el desarrollo embrionario se halla bajo el control de:

- el **genoma celular**, el cual albergaría los genes "maestros", que producirían la activación selectiva de los genes en el proceso de diferenciación;
- el **labio dorsal del blastoporo**, o tejido organizador;
- la interacción de **sustancias químicas** entre los tejidos.

El crecimiento post-embrionario en animales y plantas se ve afectado por la ***acción hormonal****. En las plantas, actúan las auxinas y las giberelinas, mientras que en los animales, participa una gran variedad de hormonas.*

¿Qué hormonas regulan el crecimiento del ser humano?

1: Injerto del labio dorsal (ld) del blastoporo (bp) de un embrión en otro (huésped).
2: Migración del tejido injertado.
3: Formación de dos placas neurales (pn).
4: Desarrollo de dos embriones "siameses" de salamandra.
* El blastoporo del huésped se halla en la cara opuesta.

Fig. 8. Experimento con salamandras (anfibios) llevado a cabo por una discípula de Spemann, Hilde Mangold, en 1924. (Adaptado de *Biología*, de Helen Curtis.)

Observen la figura 8 y respondan:

¿Por qué el tejido injertado migra hacia el interior del embrión huésped?
¿Qué pretendía comprobar esta experiencia? ¿Cuál sería la hipótesis de trabajo?
Sobre la base de los resultados, ¿qué conclusiones pueden extraer?

1.4. Etapa de crecimiento

Una vez que todas las estructuras se han formado, es decir, que han culminado los períodos de morfogénesis y diferenciación, comienza el período de crecimiento, durante el cual, el organismo aumenta de tamaño.

> *El* ***crecimiento*** *consiste en el aumento del número de células o de su tamaño en todo el organismo o en alguna de sus partes.*

La **velocidad de crecimiento** del embrión no es constante: es muy elevada en las primeras fases del desarrollo, y disminuye progresivamente hacia la madurez; es cualquier organismo, es inversamente proporcional al grado de diferenciación celular.

La velocidad de crecimiento de las distintas estructuras que constituyen el embrión tampoco es la misma; algunas crecen más rápido que otras, lo que determina las diferentes proporciones que adquirirá el organismo durante su desarrollo. Por ejemplo, en las primeras etapas del desarrollo del embrión de un mamífero, éste consta casi exclusivamente de cerebro; sin embargo, a medida que avanza el desarrollo, la velocidad de crecimiento de ese órgano decrece y es proporcional a la del resto del cuerpo (el control de la velocidad de crecimiento es otra de las incógnitas del desarrollo).

1.5. Control del desarrollo embrionario

¿Cómo se explica que algunas células migren en momentos claves del desarrollo, y otras no? Si todas las células tienen la misma dotación genética que la célula que les dio origen, es decir, que poseen la misma información, ¿por qué son tan distintas unas de otras? ¿Cómo se lleva a cabo el proceso de diferenciación celular? Los genéticos moleculares y los embriólogos tratan de dilucidar estos interrogantes.

Al alterar el curso normal del desarrollo, los embriólogos tratan de inferir lo que sucede en la realidad. Hans Spemann (1869-1941), uno de los primeros embriólogos experimentales, trabajó con embriones de rana y de lagartija de la siguiente manera: cortó y separó las células del labio dorsal del blastoporo; luego, transplantó este tejido a una gástrula normal de otro embrión de la misma especie (huésped). Al cabo de un tiempo, Spemann observó que el trozo transplantado inducía la formación de un tejido modificado en el huésped (esto no sucedía si se transplantaban otros tejidos pertenecientes a la gástrula). Spemann denominó **"organizador"** al tejido dorsal del blastoporo, por su capacidad de inducir la formación de otros tejidos.

No es imprescindible que los tejidos a diferenciarse se hallen "contiguos" al labio dorsal del blastoporo, ya que éste puede generar cambios en tejidos que están distantes, por lo que se cree que produce sustancias químicas que viajan por el citoplasma celular para inducir la diferenciación celular. Se sabe que las sustancias inductoras son macromoléculas, entre las que se encuentran las proteínas y el ARN mensajero.

La diferenciación celular parece estar también regulada por sustancias "inhibitorias" secretadas por las células vecinas: si se colocan embriones de rana en un medio de cultivo donde se halla el corazón de una rana adulta, los embriones no forman un corazón; lo mismo ocurre si se colocan embriones en un medio que contenga el encéfalo de un adulto, es decir, los embriones no desarrollan este órgano. Esto hace presumir que las células ya diferenciadas en el embrión pueden producir determinadas sustancias que inhiben el mismo desarrollo en las células vecinas.

En síntesis, se cree que el desarrollo embrionario se halla bajo el control de:

- el **genoma celular**, el cual albergaría los genes "maestros", que producirían la activación selectiva de los genes en el proceso de diferenciación;
- el **labio dorsal del blastoporo**, o tejido organizador;
- la interacción de **sustancias químicas** entre los tejidos.

Fig. 9. Durante el curso de la evolución, la conquista del ambiente terrestre se concretó, definitivamente, con la aparición del huevo con amnios y cáscara –desarrollado por los reptiles–, ya que este tipo de huevo significa la independencia del agua para la reproducción (evita la desecación y permite el intercambio gaseoso).

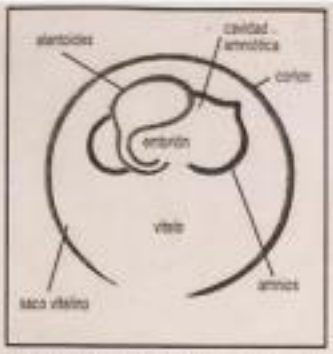


Fig. 10. Corte transversal de un huevo de gallina.

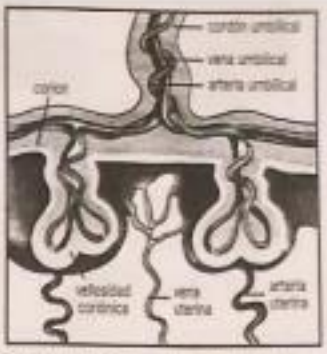


Fig. 11. La placenta es una estructura que se forma con tejidos fetales y maternos. Su principal función consiste en regular el intercambio fisiológico entre el feto y la madre.

1.6. Anexos embrionarios

Los **anexos embrionarios** son un conjunto de membranas y cavidades que, aunque no se desarrollan para formar parte del individuo adulto, colaboran en la **protección** y **nutrición** del nuevo individuo durante la etapa embrionaria.

En los reptiles, las aves y los mamíferos, el embrión lleva a cabo sus funciones metabólicas esenciales por medio de cuatro membranas extraembrionarias: saco vitelino, amnios, corion y alantoides.

Saco vitelino. Está formado por endodermo y mesodermo extraembrionarios que albergan gran cantidad de vitelo; éste pasa al embrión a través de los vasos vitelinos, y lo nutre durante todo su desarrollo.

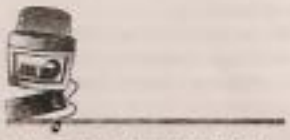
Amnios y corion. En el curso del desarrollo, el mesodermo y el ectodermo extraembrionarios sufren una serie de modificaciones y forman varios pliegues membranosos. La capa externa de estos pliegues se llama corion, y la interna forma el amnios. La cavidad que queda entre el embrión y el amnios –**cavidad amniótica**– contiene un líquido más denso que el agua, el **líquido amniótico**, que protege al embrión de los "choques" mecánicos y térmicos, y facilita sus movimientos.

Inicialmente, el corion y el amnios están desprovistos de vasos sanguíneos, pero más tarde se vascularizan.

Alantoides. Se forma a partir del endodermo y del mesodermo extraembrionarios; se fusiona con el corion y, juntos, forman la **membrana corioalantoidea**, que se encuentra muy vascularizada, ya que interviene en la respiración del embrión: los capilares sanguíneos alantoideos transportan oxígeno del aire hasta el embrión y devuelven al exterior el dióxido de carbono. En los reptiles y las aves, los gases tienen que atravesar, además, otras dos membranas: la **cáscara** y la **membrana testácea** –fina y transparente, pegada a la cáscara–; ambas son lo suficientemente permeables como para permitir este pasaje.

En los mamíferos, los huevos contienen poca cantidad de vitelo. Una vez que éste se agota, la mórula se implanta en el útero y su membrana externa desarrolla unas vellosidades, las **vellosidades coriales**, que se hunden en las paredes del útero, y tienen por función transportar el alimento desde la madre hasta el embrión durante el desarrollo. La membrana extraembrionaria provista de las vellosidades coriales se llama corion, y la estructura que forma uniéndose con los tejidos uterinos, **placenta**.

Aunque los capilares de la placenta están en contacto estrecho con la sangre del útero, la sangre de la madre y la del embrión nunca se mezclan. La placenta obtiene alimentos y oxígeno de la pared del útero. El dióxido de carbono y la urea fetales son también transportados hacia el sistema circulatorio de la madre, de donde son eliminados por los órganos de excreción.



▲ *La cavidad que queda delimitada por el alantoides, la* ***cavidad alantoidea****, sirve como reservorio de la excreción urinaria: en aves y reptiles, los desechos nitrogenados se eliminan como* ***ácido úrico****, mientras que en los mamíferos se realiza en forma de* ***urea****. ¿A qué se debe esta diferencia?*

▲ *¿Qué anexo embrionario representa la yema de un huevo? ¿Qué sustancia constituye la "clara", y qué función cumple?*

El Santillana S.A. Prohibida su fotocopia. Ley 11.723

Embriones abandonados

En la actualidad, en la Argentina existen laboratorios que tienen guardados cerca de 15.000 embriones congelados. Muchos de ellos son embriones originados en algún tratamiento de fertilización asistida.

Cuando se realizan algunos de estos tratamientos –especialmente aquellos que se efectúan fuera del cuerpo de la madre–, generalmente, se logran varios embriones, pero solo algunos son implantados en el cuerpo materno. ¿Cuál es el destino de los otros?

Algunos podrían ser transferidos al cuerpo de la mujer, pero en general no se hace. ¿A qué se debe esta situación? Es probable que las parejas que hacen tratamientos de fertilización asistida y obtienen el embarazo deseado con el primer embrión que se implanta, no utilicen los demás embriones para posteriores intentos de tener un hijo. También puede suceder que algunos embriones congelados sean de parejas que, en un primer tratamiento, han guardado sus embriones sobrantes y que, luego, se han divorciado y ya no quieren concebir hijos juntos.

¿Se pueden guardar embriones indefinidamente? ¿Se los desecha? ¿Se los puede utilizar para la investigación científica? ¿Pueden ser donados a otras parejas? ¿Qué se hace con esos embriones cuando los padres no desean tener más hijos?

Propuesta ACTIVAdA

- Luego de leer el texto, reúnanse en grupos e intercambien sus opiniones.
- Debatan con toda la clase sus ideas.
- Después de escuchar las diferentes posiciones, escriban en forma individual qué opinión tienen ustedes sobre este tema y por qué.

1. ¿Qué medidas creen que se deberían tomar para crear más conciencia en la sociedad sobre el destino de los embriones congelados?
2. ¿Qué creen que deberían saber para poder resolver el problema planteado?

SISTEMA REPRODUCTOR HUMANO

LOS ÓRGANOS SEXUALES, TANTO MASCULINOS COMO FEMENINOS, QUE FORMAN LOS SISTEMAS REPRODUCTORES ESTÁN ADAPTADOS PARA CUMPLIR DOS FUNCIONES BÁSICAS: PRODUCIR GAMETAS Y PERMITIR QUE SE PRODUZCA LA FECUNDACIÓN PARA DAR ORIGEN A UN NUEVO INDIVIDUO.

Sistema reproductor masculino.

Microfotografía de espermatozoides de humanos.

El sistema reproductor masculino

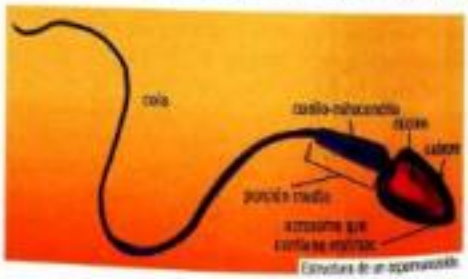
Entre los órganos que forman el sistema reproductor masculino, se pueden distinguir los órganos sexuales primarios y los órganos sexuales secundarios.

Los órganos sexuales primarios son los testículos, y los secundarios son los **conductos genitales**, las **glándulas anexas** y el **pene**.

En los testículos se producen las hormonas sexuales masculinas y las células sexuales.

Durante la gestación, los testículos se desarrollan en el abdomen del embrión, y antes que se produzca el parto, descienden y se alojan en un saco o bolsa llamada **escroto**. Dentro de este saco, que está en la parte externa del cuerpo, los testículos producen **hormonas**, principalmente testosterona, y células sexuales denominadas **espermatozoides**.

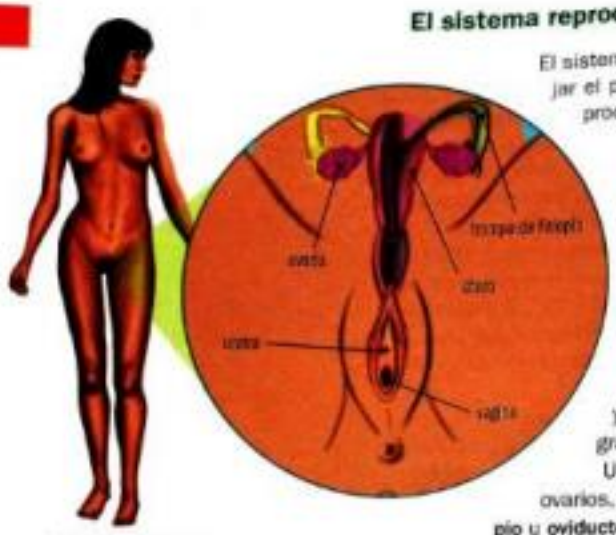
Además de alojar a los testículos, el escroto cumple una función muy importante, ya que ayuda a mantenerlos a una temperatura más baja que la del cuerpo, un par de grados menos que la temperatura corporal, situación que favorece el desarrollo de los espermatozoides. Estos se caracterizan por ser pequeños, comparados con las gametas femeninas, se producen en grandes cantidades y se desplazan.



Estructura de un espermatozoide.

Al describir la estructura de un espermatozoide, se pueden distinguir tres zonas bien diferenciadas: **cabeza**, **cuello** y **cola**. La cabeza es la porción principal de la célula, que se caracteriza por ser una región ensanchada en la cual se aloja el material genético. En ella se destaca una zona prominente llamada **acrosoma**, que contiene sustancias fundamentales para que el espermatozoide fecunde a la gameta femenina. El extremo opuesto a la cabeza es la cola, alargada y delgada, similar a un látigo. El movimiento de la cola impulsa al espermatozoide y permite su encuentro con la gameta femenina, para que se produzca la fecundación. Entre la cabeza y la cola se encuentra el cuello, un engrosamiento de la cola que contiene gran cantidad de mitocondrias que aportan la energía necesaria para el desplazamiento del espermatozoide.

El sistema reproductor femenino



Sistema reproductor femenino.

El sistema reproductor femenino está adaptado para alojar el pene y recibir los espermatozoides, y que pueda producirse la fecundación.

Los órganos que forman este sistema se pueden agrupar en internos y externos. Los órganos internos son los **ovarios**, el **útero**, las **trompas de Falopio** y la **vagina**; y los externos conforman la **vulva**.

Los **ovarios** son los órganos que producen las **gametas femeninas**, llamadas **ovocitos** u **óvulos**. En cada ciclo menstrual, estas gametas son liberadas por los ovarios en poca cantidad (apenas uno o dos ovocitos cada 28 días) y se caracterizan por ser notablemente más grandes que los espermatozoides, e inmóviles.

Una vez que las gametas son liberadas por los ovarios, llegan al útero a través de las **trompas de Falopio** u **oviductos**.

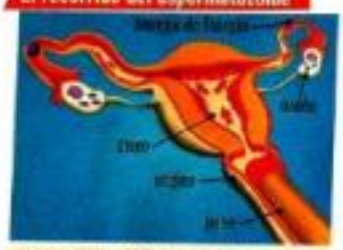
El **útero** es un órgano muscular que participa de manera activa durante el embarazo. Tiene un tamaño similar al de un puño, posee una cavidad en su interior recubierta por una capa epitelial llamada **endometrio** en la que se implanta el embrión. Finalmente, la **vagina** es un órgano tubular cuyas paredes son musculares. La función de la vagina es la de alojar el pene durante la cópula, y es el conducto o canal por donde sale el feto en el momento del **parto**.

Durante la cópula el pene, alojado en la vagina, eyacula el semen que contiene los espermatozoides. Estos se dirigen al útero y, desde allí, hacia las trompas de Falopio.

Tal como muestran las flechas de la imagen, según el camino que sigan los espermatozoides podrán o no encontrar el óvulo y fecundarlo. La fecundación habitualmente se produce en la trompa de Falopio, y allí se formará un cigoto que por mitosis crecerá hasta **implantarse** en el útero al cabo de cinco o seis días posteriores a la fecundación. Si no se produce la fecundación, el óvulo se desintegra, y la parte superficial del endometrio se desprende y se elimina en la menstruación.

Los órganos externos del sistema reproductor femenino son los labios, la abertura vaginal y el clítoris. Todos estos órganos conforman la **vulva**. Además, en la vulva está el orificio de salida de la uretra que, a diferencia de lo que ocurre en los varones, tiene una sola función y es la de eliminar la orina.

El recorrido del espermatozoide



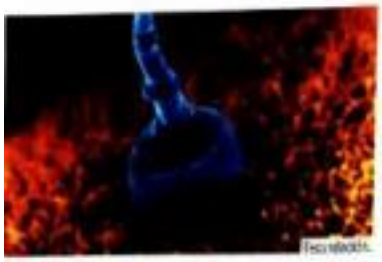
Este es el recorrido de los espermatozoides desde la eyaculación del pene en la vagina. Las flechas indican los posibles recorridos de los espermatozoides que pueden llevarlos o no al óvulo.

Endometrio

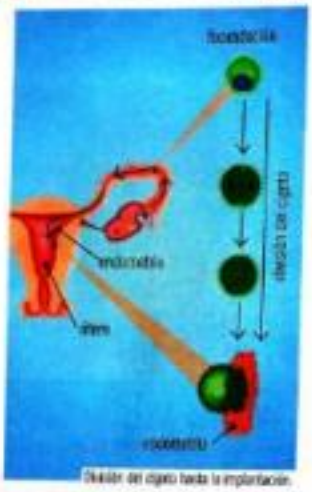
La capa que conforma el endometrio tiene dos partes. La más profunda es permanente, y produce la capa superficial que es transitoria y se renueva en cada ciclo menstrual. En el caso que se produzca el embarazo, esta capa superficial se conservará, ya que en ella se implanta el primer grupo de células que origina el futuro embrión.

CRECIMIENTO Y DESARROLLO EMBRIONARIO

UNA DE LAS MÁS IMPORTANTES FUNCIONES DEL SISTEMA REPRODUCTOR ES LLEVAR ADELANTE LA GESTACIÓN DE UN NUEVO INDIVIDUO. DESDE LA FECUNDACIÓN HASTA EL NACIMIENTO, TIENEN LUGAR GRAN CANTIDAD DE CAMBIOS TANTO EN EL CUERPO DE LA MADRE COMO EN EL HIJO QUE SE ESTÁ GESTANDO.



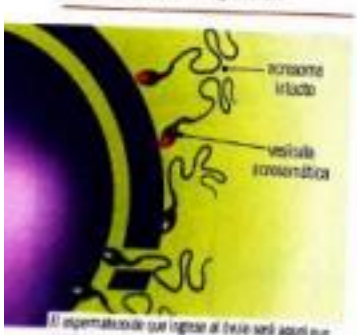
Fecundación.



Desde el cigoto hasta la implantación.

GLOSARIO

cordón umbilical. Tejido formado por membranas del embrión y vasos sanguíneos que conectan a la madre con el feto, para que este se nutra durante su gestación.



El espermatozoide que ingrese al óvulo será aquel que pueda unirse con su membrana. La unión depende de que haya compatibilidad entre estas células.

Fecundación del ovocito

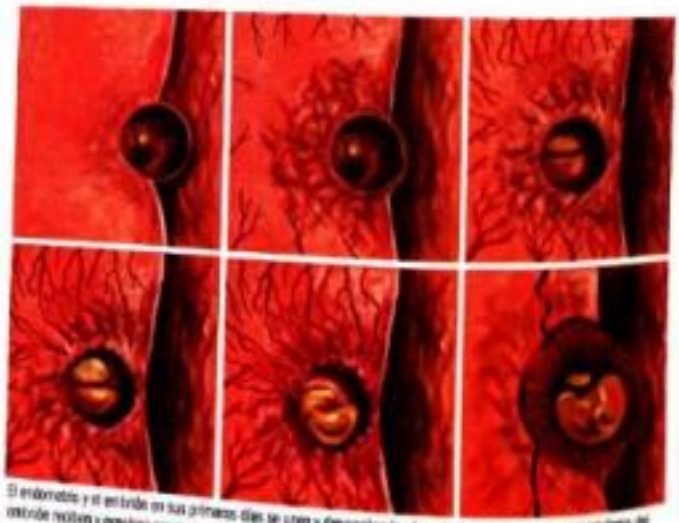
En los mamíferos la fecundación es interna, y el encuentro de las gametas origina un **cigoto**. Para formar esta primera célula, uno de los cientos de miles de espermatozoides que llegan hasta el ovocito será el que ingrese en él. Para que este fenómeno ocurra, es necesaria la intervención de las sustancias que contiene el acrosoma del espermatozoide. Estas sustancias permiten que el espermatozoide atraviese la membrana del ovocito para concretar la fecundación.

Luego de la fecundación, el ovocito modifica su membrana protectora e impide que otros espermatozoides puedan ingresar en él. A partir de esta situación, por sucesivas divisiones mitóticas, el embrión se convierte en una bola hueca cuyas paredes son las células que se formaron por mitosis.

La placenta

El órgano que conecta al bebé y a la madre durante el desarrollo intrauterino se denomina **placenta**. Esta conexión se establece mediante el cordón umbilical. La función de la placenta es permitir la nutrición del bebé, ya que a través del cordón umbilical la placenta aporta nutrientes y recoge los desechos.

Cuando el embrión se implanta en el endometrio del útero materno, se transforma y, junto con tejidos que desarrolla el nuevo individuo, constituyen la placenta. Por esta razón se considera que la placenta es un órgano mixto, porque está formado por tejidos de la madre y del bebé. Además, es un órgano transitorio ya que será funcional hasta que el bebé complete su **gestación**.



El endometrio y el embrión en sus primeros días se unen y desarrollan la placenta. Los denudos vasos sanguíneos del embrión rodean y expulsan sangre materna y fetal, respectivamente.

© Editorial Santillana del Pacífico S.A. - Prohibida su fotocopia. Ley 11.723

Crecimiento y desarrollo embrionario en los humanos

Durante la etapa gestacional o **embarazo**, el embrión crece y se desarrolla. La gestación culmina cuando se produce el **parto**, y el recién nacido comienza su vida independiente de la madre.

		Cambios en la madre embarazada	Cambios en el nuevo individuo
EMBARAZO – 1.er trimestre	Semanas 0 a 6	Crece el tamaño del útero, que presiona la vejiga y aumenta la sensación de ganas de orinar. Se forma la placenta, un órgano transitorio para la nutrición del embrión, compuesto por tejidos de la madre y del embrión.	El blastocisto crece por mitosis dentro del útero. Durante la primera semana se implanta en el endometrio. Comienzan a formarse los órganos, el corazón empieza a latir.
	Semanas 7 a 10	Aumenta la cantidad de hormonas relacionadas con la gestación, que modifican el aspecto corporal y el estado de ánimo.	El embrión mide 2,5 cm y pesa 3 gramos. El corazón late 140 veces/minuto.
	Semanas 11 a 14	Comienza a abultarse el abdomen y aumenta el volumen de sangre para nutrir al feto. El útero alcanza el tamaño de una naranja, y la placenta comienza a cumplir funciones de nutrición en el feto.	Ahora el embrión se denomina feto y comienza a desarrollarse. Al finalizar el primer trimestre, mide 14 cm y pesa 115 gramos.
2.do trimestre	Semanas 15 a 18	Hay cambios en la pigmentación de las mamas y del abdomen, aparece una característica "línea negra" a lo largo. El útero es del tamaño de un melón. Aumentan las funciones de la placenta.	El rostro del feto adquiere las facciones humanas. En este momento, es posible determinar el sexo. No se modifica su altura, pero aumenta notablemente su peso.
	Semanas 19 a 22	Los movimientos del bebé son percibidos por la madre. Aumenta su apetito, y su peso corporal se incrementará hasta 500 gramos por semana. Se incrementan las frecuencias cardíaca y respiratoria.	La altura es de 19 cm y sigue aumentando su peso hasta alcanzar los 600 gramos. Sus sistemas respiratorio y digestivo no están completos, por lo que no podría sobrevivir fuera del útero materno.
	Semanas 23 a 26	Sigue aumentando el tamaño del útero, por esta razón se incrementa la presión sobre el tórax. También se agrandan las mamas. Por la retención de líquidos y el aumento del peso, los dolores en las articulaciones son más frecuentes.	Comienza a aumentar notablemente el peso corporal, y se desarrollan conductas de sueño y vigilia, duerme casi siete horas diarias. Al finalizar el segundo trimestre, medirá 26 cm y pesará 820 gramos.
3.er trimestre	Semanas 27 a 30	Comienzan leves contracciones de la musculatura uterina, y las glándulas mamarias producen el calostro, un fluido acuoso y dulce que será el primer alimento del bebé.	El bebé ha desarrollado su sistema nervioso, por lo cual controla el funcionamiento de su cuerpo, por ejemplo, regula su temperatura corporal. Mide 28 cm y pesa 1,5 kg. Al finalizar el séptimo mes se producirá el encaje, es decir, invertirá su posición, y su cabeza se ubicará en la pelvis materna.
	Semanas 31 a 34	Aumenta la presión arterial, y la pigmentación del abdomen es mayor, especialmente en la "línea negra". El aumento del útero presiona sobre las paredes del abdomen, y el ombligo sale hacia afuera.	Su peso corporal es de 2,5 kg y mide 32 cm. Su sistema respiratorio está desarrollado, pero todavía no podría respirar el aire atmosférico.
	Semanas 35 a 40	El útero alcanza el tamaño de una sandía. El calostro puede fluir espontáneamente hacia fuera de las mamas.	Aumenta la actividad de las hormonas que lo preparan para el nacimiento. Su tamaño es de 50 cm, y su peso está entre 3 y 4 kg.

Segunda etapa del primer trimestre.

Tercera etapa del segundo trimestre.

Tercera etapa del tercer trimestre.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA

El nacimiento en los humanos

Una vez que se produce el crecimiento y el desarrollo de los nuevos individuos en el útero materno, estos se encuentran en condiciones de **nacer**, que es salir del vientre materno mediante el **parto**, proceso por el cual se expulsa al feto al exterior.

Para iniciar el parto, durante el último trimestre del embarazo, las paredes musculares del útero se engrosan y producen **contracciones**. Al principio, estas contracciones son muy débiles y poco frecuentes, pero en la medida que avanza el tercer trimestre se hacen más intensas y frecuentes. El aumento de la intensidad y la frecuencia está directamente relacionado con la acción de expulsar o **parir** al nuevo individuo.

Fases del parto

El parto puede dividirse en tres fases:

Dilatación

Por las ondas de contracción, el útero se estira o dilata. Estas contracciones van empujando al feto, cuya cabeza se encaja cada vez más en el cuello del útero o cérvix. Este desplazamiento culminará cuando la bolsa formada por las membranas que rodean al feto comience a atravesar el cuello uterino y, por la presión que se genera en la zona, se desgarre y se rompa. Como consecuencia de esto, el líquido amniótico en el que se encuentra inmerso el feto es liberado por la rotura de la bolsa.

Dilatación.

Expulsión y nacimiento

Cuando se produce la expulsión, las contracciones son de gran intensidad y muy frecuentes. De esta manera, las contracciones generan ondas que empujan al feto a través del canal de parto, que en esta etapa ya se encuentra totalmente dilatado. Mientras ocurre este desplazamiento, el feto gira hacia abajo, sale al exterior y se produce el nacimiento. El siguiente paso será cortar el cordón umbilical y separar al bebé de su madre.

Expulsión.

Nacimiento.

Alumbramiento

Luego de que el feto es expulsado, se produce el alumbramiento, que consiste en la expulsión de la placenta, la bolsa que rodeaba al bebé y el cordón umbilical.

Alumbramiento.

Interpretación de textos

El parto es una acción que se asocia con la imagen de la futura mamá recostada boca arriba en una camilla. Millones de mujeres han dado a luz de esta forma, en una posición denominada *ginecológica* o *decúbito dorsal*. Sin embargo, según estudios científicos actuales, la posición fisiológicamente más saludable es la de estar de pie, de rodillas o en cuclillas. El ginecólogo brasileño Nilgaus Pacornik, que estudió las costumbres indígenas en el Brasil, llegó a la conclusión de que las mujeres pertenecientes a las tribus tenían un mejor estado genital que las mujeres "civilizadas" de la ciudad, pese a haber parido más veces. La explicación del médico para este fenómeno remite a la postura que adoptan unas y otras al momento de dar a luz.

ACTIVADOS

1. Existe la creencia de que más de un espermatozoide puede fecundar a un ovocito. ¿Por qué podrían afirmar que esto no es así?
2. ¿En qué se parecen y en qué se diferencian los metaterios y los euterios?
3. ¿Cuál es la función de la placenta? ¿Qué particularidad tiene este órgano?

NOS HACEMOS PREGUNTAS

¿Qué es Rex, el hombre biónico?

Rex es un prototipo creado por un equipo experto en robótica. Todos sus órganos han sido creados en un laboratorio y pretende demostrar que la tecnología médica es capaz de sustituir eficazmente ciertas partes del cuerpo.

OPINA. ¿Crees que en los próximos años se podrá construir una persona biónica con todos los órganos artificiales? Explica por qué.

La tráquea es un tubo artificial igual al que se implanta en personas que padecen cáncer.

Las gafas de Rex tienen una cámara que capta imágenes que se envían a los microchips de una retina artificial, igual a las que se utilizan para hacer implantes en pacientes reales.

Los órganos internos, como el páncreas, el bazo y los riñones, aún no están del todo técnicamente desarrollados.

En 2017 se espera conseguir un riñón artificial que realmente pueda sustituir a un riñón enfermo.

El corazón es una válvula que bombea la sangre artificial a todo el cuerpo. Fue diseñado para sustituir al corazón humano en pacientes que esperan un trasplante.

Las extremidades son prótesis artificiales que responden a estímulos eléctricos y permiten el movimiento.

Los dedos pueden doblarse en cada articulación y asir objetos con una fuerza variable.

CLAVES PARA EMPEZAR

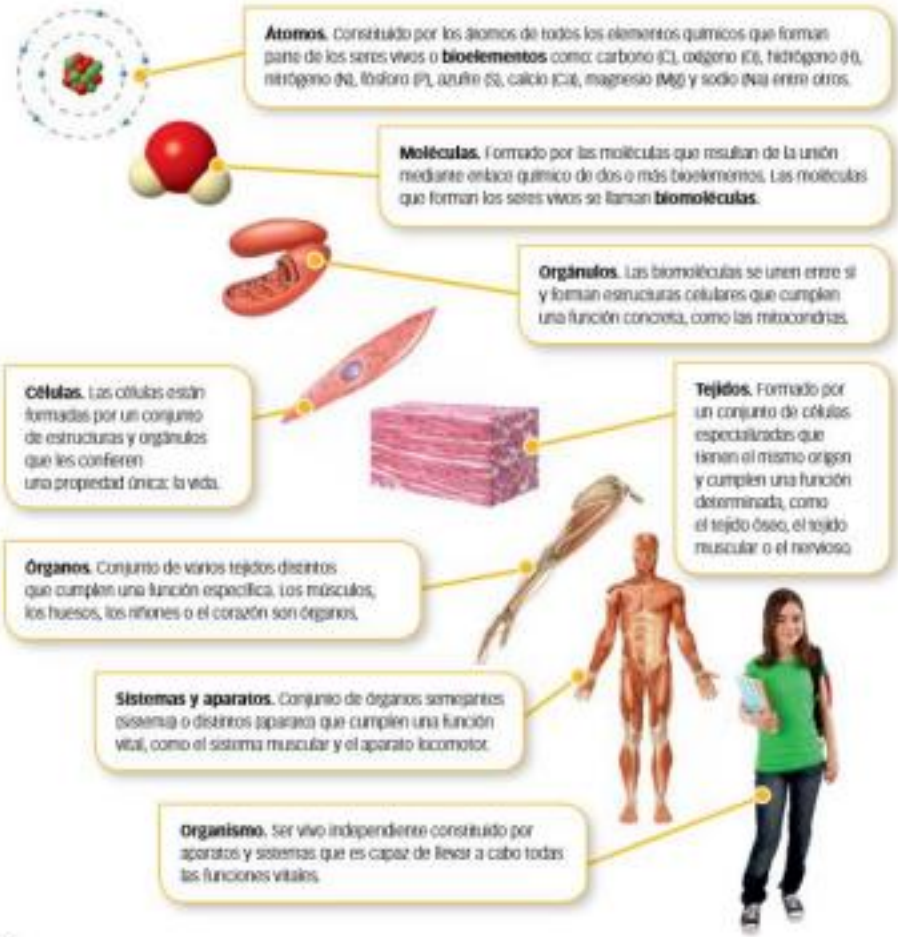
- ¿Cuáles son las unidades básicas que forman los seres vivos?
- ¿Qué tipo de células presentan las bacterias?
- ¿Qué diferencia un tejido de un órgano?
- ¿Cuáles son las funciones vitales? Di el nombre de un órgano y de un sistema que participe en cada una de ellas.

CLAVES PARA ESTUDIAR

- Diferenciar los niveles de organización de los seres vivos.
- Conocer los bioelementos y los biomoléculas.

1 Los niveles de organización

Todos los seres vivos estamos dotados de un conjunto de estructuras que cumplen unas funciones específicas.

Las unidades que forman un ser vivo presentan distintos grados de complejidad que denominamos **niveles de organización**, en el que cada nivel es estructural y funcionalmente más complejo que el anterior.

Ordenados de menor a mayor complejidad, en un ser humano se pueden distinguir los siguientes niveles de organización: