

BIOLOGÍA

CÓMO FUNCIONAN LAS CÉLULAS

INTRODUCCIÓN

Las ciencias biológicas estudian a los seres vivos. No pretenden definir un concepto de vida sino describir y explicar las características y procesos de los seres vivos. Para comprender estos fenómenos, durante el siglo XIX se desarrollaron tres teorías principales: la Teoría Celular, la Teoría de la Herencia y la Teoría de la Evolución. Por lo anterior, la propuesta que se presenta incluye las ideas centrales para este nivel de estudio: 1) Biología celular, biología molecular y bioquímica, 2) Genética y 3) Evolución. El tema 4) Ciencia y sociedad, que trata del impacto social del conocimiento biológico-científico, y el 5) Ciencias de la salud, que explica el conocimiento más detallado de la especie humana y su salud, completan los temas del área biológica de las ciencias naturales.

Los temas anteriores se abordan como tales en otros niveles educativos, pero comienzan a ser mencionados desde la educación básica. Las tres teorías principales de la Biología —la teoría celular, la teoría de la herencia y la teoría de la evolución, como ya se dijo— explican tres conceptos biológicos fundamentales relacionados unos con otros: 1) ¿cuál es la unidad mínima que reúne las propiedades de un ser vivo?, 2) ¿a qué se debe que los descendientes de una generación sean parecidos a los de la generación anterior?, y 3) ¿hay relación de parentesco entre diferentes seres vivos en la naturaleza?

La teoría celular determinó que todos los seres vivos están formados por células, que son las unidades más pequeñas que tienen propiedades de seres vivos, y que toda célula proviene de otra célula. La teoría de la herencia explica que los miembros de diferentes generaciones se parecen por la presencia de biomoléculas, algunas de las cuales tienen la propiedad de autocopiarse y que en conjunto con otros factores definen las características de los organismos, incluido su comportamiento, aunque en éste tiene una partici-

ACTIVIDAD



Concepto de vida (para menores de 8 años) | Es difícil definir el concepto de vida. Sin embargo, intuitivamente podemos diferenciar entre un objeto vivo y uno carente de vida. La siguiente actividad tiene el objetivo de lograr que los niños se familiaricen con las características de los objetos que estudia la biología.

Pedir a los alumnos que lleven una planta pequeña, un insecto, una piedra de río, un pedazo de barro, una pequeña rama con hojas verdes, una piedra de origen volcánico (tezontle), una concha de mar, un pedazo de obsidiana o algún otro vidrio natural. En el aula los alumnos deben separar los objetos vivos de los no vivos y enumerar las características que los distinguen. Discutir sobre los resultados.

pación muy importante el ambiente. La teoría de la evolución explica que los seres vivos se han transformado a través del tiempo y que todas las especies tienen parecido en mayor o menor grado porque descienden de un ancestro común.

FUNCIONES BÁSICAS DE LOS SERES VIVOS

En este primer capítulo se desarrollan los temas de la respiración, la nutrición y la reproducción, tres funciones básicas de los seres vivos.

Asimismo, se estudian las funciones de la respiración, además del intercambio gaseoso y la forma de obtener energía, cómo se mantiene la vida por el proceso de nutrición y los cambios que sufren los organismos en el mundo, es decir, el desarrollo de plantas y animales —incluido el hombre—, las células reproductoras —óvulo y espermatozoide—, la manera en que se reproducen los seres vivos y las causas del proceso. Se utilizan términos del lenguaje científico.

Respiración

Procesos de respiración para la obtención de energía

La respiración es una función básica de los sistemas vivos porque permite obtener energía mediante la degradación u oxidación de los nutrientes contenidos en los alimentos para transformarla en la molécula adenosina trifosfato o ATP que, a su vez, proporciona la energía para realizar las reacciones químicas de las células de los seres vivos. El ATP es la “moneda” energética con la que se realizan todas las reacciones que se llevan a cabo en las células. El metabolismo de todos los seres vivos incluye algún tipo de proceso o rutas metabólicas que permiten obtener la energía a partir de la degradación de ciertos compuestos de carbono, con una consecuente producción de dióxido de carbono (CO_2).

Los primeros organismos que surgieron en la Tierra lo hicieron en condiciones muy diferentes de las que existen actualmente, por eso nos referiremos a ella como la Tierra primitiva. Entonces no había oxígeno, por lo que los primeros organismos obtenían su energía sin emplear ese gas, por eso los llamamos anaerobios. Actualmente existen organismos anaerobios, descendientes de aquellos que existieron hace aproximadamente 3 800 millones de años. Cuando se originó el proceso de la fotosíntesis, el oxígeno comenzó a acumularse en la atmósfera primitiva, de tal manera que hace aproximadamente 2 000 millones de años existía ya una cantidad apreciable de oxígeno en la atmósfera. En el Precámbrico el oxígeno era tóxico para la mayoría de los organismos; los que lograron sobrevivir y se adaptaron a la presencia de ese gas, desarrollaron una diversidad de estructuras para utilizarlo en la respiración celular.

La mayoría de los organismos, como los protistas, los hongos, las plantas y los animales, incluidos los humanos, requerimos de la presencia de oxígeno para el proceso, ya que tenemos respiración aerobia.

Dado que tanto la respiración anaerobia como la aerobia implican la eliminación de dióxido de carbono (CO_2) y la aerobia requiere de la incorporación de oxígeno (O_2), es común que se les nombre a ambas respiración, pero no debe confundirse el intercam-

bio gaseoso (respiración externa) con la respiración celular; ambos procesos ocurren en forma paralela.

En los organismos unicelulares el intercambio gaseoso no representa mayor problema porque los gases se difunden a través de la membrana celular hacia el entorno, pero en los organismos pluricelulares en los que todas las células respiran pero no todas tienen acceso hacia el exterior, es necesario distinguir dos niveles: uno, los mecanismos para hacer llegar el oxígeno a las células y eliminar el bióxido de carbono de nuestros cuerpos (nivel macro), y dos, lo que sucede en las células (nivel micro). En ambos es fundamental reconocer la interrelación de los sistemas respiratorio y circulatorio. En el caso del hombre estos sistemas serán discutidos más adelante.

El sistema respiratorio participa en la *respiración externa* y la *respiración interna*. La primera corresponde al intercambio de gases que se da en los pulmones entre el aire y la sangre; la segunda se refiere al intercambio de gases que se efectúa entre las células del cuerpo y la sangre que está en los capilares; finalmente, cuando el oxígeno llega a las células tiene lugar el proceso más importante: la *respiración celular*, que consiste básicamente en utilizar la energía que aparece en los enlaces de los compuestos del carbono, como los carbohidratos, para transferirla a la síntesis de la molécula energética por excelencia: el ATP, sin la cual es imposible efectuar cualquier función celular, por ejemplo, el transporte de sustancias a través de la membrana celular, la contracción muscular o la elaboración de distintos compuestos celulares.

En los organismos que han desarrollado un sistema respiratorio, éste se subdivide en dos porciones: la que conduce el aire y la que está comprometida con el intercambio gaseoso. Por ejemplo, en los vertebrados como los mamíferos que respiran fuera del agua —*respiración externa*—, el pulmón es el órgano adaptado para hacer el intercambio de gases entre la atmósfera y la sangre. El aire entra por la nariz o por la boca y sigue por la faringe, una región en forma de embudo que se une con la laringe en la que se localizan dos pliegues de tejido, las cuerdas vocales, las cuales nos permiten emitir todo tipo de sonidos. La laringe desemboca en la tráquea, que se divide en dos bronquios, los cuales a su vez se van dividiendo en tubos cada vez más delgados: bronquiolos, bronquiolos terminales y bronquiolos respiratorios que desembocan en millones de sacos interconectados llamados alvéolos que están rodeados por numerosos capilares arteriales y venosos. Los bronquiolos terminales, los respiratorios y los alvéolos constituyen la porción respiratoria del pulmón; estos pequeños sacos formados por una sola capa de células en contacto con la única capa de células de los capilares permiten la difusión rápida del oxígeno y del dióxido de carbono, es decir, el intercambio gaseoso entre el O_2 y el CO_2 .

En la *respiración interna* la sangre sin oxígeno —es decir, cargada de dióxido de carbono— que llega al corazón procedente de todo el cuerpo, es conducida a los pulmones por las arterias pulmonares; al llegar a los alvéolos, el dióxido de carbono disuelto en el plasma se difunde hacia su interior, mientras que el oxígeno proveniente del exterior y que ha sido conducido hasta los alvéolos, sigue el camino opuesto para entrar a los eritrocitos y fijarse en la hemoglobina.

Este proceso de difusión responde a condiciones comunes para los mecanismos de transporte pasivo que ocurren en todas las células; las moléculas que se difunden siempre lo hacen en el sentido del gradiente, esto es, del lugar donde existe mayor concentración hacia el de menor concentración; esto es justamente lo que sucede en todos los

puntos donde los capilares sanguíneos, y las células o líquidos que transportan, entran en contacto con las células formadoras de los distintos tejidos.

Es importante señalar que el oxígeno y el dióxido de carbono tienen una gran importancia para el mantenimiento de la vida y están estrechamente relacionados, pues el oxígeno es producido principalmente por la fotosíntesis de las plantas, algas y algunas bacterias, y es removido de la atmósfera por la actividad respiratoria de los organismos aerobios y por la acción oxidante que ejerce sobre diversos compuestos, por ejemplo, sobre los minerales. El dióxido de carbono, un subproducto de la respiración, es utilizado por los organismos que tienen clorofila para sintetizar azúcares en la fotosíntesis, y con esto se cierra el ciclo biogeoquímico del oxígeno-dióxido de carbono. De lo anterior se deduce que el mantenimiento de la mayor parte de los seres vivos se debe sobre todo al equilibrio entre estos dos gases fundamentales.

Intercambio gaseoso en los sistemas vivos

En el nivel micro es sencillo encontrar similitudes en el proceso de difusión e intercambio de gases, pero no ocurre lo mismo en los sistemas que permiten la conducción de los gases desde el ambiente hacia el interior de los organismos; durante su evolución los seres vivos han desarrollado diversas estructuras que responden a las características del ambiente.

Los primeros organismos unicelulares y pluricelulares aerobios vivían en el agua y extraían el oxígeno disuelto en ella. Actualmente, bacterias, protistas, esponjas y gusanos obtienen el oxígeno directamente por difusión, a través de sus membranas; no necesitan de estructuras especiales porque la distancia que existe entre el interior de la célula y el ambiente externo es muy pequeña.

En el agua: branquias | En el agua la concentración de oxígeno es mucho menor que la del aire, por ello las branquias de los organismos acuáticos comparten una amplia superficie de contacto con el agua y están irrigadas para atrapar fácilmente el oxígeno y liberar el bióxido de carbono (CO_2).

En los peces las branquias están protegidas por el opérculo, un hueso plano, largo y móvil, que empuja el agua hacia las branquias y aumenta la captura de oxígeno.

Los peces cartilaginosos, como tiburones y rayas, no poseen opérculo sino una serie de aperturas visibles a los lados del cuerpo, por donde sale el agua y se expelen el CO_2 . Al nadar, los tiburones abren la boca para hacer llegar el agua a las branquias para la oxigenación; por esta razón deben permanecer en movimiento.

Muchos invertebrados, como las estrellas de mar (equinodermos), los cangrejos (crustáceos) y las almejas (moluscos), poseen también branquias. Debido a que la mayoría de los grupos de animales ya estaban presentes en el periodo Cámbrico, podemos deducir que la respiración por branquias se originó al menos hace 540 millones de años.

En la tierra: pulmones y tráqueas | La respiración pulmonar es bien conocida por ser el mecanismo empleado por los seres humanos como ya se describió antes; sin embargo, existen otros mecanismos para intercambiar los gases. Uno de ellos es empleado por los anfibios, que pasan una parte de su vida en el agua y otra en el medio terrestre. Estos organismos, cuando son larvas o renacuajos, obtienen el oxígeno del agua y en

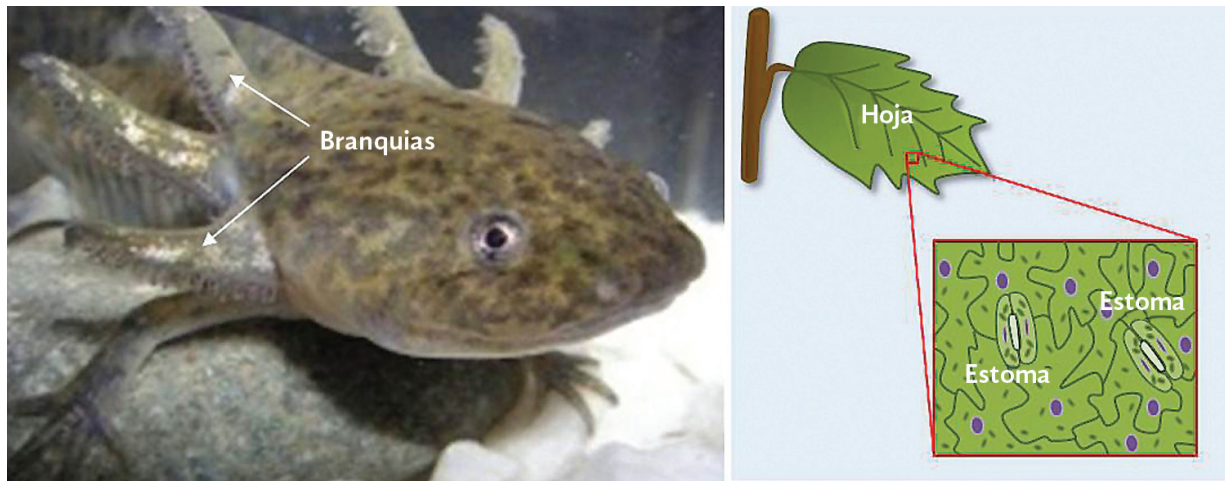


Figura 1 | Intercambio de gases en diferentes organismos. Por ejemplo, las branquias o agallas en anfibios como el ajolote y los estomas en plantas son estructuras que permiten el intercambio de gases que hacen accesible el oxígeno a las células.

este estadio tienen branquias. Durante la metamorfosis desarrollan los pulmones y empiezan a tomar el oxígeno de la atmósfera.

Los anfibios también respiran por la piel, que es húmeda y tiene muchos vasos sanguíneos, lo cual favorece el intercambio de gases. Su piel se mantiene húmeda gracias a que células especializadas secretan moco. Los anfibios fueron los primeros organismos vertebrados terrestres con cuatro extremidades; los fósiles de anfibios primitivos se han encontrado en rocas de finales del periodo Devónico, hace unos 300 millones de años, tiempo en el que evolucionó la respiración pulmonar.

Las aves tienen pulmones, pero a diferencia de los mamíferos carecen de diafragma, por tanto no pueden ventilar los pulmones mediante la acción de este músculo. Para mantener un flujo constante de aire fresco en los pulmones, las aves poseen los llamados *sacos aéreos*. Esta adaptación es muy importante porque el vuelo de las aves implica una alta demanda de energía y por lo tanto de oxígeno. Otra diferencia importante es que mientras que el intercambio de gases en los mamíferos se realiza en los alvéolos pulmonares, en las aves se hace en tubos muy vascularizados que se ramifican a partir de los pulmones.

Otro tipo de estructura son los llamados “pulmones libro” de las arañas y alacranes, que son esencialmente tráqueas adaptadas para el intercambio de gases en el medio terrestre. Su nombre se debe a que las tráqueas parecen las hojas de un libro, pero esta estructura no tiene relación con los pulmones de los vertebrados. Las “hojas de este libro” incrementan la superficie de irrigación por hemolinfa, que es la sangre de los invertebrados.

Muchos invertebrados terrestres efectúan el intercambio gaseoso por medio de tráqueas, es decir, tubos que se ramifican dentro del animal para conducir el oxígeno a los órganos; los tubos más pequeños, denominados traqueolas, penetran la célula y son sitios de difusión de agua, oxígeno y CO_2 . El sistema de tubos puede desembocar en sacos de aire, como ocurre en insectos. La entrada del aire se hace a través de los espiráculos.

Las plantas | La respiración en las plantas tiene el mismo propósito que en los animales: extraer energía de las moléculas nutritivas (carbohidratos o azúcares, proteínas y lípidos o grasas) para crecer y sobrevivir: reacciones que requieren oxígeno y que producen ATP y como subproductos de desecho, agua y dióxido de carbono (CO_2).

Las plantas pueden tomar oxígeno por las hojas, tallos y raíces, sin embargo son las hojas el principal órgano para el intercambio de gases. El oxígeno entra en la hoja por unos poros especiales en su superficie llamados estomas. El oxígeno penetra en la hoja por *difusión*, es decir, pasa de un medio de alta concentración (el aire) a otro de menor concentración (la hoja). En sentido contrario, el CO₂ y el vapor de agua se difunden hacia la atmósfera por los estomas.

La difusión de los gases en los tallos se lleva a cabo por unos poros llamados lenticelas. Las raíces también respiran, el oxígeno se difunde desde el aire contenido en el suelo, así que cuando una planta está en un lugar inundado, la concentración de oxígeno disminuye drásticamente y la respiración de las raíces se reduce, lo cual puede matar a la planta.

Respiración celular

La respiración celular, en la mayoría de los organismos, necesita del oxígeno —de ahí el nombre de respiración aerobia— y de glucosa, que se utiliza como combustible principal; sin embargo, en ausencia o escasez de glucosa, las células pueden usar otras sustancias, como las grasas o los aminoácidos, como ocurre cuando las personas padecen diabetes.

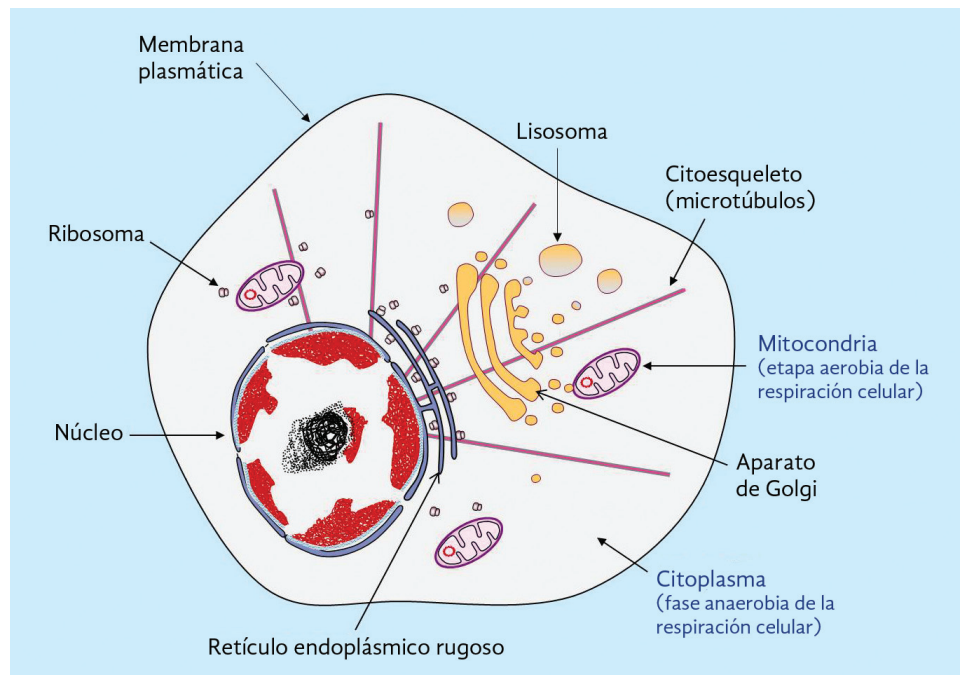


Figura 2 | La respiración celular consta de una fase anaerobia o glucólisis que ocurre en el citoplasma y otra fase aerobia que utiliza oxígeno y ocurre en la mitocondria, un organelo que se presenta en varias copias dentro de cada célula eucarionte. En ambas rutas se produce la principal molécula energética o ATP, aunque se produce más en la mitocondria.

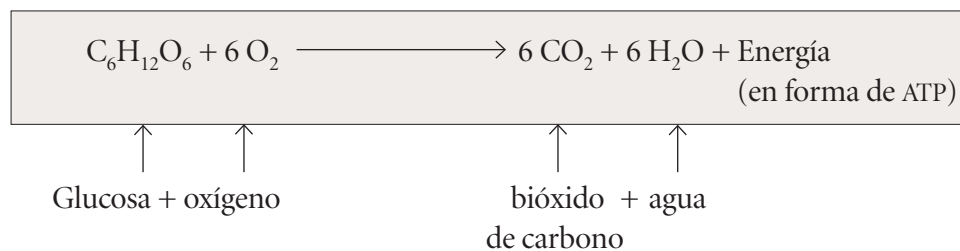


Figura 3 | Ecuación de la oxidación de la glucosa, la respiración aerobia que produce energía en forma de la molécula de ATP.

Cuando se usa glucosa, previamente se efectúa una ruta metabólica en el citoplasma de las células denominado glucólisis, y no requiere de oxígeno; se trata por lo tanto de un proceso anaerobio. El nombre de glucólisis etimológicamente significa destrucción de la glucosa y durante este proceso una molécula de glucosa de seis carbonos se divide en dos moléculas de tres carbonos cada una (ácido pirúvico) y en el proceso se forman dos moléculas de ATP.

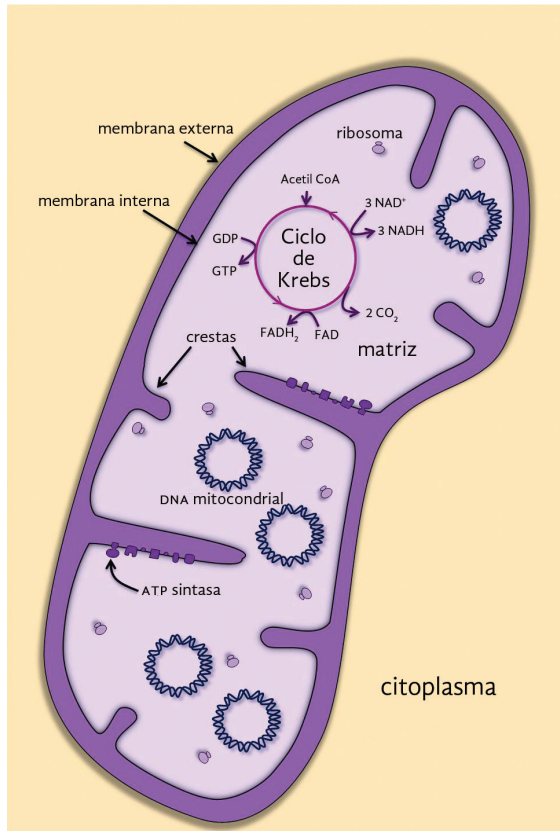


Figura 4 | Esquema de la mitocondria. La mitocondria es un organelo rodeado de dos membranas dentro de la célula. En él se produce gran cantidad de energía a través de reacciones químicas. Éstas se conocen como Ciclo de Krebs, y se llevan a cabo en la matriz y durante la cadena respiratoria que ocurre en las crestas. En la mitocondria hay una porción de ADN de la especie.

sus hidrógenos para quedar finalmente como dióxido de carbono.

Los hidrógenos son almacenados en moléculas aceptoras que los cederán a las proteínas transportadoras de electrones (e^-) localizadas en la membrana interna.

Estos hidrógenos se descomponen en electrones y protones. La estructura de la membrana interna de la mitocondria se pliega y en ella se encuentran las proteínas que transportan los electrones hasta el oxígeno. Conforme avanzan, los electrones liberan energía que se aprovecha para “bombear” los protones hacia el espacio intermembranal. Estos protones regresarán a la matriz a través de una nanomáquina idéntica a la que hay en los cloroplastos y que forma ATP (ATP sintasa). Finalmente, los electrones (e^-) y los protones (H^+) de los hidrógenos de la glucosa se unen con el oxígeno para formar agua.

Al retomar la ecuación de la respiración podemos concluir que:

- La glucosa cede sus hidrógenos para que sean utilizados en la formación de ATP; cuando la glucosa se oxida completamente se forma dióxido de carbono (CO_2).
- En el proceso de respiración celular los hidrógenos de la glucosa se unen al oxígeno para formar agua (H_2O); el dióxido de carbono sale de las células y penetra a los ca-

Cuando hay suficiente oxígeno en las células, las dos moléculas de ácido pirúvico se introducen en la mitocondria, donde se lleva a cabo la verdadera respiración celular.

Las mitocondrias son los organelos celulares que pueden considerarse centrales energéticas, en las que se produce la mayor parte del ATP. El proceso para la formación del ATP es muy complejo y en él participan numerosas sustancias.


Un análisis rápido de la ecuación nos muestra que el oxígeno es el aceptor final de los hidrógenos de la glucosa, por lo que al final se forma agua; por su parte, la glucosa sin hidrógenos queda como CO_2 . Pero lo que conocemos como ecuación de la respiración celular sólo nos dice con qué sustancias iniciamos el proceso y cuáles son las sustancias finales, pero no nos indica cómo se lleva a cabo y por tanto, observar la ecuación no permite apreciar su complejidad.

Las mitocondrias tienen dos membranas: una externa que está en contacto con el citosol —citoplasma— y otra interna que rodea un espacio llamado matriz. Entre las dos membranas se localiza el espacio intermembranal. En la matriz, el piruvato se oxida gradualmente en una ruta metabólica llamada Ciclo de Krebs, y pierde


pilares venosos. Cuando la sangre venosa llega a los pulmones, el dióxido de carbono atraviesa por difusión la pared de los capilares y la pared de los alvéolos y es inmediatamente expulsado al exterior.

Las plantas realizan fotosíntesis, es decir, fijan el carbono atmosférico (CO_2) y producen azúcares (glucosa), pero durante la respiración también consumen glucosa. Se calcula que algunas plantas pueden consumir 25% del carbono fijado. Cuando la cantidad de carbono consumido en la respiración es igual al producido por fotosíntesis, se dice que la planta está en el punto de compensación. Siempre que una planta esté arriba del punto de compensación habrá un excedente de alimento.

ACTIVIDAD

 **Células** (9-12 años) | Elabore un esquema de una célula animal, una vegetal, una de hongo, una de protozooario y una de bacteria. Señale dos características en las que se parecen y dos en las que se distinguen.

ACTIVIDAD

 **Fotosíntesis** (9-12 años) | Tome varias hojas de una planta. Macérelas entre sus manos. Absorba el líquido resultante con un pañuelo desechable. ¿Se pintó el papel de algún color? ¿De dónde salió ese color? ¿Cómo se llama la sustancia de ese color? ¿Cuál será la función de ese color en las hojas?

Respiración y salud

El sistema respiratorio, al estar en contacto directo con el exterior de nuestro cuerpo, está sujeto a la acción de diversos agentes nocivos: el aire frío de la temporada invernal, el polvo, el polen —que causa alergia en personas sensibles— y diversas sustancias contaminantes como el mercurio o las que se encuentran en el humo de los cigarrillos, y a la presencia de virus y bacterias. Las partículas grandes son fácilmente eliminadas con el aire respirado o pueden quedar atrapadas en el moco que producen las células que recubren los conductos respiratorios, y por medio de los cilios de algunas de estas células, el moco es conducido hacia la boca y de ahí es escupido o deglutido. Las más pequeñas, como los virus o bacterias o el dióxido de azufre del humo de los cigarrillos, son las más peligrosas pues se quedan en el pulmón durante más tiempo y pueden fijarse a las paredes, causando daños diversos; el dióxido de azufre, por ejemplo, paraliza momentáneamente los cilios permitiendo que otras sustancias o agentes infecciosos se fijen en las células del epitelio.

Además del recubrimiento de capilares, los alvéolos tienen unas células especiales llamadas macrófagos cuya función es la de fagocitar el polvo, bacterias o virus que escapan a la acción de filtrado ejercida en la región superior del sistema respiratorio.

Cuando los mecanismos de defensa con que cuenta el sistema respiratorio no funcionan correctamente sobrevienen numerosas enfermedades que van desde simples resfríos hasta problemas graves como la neumonía, que puede causar la muerte. Las infecciones causadas por virus o bacterias se localizan en diversos niveles del sistema respiratorio y reciben su nombre por el sitio afectado: faringitis, laringitis, bronquitis o neumonía; el virus de la influenza o gripe afecta los bronquios.

Nuestro organismo tiene defensas naturales en contra de las enfermedades producidas por virus, bacterias y parásitos; sin embargo, puede suceder que el ataque de estos

organismos sea tan fuerte que nuestras defensas no alcancen a contrarrestarlo. Afortunadamente, uno de los logros de la tecnología relacionada con la salud ha sido el desarrollo de vacunas y sueros que nos permiten adquirir defensas artificiales que han disminuido el riesgo de enfermedades infecciosas.

Un problema respiratorio relativamente común es el asma, que se caracteriza por la constricción de los bronquiolos y la producción de moco que dificultan el intercambio gaseoso; se presenta frecuentemente como resultado de alergias al polen, al polvo, a los pelos de las mascotas, o a ciertos alimentos como el huevo, el chocolate o la leche. Aunque los niños son particularmente sensibles a esta enfermedad, también los adultos suelen padecerla. Con cuidado médico adecuado las personas asmáticas pueden llevar una vida normal: para evitar la constricción de los bronquiolos se utilizan inhaladores con una hormona que impide el colapso de los mismos; la administración de otro tipo de medicamento disminuye la inflamación crónica que es característica de este padecimiento.

El exceso de sustancias contaminantes en el aire que respiramos y el humo de los cigarrillos puede causar bronquitis crónica, una enfermedad que se presenta principalmente en personas entre los 40 y 60 años, aunque la edad en que aparece depende de la cantidad de contaminantes que se inhalen. Las paredes de los bronquios expuestas constantemente a las sustancias contaminantes se irritan y se inflaman, disminuyendo el diámetro de los pasajes aéreos. Las personas afectadas producen un moco abundante y espeso que no puede ser desalojado por la tos persistente debido a que los cilios de los pasajes aéreos, con frecuencia están inmovilizados por las sustancias contaminantes. Además, la disminución del diámetro de los bronquios aumenta la presión del aire en el interior de los pulmones; cuando existe una diferencia grande entre la presión interna y externa, la respiración se dificulta mucho.

Otro cuadro que puede resultar de la inhalación excesiva de contaminantes atmosféricos y por el humo del cigarrillo es el enfisema, una enfermedad progresiva e incurable, en la que se produce una degeneración de los alvéolos; al romperse las paredes de estos sacos, el intercambio de oxígeno por dióxido de carbono disminuye provocando una disminución drástica de la capacidad respiratoria. Al mismo tiempo, el corazón empieza a trabajar más para compensar la reducción en la actividad respiratoria, lo que conduce fatalmente a una falla cardíaca.

Cómo se alimentan los organismos

Nutrición como proceso

Los seres vivos son parte de la materia del Universo, con características específicas como la obtención y transformación constante de energía y materiales del exterior y la capacidad de eliminar los productos de desecho del metabolismo; para ello los seres vivos metabolizan (reacciones químicas que transforman la energía), crecen (aumento de tamaño o número de células individuales de un organismo) y se autorregulan para tener un equilibrio con el medio.

La *nutrición* —originalmente sinónimo de alimentación— es un proceso biológico que involucra la *obtención*, alimentación (*ingesta*), digestión y absorción (*asimilación*), *metabolismo* y *desecho de nutrimentos* por el organismo. La nutrición es fundamental-

mente un proceso celular que ocurre en forma continua y está determinado por la integración de factores genéticos y ambientales.

La alimentación es el conjunto de procesos relacionados con la elección e ingestión de alimentos (órganos, tejidos, células o secreciones que contienen cantidades apreciables de nutrimentos) por el cual el organismo obtiene del medio los nutrimentos para satisfacer sus necesidades.

Digestión y absorción de nutrimentos se llevan a cabo en el sistema digestivo, en muchos seres vivos como un proceso químico catalizado por enzimas específicas que hace que los alimentos ingeridos se transformen en moléculas más sencillas para que el organismo pueda absorberlas a través de las células del intestino delgado por transporte activo y pasivo, de tal forma que puedan llegar a las células de todo el cuerpo, donde serán metabolizadas por medio de un conjunto de reacciones químicas (anabolismo o síntesis y catabolismo o degradación).

Los nutrimentos son sustancias que habitualmente se obtienen de la dieta y pueden ser inorgánicos (iones, agua y oxígeno) y orgánicos (lípidos, proteínas, carbohidratos y vitaminas). Estas sustancias satisfacen las siguientes necesidades en el cuerpo:

- Energía para impulsar el metabolismo y las actividades celulares; la proporcionan los carbohidratos y los lípidos; en ausencia de éstos, las proteínas también aportan energía, pero en menor grado.
- Bloque de construcción de químicos, como los aminoácidos para construir moléculas complejas específicas para cada organismo.
- Iones y vitaminas necesarios para diferentes reacciones metabólicas.

En síntesis, la nutrición es un proceso para obtener y procesar nutrimentos hasta conseguirlos en forma utilizable.

Tipos de nutrición en diferentes sistemas vivos

En general los sistemas vivos tienen dos tipos de nutrición: *autótrofa* y *heterótrofa*; los organismos fotosintéticos son autótrofos (“que se autoalimentan”), o productores porque producen alimento para sí mismos utilizando algunos compuestos químicos y luz solar, como las plantas (helechos, árboles). Estos organismos, en forma directa o indirecta, también producen alimento para casi todas las demás formas de vida. Los organismos que no llevan a cabo la fotosíntesis, denominados heterótrofos (“que se alimentan de otros”) o consumidores, deben obtener la energía y muchos de sus nutrimentos previamente empacados en las moléculas que componen el cuerpo de otros organismos como los animales.

La nutrición en organismos procariontes (eubacterias y achaeobacterias) es muy variada: algunos son *fotoautótrofos* porque utilizan la energía del sol y el bióxido de carbono como fuente de carbón; los hay *fotoheterótrofos*, que usan luz solar como fuente de energía pero compuestos orgánicos como fuente de carbono; otros son *quimioheterótrofos* que, como fuente de energía y de carbono, utilizan compuestos orgánicos; también están los *quimioautótrofos*, que obtienen la energía de la oxidación de compuestos inorgánicos como el sulfuro de hidrógeno y el bióxido de carbono como la fuente principal de carbono.

Los hongos, al igual que los animales, son heterótrofos que sobreviven degradando nutrimentos almacenados en el cuerpo o en los desechos de otros organismos. Algunos hongos son *saprobios*, es decir, digieren el cuerpo de los organismos muertos. A diferencia de los animales los hongos no ingieren alimento. En cambio, secretan enzimas que digieren moléculas complejas fuera de su cuerpo y las descomponen en subunidades más pequeñas susceptibles de ser absorbidas. Otros son parásitos que se alimentan de organismos vivos y producen enfermedades; otros más viven en relaciones simbióticas, como los líquenes y las micorrizas.

Los protozoarios tienen una nutrición muy variada; algunos son *heterótrofos* (holozoica), se alimentan de otros organismos o restos de organismos. Otros son *autótrofos*, organismos que pueden sintetizar su propio alimento a partir de agua, dióxido de carbono, iones y energía solar. Otros son *saprobios*, ya que se nutren de materia orgánica en proceso de descomposición.

POR QUÉ NOS PARECEMOS A NUESTROS PADRES

INTRODUCCIÓN

Los seres vivos tienen la propiedad de dejar descendencia de una generación a la siguiente a través del proceso de la reproducción sexual o asexual. Los descendientes son parecidos a quienes les dan origen, lo que sugiere la presencia de un molde que se transmite de generación en generación. A lo largo del tiempo, los seres humanos se han planteado diferentes explicaciones sobre cómo debía ser ese molde. Mendel propuso que las características se asociaban a partículas. Más adelante se identificó que esas partículas estaban presentes en las células de los organismos y correspondían a una sustancia química que ahora conocemos como ADN, cuya estructura molecular tiene la forma de una doble hélice. Una vez definida esta estructura en 1953, hoy es posible explicar con detalle su capacidad de molde. A su vez, con ese conocimiento podemos entender por qué vivimos en lo que se ha llamado la era genómica.

En esta unidad se tratan temas relacionados con las características que se transmiten en las familias y generan preguntas como a quién me parezco o cómo se lleva a cabo la reproducción en los seres vivos. Se utilizan algunos términos científicos.

Transferencia de caracteres de padres a hijos

Una de las propiedades de los seres vivos es la de reproducirse y dejar descendencia, que usualmente es parecida. En el caso de los seres humanos, las características biológicas que se heredan corresponden a aquellas que son evidentes, como color de ojos, estatura, tipo de cabello, capacidad de “hacer taquito” la lengua, etc., pero también otras que no son tan evidentes como la capacidad de digerir lactosa, el tipo de sangre, etc. En otros seres vivos también se heredan de generación en generación las características propias de la especie en general y de los progenitores en particular. Un ejemplo conocido es el de los chícharos que estudió Mendel en el siglo XIX. Al examinar cómo se transmitían las características de esa planta a través de varias generaciones, concluyó que tales características debían estar presentes en partículas o genes —como los llamamos hoy en día— en algún lugar de los chícharos. Asimismo, logró establecer que esas partículas se comportaban de una manera regular, a través de lo que hoy conocemos como las Leyes de Mendel.

Herencia biológica

Los seres vivos entonces tienen características que heredan a sus descendientes a través de genes que dan lugar a esas características. Sin embargo, la manera en que este proce-

so ocurre resultó difícil de entender durante mucho tiempo. Un avance importante lo realizó Gregor Mendel, quien fue el primero en definir los principios de la herencia. Por eso se le considera el padre de la herencia. Otro acontecimiento importante fue el hallazgo de una nueva sustancia presente en los seres vivos y que fue denominada nucleína, que hoy en día conocemos como ADN. Asimismo, durante el siglo XIX, muchos esfuerzos se realizaron para identificar el lugar exacto en donde se encontraba el ADN en un organismo. Afortunadamente, por aquel tiempo la ciencia había llegado a la conclusión de que los seres vivos estaban formados por pequeñas estructuras denominadas células, que contenían a su vez estructuras como el núcleo. Sin embargo, el núcleo se comportaba durante la división celular de una manera peculiar. Su contenido formaba hebras que los científicos de la época definieron como cromatina o hilos que se tiñen. En su etapa más compacta se denominan cromosomas. Las células hijas reciben como herencia biológica parte de esas estructuras durante la división celular. Se determinó que el ADN estaba tanto en el núcleo como en los cromosomas.

La relación entre los caracteres de los organismos y el ADN fue descifrada durante los siguientes años en el siglo XX. La herencia biológica manifestada como caracteres parecía estar asociada a una sustancia presente en algún lugar de las células. Es decir, los caracteres surgían de genes y los genes estaban hechos de ADN.

Caracteres, cromosomas, genes, ADN

Los caracteres, como se ha mencionado, pueden ser visibles o no y se presentan en todas las especies. En los organismos del reino Monera, como las bacterias, los pneumococos son causantes de enfermedades. Estos organismos son capaces de transformarse de cepas no virulentas a virulentas, es decir, causantes de enfermedad. En 1944 se concluyó que, para que eso ocurra, las bacterias transfieren sus genes o ADN y los caracteres de las que reciben ese ADN cambian. Es decir, hay un principio transformador que determina sus características. Este aporte científico significó que el ADN era responsable en las células de la herencia de los caracteres de los que hemos hablado.

Más adelante, varios investigadores como Maurice Wilkins lograron determinar que el ADN se puede cristalizar, lo que significa que los físicos tienen la capacidad de determinar su estructura molecular con toda exactitud. En efecto, eso fue lo que lograron Watson y Crick en 1953 cuando propusieron un modelo de ADN en forma de doble hélice, que además de su estructura detallada tenía la propiedad más importante y buscada de actuar como un molde. Ello permitió comprender cómo se transmitían los caracteres de generación en generación, dado que los genes hechos de ADN determinan en gran medida, aunque no en toda, los diferentes caracteres. Con la propuesta del modelo de ADN, la ciencia —cuyos orígenes se remontan a la época de los griegos y en su etapa moderna al siglo XVII— dio lugar a la nueva rama de la biología molecular y a la capacidad de lograr una manipulación genética a nivel molecular en nuestra edad contemporánea. Los efectos de esta manipulación con la generación de organismos transgénicos aún no se conocen a cabalidad. Por otro lado, el conocimiento de la dotación genética completa o genoma de cada especie ha llevado a comprender que el genoma completo de cada especie a su vez se encuentra en cada una de las células de un organismo.

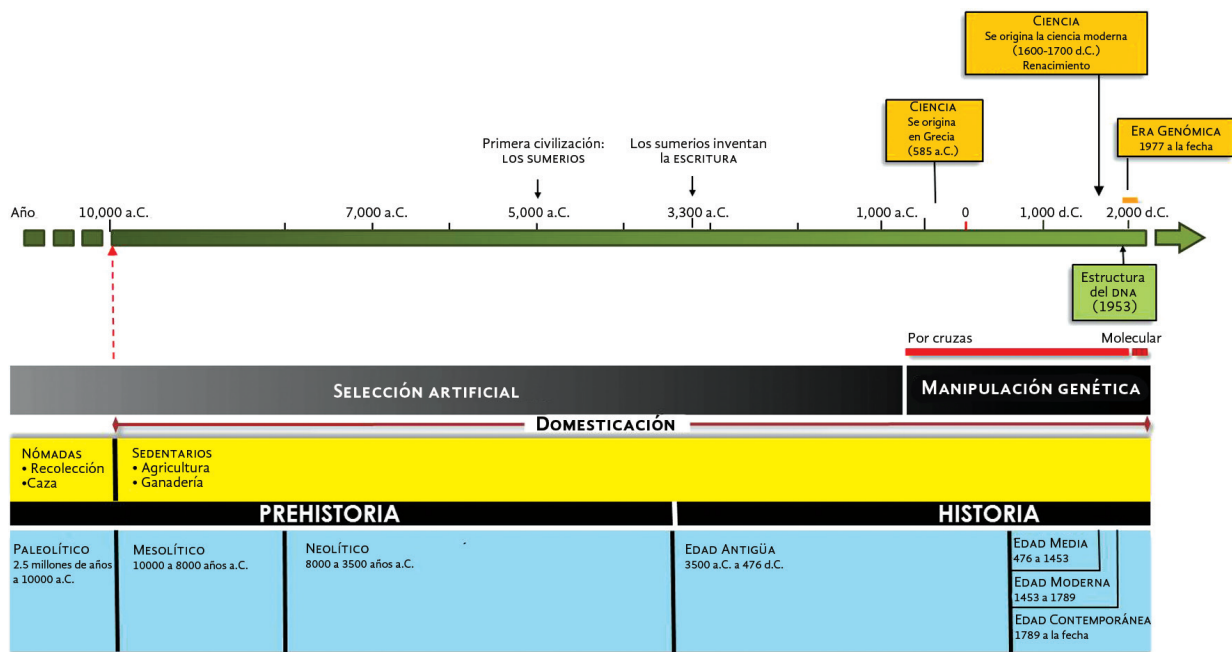


Figura 5 | A lo largo de la historia, el papel de la domesticación ha sido determinante en el establecimiento de una vida sedentaria desde hace más de 10 mil años. El surgimiento de la ciencia en general y de las ciencias biológicas en particular marcó una nueva etapa en los procedimientos de selección de especies de importancia económica.

Determinación del sexo

Los caracteres surgen entonces de los genes presentes en las células de un organismo y se heredan durante la división celular. Para heredarse tienen que copiarse primero y para ello deben tener la propiedad de actuar como molde. La estructura del ADN tiene esa propiedad, de manera que éste se duplica antes de que la célula se divida, asegurando que cada célula hija reciba genes iguales. Genes iguales significa que la lectura de las letras de la molécula es igual. Esas letras están acomodadas en el núcleo y en los cromosomas, que son la parte física en donde están los genes. Algunos de esos fragmentos de ADN o genes, determinan caracteres como los mencionados anteriormente e incluso caracteres como el sexo en los humanos. Tales cromosomas son conocidos como cromosomas sexuales y corresponden a los llamados cromosoma X y cromosoma Y. Los hombres presentan cromosoma XY y las mujeres cromosoma XX.

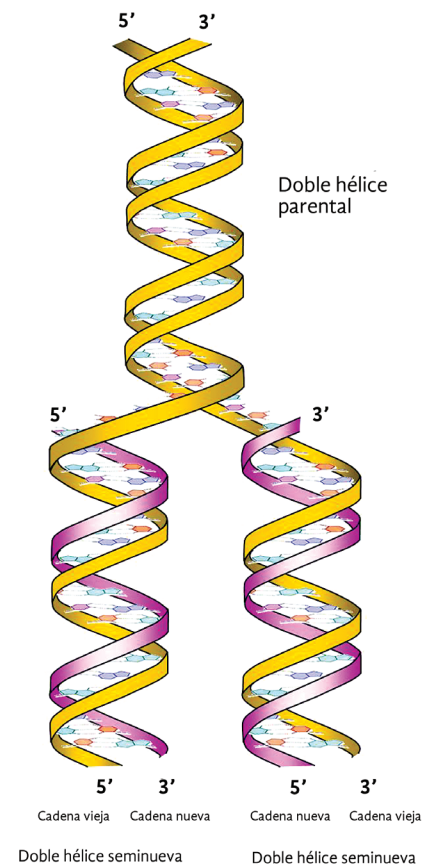


Figura 6 | Los genes o partículas a partir de los cuales se determinan las características de los seres vivos están hechos de ADN, una molécula que tiene capacidad de molde para ser copiada y heredada de generación en generación.

POR QUÉ HAY TANTOS SERES VIVOS DISTINTOS. EVOLUCIÓN

INTRODUCCIÓN

El origen y la evolución de los seres vivos en la Tierra se ilustra en una línea del tiempo desde el origen del Universo hace 13 mil millones de años. El esquema hace notar que los seres vivos, aunque están agrupados en reinos que conforman la biodiversidad actual, tienen similitudes que indican que están emparentados unos con otros y, por lo tanto, comparten ancestros comunes. Las diferentes especies se originan unas a partir de otras por el proceso de evolución.

En esta unidad se tratan temas como la biodiversidad agrupada en cinco reinos, que surge del proceso de la evolución e incluye evidencias fósiles de vida en el pasado que se ha extinguido y apoya la noción de ancestros comunes entre las especies. Se examina también el origen y la evolución humana. Se utilizan algunas palabras de la terminología científica.

En biología hablamos de evolución en relación con la transformación de los seres vivos en el tiempo. La vida apareció en la Tierra hace aproximadamente 3 800 millones de años, en la forma de seres diminutos parecidos a las bacterias actuales. A partir de dichos organismos han surgido todos los seres vivos que han existido en la Tierra. Es decir que esos pequeños organismos iniciales se han modificado gradualmente dando lugar a la gran diversidad de especies (figs. 7a y b, pp. 161 y 162).

Hay dos aspectos fundamentales que deben diferenciarse en la evolución: el hecho de que hay evolución y las teorías que explican cómo ha ocurrido dicho proceso de transformación de las especies.

Evolución como hecho

En nuestro planeta hay una gran diversidad de seres vivos, pero éstos no siempre han sido los mismos. Desde el origen de la vida ha habido un proceso continuo de transformación que llamamos evolución; en ese sentido la evolución es considerada un hecho, como lo es el que la Tierra gire alrededor del Sol. La evolución como un proceso dinámico comprende la formación de nuevas especies —las miles de especies actuales que en conjunto forman la biodiversidad del planeta—; la adaptación a diversos ambientes —la de las aves al vuelo—, y la extinción —la de los dinosaurios y mamuts—, o nuestros antepasados del género *Australopithecus*.

El estudio de la evolución biológica ha transformado no sólo nuestra concepción acerca de la vida en la Tierra sino que ha impactado todos los ámbitos de la vida humana ya que, además de brindar una explicación científica de la biodiversidad, del origen común

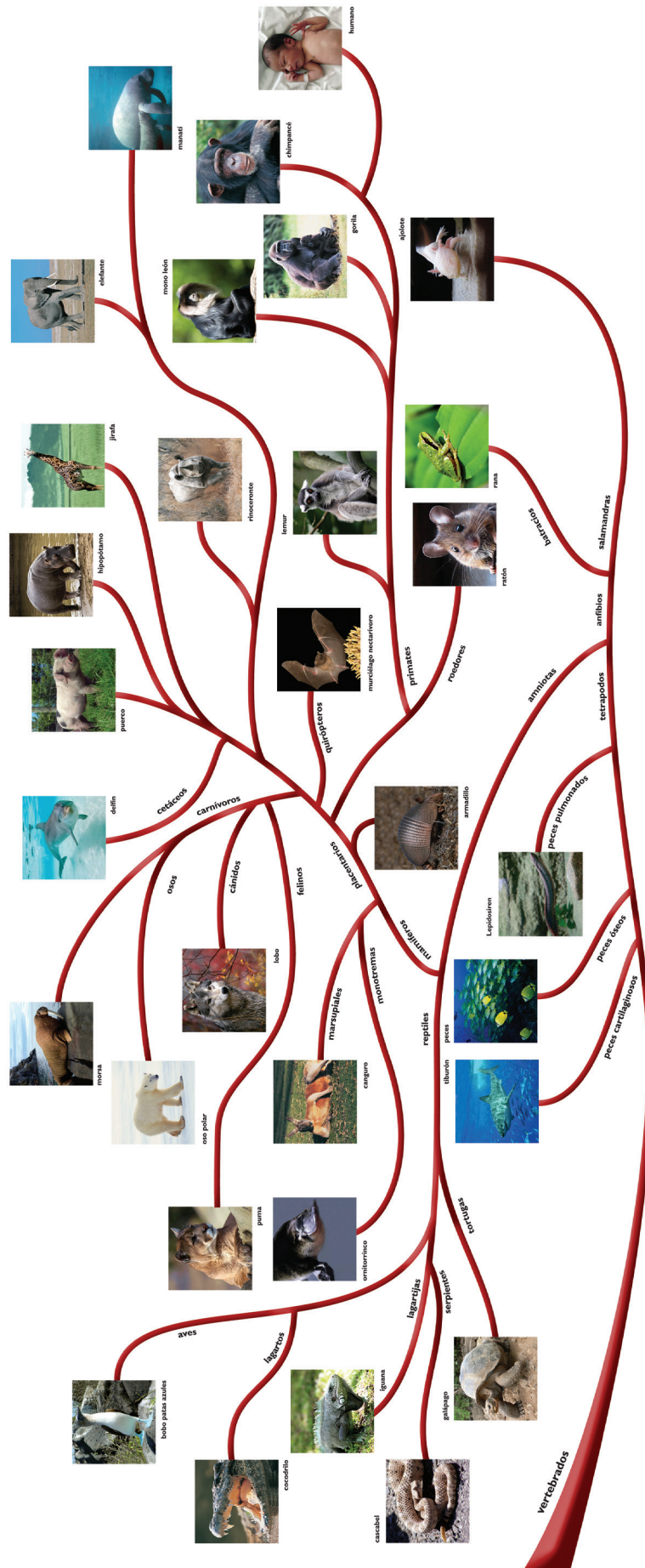


Figura 7b | En el árbol de los vertebrados se muestran las afinidades evolutivas de los cinco grupos de vertebrados: peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos. Gracias a las evidencias embriológicas, anatómicas y moleculares (ADN) se ha establecido, por ejemplo, que nuestra historia evolutiva está estrechamente ligada a la de las otras especies de primates.

de todos los seres vivos y otros fenómenos biológicos, ha cambiado la visión estática y predeterminada del mundo y ha hecho posible explicar el origen natural de todas las especies, incluida la humana.

Evidencias de evolución

Para apoyar una explicación científica se requieren pruebas. Como señalamos, la ciencia ha demostrado que la evolución es un hecho. Esto puede afirmarse porque se cuenta con una gran cantidad de evidencias. Entre las más importantes están los parecidos anatómicos, las semejanzas moleculares, las similitudes en el desarrollo embrionario, los fósiles, la distribución de los seres vivos en la Tierra, entre otras. A continuación explicaremos algunas de ellas.

- *Similitudes anatómicas.* Nuestras manos tienen huesos muy parecidos a los de las extremidades de gatos, ballenas y murciélagos. Esos huesos, en combinación con diversos tejidos, forman estructuras más complejas que tienen distintas funciones en cada especie: a los gatos las extremidades les permiten caminar y trepar, a las ballenas nadar, a los murciélagos volar y a los humanos caminar o correr, en tanto que con las superiores realizamos un sinnúmero de actividades. Las similitudes anatómicas entre las especies de los vertebrados son una evidencia de que descendemos de un ancestro común.
- *Fósiles.* Se sabe que existieron organismos diferentes en el pasado porque se han encontrado restos fosilizados en distintos puntos de la Tierra. Gracias a este archivo histórico sabemos que hace millones de años existieron formas de vida como los dinosaurios.

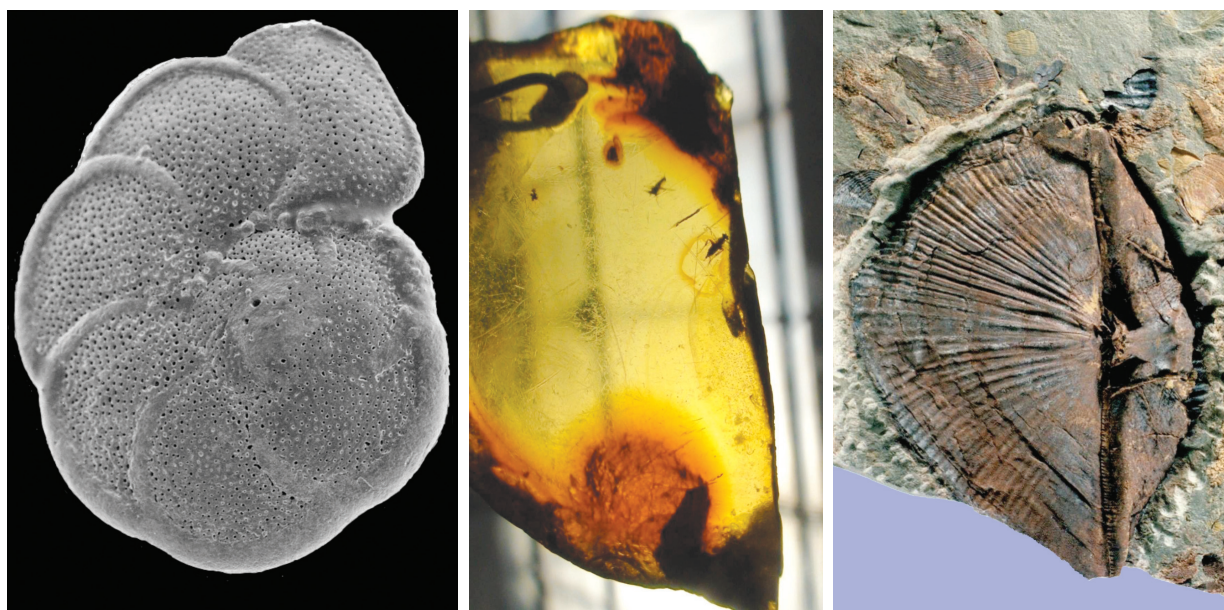


Figura 8 | Los fósiles son evidencias de organismos que vivieron en el pasado y que se han extinguido. Se presentan como huellas en las rocas o atrapados en ámbar, así como petrificados. En la imagen se observan microorganismos llamados foraminíferos, insectos en ámbar, moluscos y un dinosaurio (*Tyrannosaurus rex*).

- *Similitudes moleculares.* Todos los seres vivos tenemos ADN; en las secuencias de estas moléculas está la información genética. El ADN es una evidencia importante de la ancestría común de todas las especies del planeta; todas compartimos fragmentos idénticos o similares de esta molécula. El ADN nos ayuda a trazar las relaciones de parentesco desde el origen de la vida hasta las relaciones que se dan en el seno de nuestras familias (padres, hermanos, hijos). Gracias a las similitudes del ADN, presente en todas las especies, sabemos que las actuales y extintas tienen relaciones evolutivas (filogenéticas) con las primeras formas de vida sobre el planeta, de tal manera que todos (bacterias, hongos, protozoarios, plantas y animales) formamos parte de un mismo grupo evolutivo, y cada una de las especies y organismos actuales tiene en su estructura genética una historia evolutiva de más de 3 800 millones de años. De manera similar, la mayor evidencia de que los seres vivos compartimos un ancestro común es que usamos el mismo código genético.
- *Similitudes en el desarrollo embrionario.* Los embriones de los grupos filogenéticamente cercanos, es decir con ancestros comunes, tienen un gran parecido en las etapas iniciales. Por ejemplo, los vertebrados, grupo constituido por mamíferos, aves, reptiles, anfibios y peces, tienen embriones indistinguibles en las primeras etapas de desarrollo, incluso presentan primordios de branquias que sólo los peces desarrollan y utilizan por completo.

Evolución y la escala de tiempo

La vida surgió hace aproximadamente 3 800 millones de años y desde entonces ha estado sujeta a procesos de transformación, principalmente mediante la variación y la selección natural y otros mecanismos evolutivos. A partir de formas unicelulares se han diversificado en una gran multitud de especies. Esta historia puede representarse por medio de un árbol que simboliza las relaciones de parentesco entre los seres vivos.

La historia evolutiva en el planeta se ha relacionado con una escala de tiempo que representa distintos momentos geológicos de la historia de la corteza terrestre. De manera muy resumida señalamos las cuatro grandes etapas (*Eones*) de esta relación:

- *Hadeico.* Comienza con el surgimiento del planeta Tierra hace aproximadamente 4 700 millones de años y con la formación de la Luna hace 4 500 millones de años.
- *Arcaico.* Comienza hace 4 000 millones de años, hasta hace aproximadamente 2 500 millones de años; en esta etapa surgió la vida hace 3 800 millones de años; aparecen las primeras formas de vida unicelulares (probablemente bacterias y arqueas).
- *Proterozoico.* Desde 2 500 millones de años hasta hace 590 millones de años. En esta etapa surgen las primeras formas de vida unicelular complejas: protistas con núcleo y organismos con cuerpos blandos, difíciles de ser fosilizados.
- *Fanerozoico.* Desde 590 millones de años hasta nuestros días. Aparecen los animales que conocemos, vivos y fósiles. En la figura 9 se pueden ver con mayor detalle las divisiones de este último Eón.

Figura 9 (página siguiente) | Línea del tiempo del origen y la evolución de los seres vivos en el contexto del origen y desarrollo del Universo. En la Tierra, conforme se establecían las capas geológicas a través del tiempo, se originó y evolucionó la vida a través de ancestros comunes de las especies, dando lugar a la biodiversidad que agrupamos en cinco reinos. La especie humana se originó más recientemente.

Teorías evolutivas

Ya antes señalamos que al cambio que lleva a la formación de nuevas especies y todos los procesos de transformación de los seres vivos se le llama evolución biológica, y para entender cómo ocurre la evolución se han propuesto diversas teorías.

Jean B. Lamarck, naturalista francés, consciente de la profunda dinámica de cambio de la naturaleza, publicó en 1809 la primera argumentación coherente acerca de la transformación de las especies. Desde 1802 ya había plasmado, en materiales que preparaba para sus clases, su preocupación por la integración de una ciencia que abarcara el estudio de todas las formas vivas, y por la definición de un conjunto de principios relativos a lo vivo, propuestas que publicó en uno de sus libros más importantes, *Filosofía zoológica* (1809), preparado con los materiales que tenía destinados para una obra sobre los seres vivos, cuyo título sería *Biología*, y que debía contar con un conjunto de principios filosóficos que dieran cuenta del hecho más significativo de la vida: su transformación. Sus ideas pusieron en entredicho el mito de la creación, pero sería la obra de Charles Darwin, publicada cincuenta años después, la que establecería las ideas modernas sobre el estudio de la vida: su origen, su transformación, su historia y su diversidad en el planeta.

Darwin nació en Inglaterra en 1809; su padre y su abuelo eran médicos. Su padre quería que él siguiera la misma carrera, pero a Charles no le gustó la medicina después de que presenciara una operación sin anestesia. Entonces su familia decidió que se formara como clérigo de la Iglesia anglicana en la

Figura 10 | Charles Darwin, autor de *El origen de las especies*.

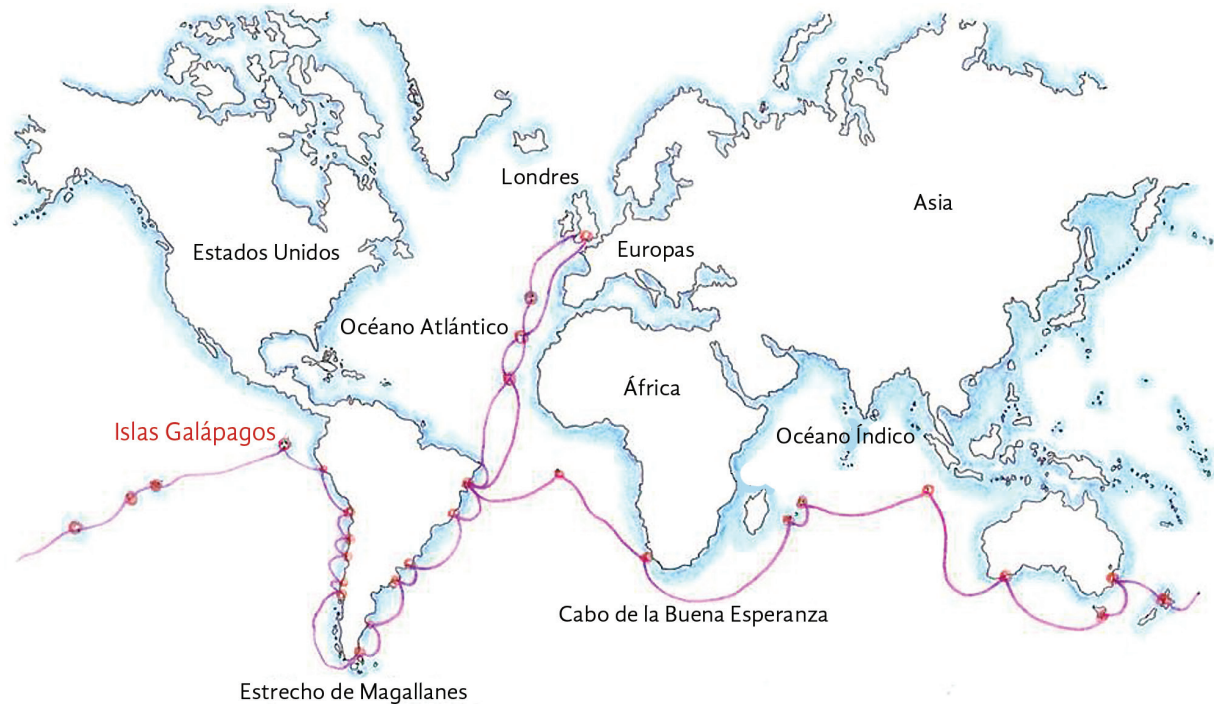
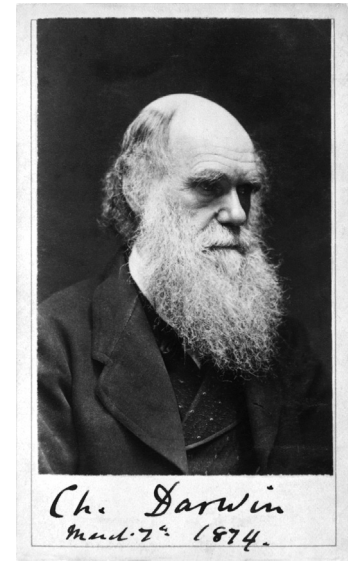


Figura 11 | La ruta que siguió Darwin en su viaje alrededor del mundo en el barco *M.S.H. Beagle*, durante el cual concibió su teoría de la evolución por selección natural.

Universidad de Cambridge. Darwin tampoco quiso dedicarse a dicha actividad, pero gracias a sus estudios en tan importante institución se relacionó con algunos de los más destacados académicos de su época y uno de ellos lo recomendó para que participara en el viaje de reconocimiento que el gobierno planeaba para recorrer una parte del mundo en un barco de la armada inglesa, el *Beagle*.

En su viaje alrededor del mundo Darwin pudo observar que muchas de las ideas que defendía la ciencia de su tiempo estaban equivocadas.

Por ejemplo, era falso lo que se señalaba acerca de la distribución geográfica de las especies; no se esperaba que ambientes similares tuvieran especies diferentes o que ambientes muy distintos estuvieran poblados por especies parecidas. Darwin se percató de que no había anfibios en las islas, encontró numerosos fósiles de especies extintas en las pampas argentinas y marsupiales en Australia, entre otras cosas que llamaron su atención, como la característica vida de las islas Galápagos. Pero algo que fue fundamental para la elaboración de su teoría y que llamó grandemente la atención fue que a pesar de las grandes diferencias culturales entre los habitantes de Tierra del Fuego (Patagonia) y los europeos, no había duda de que pertenecían a la misma especie, la del *Homo sapiens*, que incluye a todos los seres humanos; es decir, comprobó la gran variabilidad que hay en el interior de una especie. Observó también que la distribución de especies respondía más a patrones de dispersión de cada una de ellas que a una distribución dirigida mágicamente. Hasta ese momento, la mayoría de los científicos occidentales aceptaban que los seres vivos habían sido creados de la manera en que se planteaba en la Biblia judeocristiana. Cuando regresó a Inglaterra y los científicos ingleses identificaron todos los especímenes vivos y fósiles que había colectado, concluyó que la única manera de dar cuenta de todas sus observaciones era que las especies no habían permanecido inmutables una vez creadas, comprendió que en lugar de un instante de creación había ocurrido un proceso de transformación de las especies en el tiempo, que comenzó con el surgimiento espontáneo de la vida en la Tierra. Eso explicaría la distribución en los diferentes ambientes de la geografía terrestre, la presencia de los fósiles, la distribución de los mamíferos y marsupiales, la ausencia de anfibios en islas, la separación de los pinzones en las Galápagos, así como las maravillosas adaptaciones que todos los seres vivos presentan para realizar cada una de sus funciones. Posteriormente incluiría en su explicación la presencia de humanos en tierras tan lejanas del lugar donde se habían originado: África, otra vez la dispersión desde el lugar de origen de una especie (fig. 12).

Ante la abrumadora cantidad de información que obtuvo durante su famoso viaje alrededor del mundo (1831-1836), Darwin terminó por convencerse de que las especies del planeta tenían una relación de parentesco y que no se requerían explicaciones sobrenaturales para explicar cómo y por qué se transforman las especies.

Él mismo comenta en su *Autobiografía* que en 1837 encontró las respuestas que le permitían comprender dichas causas naturales de lo que en ese momento se llamaba “el misterio de los misterios”, refiriéndose al origen de la vida y de las nuevas especies. La respuesta estaba en la variación hereditaria y la selección natural. El argumento de su explicación, acompañado de una gran cantidad de evidencias, fue publicado en 1859 por un joven naturalista que estaba investigando las causas de la transformación de las especies, y cuya teoría era muy cercana a la que él había trabajado durante cerca de veinte años. Ese joven naturalista era Alfred Russel Wallace, quien años más tarde, gracias a numerosos trabajos sobre la aplicación de la selección natural a la zoología y la antropo-

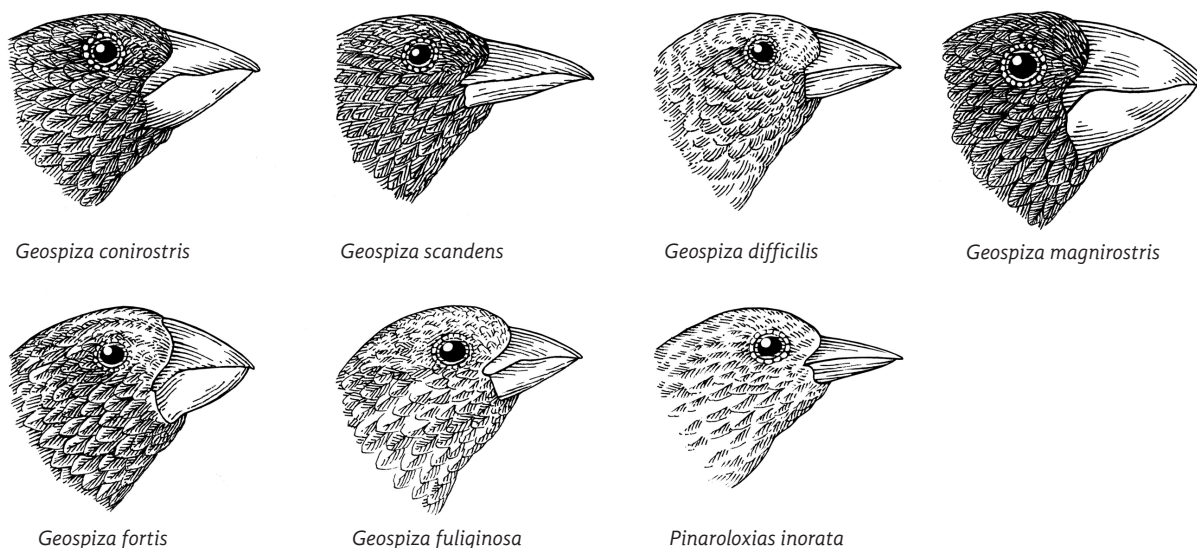


Figura 12 | Las diferencias en los picos de los pájaros pinzones de las islas Galápagos sugirieron a Darwin ideas sobre su distribución y evolución.

logía se convertiría, en el más entusiasta defensor del darwinismo y la evolución. En la explicación darwinista todas las especies, pasadas y presentes, comparten un ancestro común. Darwin rechazó la idea de que hubiera en la vida una tendencia inherente al cambio; en su lugar propuso la explicación causal de evolución por variación y selección natural, con lo cual explica por qué los linajes cambian de manera sucesiva y por qué divergen unas formas de otras, dando origen a nuevas especies a partir de un juego entre la variación que surge de manera aleatoria o al azar (en el sentido de que el origen de esta variación no tiene ninguna relación con las necesidades de los organismos ni con las diferentes condiciones ambientales, es decir, no surge para que los organismos se adapten), es decir, la selección natural y otros mecanismos evolutivos. Después de la publicación *El origen de las especies*, la historia de la biología cambió radicalmente, las ideas de Darwin se convirtieron en uno de los paradigmas de las investigaciones; la teoría de la evolución, prácticamente en términos darwinistas, se convirtió en la idea articuladora de las diversas disciplinas biológicas. En 1973, Theodosius Dobzhansky sintetizaba todo ese movimiento en una de las frases más famosas de la historia de la biología: “Nada en biología tiene sentido si no es a la luz de la evolución”.

En las últimas décadas se han realizado descubrimientos impresionantes en los terrenos de la sistemática, la biogeografía, la biología molecular, la paleobiología, la genética y en investigaciones relacionadas con el desarrollo embrionario, en particular con el avance en la comprensión de los mecanismos de diferenciación de las células y la formación de los órganos y de los tejidos. Todas estas disciplinas han producido una gama de nuevos conocimientos que han enriquecido y precisado las explicaciones sobre los diversos fenómenos de la evolución, y se ha construido una explicación pluralista sobre los diversos niveles y momentos del proceso evolutivo.

La idea de un proceso gradual no convenció a toda la comunidad evolutiva, y en la década de los setenta los paleontólogos estadounidenses Niles Eldredge y Stephen Jay Gould sugirieron que había distintas velocidades evolutivas; su propuesta es conocida como la teoría del equilibrio puntuado. Con ella se explica que la evolución puede tener dos momentos muy importantes: uno muy largo que denominaron *estasis*, y uno muy corto que denominaron *especiación* o periodo en el que se forman nuevas especies, una expli-

cación que, más que ser contraria al darwinismo, se considera hoy complementaria del proceso evolutivo. Algo similar ocurrió con las propuestas del genetista japonés Motoo Kimura, cuya teoría neutral de la evolución desplazó del nivel molecular el papel protagónico de la selección natural, colocando en su lugar la mutación aleatoria y la deriva génica (cambios al azar en las frecuencias génicas) como actores centrales de la evolución a nivel molecular. En su propuesta original, Kimura considera que la teoría neutral no es antagónica de la evolución por variación y selección natural, sino que simplemente pone de manifiesto otra faceta del proceso evolutivo, haciendo hincapié en el papel de la mutación y de la deriva genética a nivel molecular.

La historia de la vida también ha sido complementada por las aportaciones de la bióloga estadounidense Lynn Margulis, quien sugirió en su teoría de simbiogénesis y evolución que la simbiosis y la incorporación de genomas completos a sistemas biológicos ha sido fundamental en el origen de innovaciones evolutivas, como por ejemplo en el origen de las formas de vida pluricelular. Margulis demostró con suficiente evidencia que las mitocondrias (de células animales y vegetales) y los cloroplastos (de células vegetales) descienden de bacterias.

En los últimos años también se ha sugerido que la historia de la vida ha sido un proceso de una red de relaciones evolutivas, en donde la transferencia horizontal de genes es un fenómeno común en el universo bacteriano y viral, más común de lo que se suponía en los niveles de la vida pluricelular, y que no contradice la idea de existencia de patrones de ramificación.

El conocimiento de los genes y los fenómenos genéticos también ha abierto otros campos de conocimientos sobre el fenómeno evolutivo y el origen de novedades evolutivas. Uno de ellos es la relación entre el desarrollo y la evolución, un conjunto de propuestas conocidas como biología evolutiva del desarrollo, campo que explica la evolución de los organismos a partir de la comprensión de los fenómenos del desarrollo embrionario, cuyos actores centrales son los genes homeóticos o del desarrollo.

Selección natural


La explicación de Darwin está elaborada a partir de las siguientes ideas centrales: 1) todas las especies producen una gran cantidad de descendencia, 2) los recursos naturales para sostener a las poblaciones naturales son limitados, 3) todas las poblaciones tienen individuos con diferencias heredables, y 4) no todos los individuos pueden sobrevivir y dejar descendencia. De aquí concluye que las variaciones provocan diferencias en la capacidad individual de supervivencia y reproducción. De estos elementos, la variación hereditaria, las diferencias individuales entre un organismo y otro, es primordial para que las poblaciones naturales evolucionen. En su vida cotidiana cada especie necesita un espacio y recursos para vivir —alimentos, nutrientes, agua— y, al mismo tiempo, cada organismo interactúa con los diferentes factores ambientales —clima, condiciones del terreno, depredadores, enfermedades, desastres naturales, entre otros—. Si la descendencia de cada especie lograra vivir hasta la edad reproductiva y dejara descendencia, en pocos años se poblaría la superficie de la Tierra; sin embargo, eso no ocurre, sólo parte de los individuos de las diferentes especies logran vivir y reproducirse, y lo hacen porque tienen variaciones hereditarias, ventajas adaptativas que les permiten vivir y reproducirse, here-

dando a su descendencia tales características adaptativas. A este proceso de conservación de características adaptativas y eliminación de las desfavorables —es decir, de reproducción diferencial— Darwin lo llamó *selección natural*, proceso que ha ocurrido a lo largo de la historia de la vida y ha sido la causa fundamental de la transformación gradual de las poblaciones naturales, y que en periodos más largos vemos como transformación de las especies.

Dicho proceso de reproducción diferencial, en el que los individuos con características ventajosas logran dejar descendencia y aumentar su número en la población, es el punto de partida para explicar el origen de nuevas especies por medio de la acumulación gradual de variaciones favorables; es así como dos poblaciones aisladas reproductivamente siguen procesos evolutivos distintos y en miles o millones de años, dependiendo del grupo, serán dos especies diferentes. La explicación de variación y selección natural también explica la adaptación de los organismos, los “diseños adaptativos”: alas para el vuelo en las aves, aletas en los peces, cuerpos sin extremidades en las serpientes, picos alargados con los que extraen el néctar los colibríes, etc. Cada diseño natural es resultado de ese dinámico proceso evolutivo. Es importante agregar que no todas las características de los seres vivos son adaptaciones; algunas de ellas han surgido por otros mecanismos evolutivos que acompañan a la selección natural.

Hoy sabemos que estas variaciones hereditarias se generan por mutaciones al azar, es decir, cambios en el ADN que ocurren sin tener ninguna relación adaptativa con el ambiente, variaciones que pueden ser útiles, neutrales o perjudiciales, dependiendo de las condiciones ambientales. Como ejemplos de variación tenemos las características morfológicas de los organismos —los pinzones o los sinsontes de las Galápagos tienen diferentes tipos de pico que les permiten alimentarse de semillas, insectos u otros pequeños animales—, las diferencias en velocidad de una presa para escapar de un depredador, por ejemplo una zorra o un tigrillo, o la capacidad para soportar largos periodos de sequías en algunas especies vegetales, como es el caso de las cactáceas que han perdido las hojas, lo que las hace más resistentes a la falta de agua que otras especies de plantas.

ACTIVIDAD

 **Evolución: selección natural** (12 años en adelante) | Para ilustrar el papel de la selección natural y las condiciones ambientales se puede realizar de manera sencilla la siguiente actividad:

Con una perforadora cortar 30 círculos de una hoja de papel blanco y 30 círculos de una hoja de periódico. Dispersar todos los círculos sobre un fondo blanco, pedirle a un alumno que colecte con una pinza la mayor cantidad posible en 15 segundos. Repetir la misma operación dispersando los círculos en una hoja de periódico. Los alumnos deben contar cuántos círculos son colectados en ambos casos y compararlos. Distintos alumnos pueden realizar la actividad y posteriormente elaborar una gráfica con los datos adquiridos. Discutir con el profesor los resultados en el aula.

Causas y consecuencias de la extinción

Todos nos hemos preguntado alguna vez por qué ya no hay tigres dientes de sable ni dinosaurios o mamuts, o por qué tampoco existe ya el hombre de Neanderthal. La respues-

ta es porque hay extinción, uno de los procesos evolutivos. Decimos que una especie se extingue a partir del instante en que muere el último individuo perteneciente a ella. Esto es algo que forma parte de la evolución y que sucede todo el tiempo, aunque no nos enteremos. Los dinosaurios, ahora extintos, poblaban la Tierra hasta hace 65 millones de años. Actualmente sólo podemos ver a sus descendientes —aves y reptiles que provienen de algunas especies de dinosaurios.

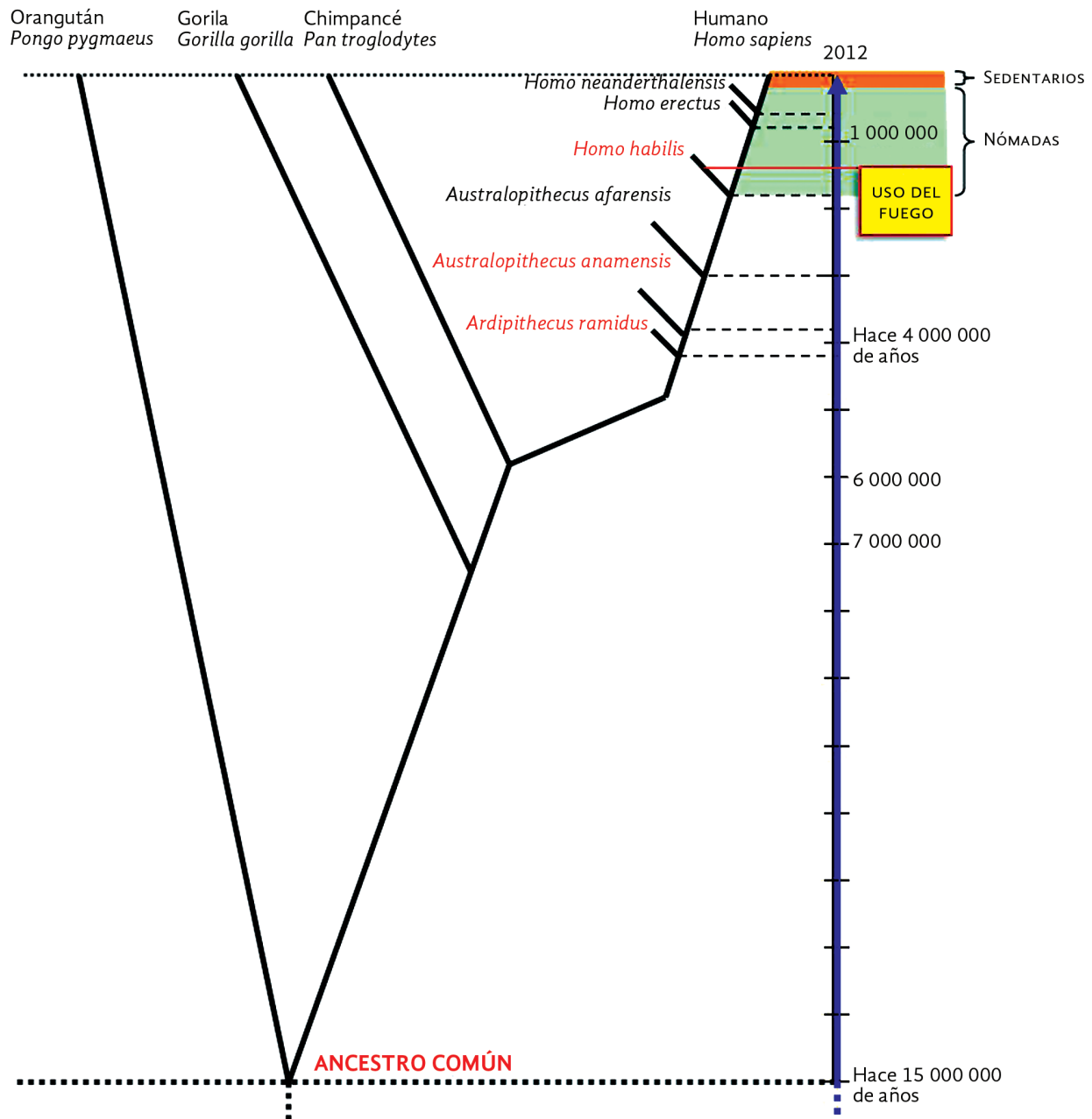


Figura 13 | Origen y evolución humana. El humano comparte ancestros comunes con los orangutanes, gorilas y chimpancés hace unos 15 millones de años. La línea reciente de la que se origina el género *Homo sapiens*, hace unos 100 000 años proviene de ancestros como *Ardipithecus*, *Australopithecus* y *Homo*. El pariente más cercano —*Homo neanderthalensis*— se extinguió pero convivió con nuestra especie.


En los últimos años los seres humanos hemos ocasionado grandes cambios en el planeta —la grave contaminación del agua, del aire y del suelo, la deforestación, entre otros— y, como consecuencia, se ha acelerado el proceso de extinción de muchas especies.

Un ejemplo significativo de extinción es el fósil Tiktaalik, un organismo que vivió hace aproximadamente 375 millones de años. Este fósil fue encontrado en 2004 en la isla de Ellesmere, en Canadá, y representa la transición de la vida animal acuática a la vida animal terrestre. Estos organismos tenían características de pez como escamas y branquias, y otras cualidades que les facilitaron la conquista de la Tierra, como pulmones, articulación en las costillas y cuello móvil. Ésta es una de las mejores evidencias al día de hoy sobre la transformación de las especies: el origen de los anfibios a partir de alguna especie de pez.

Recientemente, el 24 de junio de 2012, ocurrió la extinción más reciente. Se trata de la especie *Geochelone abigdoni*, una tortuga gigante de las islas Galápagos, cuyo último ejemplar murió en la fecha mencionada.

Homo sapiens también está sujeto al proceso evolutivo y comparte ancestros comunes con los simios, como el orangután, el gorila y el chimpancé desde hace unos 15 millones de años. Asimismo, se sabe hoy que en la línea que dio origen a nuestra especie aparecen los géneros *Ardipithecus*, *Australopithecus* y las diferentes especies de *Homo* como el *Homo habilis*, *Homo erectus* y *Homo neanderthalensis*. Cabe destacar, entonces, que el origen de la línea evolutiva del que parte nuestra especie se remonta a más de cuatro millones de años, aunque el grupo del género *Homo* apenas tiene unos dos millones de años. Si bien es de notar que el uso del fuego ocurrió en la época del *Homo habilis* hace aproximadamente un millón y medio de años, *Homo sapiens* se originó como especie hace apenas 100 mil años. Gran parte de su desarrollo ocurrió como nómada hasta que se volvió sedentario muy recientemente (fig. 13, p. 170, y fig. 14, p. 172).

ACTIVIDAD

 **Evolución humana** (mayores de 14 años) | Utilizando recursos de la red y de los libros de texto, investigar quiénes han sido los ancestros de los seres humanos. Pedir a los alumnos que dibujen un árbol que represente históricamente la relación evolutiva entre el *Homo sapiens* y sus ancestros. Incluir en el esquema información sobre cada especie: cuando y dónde vivió, en qué lugar fueron descubiertos sus fósiles, etcétera.

Adaptaciones de las plantas y animales al medio terrestre y acuático

A la acumulación de cambios que favorecen la supervivencia y reproducción de una especie bajo determinadas condiciones de vida se le conoce como adaptación; un resultado notable de este proceso es que se conquistan nuevos espacios. Los desiertos, por ejemplo, son ecosistemas en los que la lluvia es muy escasa y comúnmente se piensa que estos ambientes tienen poca vida. Pero, a pesar del calor y la escasez de agua, existen zonas desérticas llenas de vida. Esto es posible por la adaptación. Los organismos que habitan en el desierto han cambiado y acumulado muchas diferencias que les han dado alguna ventaja a lo largo de su historia evolutiva. Estos cambios les han permitido sobrevivir en esas condiciones.

Las cactáceas, plantas características de estas zonas, tienen, entre otras peculiaridades, un tipo de tejido que funciona como una capa protectora externa que evita la pérdida de agua. De esta forma pueden sobrevivir a grandes periodos de sequía y a temperaturas muy altas. El tejido de los cactus en este sentido es un gran ejemplo de una adaptación a un ambiente desértico, además de la antes mencionada pérdida de las hojas.

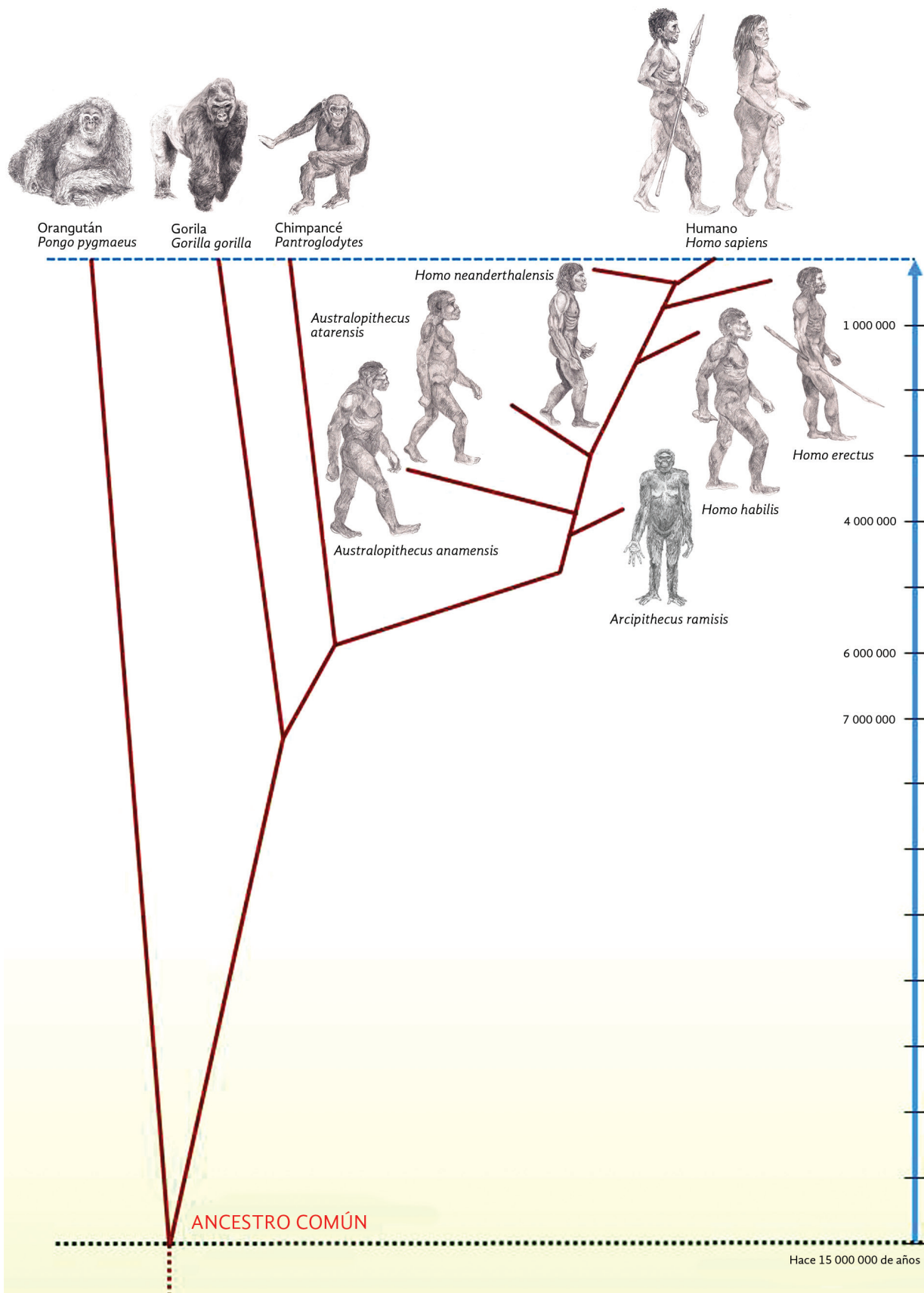


Figura 14 | Dibujos © María Teresa Jiménez Segura

Diversidad como producto de la evolución

Uno de los grandes resultados de la evolución es la biodiversidad. Podemos entender dicho concepto como la riqueza y la abundancia de los seres vivos en un lugar determinado, es decir, todas las especies de bacterias, protistas, hongos, plantas y animales que coexisten e interactúan en un determinado espacio.

El estado actual de la biodiversidad en los diferentes ecosistemas del planeta ha sido resultado de procesos evolutivos, procesos que le dieron origen y que la han modificado; en ese sentido la biodiversidad es un fenómeno dinámico que implica cambios continuos a través de millones de años y en el que las especies y ecosistemas se han ido transformando generalmente de manera gradual (en ocasiones eventos como la caída de meteoritos han remodelado el paisaje de la biodiversidad), de tal manera que la biodiversidad que vemos actualmente es muy diferente a la que existió en los diferentes periodos de la historia geológica de la Tierra.

Para comprender cómo surge la biodiversidad es importante conocer el proceso de especiación o el conjunto de procesos evolutivos que conducen a la formación de varias especies a partir de una. En este contexto es necesario tener claro qué es una especie y qué es una población. La especie es un conjunto de individuos similares que pueden reproducirse entre sí y dejar descendencia fértil y que están aislados reproductivamente de grupos similares. La población es el conjunto de organismos de una misma especie que viven en un lugar común.

Actualmente la especiación o el origen de nuevas especies se explica a partir de diversos modelos; el modelo más común es el de especiación alopátrica o por aislamiento geográfico, del que ya había hablado Darwin. Este proceso ocurre cuando dos poblaciones de la misma especie quedan aisladas por alguna barrera geográfica (ríos, desiertos o montañas) y siguen una historia evolutiva distinta, condicionada al conjunto de sus variaciones heredables y a las condiciones ambientales en las que se encuentren, de tal manera que a lo largo de millones de años, dichas poblaciones terminarán siendo dos especies distintas. También se pueden formar especies nuevas sin separación geográfica, pero es indispensable que exista alguna característica del ambiente o conductual que impida el cruzamiento entre dos poblaciones. Este proceso se conoce como *especiación simpática*.

Figura 14 (p. 172) | Evolución del hombre. El *Homo sapiens*, sus ancestros y las especies de primates actuales compartimos un ancestro común que vivió hace más de 15 millones de años. De ese ancestro se separaron las ramas que dieron origen a los orangutanes, los primates más alejados evolutivamente del ser humano, y la rama que dio origen a los primates de mayor cercanía evolutiva (gorilas, chimpancés y humanos). Hace aproximadamente 7 millones de años se separó la rama evolutiva de los gorilas y hace 6 millones de años vivió el ancestro común que compartimos con los chimpancés. A partir de ese momento la historia evolutiva del linaje que dio origen al ser humano ha seguido una evolución independiente. La especie más antigua con características homínidas vivió hace 4 millones de años (*Ardipithecus ramidus*). El género *Homo*, al que pertenece nuestra especie, surgió hace más de un millón de años. En esta rama surgieron especies con las que compartimos un ancestro común. Entre ellas, las más representativas son *Homo habilis* y *Homo erectus*, quienes ya utilizaban el fuego. Hace aproximadamente medio millón de años vivió uno de nuestros últimos ancestros, que evolucionó en dos poblaciones distintas y dio como resultado dos especies evolutivamente cercanas: *Homo neanderthalensis* y *Homo sapiens*. Ambas coexistieron por un tiempo (alrededor de 5 mil años), pero la primera se extinguió hace aproximadamente 28 000 años.

Concepto y valor de la biodiversidad

Todos los seres vivos que pueblan nuestro planeta son producto de la evolución y han ocupado casi todos los hábitats existentes de la Tierra. La evolución los ha dotado de adaptaciones que les permiten sobrevivir en diversas condiciones. Esta historia evolutiva se remonta a miles de millones de años de antigüedad, a lo largo de los cuales han acumulado características comunes y también diferencias. Las diferencias se manifiestan tanto en las especies vivientes como en las extintas, en una infinidad de formas, estructuras, tamaños y funciones en los distintos hábitats terrestres y acuáticos.


Cada ser vivo tiene en su material genético una enorme cantidad de información que, de acuerdo con las condiciones del medio y con las interacciones propias de este material, puede o no expresarse. Esta información presenta modificaciones con respecto a otro individuo de su misma especie, configurándose así la variabilidad genética, la fuente primordial de materia prima para la evolución.

La variedad y variabilidad de los sistemas vivos y de los complejos ecológicos que ellos integran constituyen lo que conocemos como biodiversidad (fig. 15).

Básicamente existen tres niveles de biodiversidad:

- *Genética*. Está representada por todas las variantes de información entre los individuos de una misma población.
- *Específica*. Se refiere a la riqueza de las especies.
- *Ecológica*. Tiene que ver con la riqueza de las relaciones que se establecen entre las poblaciones de especies en un ecosistema.

ACTIVIDAD

 **Biodiversidad: plantas y animales** (menores de 12 años) | Pedir a los alumnos una planta y un insecto. En el aula los alumnos deben mencionar las características afines a cada objeto natural, enumerar las características que los distinguen y las que tienen en común, tanto las que pueden observarse como aquellas que cada alumno conozca. Discutir y tomar nota de las similitudes y diferencias entre las plantas y los animales.

La biodiversidad debe ser considerada como un recurso de enorme valor:

- *Productivo*. Lo es tanto desde el punto de vista científico como comercial, si atendemos a que de ella obtenemos nuestra alimentación y muchas materias primas. Cuando se conoce más sobre las especies de distintas regiones es posible ampliar el abanico de posibles productos o bien mejorar los ya utilizados.
- *Estético*. Cuando recordamos la belleza de un escenario natural y la satisfacción de contemplarlo. Hoy en día el turismo ecológico es una de las fuentes más importantes de divisas en los países que han sabido apreciar su valor incalculable.
- *Ético*. Aceptar que todo ser viviente tiene por sí mismo un valor por el hecho de existir y, por tanto, debe ser respetado. Pero sobre todo, pensar que si le ponemos un precio a la biodiversidad, únicamente como recurso utilizable o explotable, también le estamos poniendo precio a nuestras vidas y límite a nuestra permanencia en el planeta.

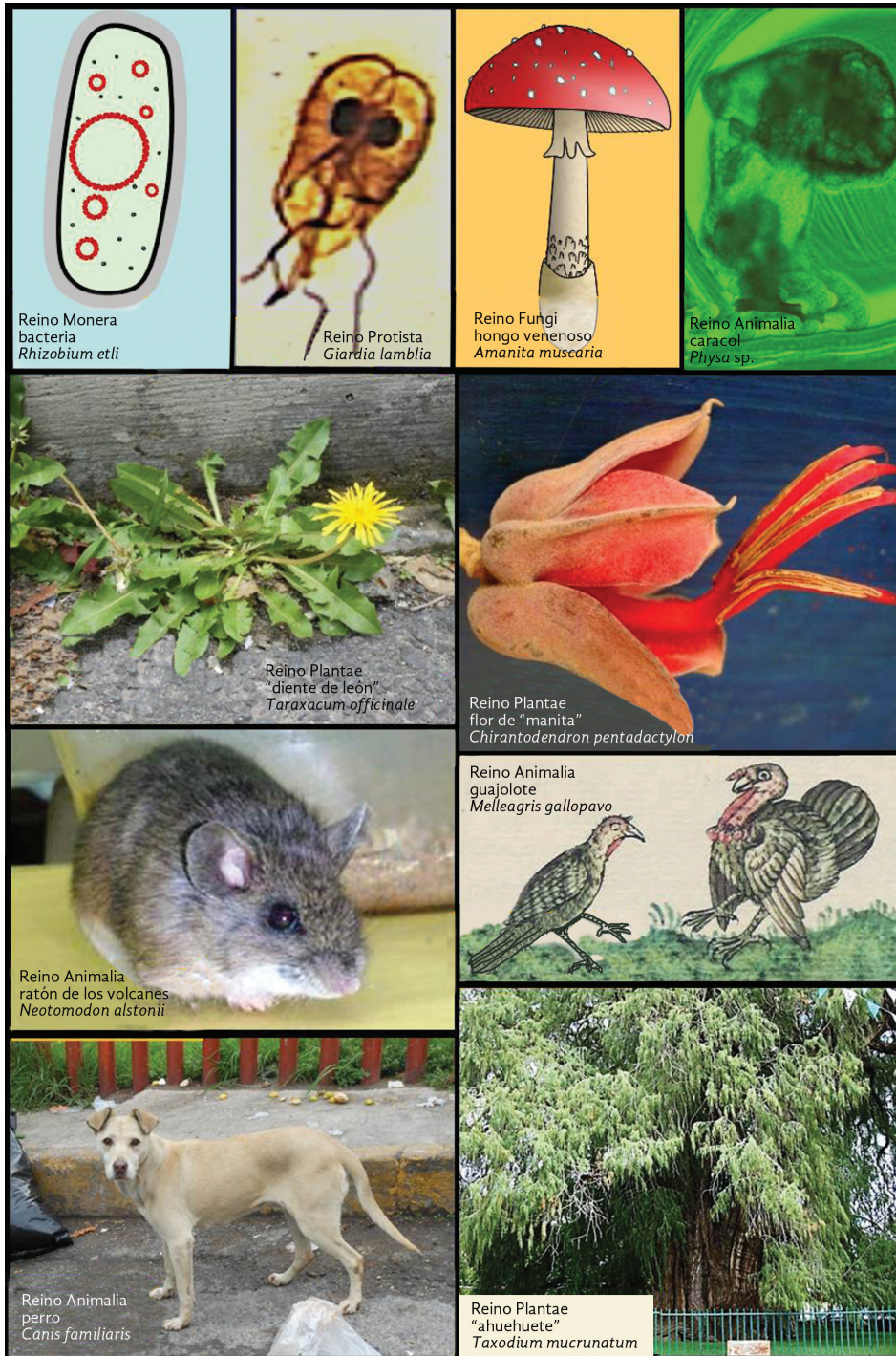


Figura 15 | La biodiversidad incluye especies de los cinco reinos. Se ilustran solamente algunas especies.

Cinco reinos

Desde las primeras fases del desarrollo cultural de los humanos fue necesario el conocimiento profundo del entorno para la supervivencia: observación de los ciclos climáticos, de las migraciones de animales, de las plantas para alimentarse o curarse, la elaboración de utensilios o la construcción de un refugio.

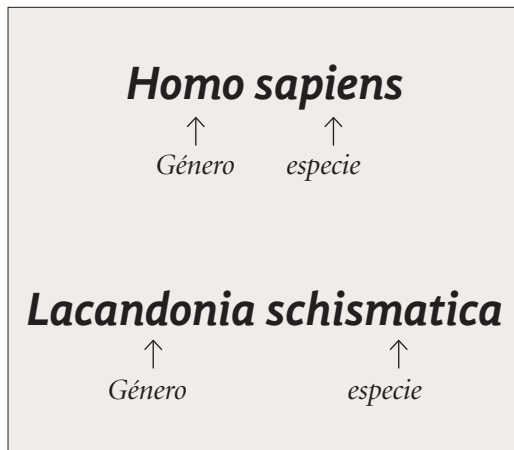


Figura 16 | El nombre científico se usa para definir cada especie. Consta de dos palabras en latín. Una corresponde al género y la otra a la especie, y se escribe con letras cursivas. Además, la primera palabra empieza con letra mayúscula; la segunda se escribe con minúsculas. Se ilustra el ejemplo para el ser humano y para la planta de Chiapas que tiene los órganos sexuales invertidos

palabras latinas para designar a los organismos: una para asignar el género y la otra para la especie. Por ejemplo, los caballos, cebras y burros pertenecen al género *Equus*. La especie del caballo es *caballus*, la de la cebra es *zebra*, y la de los burros es *asinus*. Los nombres científicos se escriben en letras cursivas; el nombre del género lleva la primera letra en mayúscula, y el de la especie se escribe sólo con letras minúsculas. La especie de planta de Chiapas *Lacandonia schismatica* y la especie humana *Homo sapiens* son dos ejemplos de lo dicho anteriormente (fig. 16).

Todas las especies del género *Equus* se agrupan en la Familia *Equidae*. Ésta, junto con las familias *Tapiridae* (en la que se incluye al tapir) y la *Rhinocerotidae* (rinoceronte), forman el Orden *Perissodactyla* (pues todos se caracterizan por poseer extremidades con dedos impares y terminados en pezuñas). Este orden, junto otros como *Carnivora* (lobos, focas, osos), *Cetacea* (ballenas, orcas, delfines), *Rodentia* (ratas, ratones, ardillas) y *Primates* (orangutanes, gorilas, chimpancés), constituyen la Clase *Mammalia*. Los organismos de la clase *Mammalia* junto con las clases *Chondrichthyes* (tiburones, rayas y otros peces cartilagosos), *Osteichthyes* (peces óseos), *Amphibia* (ranas, sapos, entre otros), *Reptilia* (lagartijas, serpientes, cocodrilos, entre otros) y *Aves* (canarios, gorriones, loros, entre otros) conforman *Subphylum Vertebrata*, porque todos se caracterizan por tener una espina dorsal o columna vertebral compuesta de vértebras. Este *Subphylum* junto con los *Urochordata* y los *Cephalochordata* forman el *Phylum Chordata*. Los *Chordata*, junto con 37 *Phylum*, forman el Reino *Animalia*. El Reino *Animalia*, junto con los reinos *Protista*, *Fungi* y *Plantae*, forman el Dominio *Eukarya* (fig. 17).

El objetivo fundamental de todos los sistemas de clasificación es lograr establecer con claridad de qué manera podemos agrupar a los organismos para formar grupos que correspondan correctamente desde el punto de vista biológico, y esto fue posible cuando los conceptos sobre la evolución de los organismos empezaron a surgir entre los naturalistas; por ello, las ideas de Charles Darwin plasmadas en su obra *El origen de las especies* marcan la pauta para el desarrollo de las clasificaciones modernas de los seres vivos, que reflejan las relaciones evolutivas, es decir, de origen y parentesco genético.

El desarrollo y uso de la tecnología tuvo y tiene gran influencia en la forma en que se estudia y clasifica actualmente a la biodiversidad; así, mientras que la invención y utilización del microscopio permitió sumar a la biodiversidad organismos invisibles para el ojo humano, el nacimiento y desarrollo de la biología molecular aportaron elementos que son fundamentales para establecer los criterios actuales para esta clasificación y que in-

De forma natural, la mente humana ordena y clasifica todo lo que le rodea; así, todas las culturas han utilizado esta habilidad para aprovechar su entorno lo mejor posible clasificando de muchas maneras a los seres vivos. Aristóteles (384-322 a. C.) clasificó las plantas y animales —únicos tipos de sistemas vivos conocidos en esa época— en dos grupos: *Vegetabilia* y *Animalia*. Fue en el siglo XVIII cuando el naturalista sueco Carl von Linné propuso un sistema de clasificación y de nomenclatura que marcó el punto de partida para un ordenamiento científico de los organismos.

Linné fue el primero en clasificar a las plantas atendiendo a la estructura de los órganos reproductores, es decir, de la flor, y también el primero en proponer un sistema de dos

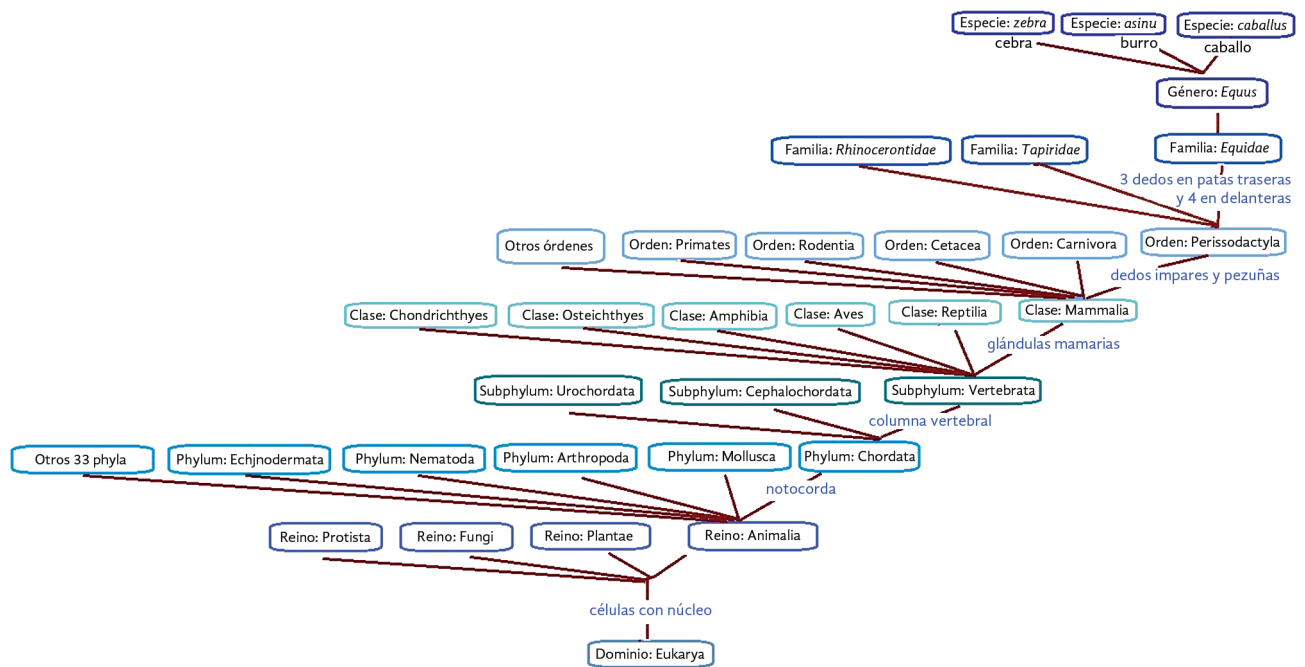


Figura 17 | Clasificación del caballo, la cebra y el burro. Las tres especies comparten características que las agrupan pero también que las diferencian.

cluyen la presencia de órganos homólogos, el parentesco con grupos actuales y fósiles, las semejanzas y diferencias fenotípicas, incluidas las morfológicas y las moleculares, entre otras. De igual manera, así como se descubrieron organismos microscópicos que definieron nuevos reinos, también se encontró que los seres vivos estaban formados por células. Algunos de los microorganismos o microbios, según lo demostró Robert Koch en 1882, eran agentes causales de enfermedades como la tuberculosis y el cólera (fig. 18, p. 178).

Para tener una mejor idea sobre el efecto del hallazgo de organismos diminutos en los sistemas de clasificación y en la salud humana, imaginemos a escala el tamaño de un dedo humano en comparación con un grano de sal. Aún más pequeños que el grano de sal son los microbios o microorganismos indicados en la figura como un pequeño punto. Si reducimos el tamaño del dedo a su dimensión original, el pequeño punto no será visible al ojo humano salvo que utilicemos un microscopio (fig. 19, p. 179).

Para clasificar correctamente a los organismos hay que agruparlos jerárquicamente, es decir, debemos partir de grandes categorías que incluyen organismos con características generales únicas. Una de las clasificaciones, propuesta por Whittaker en 1960 y que actualmente está en uso, reconoce grandes categorías denominadas como cinco reinos: *Monera*, *Protista*, *Fungi*, *Plantae* y *Animalia*:

- **Reino Monera.** Agrupa organismos unicelulares que carecen de núcleo (procariontes), como las bacterias que causan enfermedades, las cianobacterias que realizan fotosíntesis y son las responsables de la producción de oxígeno desde hace varios miles de años y que en la actualidad sostienen en buena medida la vida en el planeta y, por supuesto, las bacterias no patógenas, por cierto las más abundantes y diversas, que permiten el mantenimiento de los ecosistemas al degradar materia orgánica e incorporar elementos como el nitrógeno a los ciclos biogeoquímicos.
- **Reino Protista.** Agrupa a organismos unicelulares con núcleo. Es un grupo muy heterogéneo en el cual están los protozoarios que en algún momento fueron considerados

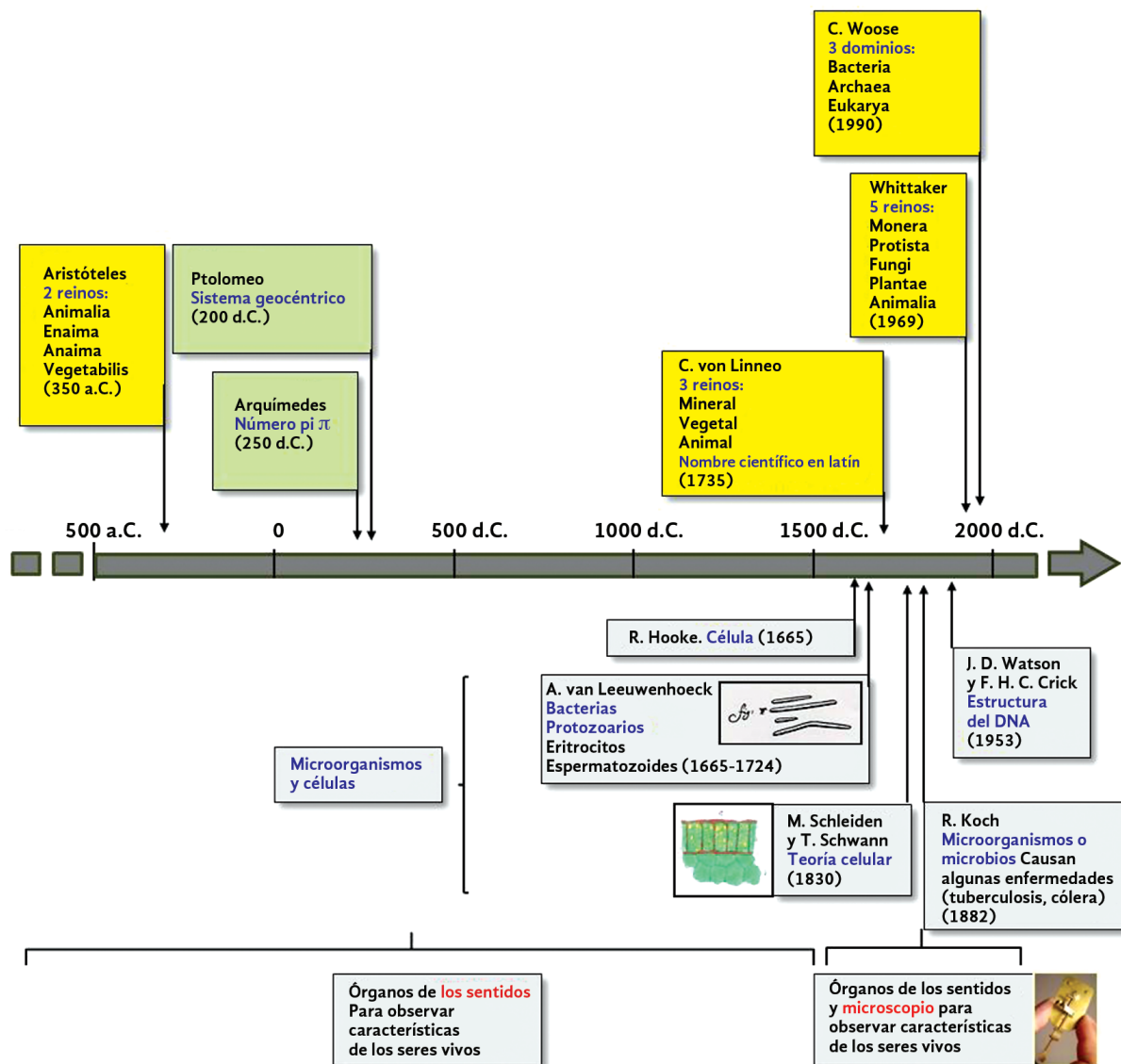


Figura 18 | Línea del tiempo de los principales sistemas de clasificación en el contexto del desarrollo de las ciencias. En amarillo se muestran los principales sistemas propuestos para los reinos. La propuesta de cinco reinos y tres dominios surgen cuando se describen células y nuevas especies (bacterias y protistas) con el microscopio que no corresponden a las plantas ni a animales descritos con observaciones basadas en el ojo humano. Los métodos moleculares para estudiar el ADN permitieron propuestas como la de los tres dominios.

animales, de ahí el nombre. Los biólogos también han colocado en este grupo a pequeños organismos unicelulares y multicelulares, sin gran diferenciación celular, parecidos a las plantas porque poseen clorofila y pueden hacer fotosíntesis: son las algas como las que colorean los cuerpos de agua y los productores de estos ecosistemas.

- **Reino Fungi.** Incluye organismos unicelulares y pluricelulares eucariontes; es el reino de los hongos. Los unicelulares, como las levaduras, que permiten la elaboración de bebidas alcohólicas y pan; los pluricelulares, aquellos formados por filamentos (hifas) que sólo se diferencian cuando se forman cuerpos de reproducción, como en las setas. Los hongos, junto con algunos tipos de bacterias, tienen un importante papel en el funcionamiento del ecosistema pues son los encargados de desintegrar los restos de

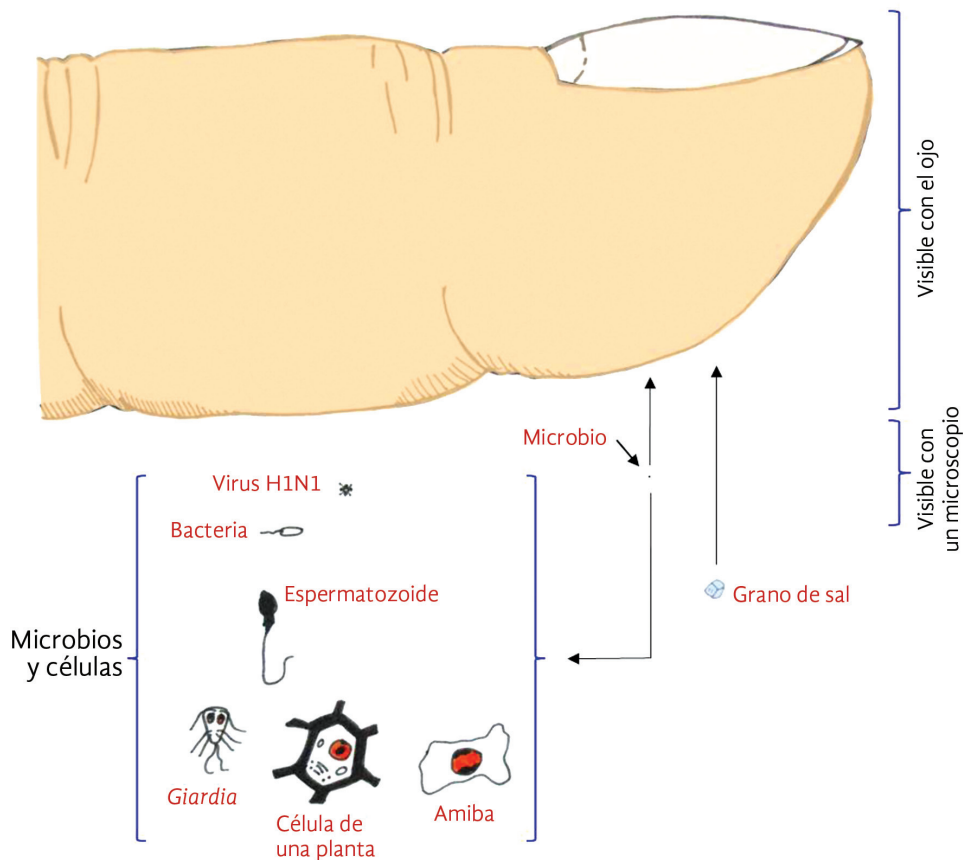



Figura 19 | Comparación del tamaño de un dedo humano con el de un microorganismo. En la imagen, el punto pequeño señalado como microbio se percibe solamente si se agranda la imagen como está en la figura. El uso del microscopio reveló muchos microbios y células que permitieron conocer características de esas especies, generando la posibilidad de proponer nuevos reinos.

organismos que han muerto con el objeto de que las sustancias que los constituían puedan aprovecharse nuevamente. También existen hongos que rodean con sus filamentos a las raíces de algunas plantas que se benefician de esta asociación, pues crecen más rápido al absorber nutrientes con mayor facilidad.

- **Reino Plantae.** Incluye a organismos multicelulares eucariontes que contienen clorofila —con algunas excepciones las plantas parásitas—, por lo que son, junto con las algas y algunas bacterias, los productores de los ecosistemas y, por lo tanto, de ellos depende la existencia de los ecosistemas. Las plantas se dividen en dos grandes grupos: las no vasculares, que carecen de un tejido especializado para transportar el agua en su interior, son pequeñas, sólo se encuentran en ambientes muy húmedos y normalmente crecen a ras del suelo, como los musgos y las hepáticas. Las plantas vasculares, que poseen un sistema especializado para transportar agua y sales desde las raíces a las hojas y otro para llevar las sustancias elaboradas desde las hojas al resto del vegetal. Tienen una distribución amplia en el planeta y su tamaño varía desde las hierbas diminutas hasta las gigantes secuoyas de California. Algunas no producen semillas sino esporas, como los helechos; pero las más abundantes tienen semillas que se localizan en los frutos (angiospermas como la manzana) o están las que tienen sus semillas desnudas (gimnospermas como los pinos y oyameles).
- **Reino Animalia.** Incluye organismos pluricelulares con tejidos especializados, con una estructura corporal básica formada hace 500 millones de años, desde esponjas, corales, gusanos, artrópodos, estrellas de mar hasta organismos de los cuales evolucionamos los

vertebrados. Son los consumidores de los ecosistemas porque se alimentan de otros organismos, es decir, son heterótrofos. El hombre como especie biológica pertenece a este reino.


ACTIVIDAD

 **¿De qué tamaño es una célula?** (6-8 años) | Tomar un grano de sal y presionarlo contra la mesa con una cuchara. Escoger el fragmento más pequeño de sal que se forme. Presionarlo nuevamente con la cuchara. Una vez más tomar el fragmento más pequeño y presionar hasta que no se vea el fragmento más pequeño. ¿De qué tamaño puede ser el fragmento más pequeño?

Algunos autores como Wöese propusieron, entre 1990 y 1998, un arreglo de estas jerarquías taxonómicas en seis reinos. *Monera* se divide en dos reinos —*Eubacteria* y *Archaeobacteria*— y en tres dominios —*Bacteria*, *Archaea* y *Eucaryota*—, atendiendo a un mayor conocimiento de la estructura y filogenia molecular, sobre todo de las proteínas de cadena respiratoria, los citocromos y de secuencias genéticas conservadas.

Los virus y los priones (causantes de enfermedades como “las vacas locas”) no están incluidos en estas clasificaciones por no presentar las características que permitan su acomodo en alguna de las categorías propuestas; por esta razón se conocen como “partículas biológicamente activas”.

ACTIVIDAD

 **Biodiversidad: los cinco reinos** (mayores de 12 años) | Los alumnos deberán llevar al salón de clases los siguientes ejemplares: una lagartija, una planta, una seta (champiñón), la imagen de una euglena o protozoario y la imagen de una bacteria. Deberán analizar las similitudes y las diferencias entre los distintos organismos, señalar las características que son evidentes al observar los ejemplares y aquellas que cada alumno conoce. La finalidad es que los alumnos discutan y conozcan las causas científicas por la que los organismos han sido separados en cinco reinos.

El humano como parte de la biodiversidad

La especie humana, cuyo nombre científico es *Homo sapiens*, forma parte de la biodiversidad y su estatus taxonómico es el siguiente:

Dominio: *Eucariota*
 Reino: *Animalia*
 Filo: *Cordata*
 Clase: *Vertebrata*
 Orden: *Primates*
 Familia: *Hominidae*
 Género: *Homo*
 Especie: *sapiens*
Homo sapiens

Reconocer a los humanos como una especie más en la naturaleza no es problema para los biólogos; se conocen las características que nos relacionan con el resto de los organismos y que han sido fundamentadas en estudios que van desde la anatomía, la fisiología y la bioquímica, hasta los más actuales que involucran al genoma humano y el de muchas otras especies.

El problema real de este posicionamiento radica en que somos una especie dominante que ha alcanzado un crecimiento demográfico impresionante y un grado de desarrollo social y cultural como el de ninguna otra especie sobre el planeta. La demanda de recursos ambientales que esta situación genera parece habernos llevado a la disyuntiva de tener que elegir entre la supervivencia de la especie humana y la del resto de las especies; y entre obtener el máximo de ganancias en la explotación de un recurso en el corto tiempo o mediar esta obtención de ganancias con la conservación del recurso en el largo plazo.


Si bien la disyuntiva se ha planteado y lamentablemente en muchas ocasiones la respuesta ha sido poco racional y nos ha llevado a la actual crisis ambiental, la posible solución es justamente comenzar a entendernos como parte, especial si así lo queremos, de un sistema que para su permanencia requiere del concurso de todas sus partes. Y no se trata de una defensa a ultranza e irracional de la naturaleza, sino de entender los procesos y el papel que cada especie juega en el ambiente, para utilizar los recursos en una medida que permita su conservación y se garantice su uso por las futuras generaciones.

México, un país megadiverso

Pocos países tienen una diversidad biológica como la de México; a pesar de esto, su estudio sistemático data de los años setenta del siglo xx, cuando se inicia la formación de especialistas, el levantamiento de inventarios, la creación, incremento y conservación de colecciones biológicas y el rescate de la información generada por trabajos de campo, así como el análisis de las formas de aprovechamiento y conservación de esta biodiversidad en forma sustentable.

La gran biodiversidad de México es explicable en función de sus características orográficas que determinan condiciones especiales en los cambios y distribución de las variables climáticas; así, en nuestro territorio se presentan climas montañosos, fríos, templados, secos, húmedos y cálidos; juntos, relieve y clima, posibilitan la existencia de un sinnúmero de hábitats de características diversas ocupadas por un enorme número de

ACTIVIDAD

 **Evolución: vertebrados** (mayores de 12 años) | Los humanos están familiarizados con los vertebrados. Sin embargo, pocos podrían decir con facilidad las características que definen a cada grupo. La siguiente práctica tiene la intención de fortalecer el conocimiento sobre los diferentes grupos de vertebrados.

Los alumnos deberán llevar al salón de clases los siguientes ejemplares: una lagartija, una rana, un ratón, un pollo (pequeño), un pez pequeño. Se les pedirá que señalen las características que observan en cada uno y aquellas que ya conocen, que analicen las similitudes y las diferencias entre los distintos organismos y que determinen si pueden agrupar los ejemplares de alguna manera. Que discutan con el profesor si estos organismos tienen un origen común y cuáles son las razones científicas.

Grupo	Lugar
Reptiles	1°
Anfibios	4°
Mamíferos	2°
Insectos (mariposas)	10°
Fanerógamas	4°

Figura 20 | Estatus de la biodiversidad de México en el mundo para los diferentes grupos de organismos.

especies vivientes, algunas de ellas propias y únicas del territorio mexicano (endémicas). Como elemento adicional a su heterogeneidad ambiental, México por su posición geográfica ha sido y sigue siendo una ruta de migración de animales, lo que enriquece todavía más esta diversidad. El país presenta una de las mayores riquezas biológicas del planeta y se ubica por ello en el conjunto de los 14 países megadiversos. En la figura 20 se observa el estatus que ocupa México con respecto al resto del mundo en cuanto a diversidad biológica.

Bienes y servicios de la biodiversidad: uso de recursos para alimentos, salud, industria farmacéutica

Uno de los aspectos de la biodiversidad que reviste mayor importancia para los humanos es sin duda su valor económico. La biodiversidad representa en este sentido un acervo importante de recursos renovables, si son utilizados con inteligencia.

Esta riqueza se asocia con distintos ambientes, como los bosques y matorrales, cuyas especies son fuente de recursos; por ejemplo, maderas, fibras, combustibles, resinas, ceras, alcoholes, además de sus hojas, frutos y semillas comestibles, así como sustancias utilizadas como principios activos para la elaboración de medicamentos. Actualmente, en México y en el mundo, los productos de las empresas comunitarias que se sirven de los bosques pero sin contribuir a la deforestación (uso racional) portan un sello que identifica este tipo de acciones (FSC = Forestal Stewardship Council).

Muchas especies han sido domesticadas y utilizadas en agricultura, ganadería, acuicultura y apicultura. Todas las variedades obtenidas por selección artificial que las culturas humanas han cultivado y criado desde hace miles de años tienen su origen en especies silvestres, es decir, son provenientes de algún ecosistema natural. La capacidad de diversificación y la versatilidad para adecuarse a distintos ambientes que muestran estas variedades vegetales y animales nos permiten vislumbrar la riqueza genética que representan las especies silvestres y la importancia de su conservación.

Pero la biodiversidad va más allá de las plantas y animales que, aunque resultan la parte más evidente, son tan sólo una fracción de esta diversidad biológica y, por supuesto, de su potencialidad como recurso. La utilización de hongos y bacterias ha sido parte del desarrollo de las culturas en la producción de bebidas alcohólicas y productos lácteos, como quesos y yogur. Hoy, con el uso de la biotecnología y de la ingeniería genética, se utilizan en la producción de medicamentos, vitaminas, anticuerpos, vacunas, por mencionar algunos. Las algas, que han sido y siguen siendo parte de la alimentación tradicional de algunos pueblos, son además fuente importante de materiales, como aglutinantes y texturizantes, útiles para la industria alimentaria.

El suelo también es un recurso natural renovable, y aunque su clasificación como factor abiótico en los ambientes podría llevarnos a pensar que no existe una relación con los sistemas vivos, la realidad es que su conservación está íntimamente relacionada con los organismos que habitan en él.

Organismos como las bacterias, hongos, lombrices, moluscos, insectos y crustáceos son parte de su proceso de formación, pues al remover y desintegrar la materia orgánica producto de los restos y desechos orgánicos, enriquecen su composición y permiten

el crecimiento y desarrollo de organismos como las plantas, las cuales, gracias a sus raíces, retienen las partículas de suelo y evitan su erosión.

La biodiversidad es un patrimonio que debemos usar porque nos brinda una amplia gama de recursos y de servicios; el reto es lograr un uso que nos beneficie a todos y que permita la conservación de estos recursos y nuestra permanencia en el tiempo.

Causas y consecuencias de la pérdida de la biodiversidad

La alteración del ambiente es un problema mundial; la fuerte demanda de materiales y la falta de visión a futuro en la explotación de los recursos de los distintos ambientes ha propiciado el deterioro, en algunos casos irreversible, de los ecosistemas.

La tala inmoderada, la caza y la pesca masiva, la cacería furtiva, el cambio en la vocación del suelo, la construcción de infraestructura, como presas y grandes carreteras, la introducción de especies exóticas, el aumento en la actividad industrial y de sus desechos tóxicos y el crecimiento desmedido de las manchas urbanas, son tan sólo algunas de las causas que generan alteración en los ecosistemas. En un ecosistema natural los componentes abióticos y bióticos establecen relaciones complejas que permiten que el sistema funcione y se mantenga en un equilibrio dinámico; por ello el uso irracional de los recursos naturales tiene como una de sus consecuencias directas la pérdida de la biodiversidad, que se observa como un aumento en el número de especies en peligro de extinción, lo que a su vez impacta en la recuperación y productividad de los ecosistemas y en la alteración de las redes alimentarias.

En la historia de la vida en nuestro planeta existen evidencias de grandes extinciones de organismos y de lentas recuperaciones de la biodiversidad. Antes del surgimiento y desarrollo de las poblaciones de humanos, el último gran evento de este tipo ocurrió hace 65 millones de años, en el Mesozoico, cuando el impacto de un asteroide sobre la Tierra aceleró la pérdida de algunos linajes de grandes reptiles que habían empezado a declinar desde hacía unos 10 millones de años antes del asteroide. Sin embargo, a pesar de que hace más de 65 millones de años no ha habido un impacto de otro asteroide en nuestro planeta, tenemos en curso la sexta gran extinción de especies, y el agente identificado como mayor responsable de este proceso es la especie humana, cuyas altas tasas de crecimiento y prácticas culturales han acelerado la tasa de extinción de muchas especies.

Hoy sabemos que no es necesario matar uno por uno a cada individuo de una especie para lograr su extinción. Basta con disminuir drásticamente su número por medio de la caza, la pesca o la extracción masiva —sea para obtener recursos, por diversión o por deporte—, para que el propio desequilibrio poblacional y del ecosistema se encarguen del resto.

Sabemos también que las especies interactúan con los factores ambientales abióticos y bióticos de un ecosistema, y que la presencia, supervivencia y permanencia de algunas especies depende de la existencia de otras (polinización, dispersión y germinación de semillas, alimento, sustrato, protección, entre muchas otras), es decir, que no hace falta tocar una especie para extinguirla o ponerla en riesgo, sólo necesitamos modificar alguna de estas relaciones para afectar los factores bióticos o abióticos de los cuales depende.

La disminución física de los lugares adecuados para vivir o la reducción del hábitat por fragmentación o contaminación da como resultado “parches ambientales” que no siempre son propicios para mantener el tamaño poblacional para una reproducción con éxito o para la alimentación y recursos que requiere la población. La incorporación accidental o deliberada de especies, esto es, la introducción de especies exóticas ajenas a un hábitat, irrumpe en las relaciones establecidas por los integrantes del ecosistema, causa desequilibrio en el uso de los recursos (compite, depreda, parasita, etc.) y pone en peligro a las especies.

Estos cambios locales, y los globales como la intensificación del efecto invernadero, resultado de múltiples actividades humanas, modifican las condiciones de los ecosistemas, de su biodiversidad, y comprometen su estabilidad y viabilidad a futuro.

SOMOS PARTE DE LA NATURALEZA

INTRODUCCIÓN

Los seres vivos están emparentados unos con otros por el hecho de compartir ancestros comunes. Asimismo, las especies interactúan unas con otras y con el ambiente por medio de relaciones que son estudiadas por la ecología.

En esta unidad se tratan temas como los requerimientos de plantas y animales, del lugar donde viven y lo que aportan al ambiente terrestre y acuático, así como aspectos del cuidado de la naturaleza. Se introduce el lenguaje científico en temas como el ecosistema y los ciclos biogeoquímicos.

Los organismos que ocupan los diversos ambientes que existen en la Tierra, desde la bacteria más pequeña hasta los más grandes y complejos estructuralmente hablando, establecen una serie de relaciones con el medio que los rodea de diversa manera y a diferentes niveles; estas relaciones pueden ser entre individuos de la misma especie, entre individuos de otras especies o en un complejo entorno físico.

La ecología es la *ciencia* que estudia las relaciones de los organismos entre sí y de éstos con el ambiente, y este estudio se realiza por medio del análisis de los distintos niveles de organización de la naturaleza, tomando en cuenta distintas unidades de complejidad o tamaño creciente. Así, podemos decir que la ecología estudia los organismos con características morfofisiológicas similares que conforman las *poblaciones*, y que éstas a su vez pueden organizarse en diferentes *comunidades* y en *ecosistemas*. De acuerdo con el nivel de estudio será la disciplina que lo aborde; de esta manera, del estudio de los individuos y poblaciones se ocupa la *autoecología*, mientras que de las comunidades y ecosistemas está a cargo la *sinecología*.

El ambiente

El *ambiente* comprende los factores físicos y químicos (*factores abióticos*), así como los sistemas vivos (*factores bióticos*) que afectan la supervivencia de un organismo. Entre los factores abióticos se encuentran la altitud, latitud, presión atmosférica, profundidad, temperatura, humedad, precipitación, textura del suelo, composición química del suelo (fosfatos, nitratos, sulfatos, iones metálicos, entre otros) y pH del suelo o del agua.

Los factores abióticos determinan la presencia de los seres vivos en una zona ya que forman parte de los requerimientos para su supervivencia y pueden ser considerados como *recursos* o *condiciones*. Por ejemplo, si los organismos pueden percibir un factor abiótico que determina su presencia o no en el ambiente, se llamará *condición*. La luz, por ejemplo, es una condición, ya que muchos organismos pueden realizar sus activi-

dades dependiendo de las horas de luz u oscuridad que exista en el ambiente. Si los seres vivos consumen un factor abiótico estamos hablando de un *recurso*. Por ejemplo, los nutrimentos del suelo son recursos para las plantas, ya que son indispensables para poder sobrevivir en el ambiente.

En el caso de los factores bióticos, los individuos, sean de la misma especie o no, compiten por alimento, por espacio o por luz; pueden ser depredadores o presas de otra especie diferente, ser sus parásitos, herbívoros, comensales, o establecer relaciones de beneficio mutuo como en la simbiosis. Un ejemplo de estas relaciones se establece entre las plantas y los organismos que dispersan sus semillas: las primeras ofrecen *recompensas* a los segundos, como el fruto en el que viajan las semillas, mientras que los dispersadores mueven a los futuros organismos (semillas) lejos de la planta madre permitiendo la dispersión de la planta a nuevos ambientes; en este caso ambas especies se benefician de la relación.

Estas formas de interacción de los organismos entre sí y con el ambiente varían en función del nivel de organización que presenten en la naturaleza. Cada nivel de organización posee propiedades particulares y exclusivas, que no comparte con los otros niveles.

Hábitat y nicho ecológico

Dos conceptos fundamentales para describir las relaciones ecológicas de los organismos son el hábitat y el nicho ecológico. Estos conceptos tienen entonces la utilidad de decirnos en dónde vive un organismo y lo que hace como parte de su ecosistema.

El *hábitat* de un organismo o una especie es el lugar donde vive, su área física, el ambiente que reúne las condiciones adecuadas para que la especie pueda residir, alimentarse y reproducirse, perpetuando su presencia. Un hábitat se caracteriza por los rasgos que lo definen ecológicamente, distinguiéndolo de otros hábitats en los que la misma especie no podría vivir. Puede ser muy amplio, como el Golfo de México, o muy pequeño y limitado, por ejemplo la parte inferior de una roca en un bosque; no obstante, siempre será una región bien delimitada físicamente. En un hábitat particular pueden vivir varias especies.

En cambio, el *nicho ecológico* es el papel que un organismo o especie desarrolla en la comunidad o el ecosistema, es decir, no es un espacio delimitado físicamente sino una propuesta que comprende todos los factores físicos, químicos, fisiológicos y bióticos que necesita un organismo para vivir.

Para describir el nicho ecológico de un organismo es preciso saber qué come, quién se lo come a él, qué rangos de temperatura soporta, qué tipo de vegetación prefiere, si es el caso, cuáles son sus límites de movimiento y sus efectos sobre otros organismos y sobre partes no vivientes del ambiente.

Una de las propuestas sencillas para comprender estos conceptos es considerar al hábitat como la dirección de un organismo (donde vive), y al nicho ecológico como su profesión (lo que hace biológicamente).

Una de las generalizaciones importantes de la ecología es que dos especies no pueden ocupar el mismo nicho ecológico, pero una sola especie puede ocupar diferentes nichos en distintas regiones, en función de factores como el alimento disponible y el número de competidores.

Las poblaciones

Una población se caracteriza por un grupo de individuos de una misma especie, con un acervo genético que determina, en interacción con el ambiente, su morfología, fisiología y su conducta; individuos que coexisten en el tiempo y en el espacio y que potencialmente pueden intercambiar material genético a través de la reproducción y tener descendencia fértil. La forma en que se organizan los organismos de una misma especie dentro de un ambiente produce características que son exclusivas de esa población; éstas se llaman *propiedades emergentes*.

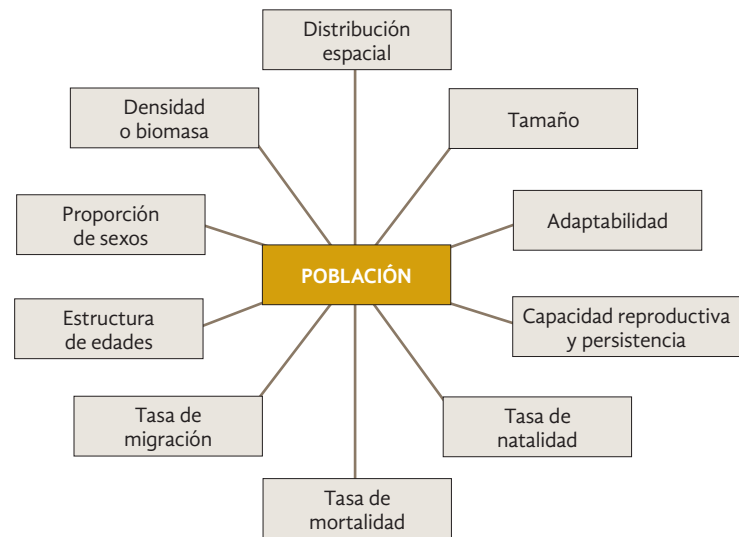


Figura 21 | Características de una población.

Propiedades emergentes de las poblaciones

Una población presenta:

- **Tamaño poblacional.** Es el número de individuos que componen la población.
- **Distribución espacial.** La distribución de los individuos de una población en un área determinada responde a un conjunto de diversas influencias ambientales como condiciones físicas favorables, buena oferta de alimento, competencia, presencia de depredadores, etc. Los organismos se esparcen de acuerdo con la disposición de sus requerimientos en el ambiente de forma *uniforme (homogénea)*, *agregada* y *aleatoria (heterogénea)*. Conocer cómo se distribuye una población permite planear el muestreo para conocer los otros parámetros que caracterizan a la población.
- **Patrones demográficos.** Describen el número de individuos que tiene una población en un momento determinado: *tasa de natalidad*, que indica cuántos individuos nacen por unidad de tiempo y por unidad de área o volumen y es consecuencia de la reproducción; *tasa de mortalidad*, número de individuos que mueren por unidad de tiempo y por unidad de área o volumen, y *tasa de migración*, que indica el número de individuos que salen de la población (emigración) y que entran a la población (inmigración) por unidad de tiempo.
- **Proporción de sexos.** Señala la proporción de hembras y machos en una población. La mayoría de las poblaciones tendría una composición aproximada de 50% de hembras y 50% de machos.
- **Densidad.** Es el número de organismos por unidad de área o volumen. Esta característica nos da información acerca de cuánto espacio tiene un organismo para llevar a cabo sus funciones vitales y de ella podemos inferir la intensidad de la competencia por los recursos.
- **Estructura de edades.** Debido a que las poblaciones están conformadas por individuos de diferentes edades —infantiles, juveniles reproductivos, seniles—. Esta estructura

se refiere a la cantidad de individuos de cada edad o intervalo de edad, de cada tipo. Se requiere de un buen conocimiento de la biología de la especie, ya que generalmente hay que recurrir a determinadas características anatómicas para estimar la edad (forma de las plumas, coloración del pelaje, diferencia en las estructuras óseas, ramificaciones de los cuernos, anillos de crecimiento en troncos, etc.). De esta descripción sabremos cuántos organismos tienen mayor probabilidad de morir, de reproducirse o de migrar, así como predecir el futuro de la población en estudio.

- **Crecimiento poblacional.** Es el modo en que la cantidad de individuos de una población aumenta o disminuye con el tiempo. El crecimiento de una población depende de la tasa en la que nuevos individuos se introducen a la población a través de los procesos de natalidad e inmigración de cada especie, la tasa en la que los individuos dejan la población a través de procesos como la mortalidad y la emigración, así como del número de individuos reproductivos iniciales. Hay que aclarar que existen poblaciones en las que no existe el proceso de migración, entonces dependen exclusivamente del nacimiento y mortalidad.

Los tipos de crecimiento poblacional —que básicamente son dos— tienen nombres que se deben al tipo de curva que se obtiene al graficar los datos del número de individuos en el tiempo obtenidos del estudio de una población; así, tenemos un crecimiento en forma de *J* o *exponencial*, y un crecimiento en forma de *S* o *sigmoideal*.

En el crecimiento exponencial, el número de individuos de la población aumenta rápidamente porque la tasa de natalidad y de inmigración, si es el caso, supera a la de mortalidad y de emigración, y si no existen factores en el ambiente (suficiente alimento y espacio, por ejemplo), la población crece de manera exponencial. Este tipo de crecimiento se llama *ilimitado*, y sólo es posible en circunstancias muy específicas. Por ejemplo, cuando una especie coloniza un nuevo espacio y no hay restricciones en los recursos ni competencia por ellos.

En el crecimiento sigmoideal existen factores limitantes en el ambiente y son muy importantes los factores dependientes de la densidad. El ritmo de crecimiento en estas poblaciones se inicia en forma de *J*, pero decrece a medida que aumenta la densidad de población y se aproxima a un valor máximo denominado *capacidad de carga del ambiente* (*K*), para el cual el incremento en el tamaño de la población es nulo.

Existen razones y evidencias para suponer que conforme se incrementa el tamaño de la población, la tasa de mortalidad aumenta (a veces por enfermedades, patógenos, falta de alimento, etc.), mientras que la de natalidad se reduce.

Figura 22 | Características de una comunidad.



Las comunidades

Una comunidad es un conjunto de poblaciones de diferentes especies que comparten un área común y que pueden interactuar de diversas formas. La comunidad representa un nivel de organización biológica más complejo que la población y, por lo tanto, posee propiedades que no tienen las poblaciones individuales (fig. 22).

Algunas propiedades emergentes de las comunidades más importantes se explican a continuación.

Propiedades emergentes de las comunidades

- **Riqueza de especies.** Se refiere al número de especies que forman parte de una comunidad.
- **Estructura.** Se refiere a la organización de los individuos de las diferentes especies que conforman la comunidad.

En la *estructura vertical*, los componentes se distribuyen a lo largo de un eje vertical de diferente manera, a partir del suelo en las comunidades terrestres o a partir de la superficie del agua y hacia la profundidad en las comunidades acuáticas. En los ambientes terrestres, esta estructura está determinada por el tamaño y la forma de las plantas que a su vez influyen en la forma en que incide la luz. En los ambientes acuáticos, los factores físicos como la luz, la temperatura y la concentración de oxígeno determinan la estructura vertical de las comunidades.

La estructura vertical determina el tipo y la cantidad de especies que se asocian a las plantas, y en comunidades con una mayor estratificación generalmente encontramos una mayor diversidad animal.

Por otro lado, los organismos se distribuyen a lo largo de la superficie del terreno de una comunidad; esto se llama *estructura horizontal* y se observa con mayor claridad en organismos sésiles como las plantas; aunque las comunidades con organismos móviles tienen una estructura horizontal, es más difícil percatarse de ello.

Si se consideran la estructura vertical y la horizontal se obtiene la *estructura espacial*, que proporciona una imagen más real de la estructura de las comunidades.

- **Diversidad.** Es la variedad de organismos que forman una comunidad. Esta propiedad incluye a la riqueza e involucra a la abundancia de cada especie. Este dato es importante ya que se pueden detectar especies raras y dominantes, entre otras.
- **Fisonomía.** Depende de la morfología de las especies que la conforman, además de otros atributos como la densidad, y representa el aspecto visual de las comunidades. El estudio de esta propiedad se limita a comunidades vegetales y de arrecifes coralinos.
- **Sucesión ecológica.** Son los cambios direccionales en la composición y estructura de las especies en las comunidades, que ocurren como consecuencia de una colonización o un disturbio. Este proceso dura muchos años y pueden distinguirse diferentes etapas como colonización, desarrollo y madurez. Existen dos tipos de sucesión:

La *sucesión primaria* se da por la colonización nueva en superficies terrestres creadas a través de procesos geológicos, como por ejemplo en islas formadas por erupciones volcánicas. Las primeras especies, conocidas como *pioneras* y que generalmente corresponden a líquenes, musgos o helechos, son las responsables de formar el suelo que permitirá el posterior establecimiento de otras especies vegetales de ciclos de vida más largos y con una mayor complejidad estructural que las especies pioneras, como arbustos y hierbas perennes, formación de mayor cantidad y calidad que permitirá la sustitución de estas especies por plantas con largos ciclos de vida, generalmente árboles. Durante todo el proceso de sucesión de especies vegetales también ocurren cambios en la composición de las comunidades animales y de otras especies.

La *sucesión secundaria* consiste en la secuencia de cambios en la composición y estructura de las comunidades en una región en la que previamente ha habido un *disturbio*: incendios, deslizamientos de tierra, huracanes, y actividades humanas como la deforestación para la construcción de carreteras, para la agricultura o ganadería, pero que no causaron la destrucción del suelo ni de todas las especies. En este tipo de sucesión, las primeras especies que colonicen el lugar serán plantas que aprovecharán el suelo ya formado. Según el grado de perturbación, las primeras especies vegetales serán hierbas con ciclos de vida cortos, o bien arbustos. La sucesión secundaria se distingue de la primaria porque ocurre en un tiempo considerablemente menor que esta última, debido a que el proceso empieza en una etapa más avanzada, pues ya hay suelo formado, y frecuentemente puede existir un banco de semillas, raíces o tocones de las especies vegetales que se encontraban antes del disturbio, aunque también pueden llegar semillas de otros lugares por dispersión.

- *Patrones ambientales*. La diversidad de especies varía de acuerdo con la latitud; es mayor en zonas cercanas al ecuador y disminuye conforme nos acercamos a las regiones polares. Por otro lado, la riqueza y diversidad de especies también varía con la altitud: a menor altitud encontraremos un número mayor de especies; sucede lo contrario a mayores altitudes.

Redes tróficas o alimentarias

En todas las comunidades y ecosistemas, los organismos están estrechamente entrelazados a través de relaciones de tipo alimentario. De acuerdo con sus hábitos alimentarios, podemos clasificar a las diferentes especies en grupos o niveles tróficos. El primer nivel está conformado por los organismos autótrofos, también llamados *productores primarios*, capaces de sintetizar moléculas orgánicas a partir de sustancias inorgánicas. En este grupo aparecen las bacterias quimiosintéticas cuya única fuente de energía es la proveniente de compuestos como el ácido sulfhídrico y los organismos fotosintéticos como plantas, algas macroscópicas, algunos euglenidos y las cianobacterias, que utilizan luz solar para la fabricación de carbohidratos y otras moléculas. El nivel trófico es la base de todas las relaciones alimenticias en las comunidades, ya que de ellas dependen las demás especies.

Todos los demás organismos presentes en una comunidad son consumidores, también llamados *heterótrofos*, y necesitan alimentarse de otros seres vivos, de los productos que éstos elaboran (secreciones, pelo, excremento) o de sus cadáveres. Los heterótrofos están conformados por bacterias, protozoarios no fotosintéticos, hongos y los demás animales que forman los siguientes niveles tróficos.

El segundo nivel está constituido por los organismos herbívoros que se alimentan de los productores. A éstos se les llama *consumidores primarios*. A ellos pertenece el zooplankton, conformado por pequeños crustáceos y larvas de animales invertebrados, insectos que se alimentan de plantas, chapulines, grillos, vertebrados como los conejos, ardillas, aves y algunos reptiles.

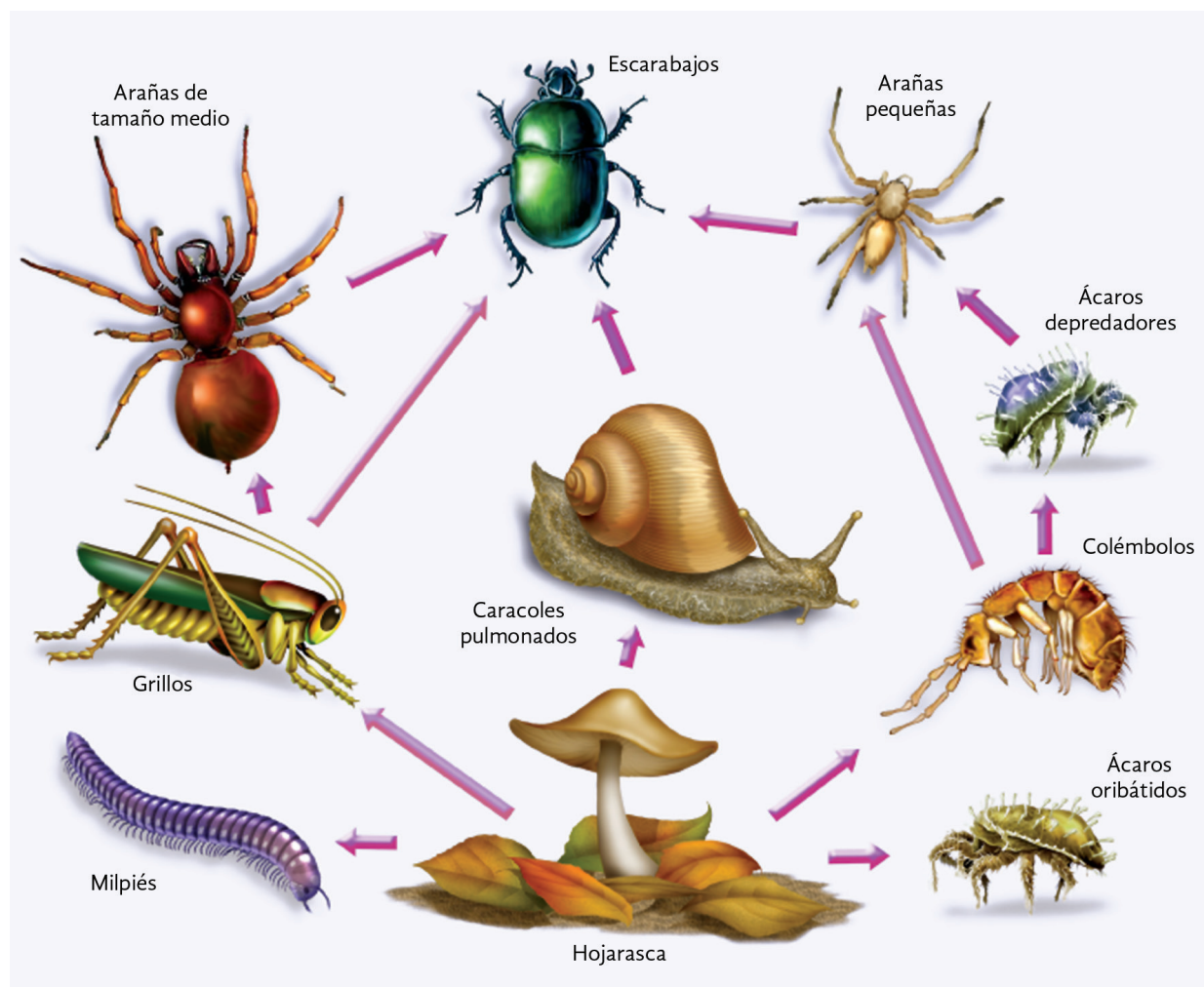
El tercer nivel trófico está formado por los *consumidores secundarios*, es decir, animales carnívoros que se alimentan de herbívoros. Entre ellos están las aves que se alimentan de insectos y ratones; zorros, serpientes, pumas, jaguares y peces que se alimentan de zooplankton, entre otros.

Según el tipo de comunidades puede existir un cuarto nivel trófico integrado por los consumidores terciarios, organismos que se alimentan de depredadores, por ejemplo, águilas, búhos, tiburones y delfines; aunque en algunos casos hay especies como las orcas y los grandes tiburones blancos que pueden ocupar un quinto nivel trófico.

Finalmente, existe un grupo heterogéneo de organismos cuya función es clave en el mantenimiento de las comunidades: son los saprófagos, integrados por los organismos *detritívoros* (comedores de detritus) y los *descomponedores*. Los detritívoros son animales como lombrices de tierra, cochinillas, escarabajos peloteros y buitres, entre otros, que se alimentan de tejidos animales y vegetales muertos, degradando la materia orgánica a través de procesos físicos y digestivos. Los descomponedores, en cambio, degradan la materia orgánica a través de procesos bioquímicos, es decir, por medio de la liberación de enzimas. A este grupo pertenece un gran número de bacterias y hongos (fig. 23).

La complejidad de las relaciones de tipo alimenticio en las comunidades es enorme. Por lo tanto, una manera de simbolizarlas es a través de las redes tróficas o alimentarias, que son representaciones con múltiples interconexiones acerca de los vínculos alimentarios entre las especies en una comunidad, en las que se muestra cómo unos organismos consumen a otros.

Figura 23 | Red trófica de los detritívoros y descomponedores.



Interacciones entre especies

Las interacciones que se dan en una comunidad dependen de la densidad poblacional dentro de cada especie, así como entre las especies que la conforman; es decir, ocurre crecimiento poblacional cuando la densidad de individuos es baja, pero lo limitan a densidades elevadas, por lo que podemos decir que los factores densodependientes regulan el tamaño de las poblaciones:

Las interacciones alimentarias entre los organismos de una comunidad se clasifican en cinco tipos: competencia, depredación (que incluye a la herbivoría, a la depredación verdadera y al parasitismo), mutualismo, amensalismo y comensalismo, y tienen efectos para una o ambas especies que pueden clasificarse como positivos (+), negativos (-) o neutros (0).

- *Competencia*. Cuando existen recursos limitados y son requeridos por dos organismos de especies diferentes se da la competencia. Es un tipo de relación (-,-); es decir, como resultado de la interacción los organismos participantes resultan perjudicados, lo cual se manifiesta en una disminución de su supervivencia, crecimiento o fecundidad.

La competencia se presenta en dos modalidades: *intraespecífica* e *interespecífica*. La primera ocurre entre los organismos de la misma especie ya que utilizan los mismos recursos, tales como alimento, territorio o pareja. La segunda se da entre especies diferentes que ocupan nichos ecológicos semejantes. Generalmente este tipo de competencia es menos intensa que la intraespecífica, debido a que en el último caso los organismos tienen prácticamente los mismos requerimientos.

- *Depredación*. La depredación consiste en que un organismo es el alimento del otro, es decir, su presa. Es un tipo de relación (+,-) en la que una de las especies es beneficiada (el depredador), mientras que la otra sale perjudicada (la presa). Se reconocen cuatro tipos fundamentales de depredadores: verdaderos, herbívoros, parásitos y parasitoides. Para hacer esta clasificación se toma en cuenta la cantidad de presas consumidas y se observa si en esta interacción se provoca la muerte de la presa.

– *Depredación verdadera*. El depredador ataca a sus presas causándoles la muerte casi de manera inmediata; a lo largo de su vida consume muchas presas con lo cual afecta el tamaño de las poblaciones pero, al mismo tiempo, la abundancia de presas incide en las poblaciones de los depredadores.

Como los depredadores necesitan alimentarse para sobrevivir y las presas escapar de ellos para mantenerse con vida, ambos han desarrollado estrategias que les permiten a los primeros ser cazadores más eficientes y a las segundas escapar ilesas de sus enemigos naturales.

– *Herbivoría*. Es el consumo del tejido vegetal vivo por parte de un animal llamado herbívoro. Éste puede representar una gran variedad de seres vivos, entre ellos muchos insectos y vertebrados. Generalmente, los herbívoros no se alimentan de toda la planta, sino sólo de algunas partes, ya que tienen preferencias por ciertas estructuras: las hojas, los tallos o las raíces, por lo tanto, la planta no necesariamente muere debido a esta interacción.

– *Parasitismo*. Es un tipo de depredación donde el parásito (o huésped), al igual que el herbívoro, se alimenta de su presa (hospedero) causándole daño sin matarla de manera inmediata. Generalmente, los parásitos se asocian con una o muy pocas presas

durante su vida, de ahí que se establezca una relación más estrecha entre ellos que entre depredadores verdaderos y sus presas. El parasitismo se halla sumamente extendido en la naturaleza, pues prácticamente no existe un individuo que esté libre de al menos una especie de parásito. Los parásitos pueden ser endoparásitos, si viven dentro de sus hospederos, o ectoparásitos, si viven en el exterior.

- *Parasitoides*. Los parasitoides son un grupo de insectos a los que pertenecen ciertas avispas (himenópteros) y moscas (dípteros). Los adultos son de vida libre, pero sus larvas parasitan a otras especies de artrópodos. Este tipo de interacción es específica pues los parasitoides atacan a determinados hospederos. Las hembras buscan a su hospedero y ovopositan en él; así, cuando las larvas emergen se alimentarán de su hospedero.
- *Mutualismo*. El mutualismo es un tipo de interacción (+,+), en la que ambas especies reciben beneficios como producto de su asociación, mejorando su desempeño individual. Puede ser de dos tipos:
 - El *mutualismo facultativo* implica una interacción en la cual los organismos participantes pueden vivir en ausencia el uno del otro. Por ejemplo, la dispersión de semillas cuando los frutos son consumidos por aves, roedores, murciélagos o monos que al alimentarse de los frutos de ciertas plantas dispersan las semillas en lugares distantes de las plantas progenitoras, a través de los residuos que no son ingeridos y que caen al suelo o mediante las heces fecales.
 - El *mutualismo obligado* implica en las especies participantes la presencia del otro para poder vivir. Por ejemplo, los mutualistas obligados son especies que dependen totalmente una de la otra para su supervivencia. Un ejemplo de esta interacción lo representa la compleja comunidad de microorganismos constituida por bacterias anaerobias y protozoarios, muchos de ellos especializados, que viven en el tracto digestivo de los rumiantes (vacas) y que en conjunto tienen la capacidad de digerir la celulosa y otros componentes vegetales que las vacas por sí solas no pueden digerir.
- *Comensalismo*. Es un tipo de relación (+,0), ya que mientras una de las especies recibe beneficios, en la otra especie no hay efecto. Un ejemplo de asociación de este tipo es el que se da entre las orquídeas, que se benefician de vivir sobre un árbol que, por otra parte, no recibe beneficio alguno de la interacción.
- *Amensalismo*. Es un tipo de interacción (0,-) que se caracteriza porque una especie provoca daños en otras, sin que aparentemente haya algún efecto en la primera. Un ejemplo es la producción de sustancias por parte de las hojas del pino, que inhiben el crecimiento de otras plantas en las zonas donde caen las hojas de este árbol. A este fenómeno se le denomina *alelopatía*.

Ecosistemas

El ecosistema está representado por un conjunto de especies en un área que interactúan entre ellas y con su ambiente abiótico. Las especies del ecosistema dependen unas de otras. Las relaciones entre las especies y su medio resultan en el flujo de materia y energía del ecosistema. El ecosistema representa la unidad básica de la ecología.

Los ecosistemas se distribuyen en nuestro planeta formando la *biósfera*, capa de la Tierra que posee luz solar, agua y oxígeno, elementos indispensables para la vida. Los eco-

sistemas que presentan semejanza en clima, suelo y organismos, aunque ocupen lugares geográficos distintos, constituyen un *bioma*.

Los ecosistemas, al igual que las comunidades y las poblaciones, tienen propiedades emergentes como flujo de energía, productividad primaria, productividad secundaria, biomasa en pie, estructura trófica, especies clave y ciclos biogeoquímicos.

Propiedades emergentes

- *Flujo de energía.* Los ecosistemas requieren principalmente de la energía radiante del sol. Esta fuente de energía luminosa se desplaza en forma lineal a través de las redes alimentarias; se inicia con el proceso muy complejo de la fotosíntesis a través del cual las plantas transforman la energía luminosa en energía química en forma de azúcares como la glucosa para poder producir lípidos, proteínas, vitaminas y, ácidos nucleicos; de aquí pasará a los consumidores primarios, a los consumidores secundarios y, si es el caso, a los consumidores terciarios; al final de este flujo aparecen los descomponedores.
- *Productividad primaria y secundaria.* Los ecosistemas varían en *productividad*, la disponibilidad de energía de las plantas es mayor que la de los otros organismos, y de estas relaciones depende la *productividad bruta y neta* de un ecosistema.

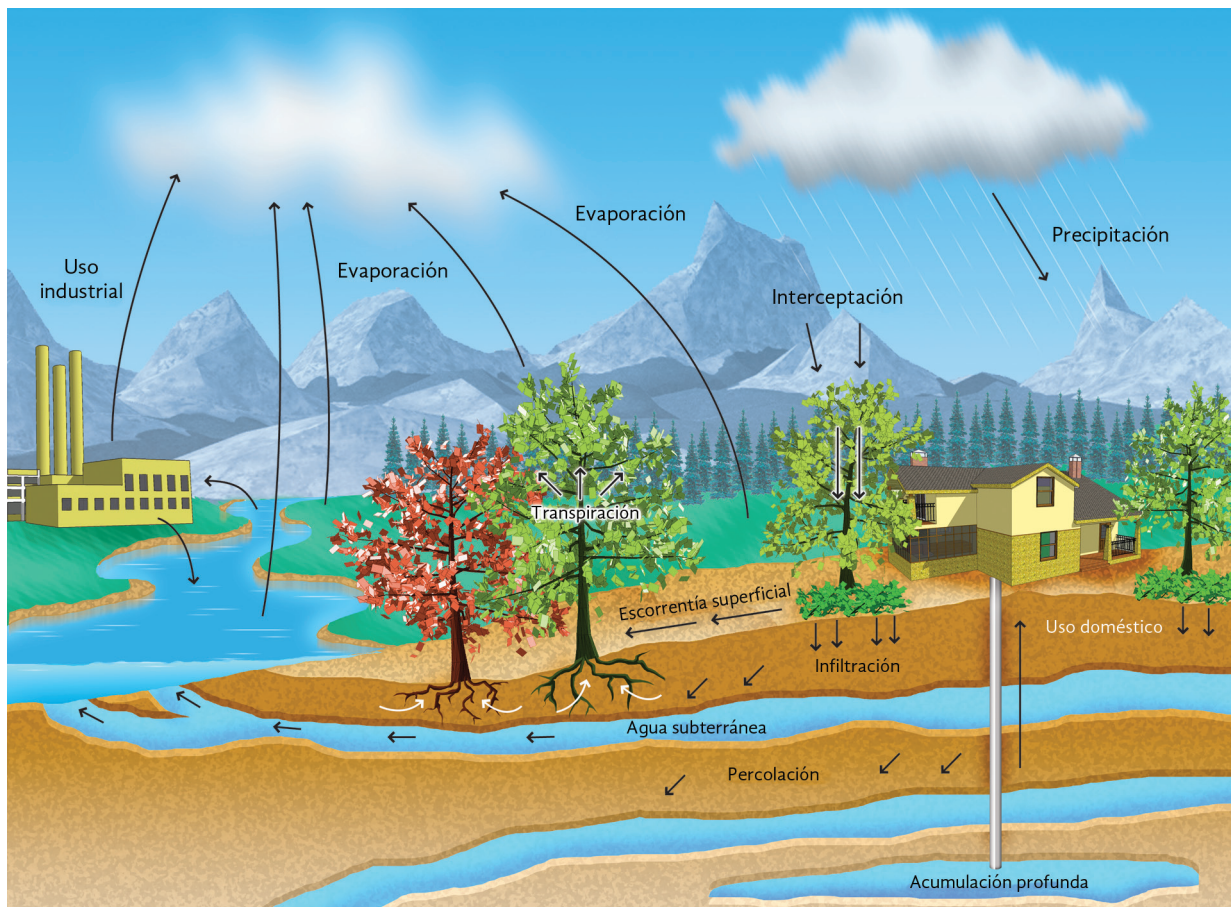
La productividad bruta está representada por la cantidad de energía que aprovecha la planta durante la fotosíntesis. Las plantas respiran para obtener energía en forma de ATP y la respiración disminuye la cantidad de energía que captan durante la fotosíntesis; la energía restante es la que se denomina productividad neta, y ésta es la que la planta incorpora a sus tejidos vegetales y de la que pueden disponer los herbívoros. No toda la energía captada por las plantas es aprovechada por los herbívoros; una parte de ésta es utilizada por la planta para sus funciones y formación de tejidos, y otra es transformada en calor, e igual sucede con los demás niveles tróficos, así que los herbívoros disponen de menor cantidad de energía que las plantas y éstas de mayor cantidad que los carnívoros. Por eso, cuando vemos una pirámide alimentaria el número siempre va de mayor en la base (productores) a menor en el último nivel o carnívoros, a excepción del ecosistema acuático en el que encontramos la pirámide invertida porque los productores son algas unicelulares de corta vida y reproducción que son consumidas rápidamente en grandes cantidades por el zooplancton y los peces.

- *Biomasa en pie.* Es la cantidad de materia por unidad de área que se almacena en los seres vivos de un ecosistema.
- *Estructura trófica.* Se refiere a la organización de los organismos en un ecosistema de acuerdo con su tipo de alimentación, es decir, cómo se alimentan unos de otros. La estructura trófica de un ecosistema tiene ciertas características. Las más importantes son el número de niveles tróficos y el nivel de conectancia de la red trófica (el número de enlaces alimentarios de las especies).
- *Especies clave.* Son las especies que tienen una influencia muy marcada sobre los patrones de movimiento de materia y energía en un ecosistema. Un ejemplo es la estrella de mar (*Pisaster ochraceous*) de las zonas costeras del Pacífico de América del Norte. Estas estrellas de mar son depredadores tope que se alimentan de varias especies de presas, reduciendo la competencia entre ellas e incrementando la diversidad de la comunidad.

- **Ciclos biogeoquímicos.** Los seres vivos están constituidos principalmente de moléculas orgánicas: carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos; esas moléculas requieren para su formación de elementos como carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, azufre y fósforo (CHONPS), y la disponibilidad de éstos en la Tierra depende de procesos en la atmósfera, hidrósfera, litósfera y biósfera.

En el ecosistema, la permanente interacción de los factores bióticos y abióticos da como resultado la circulación de todos los elementos necesarios para la formación de las moléculas básicas para la vida y se expresa particularmente en los ciclos biogeoquímicos, como son el ciclo del carbono, del nitrógeno, del agua y del fósforo.

Figura 24 | El ciclo del agua en la naturaleza.



Ecosistemas de México

Nuestro país está considerado entre los diez más ricos en biodiversidad; es decir, es un país *megadiverso*. Además, entre 30 y 50% de sus especies son endémicas. Se estima que en su biota habita el 12% de todas las especies de plantas y vertebrados terrestres del planeta.

Pero, ¿por qué tenemos tanta biodiversidad? En primer lugar, en el continente americano existen dos zonas biogeográficas —la neártica y la neotropical— que confluyen justamente en nuestro país. La zona neártica comprende flora y fauna boreal propias

de regiones montañosas, de clima templado y frío, mientras que la región neotropical tiene especies tropicales de climas cálidos, secos y húmedos. Otras razones de esta gran biodiversidad son las cadenas montañosas como la Sierra Madre Occidental, la Sierra Madre Oriental y el Eje Neovolcánico; la influencia de los vientos provenientes de los cuerpos de agua —Océano Pacífico, Golfo de México y Caribe— que rodean el país, así como las cadenas montañosas que lo cruzan producen grandes diferencias regionales en la precipitación pluvial, en la humedad y en la morfología de relieves que se expresan en forma de llanuras, depresiones, colinas, mesetas, montañas y cordilleras. Además, las costas del Pacífico reciben aguas frías del norte del hemisferio, mientras que en las costas del Golfo de México y del mar Caribe las corrientes acarrearán aguas cálidas provenientes de la zona ecuatorial. Esta condición tiene un efecto significativo sobre el clima y los ecosistemas acuáticos, cuya base morfológica se expresa en playas, lagunas, lagos, esteros, costas, marismas e islas.

Se han propuesto diversas clasificaciones para los ecosistemas de México. El más conocido, el de Jerzy Rzedowski (1978), propone para México diez tipos de ecosistemas: bosque tropical perennifolio, bosque tropical caducifolio, bosque tropical subcaducifolio, bosque espinoso, matorral xerófilo, pastizal, bosque mesófilo de montaña, bosque de coníferas, bosque de quercus, vegetación acuática y vegetación subacuática. La mayor parte del territorio nacional (37%) está cubierto por matorral xerófilo, seguido de los bosques de coníferas y encino (19.34%) y el bosque tropical caducifolio (14.14%) (cuadro “Los ecosistemas de México y sus características”, pp. 198-203).

Problemas ambientales

La Tierra, al igual que los organismos que la habitan, presenta constantes cambios, muchos de ellos eventuales u ocasionales y otros cíclicos. La evolución de la vida se vio influida por un proceso de “contaminación” de la atmósfera con CO₂, lo que modificó drásticamente su condición de reductora a oxidante. Este cambio generó las condiciones para que la vida en la Tierra se diversificara. También existen registros de eventos de aumento y disminución de la temperatura que provocaron extinciones y el surgimiento de gran cantidad de especies. De hecho, la evolución de los homínidos está estrechamente relacionada con un incremento en la temperatura de la Tierra, la disminución de los bosques tropicales y el consecuente aumento de las sabanas en el continente africano. La migración del *Homo sapiens* al continente americano está directamente relacionada con la última glaciación del Pleistoceno y la emergencia del estrecho de Bering.

Con el surgimiento de la agricultura, hace aproximadamente 10 000 años, ocurrieron cambios que no habían sido exhibidos por otras especies en el planeta: la perturbación a gran escala de extensas áreas de vegetación para realizar el cultivo de las plantas domesticadas, la manipulación de poblaciones de animales —toro, oveja, borrego, cerdo—, y la consecuente modificación de terrenos para alimentarlos. La creación de zonas de habitación, ciudades, templos; el uso del fuego para quemar y abrir terrenos a la agricultura y ganadería, para la cocción de los alimentos y para protegerse de los fríos, entre otros, fueron los primeros eventos que generaron contaminación en el ambiente. Sin embargo, las bajas densidades poblacionales no provocaron un impacto importante en la atmósfera, además de que todos los materiales utilizados eran biodegradables.

Pero es probable que en algunos grupos humanos sí hayan ocurrido procesos de eliminación de la vegetación y la fauna circundante y, en consecuencia, la pérdida de grandes extensiones de bosques, selvas y matorrales.

Durante todo este tiempo, la energía invertida en realizar cualquier tipo de trabajo se basó en la fuerza humana. A partir de la Revolución industrial se utilizaron nuevas formas de energía para hacer trabajar a las máquinas, energía proveniente fundamentalmente del carbón, lo que provocó la tala de bosques para la extracción del mineral. Desde el punto de vista ecológico, el resultado de la Revolución industrial fue el incremento en la fabricación de diversos productos procesados y mayor disponibilidad de los mismos, pero también el aumento del número de individuos en las poblaciones humanas. Esto derivó en una mayor explotación de los recursos que brindaba la naturaleza para la subsistencia de las poblaciones, en la contaminación del agua, el suelo y el aire debido a los desechos producidos por las fábricas, y en el incremento del desequilibrio entre las poblaciones humanas y el ambiente.

Los recursos presentes en la naturaleza y que el hombre ha utilizado para su subsistencia se denominan *recursos naturales*. Estos recursos se han clasificado como renovables, no renovables e inagotables.

- *Recursos naturales renovables*. Son aquellos que, aunque se utilicen, se pueden recuperar por procesos naturales en un tiempo menor al que son consumidos. Sin embargo, un uso acelerado provocado por un crecimiento poblacional desmesurado, por la sobreexplotación dada su importancia para cierto sector de la población o la población en su conjunto, podría ocasionar que no se renueven más. Son recursos renovables los suelos, la flora, la fauna, el agua dulce y la energía geotérmica, entre otros.
- *Recursos naturales no renovables*. Son finitos, es decir, se agotan, por lo que hay que hacer una búsqueda constante en la naturaleza. Un ejemplo son los minerales —cuarzo, silicatos, diamantes, topacios, rubíes— y los hidrocarburos.
- *Recursos naturales inagotables*. Existen permanentemente o por lo menos en un tiempo que sobrepasa las expectativas de la vida en el planeta, como la radiación solar, los vientos, las corrientes de agua superficiales y subterráneas, entre otras.

Sin embargo, como dijimos al principio, la intensa intervención del ser humano en la naturaleza ha producido un grave desequilibrio a lo largo de las últimas centurias pues la densidad poblacional ya rebasó la capacidad de carga que muchos de los ecosistemas pueden sostener. Se han registrado niveles inadmisibles en el consumo de recursos para la alimentación; en la extracción de recursos maderables para muebles, celulosa y casas habitación; en el desarrollo de tecnologías altamente contaminantes de agua, suelo y atmósfera; en suma, se ha intervenido en la modificación de los ciclos naturales generando una serie de daños que se conocen como *problemas ambientales*.

Algunos de los problemas ambientales a los que se enfrentan casi todos los seres humanos son el calentamiento global y el efecto invernadero, el adelgazamiento de la capa de ozono, la lluvia ácida, la producción de basura, la erosión del suelo y la deforestación, entre otros.

Ecosistema	Características sobresalientes	Clima
Bosque tropical perennifolio	<p>Es la vegetación más exuberante que existe en el país. Los árboles presentan follaje durante todo el año y existe una gran diversidad de especies.</p> <p>Los árboles alcanzan hasta 60 m de altura.</p>	<p>Af: Caliente y húmedo y sin temporada seca.</p> <p>Am: Caliente y húmedo con corta temporada seca.</p> <p>Temperatura media anual entre 20 y 26 °C.</p> <p>Alta precipitación anual, entre 1 500 y 3 000 mm; en algunos casos hasta 4 000 mm.</p>
Bosque tropical caducifolio	<p>Bosques dominados por especies que pierden sus hojas en la época seca del año en un periodo que puede durar hasta seis meses.</p> <p>Los árboles presentan una altura que oscila entre los 5 y los 15 m.</p>	<p>Aw: Caliente y húmedo con larga temporada seca.</p> <p>Bs: Seco estepario.</p> <p>Cw: Templado y húmedo con la temporada de lluvias en la época caliente del año.</p> <p>Temperatura media anual entre 20 a 29 °C.</p> <p>La precipitación media anual varía entre 600 y 1 200 mm.</p>
Bosque tropical subcaducifolio	<p>Presenta un aspecto entre el bosque caducifolio y el perennifolio. Siempre se encuentra un estrato verde aún en la época más seca.</p> <p>La altura de sus árboles oscila entre 15 y 40 m, aunque lo más frecuente es de 20 a 30 m.</p>	<p>Aw, Am y Cw: Temperaturas medias que oscilan de 20 a 28 °C.</p> <p>Precipitaciones entre 1 000 y 1 600 mm anuales.</p>
Bosque espinoso	<p>Comunidades vegetales que tienen en común la característica de ser bosques bajos de árboles espinosos que generalmente tienen entre 4 y 15 m de altura y una comunidad densa.</p>	<p>Gran variedad climática.</p> <p>Aw, Bs, Cw y Bw: Seco desértico.</p> <p>Temperaturas que oscilan de 17° a 29 °C.</p> <p>La precipitación media anual va de 350 a 1 200 mm con cinco a nueve meses secos.</p>

Flora característica	Fauna característica	Distribución
<p>Cedro rojo (<i>Cedrela mexicana</i>) Pochote (<i>Ceiba spp.</i>) Caoba (<i>Swietenia macrophylla</i>) Zapote (<i>Manilkara zapota</i>) Zopo (<i>Gutteria anomala</i>) Guarumo (<i>Cecropia spp.</i>) Palma camedor (<i>Chamaedorea</i>) Epífitas como bromelias y orquídeas</p>	<p>Jaguar (<i>Panthera onca</i>) Tapir (<i>Tapirus bairdii</i>) Mono araña (<i>Ateles geoffroyi</i>) Mono aullador (<i>Alouatta palliata</i>) Tucán (<i>Ramphastos sulfuratus</i>) Boa (<i>Boa constrictor</i>) Águila arpía (<i>Harpia harpyja</i>)</p>	<p>Se encuentra desde el nivel del mar hasta 1 500 m. En México lo encontramos en los estados de Oaxaca, Veracruz, Tabasco, Campeche y Chiapas.</p>
<p>Copal santo (<i>Bursera copallifera</i>) Mulato (<i>Bursera morelensis</i>) Coco de cerro (<i>Cryptocarpa procera</i>) Pochote (<i>Ceiba aesculifolia</i>) Palo mulato (<i>Bursera simaruba</i>) Amapa (<i>Tabebuia palmeri</i>) Huanacaxtle (<i>Enterolobium cyclocarpum</i>)</p>	<p>Loro Corona lila (<i>Amazona finschi</i>) Trogon citrino (<i>Trogon citreolus</i>) Coatí marrón (<i>Nasua narica</i>) Ocelote (<i>Felis pardalis</i>) Armadillo (<i>Dasybus novemcinctus</i>) Tigrillo (<i>Leopardus wieddi</i>) Tlacuachin (<i>Tlacuatzin canescens</i>)</p>	<p>Se desarrolla en altitudes que van de 0 a 1 900 msnm, pero generalmente no sobrepasan los 1 500 msnm. En la vertiente del Pacífico, desde el sur de Sonora y suroeste de Chihuahua y se extiende hasta Chiapas, en el Istmo de Tehuantepec. En la vertiente del Atlántico en parte de la Huasteca, en Veracruz y en Yucatán y Campeche.</p>
<p>Parota (<i>Enterolobium cyclocarpum</i>) Capomo (<i>Brosimum alicastrum</i>) Cedro rojo (<i>Cedrela mexicana</i>) Primavera (<i>Roseodendron donellsmithii</i>) y varias especies de Ficus</p>	<p>Martucha (<i>Potos flavus</i>) Jaguar (<i>Panthera onca</i>) Jaguarundi (<i>Felis yagouaroundi</i>) Guacamaya verde (<i>Ara militaris</i>) Tepezcuistle (<i>Agouti paca</i>) Puerco espín (<i>Coendu mexicanus</i>) Tucaneta verde (<i>Aulacorynchus prasinus</i>)</p>	<p>Se desarrolla en altitudes que van desde los 0 hasta los 1 300 msnm. Este tipo de ecosistemas se distribuye en la vertiente del Pacífico, en los estados de Nayarit, Jalisco, Sinaloa, Colima, Oaxaca y Yucatán.</p>
<p>Mezquites (<i>Prosopis spp.</i>) Huizaches (<i>Acacia spp.</i>) Palo de tinte (<i>Haematoxylon campechianum</i>) Cuachalalate (<i>Amphipterygium glaucum</i>) Guayacán (<i>Guaiacum coulteri</i>) Brea (<i>Cercidium praecox</i>) Quiotilla (<i>Escontria chiotilla</i>) Espino (<i>Acacia cymbispina</i>) Cardón (<i>Pachycereus pecten-aboriginum</i>) Cerón (<i>Phyllostylon brasiliense</i>) Tintal (<i>Haematoxylum campechianum</i>)</p>	<p>Coyote (<i>Canis latrans</i>) Zorra gris (<i>Urocyon cinereoargenteus</i>) Mapache (<i>Procyon lotor</i>) Cacomixtle (<i>Bassariscus astutus</i>) Zorrillo espalda blanca (<i>Conepatus leuconotus</i>) Zorrillo listado (<i>Mephitis macroura</i>) Puma (<i>Puma concolor</i>) Perdiz canela (<i>Crypturellus cinnamomeus</i>) Chachalaca (<i>Ortalis vetula</i>) Gallina de monte (<i>Dendrortyx macroura</i>) Codorniz (<i>Callipepla douglasii</i>)</p>	<p>Se desarrolla en altitudes que van desde los 0 hasta los 2 200 msnm. Se distribuye desde la planicie costera noroccidental, desde Sonora hasta la parte meridional de Sinaloa y continúa, en forma de manchones aislados, hasta el Istmo de Tehuantepec. En el extremo opuesto del país ocupa una faja ancha en la región del Bajío. Hacia el norte existen manchones aislados en San Luis Potosí, Zacatecas, Coahuila, Nuevo León y Chihuahua.</p>

Ecosistema	Características sobresalientes	Clima
Matorral xerófilo	<p>Incluye a todas las comunidades vegetales de aspecto arbustivo, propias de las zonas áridas y semiáridas del país.</p> <p>Está integrado por especies que tienen hojas pequeñas y gruesas, en muchas ocasiones cubiertas de espinas. Su flora se caracteriza porque presenta un número variable de adaptaciones a la aridez, por lo que hay numerosas especies de plantas que sólo se hacen evidentes cuando el suelo tiene suficiente humedad.</p>	<p>Bw y Bs.</p> <p>Temperatura media anual de 12 a 26 °C. Baja precipitación pluvial, entre 100 y 400 mm. El número de meses secos varía entre 7 y 12, aunque no es raro que pasen 18 meses sin lluvia apreciable.</p>
Pastizal	<p>Comunidades vegetales en las que predominan las gramíneas.</p> <p>Su altura varía entre los 20 y los 70 cm.</p>	<p>Bw y Bs.</p> <p>Las temperaturas medias anuales varían entre 12 y 20 °C.</p> <p>Precipitación pluvial anual que va de 300 a 600 mm, con una temporada seca de seis a nueve meses.</p>
Bosque mesófilo de montaña	<p>Esta comunidad vegetal presenta follaje a lo largo del año, es decir, siempre está verde y se desarrolla en zonas que durante el año presentan neblina y una alta humedad atmosférica.</p>	<p>Cf: templado y húmedo con lluvias durante todo el año.</p> <p>Af, Am, Aw y Cw: precipitación entre 1 500 y 3 000 mm, con una estación seca que dura de cero a cuatro meses.</p> <p>Temperatura media anual que varía entre 12 y 23 °C.</p>
Bosque de coníferas	<p>Comunidades vegetales características de las zonas montañosas de México, aunque pueden localizarse a nivel del mar.</p>	<p>Cw: temperatura media anual entre 10 y 20 °C y entre 600 y 1 000 mm de precipitación media anual durante una temporada de seis a siete meses.</p>

Flora característica	Fauna característica	Distribución
<p>Cardón (<i>Pachycereus pringlei</i>) Chollas (<i>Cylindropuntia acanthocarpa</i>) Nopal (<i>Platyopuntia vulgaris</i>) Matacora (<i>Jatropha cuneata</i>) Ocotillo (<i>Fouquieria splendens</i>) Candelilla (<i>Euphorbia anthisyphilitica</i>) Jojoba (<i>Simmondsia chinensis</i>) Agave (<i>Agave salmiana</i>) Yuca (<i>Yucca carnerosana</i>)</p>	<p>Gato montés (<i>Lynx rufus texensis</i>) Liebre (<i>Lepus californicus</i>) Conejo (<i>Sylvilagus cunicularis</i>) Armadillo (<i>Dasypus novemcinctus mexicanus</i>) Halcón cernícalo (<i>Falco sparverius</i>) Zopilote cabeza roja (<i>Accipiter striatus</i>) Búho (<i>Bubo virginianus</i>) Tortuga del desierto (<i>Xerobates berlandieri</i>) Falsa coralillo (<i>Lampropeltis triangulum annulata</i>) Cascabel de diamantes (<i>Crotalus atrox</i>)</p>	<p>Se desarrolla en altitudes que van desde los 0 hasta los 3 000 msnm. Característico de la península de Baja California, gran parte de Sonora y desde Chihuahua, Coahuila, Jalisco, Guanajuato, Hidalgo y México, y se prolonga en forma de una faja estrecha por Puebla hasta Oaxaca. Ocupa amplias extensiones de la planicie costera nororiental, desde el este de Coahuila hasta el centro de Tamaulipas.</p>
<p>Navajita azul (<i>Bouteloua gracilis</i>) Zacate escoba (<i>Andropogon hirtiflorus</i>) Grama (<i>Muhlenbergia rigida</i>) Navajita alacrán (<i>Bouteloua scorpioides</i>) Escobilla (<i>Aristida stricta</i>) Banderita (<i>Bouteloua curtipendula</i>)</p>	<p>Armadillo (<i>Dasypus novemcinctus mexicanus</i>) Coyote (<i>Canis latrans</i>) Tlalcoyote (<i>Taxidea taxus</i>) Berrendo (<i>Antilocapra americana</i>) Perro de las praderas de cola negra (<i>Cynomys ludovicianus</i>) Liebre torda (<i>Lepus callotis</i>) Hurón de patas negras (<i>Mustela nigripes</i>)</p>	<p>Se desarrolla en altitudes que van desde los 1 100 hasta los 2 500 msnm. Existen manchones de este tipo de vegetación en lugares como el noroeste del Valle de México, norte del Estado de México, zonas adyacentes de Hidalgo y Querétaro, y en el noreste de Oaxaca.</p>
<p>Copalillo (<i>Liquidambar styraciflua</i>) Encino (<i>Quercus spp.</i>) Tilia (<i>Tilia mexicana</i>) Magnolia (<i>Magnolia dealbata</i>) Pino (<i>Pinus spp.</i>) Cedro prieto (<i>Podocarpus reichei</i>) Helecho de espina (<i>Nephelea mexicana</i>)</p>	<p>Ocelote (<i>Felis pardalis albescens</i>) Temazate (<i>Mazama americana</i>) Martucha (<i>Potos flavus</i>) Tlacuache (<i>Didelphis virginiana</i>) Cacomixtle (<i>Bassariscus sumichrasti</i>) Comadreja (<i>Mustela frenata</i>) Cabeza de viejo (<i>Eira barbara</i>) Zorrillo (<i>Spilogale putorius</i>)</p>	<p>Se desarrolla en altitudes de 400 a 2 700 msnm Existe en zonas muy particulares de los estados de Tamaulipas, San Luis Potosí, Hidalgo, Puebla, Oaxaca y Chiapas. Mucho más restringido en Sinaloa, Nayarit, Colima y Michoacán.</p>
<p>Pinos (<i>Pinus spp.</i>) Encinos (<i>Quercus spp.</i>) Cedro (<i>Cupressus lusitánica</i>) Enebro (<i>Juniperus fláccida</i>) Oyamel (<i>Abies religiosa</i>) Álamo (<i>Populus spp.</i>)</p>	<p>Conejo de los volcanes (<i>Romerolagus diazi</i>) Oso negro (<i>Ursus americanus</i>) Momoto garganta azul (<i>Aspatha gularis</i>) Ardilla voladora del sur (<i>Glaucomys volans</i>) Lobo mexicano (<i>Canis lupus baileyi</i>) Culebra terrestre dos líneas (<i>Conopsis biserialis</i>)</p>	<p>En altitudes desde 0 hasta 3 650 msnm. Exceptuando a la península de Yucatán, se encuentra en todos los estados de México.</p>

Ecosistema	Características sobresalientes	Clima
<p>Bosque de Quercus</p>	<p>Comunidades vegetales características de las zonas montañosas de México; conjuntamente con los bosques de pinos constituyen la mayor parte de la cubierta vegetal de las zonas de clima templado y semihúmedo.</p>	<p>Básicamente Cw, pero se les encuentra en Cf, Cs, Cx', Af, Am Aw y Bs.</p> <p>Cx': templado y húmedo con lluvias poco frecuentes pero intensa durante todo el año.</p> <p>Temperatura media anual entre 10 y 26 °C.</p> <p>Precipitación que va de los 600 a 1 200 mm.</p>
<p>Vegetación acuática y subacuática</p> <p>Comprende:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ecurrimientos dulceacuícolas: pantanos, lagos, ríos, ciénegas y ciertos tipos de marismas y esteros. 2. Estuarios o lagunas costeras. 3. Los dominados por la influencia marina, como las bahías, ensenadas y roquetas. 4. Otros tipos: manglares, arrecifes coralinos, popales, tulares, etcétera. 	<p>Comunidades de plantas que se encuentran cercanos a los litorales y en sitios en donde el drenaje deficiente de los suelos y la alta precipitación pluvial mantiene inundados los terrenos.</p> <p>Son muy difíciles de estudiar y de describir.</p>	<p>Todo tipo de clima propios para la vida vegetal.</p>

Calentamiento global

El *calentamiento global* hace referencia a un fenómeno que consiste en el aumento de la temperatura media global de la atmósfera terrestre y de los océanos, y puede o no deberse a las actividades del hombre.

El principal efecto que causa el calentamiento global es el *efecto invernadero*, fenómeno que consiste en que ciertos gases atmosféricos, principalmente el CO₂, el vapor de agua, el ozono y el óxido nitroso, retienen parte de la energía que el suelo emite por haber sido calentado por la radiación solar. Este fenómeno evita que la energía solar recibida constantemente por la Tierra vuelva inmediatamente al espacio y produzca un calentamiento, ocasionando un efecto similar al observado en un invernadero. Tal efecto es responsable de que la Tierra tenga una temperatura adecuada para la vida; si no existiera el efecto invernadero, la temperatura sería de 18 °C bajo cero, aproximadamente, mien-

Flora característica	Fauna característica	Distribución
Encinos (<i>Quercus spp.</i>) Picea (<i>Picea chihuahuana</i>) Enebro (<i>Juniperus spp.</i>) Abeto (<i>Abies religiosa</i>) Ciprés (<i>Cupressus spp.</i>) Fresno (<i>Fraxinus spp.</i>) Aliso (<i>Alnus spp.</i>) Madroño (<i>Arbutus spp.</i>) Tepozán (<i>Buddleja cordata</i>) Nogal (<i>Juglans spp.</i>) Haya (<i>Platanus mexicana</i>)	Jaguar (<i>Panthera onca</i>) Venado cola blanca (<i>Odocoileus virginianus</i>) Zorra gris (<i>Urocyon cinereoargenteus</i>) Mapache (<i>Procyon lotor</i>) Picogordo tigrillo (<i>Pheucticus melanocephalus</i>) Colibrí (<i>Cyananthus latirostris</i>) Pájaro carpintero (<i>Picoides scalaris</i>)	En altitudes desde 0 hasta 3 100 msnm. Exceptuando la península de Yucatán, se encuentra en todos los estados de México.
Alga verde (<i>Ulva fasciata</i>) Alga verde (<i>Enteromorpha spp.</i>) Alga verde (<i>Cladophora spp.</i>) Alga verde (<i>Chaetomorpha media</i>) Sargazo (<i>Sargasum vulgare</i>) Alga filamentosa (<i>Hypnea musciformis</i>) Alga parda (<i>Dyctiotha dichotoma</i>) Alga verde (<i>Caulerpa cupressoides</i>) Alga (<i>Gracilaria ferox</i>) Mangle rojo (<i>Rhizophora mangle</i>) Mangle blanco (<i>Laguncularia racemosa</i>) Mangle negro (<i>Avicennia germinans</i>) Mangle botoncillo (<i>Conocarpus erectus</i>)	Ostras (<i>Crassostrea rhizophorae</i>) Cangrejos (<i>Callinectes spp.</i>) Jaibas (<i>Callinectes spp.</i>) Langostinos (<i>Macrobrachium spp.</i>) Bagre (<i>Arius spp.</i>) Lisa (<i>Mugil spp.</i>) Mojarra (<i>Eucinostomus spp.</i> , <i>Diapterus spp.</i>) Pargos (<i>Lutjanus spp.</i>) Robalo (<i>Centropomus spp.</i>) Sábalo (<i>Megalops atlanticus</i>) Garza azul (<i>Egretta caerulea</i>) Garza roja (<i>Egretta rufescens</i>) Garza gris (<i>Ardea herodias</i>) Bobo café (<i>Sula leucogaster</i>) Cormorán (<i>Phalacrocorax auritus</i>) Fragata (<i>Fregata magnificens</i>)	Altitudes que van de cero hasta 4 000 msnm. Se ubica en zonas cercanas a los litorales, en la planicie costera del golfo que va desde Tampico, el sur de Veracruz, Tabasco y Campeche, en el Pacífico en la planicie costera de Nayarit, así como en numerosas lagunas, lagos, estuarios, esteros y manglares.

tras que la temperatura promedio real de la Tierra es de 15 °C. Esta diferencia de temperatura —unos 33 °C—, entre la temperatura prevista y la real, se produce como consecuencia del calor atrapado por el efecto invernadero.

El problema, ahora, es que existe un consenso científico en el sentido de que el efecto invernadero se está acentuando por la emisión de gases, principalmente por la combustión de carbón, petróleo y gas natural, además de la deforestación de grandes extensiones de vegetación, como el caso de la selva tropical, que libera el carbono almacenado en los árboles. Este aumento de gases de efecto invernadero ha producido lo que conocemos como *calentamiento global*. Según datos de la ONU, se prevé que la temperatura media de la superficie del planeta aumentará entre 1.4 y 5.8 °C, de aquí al año 2100.

Otro componente que contribuye al calentamiento global son los denominados *clorofluorocarbonos* (CFC), utilizados para el funcionamiento de los refrigeradores. Su liberación hacia la atmósfera es responsable del adelgazamiento de la capa de ozono, cuya

importancia reside en evitar daños a las células de los organismos debido a la radiación ultravioleta. El efecto de los CFC es más evidente en las zonas polares donde la atmósfera es más delgada. Los aerosoles también contribuyen nocivamente a la reducción de la capa de ozono.

El metano (CH_4) también es un elemento responsable del calentamiento: se trata de un gas producto de la respiración anaerobia y está presente en la descomposición de los desechos animales. El ganado vacuno es uno de los principales causantes de este gas, ya que las vacas al alimentarse liberan una gran cantidad de CH_4 . De acuerdo con un reporte de 2006 de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el ganado es responsable de 19% de las emisiones de este gas.

Contaminación del aire y producción de lluvia ácida

Las centrales eléctricas, los automóviles y las fábricas liberan a la atmósfera gases tóxicos y partículas en el humo que dañan nuestros pulmones. Algunos combustibles contienen plomo y pueden causar lesiones en el cerebro, en particular entre los niños.

Por otro lado, la liberación de estos gases a la atmósfera puede formar dióxido de sulfuro y dióxido de nitrógeno, los cuales son solubles en agua pero en la atmósfera forman ácidos. Cuando llueve afectan suelos y plantas, al mismo tiempo que matan organismos en ríos y lagunas. También corroen las construcciones humanas como edificios y esculturas. Este fenómeno es conocido como *lluvia ácida*. La lluvia normalmente presenta un pH de aproximadamente 5.65 (ligeramente ácido) debido a la presencia del CO_2 atmosférico, que forma ácido carbónico, H_2CO_3 . En cambio, la lluvia ácida puede tener un pH de tres a cinco por la presencia de ácidos como el sulfúrico (H_2SO_4) y el nítrico (HNO_3).

Contaminación de ríos, lagos y mar

Algunas comunidades humanas descargan aguas de drenaje en los ríos y lagos sin tratarlas previamente. Esto incluye no sólo los desechos humanos sino también de los animales de granja. Las fábricas descargan compuestos químicos venenosos para la vida animal, y de los campos agrícolas salen las aguas contaminadas con productos provenientes de fertilizantes como el fósforo, o residuos de insecticidas usados para combatir las plagas. Todo esto produce la muerte de los organismos que viven en los ríos, lagos y lagunas.

Como los ríos desembocan en el mar los productos de desecho llegan ahí. Pero además, las descargas de las ciudades costeras, así como la contaminación por la industria petrolera son una amenaza constante para los organismos marinos; son frecuentes los accidentes de buques o de las plataformas petroleras instaladas en el mar, como es el caso de México.

Contaminación por calor y por radiación

Tanto las termoeléctricas que queman combustibles fósiles para producir energía eléctrica como las plantas nucleares, requieren de agua para enfriar los reactores. El agua la

toman de ríos y lagunas y la regresan caliente, con un contenido menor de oxígeno que el agua fría, lo que daña a los organismos. Además, un peligro constante es la descarga de desechos radiactivos en el agua o en el aire, ya que la radioactividad produce daños irreversibles en el material genético y persiste en el ambiente por muchos años.

Deforestación

Como se mencionó antes, los humanos han destruido la mayoría de los ecosistemas de la Tierra. Un caso claro es la deforestación, que significa la remoción de los árboles para obtener madera. La destrucción de los bosques reduce la captura de carbono, emite mayor cantidad a la atmósfera, por la combustión, y produce la extinción de las especies. Para extraer la madera es necesario construir muchas carreteras y con ello los bosques se fragmentan exponiendo a los organismos a condiciones cambiantes poco apropiadas para su supervivencia; esto se conoce como el *efecto de borde*. Conforme se construyen carreteras, los ecosistemas quedan convertidos en una red de pequeños fragmentos rodeados de carreteras por doquier. Un fenómeno de esta naturaleza está acabando con la selva tropical más impresionante de la Tierra: la Amazonia. Pero aquí en México sucede lo mismo con las selvas tropicales de los Tuxtlas en Veracruz o Palenque, en Chiapas.

LOS SERES HUMANOS MODIFICAMOS EL AMBIENTE

INTRODUCCIÓN

En esta unidad se tratan aspectos relacionados con el cuidado de la naturaleza, desarrollo sustentable o sostenible.

Ciencia y sociedad

Una de las características que diferencian a la especie humana del resto de las especies que habitan la Tierra es su capacidad de razonamiento y la existencia de un pensamiento lógico, que es estructurado en el cerebro mediante asociaciones complejas a partir de estímulos recibidos del ambiente y captados por los sentidos. El hombre realiza abstracciones de su entorno, establece relaciones entre fenómenos, elabora preguntas y finalmente desarrolla explicaciones, y a partir de estos procesos genera *conocimiento*.

El hombre no sólo tuvo una evolución biológica sino también cultural. La *cultura* se define como el acervo de conocimientos, costumbres, herramientas, lenguaje, religión y organización social que caracterizan a un grupo humano en un tiempo y espacio determinados. Esta evolución se observa en las grandes civilizaciones que surgieron durante el Clásico y el Posclásico en diferentes lugares de la Tierra, como el Cercano Oriente, China o Mesoamérica, por mencionar algunos ejemplos.

En el contexto de la evolución cultural surgió la *ciencia*, definida como el conjunto de conocimientos sistematizados que explican determinado fenómeno. Estas grandes civilizaciones desarrollaron diferentes disciplinas científicas como la astronomía, la ingeniería, la hidráulica, las matemáticas, la química y la medicina, cuyas bases científicas son incuestionables hasta la actualidad y, en muchos casos, la ciencia moderna ha contribuido a profundizar en su entendimiento y explicación, aunque las bases fueron establecidas desde entonces.

La ciencia, en consecuencia, ha permitido comprender muchos de los fenómenos que ocurren en la naturaleza ejerciendo un mayor dominio sobre ellos. Por ejemplo, el hecho de entender cómo llega la energía solar a la Tierra, cómo está conformada, qué modifica su ruta, ha sido fundamental para desarrollar celdas solares que actualmente permiten iluminar calles o calentar agua. Descifrar cómo está conformado el material genético en los seres vivos ha permitido al hombre desarrollar técnicas para manipularlo y crear organismos genéticamente modificados que presentan las características deseadas por él.

La ciencia ha permitido que muchos grupos humanos resuelvan necesidades básicas como la salud, la alimentación, e incluso el control de otros grupos humanos mediante el desarrollo de armas potentes, como la bomba atómica.

Sin embargo, esta ciencia, formal u occidental, no es el único tipo de ciencia que existe en el mundo. En muchos grupos humanos que habitan diferentes partes del planeta, el acceso a esta ciencia es muy parcial. Simplemente, la tecnología apropiada para desarrollar la ciencia no existe, por su alto costo o porque las condiciones no son adecuadas para desarrollarla.

Diversos grupos humanos aún razonan como sus antepasados, utilizan la misma forma para distinguir, procesar y transformar los recursos naturales y siguen estableciendo iguales relaciones entre los fenómenos naturales con el inframundo y el supramundo, con la Luna, las estrellas y los cometas, entre otros. Esta ciencia, que se ha desarrollado a través de la práctica cotidiana, transmitida de manera oral de generación en generación y que es holística (ya que se fundamenta en las similitudes, semejanzas o convergencias entre fenómenos que son integrados en diferentes actividades), es la *ciencia empírica* o *etnociencia*. Si bien deriva de la experiencia cotidiana, también existe un proceso de observación, experimentación, se plantean preguntas e hipótesis y se elaboran explicaciones sobre los fenómenos. Es muy interesante saber cuántos fenómenos explicados de manera empírica por estos grupos, sin utilizar complejos aparatos, reactivos o procesos de análisis, han sido corroborados por la ciencia occidental.

Un claro ejemplo del éxito de la ciencia empírica lo da el proceso de domesticación de plantas y animales. Todos, plantas y animales domesticados, provienen de procesos de selección humana realizados de manera empírica hace 8 000 a 6 000 años a.C. En la actualidad existen especies de plantas que están en proceso de domesticación y que son seleccionadas siguiendo estos mismos procesos empíricos de selección.

Esta ciencia ha permitido resolver problemas relacionados con la alimentación y la salud, pero también necesidades espirituales. Así, la alimentación se basa en el consumo de plantas provenientes de la vegetación natural o de aquellas que crecen espontáneamente en sus campos de cultivo (quelites), además de las plantas cultivadas, como el maíz, el trigo o el jitomate.

El conocimiento de las plantas medicinales ha sido fundamental en la curación y la supervivencia de estos grupos humanos, sobre todo en zonas donde los servicios médicos convencionales son deficientes. En cuanto a los aspectos mágico-religiosos, éstos ayudan a mantener la cohesión del grupo, a la prevalencia del conocimiento y, de manera correlacionada, a conservar los recursos naturales. El consumo de plantas u hongos alucinógenos por algunas personas dentro de determinado grupo humano para curar a la gente de susto, de mal de ojo o de coraje, representa una forma de compartir creencias, además de que las plantas u hongos utilizados son venerados y respetados por todos los miembros de la comunidad.

Figura 25 | El maíz ha sido una planta cultivada desde mucho tiempo atrás, gracias en buena medida al conocimiento tradicional.



Astronomía y agricultura

Uno de los aspectos en donde se observa, por un lado, el conocimiento holístico de la ciencia empírica y, por el otro, el papel de la ciencia occidental, es en el vínculo que se establece entre ciertas prácticas agrícolas y las fases de la Luna. Es muy frecuente escuchar que no debe sembrarse en luna llena porque las semillas se pudren o no germinan. También se dice que los árboles no deben podarse en esta luna porque se pudren fácilmente y, en efecto, tales prácticas están muy presentes entre los campesinos.

La ciencia occidental ha investigado con el objetivo de analizar la influencia de la Luna en diversos aspectos como su efecto en la germinación de las semillas, en la presencia de plagas, en la maduración de los frutos. Algunos estudios han observado un efecto en el tiempo de emergencia de las plántulas, así como en el contenido de la semilla, pero también en determinadas respuestas en el ciclo de vida de plagas que atacan cultivos.

La diferencia entre la ciencia empírica y la ciencia occidental es que en la primera los fenómenos de la naturaleza se observan, interpretan y concluyen en función de varios factores simultáneos. Sin embargo, los procesos directamente involucrados con el fenómeno no se desligan de otros que no necesariamente lo están. Por el contrario, en la ciencia occidental dichos procesos se separan mediante experimentos controlados para aislar la variable directamente responsable del fenómeno. No obstante, en todas las sociedades humanas en donde no existe un desarrollo formal de la ciencia occidental, la ciencia empírica ayuda a resolver problemas y dar respuestas a preguntas que, en su entorno, se plantean los habitantes.

Desarrollo sustentable o sostenible

La ciencia ha permitido a la humanidad transformar y aprovechar su entorno físico y muchos de los organismos que lo rodean para satisfacer necesidades básicas como la alimentación, salud y vestimenta, además de otros requerimientos secundarios. En términos antropocéntricos, tales satisfactores han permitido el desarrollo de la humanidad. Sin embargo, este desarrollo ha tenido un costo muy alto, a tal grado que en ocasiones la ciencia se ha abocado a resolver problemas que hace cincuenta o sesenta años ella misma creó. Un ejemplo lo representa el uso de pesticidas para el control de plagas, malezas y hongos en los campos de cultivo. La ciencia estudió el ciclo de vida de los organismos dañinos y desarrolló sustancias capaces de eliminarlos definitivamente. En este proceso, dichas sustancias contaminaron el suelo, el agua, provocaron daños a los usuarios y, con el paso del tiempo, los organismos desarrollaron mecanismos de resistencia al grado de que estas sustancias ya son ineficientes. Hoy empieza a entenderse cómo evolucionan esos organismos bajo la presión de los pesticidas y así crear mecanismos de control y erradicación aparentemente más eficientes.

Otros efectos nocivos relacionados directamente con el desarrollo no controlado de la humanidad son:

- *Sobreexplotación de especies.* Debido a la tala excesiva de árboles maderables han desaparecido grandes áreas boscosas y, en consecuencia, especies cuyo hábitat es también el bosque. Un fenómeno similar ocurre con los mares donde la pesca se concentra en

pocas especies (por ejemplo, atún o camarón) afectando los tamaños poblacionales de éstas y su capacidad reproductiva. La sobrepesca afecta a otras especies atrapadas accidentalmente.

- *Erosión de suelo.* La desaparición de los bosques puede provocar que el viento y la lluvia remuevan la capa superior del suelo, haciéndolo inútil ya sea para la regeneración del bosque o para la agricultura.
- *Cacería indiscriminada.* Constituye una amenaza para la extinción de especies.

Ante los mismos retos a los que se enfrenta el hombre en esta búsqueda de las bondades que ofrece la ciencia sin generar grandes daños a su entorno, en la actualidad se pretende lograr un desarrollo en armonía con la naturaleza, un uso inteligente de la biodiversidad sin sobreexplotar los recursos y las especies para contribuir a su conservación, es decir, un *desarrollo sustentable*. Muchos casos de catástrofes ambientales han llevado a los gobiernos de las naciones a establecer acuerdos con el propósito de fomentar el desarrollo sustentable, proteger la biodiversidad y las culturas del mundo.

En el caso particular de México, es innegable la gran diversidad biológica y cultural que posee: tenemos descritas 108 519 especies, de las cuales 47 853 son insectos, 1 096 plantas, 2 692 peces, 5 579 alacranes y arañas, 5 387 cangrejos y camarones, y 7 000 hongos, entre otras.

En cuanto a la diversidad cultural, los casi sesenta grupos étnicos que ocupan el territorio mexicano observan una gran variedad de prácticas culturales, entre las cuales se da una sana interacción con la naturaleza. Como ya se dijo, las comunidades originarias del país poseen un conocimiento ancestral en el uso sustentable de la biodiversidad. Este conocimiento es fundamental —junto con el conocimiento científico— para diseñar prácticas de uso, conocimiento y conservación de la biodiversidad que constituyan un mecanismo para fomentar el desarrollo y reducir la pobreza.

Las acciones emprendidas para adoptar el desarrollo sustentable impulsadas por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) y las Comisiones Nacionales de Agua, Forestal y de Áreas Naturales Protegidas (Conagua, Conafor y Conanp) han contribuido al establecimiento de áreas naturales de protección de los ecosistemas marinos y terrestres. A la fecha, México cuenta con 155 áreas naturales protegidas federales cuya creación obedece a su importancia biológica, ya sea que posean especies endémicas o porque esos ecosistemas están en peligro de desaparecer a causa de las actividades humanas.

El Plan Nacional de Desarrollo de México (2006-2012) tiene entre sus objetivos promover el desarrollo sustentable del país en todos los niveles, desde el federal hasta el municipal. Las acciones incluyen detener la deforestación, reforestar, restaurar áreas degradadas, conservar el agua, reducir la contaminación del aire, agua, suelo y frenar la erosión. Además, se pretende prevenir los efectos del calentamiento global a través de la reducción de emisiones de gases invernadero, de la mejora en la calidad de los combustibles y con el incremento del empleo de energías limpias, como la generada por el viento, el agua y el Sol. El desarrollo sustentable como política nacional, como compromiso de nuestra comunidad y como responsabilidad de cada uno de nosotros hacia la naturaleza, permitirá la existencia futura de las especies, de sus ecosistemas y de los procesos naturales que han dado origen a sus adaptaciones y evolución.

LAS PARTES DE NUESTRO CUERPO Y SU CUIDADO

INTRODUCCIÓN

Como se ha mencionado, los humanos vivimos en la era Cenozoica y pertenecemos a una especie biológica sedentaria llamada *Homo sapiens*, que forma parte de la biodiversidad de nuestro planeta. Los seres humanos pertenecen al Reino animal, se reproducen sexualmente y han evolucionado a partir de ancestros homínidos. En este capítulo se tratan diversos aspectos relacionados con la organización y función del cuerpo humano y los relacionados con su salud. Los diferentes sistemas del cuerpo llevan a cabo las funciones esenciales de los seres vivos, como la respiración, la nutrición o la reproducción.

Examinaremos aspectos como la higiene del cuerpo y también los órganos de los sentidos como elementos para relacionarse con el ambiente.

FUNCIONES BÁSICAS EN EL SER HUMANO

El cuerpo humano

Los seres vivos son muy complejos y se organizan de manera coordinada, como se muestra en los llamados “niveles de organización”. Los niveles inferiores, por su relación en la trama de la vida, son los átomos, moléculas, macromoléculas, organelos, células, tejidos, órganos y sistemas y organismo.

Los aparatos o sistemas tienen a los órganos como su nivel inmediato inferior, por lo que podemos deducir que un conjunto de órganos, que pueden estar físicamente relacionados, por ejemplo los órganos del sistema digestivo, o bien separados como los órganos del sistema inmune, realizan una misma función en el organismo. Lo mismo puede decirse de los diferentes sistemas: están tan estrechamente entrelazados que es difícil, por ejemplo, hablar del sistema respiratorio sin vincularlo con el circulatorio.

Para entender por qué funcionan de manera tan coordinada, lo que es sinónimo de salud, es necesario comprender el significado de *homeostasis*. Este concepto se refiere a la conservación de un estado interno, relativamente estable, que involucra a todos los niveles de organización a partir de las células. Un ejemplo ayudará a comprender la homeostasis. La piel posee sensores que detectan los cambios de temperatura ambiental; cuando aumenta la temperatura, la sangre periférica se calienta levemente; cuando llega al cerebro, éste manda una señal para que el organismo comience a sudar, con lo que automáticamente regresa la temperatura corporal a sus niveles normales.

Sistema digestivo

Consiste en un tubo abierto por ambos extremos. El alimento que entra por la boca va modificándose conforme se desplaza por las diferentes zonas: se mastica, se digiere, se asimila y, finalmente, lo que no aprovecha el organismo se desecha en forma de heces fecales. Físicamente se divide en boca, dientes, lengua, epiglotis, esófago, estómago, intestino delgado, intestino grueso o colon y los órganos accesorios como las glándulas salivales, el hígado, el páncreas y glándulas gástricas.

La boca

La boca es una región muy compleja que tiene como función primordial la de reducir el alimento a porciones pequeñas, con la ayuda de las piezas dentales y las glándulas salivales. Después de que se ha triturado el alimento es necesario deglutirlo; para ello la lengua juega un papel preponderante, al dirigir el alimento a través de la faringe hacia el esófago. La lengua posee papilas gustativas que son receptoras de los diferentes sabores: amargo, ácido, salado y dulce, y un nuevo término denominado *umami*, que indica algo verdaderamente exquisito.

Esófago

La epiglotis | Es una porción de tejido blando que actúa como una compuerta impidiendo que el alimento, en lugar de dirigirse al esófago, pase a la tráquea, que lleva el aire a los pulmones. La deglución es un acto voluntario; pero el alimento, una vez en el esófago, es conducido por movimientos peristálticos, resultado de la estimulación de sensores situados a lo largo de este órgano. El movimiento opuesto se denomina vómito y se produce, entre otras causas, cuando un elemento extraño irrita el estómago. Se piensa que el acto de vomitar es una adaptación protectora en contra de la acción de alimento en descomposición o de la presencia de virus o bacterias.

Estómago

En la mayoría de los humanos, este órgano se sitúa sobre la región izquierda de la cavidad abdominal. El alimento entra por el esófago; entre este órgano y el estómago hay un esfínter que se abre o cierra, dependiendo de las necesidades del tránsito de alimento. Este mecanismo previene la salida de alimento y ácido del estómago hacia el esófago. Cuando el funcionamiento del esfínter falla se produce una irritación del esófago que se denomina *reflujo*.

En las paredes del estómago se localizan las glándulas que producen el jugo gástrico, que contiene ácido clorhídrico (HCl) y la enzima pepsinógeno. El estómago se protege de sus propios jugos al tapizar su pared con una gruesa capa de moco y renovando sus células cada semana. Los movimientos peristálticos mezclan el alimento previamente triturado con el jugo gástrico. La mezcla de saliva, jugo gástrico y alimento forma una pasta acuosa llamada *quimo*. Los ácidos atacan a las bacterias y la enzima pepsinógeno transformada en pepsina da inicio a la digestión de las proteínas.

Contrariamente a lo que se piensa, el estómago no absorbe muchos de los nutrientes; sólo el alcohol se absorbe directamente, sobre todo en el estómago vacío. El estrés y el consumo excesivo de café, aspirinas, nicotina y alcohol pueden aumentar la acidez y con-

ducir a la formación de úlceras. Por ello se recomienda disminuir esas sustancias y comer pequeñas cantidades de alimento. Actualmente se ha detectado una relación directa entre la presencia de la bacteria *Helicobacter pylori* y la aparición de úlceras estomacales.

Intestino delgado

Se trata de un largo tubo que puede alcanzar en el adulto hasta seis metros. Funcionalmente se divide en duodeno, yeyuno e íleon. La mayor parte de la digestión se lleva a cabo en el duodeno y en el yeyuno. El quimo procedente del estómago gradualmente se dirige hacia el intestino delgado en donde se efectúa la mayor parte de la digestión y la absorción. En cuanto entra el quimo al intestino delgado, se inicia la digestión de los carbohidratos, de las proteínas fragmentadas en el estómago y finalmente de las grasas; estas últimas interaccionan con la bilis que actúa como un detergente, transformando las gruesas gotas de grasa en una emulsión fina que puede ser digerida fácilmente por las lipasas.

El interior del intestino está cubierto de vellosidades a través de las cuales el alimento digerido entra realmente en el cuerpo. Cada vellosidad contiene capilares sanguíneos y un vaso de quilífero que corresponde al sistema linfático. La mayor parte de los nutrientes son absorbidos y conducidos a los capilares sanguíneos; mientras tanto, los ácidos grasos y los monoglicéridos, resultado de la digestión de los triglicéridos, se difunden en el interior de las células epiteliales donde reaccionan con ácidos grasos, para volver a sintetizar triglicéridos que se acumulan en forma de gotas de grasa. Estas gotas, que se rodean de una cubierta de lipoproteínas, se conocen como quilomicrones y entran en los vasos quilíferos de las vellosidades, para ser transportados finalmente a la sangre venosa.

Intestino grueso

No todo lo que se toma como alimento se absorbe. En el intestino grueso, dividido en colon ascendente, transversal y descendente, ciego, apéndice y recto, hay una mezcla de fibras vegetales, un poco de proteínas, lípidos y billones de bacterias que se alimentan de los restos y juegan un papel muy importante en el metabolismo humano. El colon absorbe aproximadamente 90% del agua y el sodio y potasio que contiene. Las bacterias, por su parte, sintetizan varias vitaminas que se absorben en esta región: la vitamina K y algunas del complejo B.

Las contracciones del colon empujan las heces fecales hacia el recto; el recto se distingue actuando sobre receptores especiales que estimulan el reflejo de defecación.

Hígado

Es el órgano más versátil del cuerpo. Se estima que ejecuta más de 500 diferentes funciones. Almacena glucógeno, grasa y muchos micronutrientes —hierro, cobre y vitaminas—. El hígado también sintetiza proteínas importantes como las involucradas en la coagulación sanguínea y actúa como un poderoso desintoxicante de sustancias como el alcohol, los barbitúricos y la nicotina. Sintetiza la bilis a partir del colesterol y, como ya se mencionó, esa sustancia tiene una función importante en la digestión al emulsificar las grasas, que posteriormente serán digeridas por las enzimas correspondientes. La bilis secretada por el hígado fluye hacia la vesícula biliar a través del conducto hepático. Cuando el proceso digestivo requiere de bilis, ésta sale mediante el conducto biliar común.

Páncreas

Este órgano está precisamente debajo del estómago. Se trata de una glándula doble con funciones endocrinas y exocrinas. Cuando funciona como glándula exocrina vierte sus productos al duodeno mediante el conducto pancreático. Los productos exocrinos del páncreas son enzimas digestivas y bicarbonato de sodio necesario para neutralizar la acidez del contenido estomacal; al mismo tiempo proporciona un pH de 8, que es el indicado para que las enzimas digestivas puedan desempeñar adecuadamente su papel.

Las enzimas pancreáticas actúan sobre las moléculas parcialmente digeridas como proteínas y almidones. Como resultado de la acción enzimática se producen pequeñas moléculas que pueden ser fácilmente absorbidas por las vellosidades intestinales. Al igual que en el estómago, las enzimas son secretadas en forma inactiva, con lo que se protege al órgano de autodestrucción. Así, por ejemplo, la tripsina se excreta como tripsinógeno y sólo adquiere su capacidad de enzima cuando es activada por una sustancia que se encuentra en el epitelio del duodeno. La tripsina, a su vez, activa a otras enzimas digestivas.

Una alimentación sana y balanceada no sólo asegura un buen funcionamiento del sistema digestivo, sino que reduce los riesgos de enfermedades como la hipertensión, algunos tipos de cáncer y enfermedades cardíacas, entre otras.

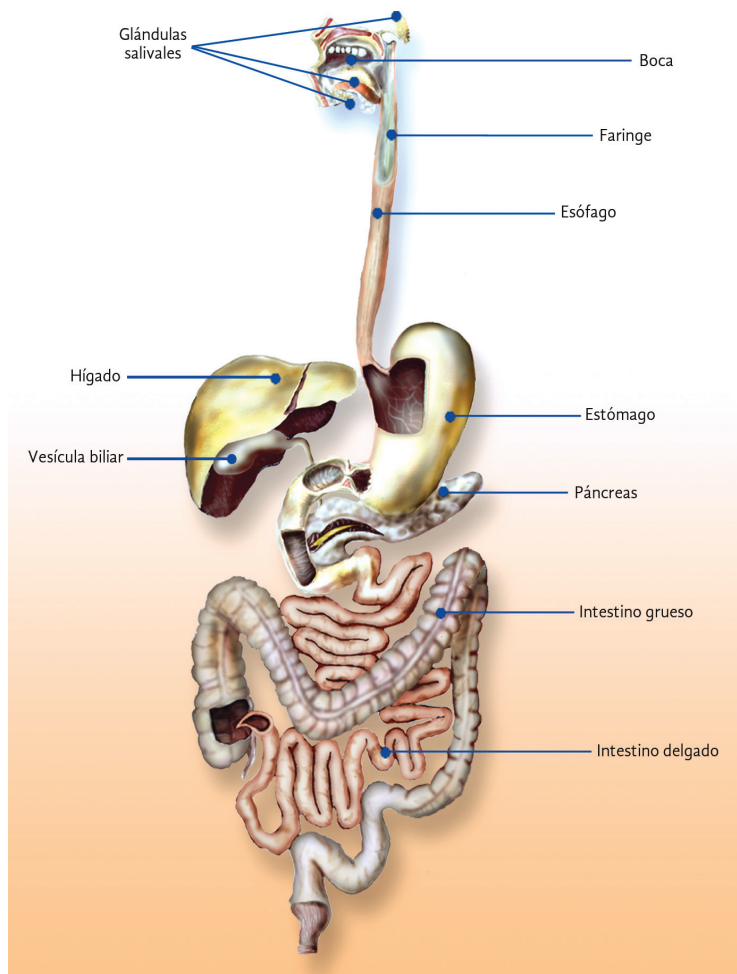
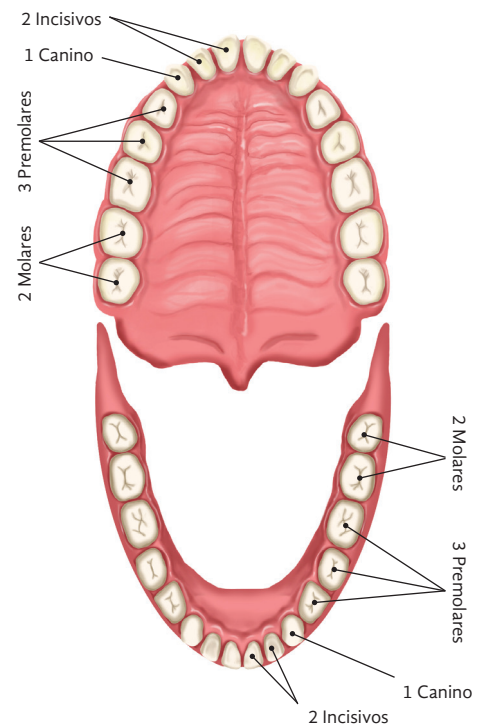


Figura 26 | El sistema digestivo y la boca.



Sistema circulatorio o cardiovascular

El sistema circulatorio humano consta de dos partes: el corazón y una red de vasos. Los vasos transportan la sangre a todo el cuerpo asegurando la correcta distribución de oxígeno y de nutrientes provenientes del sistema digestivo, a todas las células del cuerpo. Asimismo, la circulación sanguínea distribuye el calor corporal colaborando en el proceso de homeostasis. La sangre también es un vehículo para transportar las sustancias de desecho de las células hacia los riñones.

Corazón

Es el órgano que se formó en primer lugar durante el desarrollo embrionario. Se trata de un músculo que actúa como una bomba que impulsa la sangre a través de una red de vasos. El corazón humano posee cuatro cavidades: dos aurículas y dos ventrículos. Sus paredes están constituidas por tres capas: el pericardio más externo, el miocardio y el endocardio que recubre internamente las cuatro cámaras. El sistema circulatorio se divide en dos circuitos bien diferenciados: el circuito pulmonar, que conduce la sangre de y a los pulmones, y el circuito sistémico, que transporta la sangre al resto del cuerpo.

La sangre es bombeada hacia el circuito pulmonar por el lado derecho del corazón —la aurícula derecha y el ventrículo derecho—. La sangre se bombea hacia el circuito sistémico por el lado izquierdo del corazón —la aurícula izquierda y el ventrículo izquierdo.

La sangre con bajo contenido de oxígeno entra en la aurícula derecha por medio de las venas cava superior e inferior, que son parte del circuito sistémico. Estas venas llevan sangre escasa en oxígeno, pues la mayoría de este gas lo han tomado las células de todo el organismo. De la aurícula derecha, la sangre pasa al ventrículo derecho y de aquí sale la sangre hacia los pulmones, transportada por las arterias pulmonares derecha e izquierda.

En los pulmones, la sangre se oxigena y regresa al corazón vía las venas pulmonares. La aurícula izquierda recibe esa sangre y posteriormente pasa al ventrículo izquierdo, que con una poderosa contracción de sus gruesas paredes impulsa la sangre a través de la aorta, que será la que conduzca la sangre oxigenada a todo el cuerpo. Ambas aurículas se llenan y se contraen simultáneamente para depositar la sangre en los ventrículos respectivos. De la misma manera, ambos ventrículos se llenan y se contraen simultáneamente, bombeando la sangre hacia las vías sistémica y pulmonar correspondientes.

El corazón humano posee cuatro válvulas que controlan la dirección del flujo sanguíneo en un solo sentido. Las válvulas que se encuentran entre las aurículas y los ventrículos se conocen como válvulas aurículo-ventriculares; la izquierda es la bicúspide, y la derecha la tricúspide. Las válvulas semilunares se localizan entre los ventrículos y las arterias, que conducen la sangre hacia los pulmones o hacia el resto del cuerpo.

Vasos sanguíneos

La sangre bombeada por el corazón circula por todo el cuerpo mediante los vasos sanguíneos que pertenecen al circuito sistémico o bien al pulmonar. Las arterias transportan la sangre que sale del corazón y se ramifican formando vasos cada vez más delgados. Las arterias más pequeñas se denominan arteriolas, que finalmente se transforman en

capilares delgadísimos, cuya pared permite la difusión del oxígeno y los nutrientes hacia las células y, al mismo tiempo, la entrada de los desechos que provienen de las mismas células y que deben ser eliminados del organismo.

Los capilares se comunican con las vénulas y éstas con pequeñas venas que se van uniendo para formar vasos más gruesos que finalmente llegan al corazón para empezar nuevamente su ciclo.

La aorta es la más grande de las arterias; lleva la sangre oxigenada que sale del ventrículo izquierdo a todo el cuerpo por medio de ramificaciones principales conocidas como arterias elásticas, por las fibras elásticas que se encuentran entre las células de músculo liso de sus paredes. Estas fibras permiten el flujo continuo de sangre hacia los capilares. Las arterias musculares tienen pocas fibras elásticas, pero también se expanden y contraen con el flujo sanguíneo. Son los vasos cuya pulsación podemos sentir, por ejemplo, en la muñeca.

La sangre que proviene de los capilares dreña en las vénulas; éstas convergen en pequeñas venas que se van uniendo hasta formar las venas cava superior e inferior, que finalmente desembocan en el corazón. Las paredes de las venas son muy delgadas y la presión sanguínea es extremadamente baja; por lo tanto, la sangre que regresa de la región cefálica a la cabeza lo hace por gravedad, mientras que en las venas que están en la región posterior a la cabeza lo hace mediante los movimientos del cuerpo que la va empujando hacia arriba. Esta acción es posible gracias a la presencia de válvulas que se abren y se cierran conforme pasa la sangre.

El infarto al miocardio es el padecimiento cardíaco más frecuente. Se presenta cuando un coágulo de sangre obstruye una arteria coronaria. Esta obstrucción provoca la muerte de las células cardíacas al impedir la llegada de oxígeno y nutrientes. El riesgo de infarto se puede reducir con una dieta adecuada y ejercicio moderado.

Sistema respiratorio

El sistema respiratorio suministra el oxígeno necesario para la respiración celular. Este sistema funciona automáticamente; permite la entrada y la salida del aire en un ciclo con-

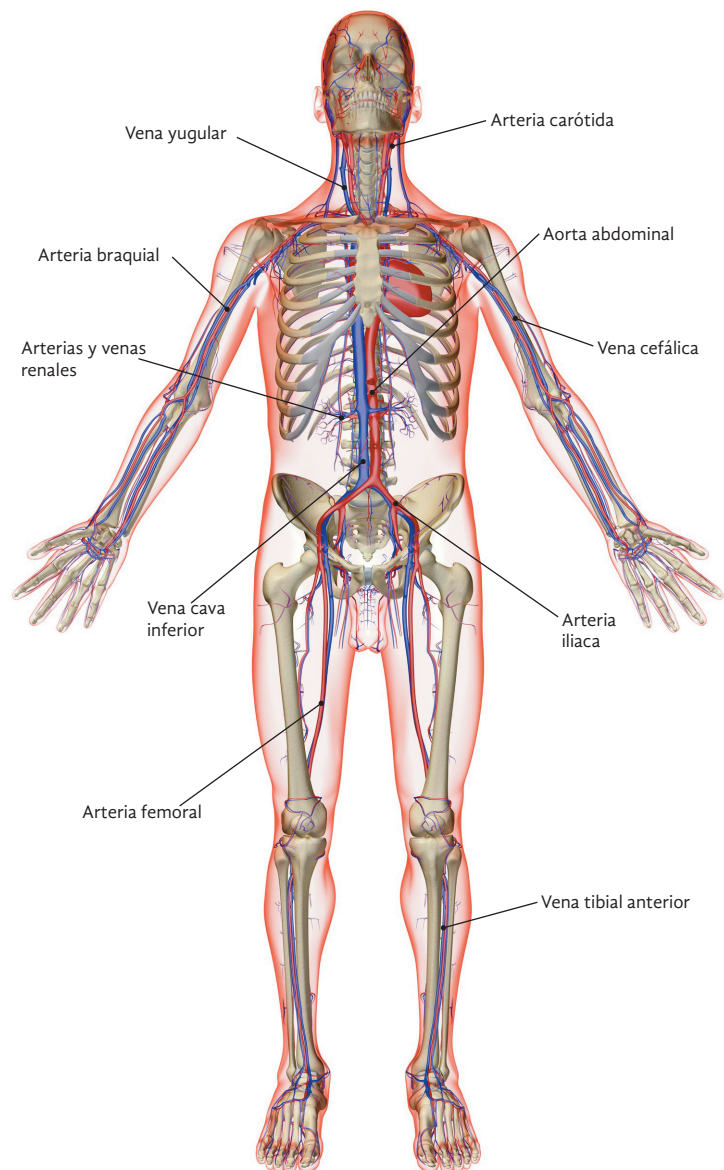


Figura 27 | El sistema cardiovascular. Se muestran las principales venas y arterias.

tinuo que se repite aproximadamente 16 veces por minuto en el adulto. Cada vez que inhalamos entra el oxígeno del aire a nuestro cuerpo, y cada vez que exhalamos sale CO_2 , que es el gas de desecho que resulta de la respiración de nuestras células.

El sistema respiratorio consta de una serie de conductos que llevan el aire del exterior hacia los pulmones, órganos en forma de saco que se localizan en la cavidad torácica. El aire que penetra por la nariz y la boca llega primero a la faringe. Esta estructura en forma de embudo se comunica con la laringe que tiene dos pliegues de tejido llamados cuerdas vocales, que vibran cuando se emite cualquier sonido. Después de la laringe está la tráquea, que posteriormente se divide en dos bronquios; éstos se subdividen en bronquiolos, que continúan ramificándose hasta terminar en conductos muy finos que desembocan en los alvéolos pulmonares. Las paredes de los alvéolos contienen numerosos capilares que son los que permiten la difusión del oxígeno hacia la sangre y la salida del CO_2 hacia el exterior. Cada pulmón contiene millones de alvéolos, que aumentan enormemente la superficie de intercambio de gases.

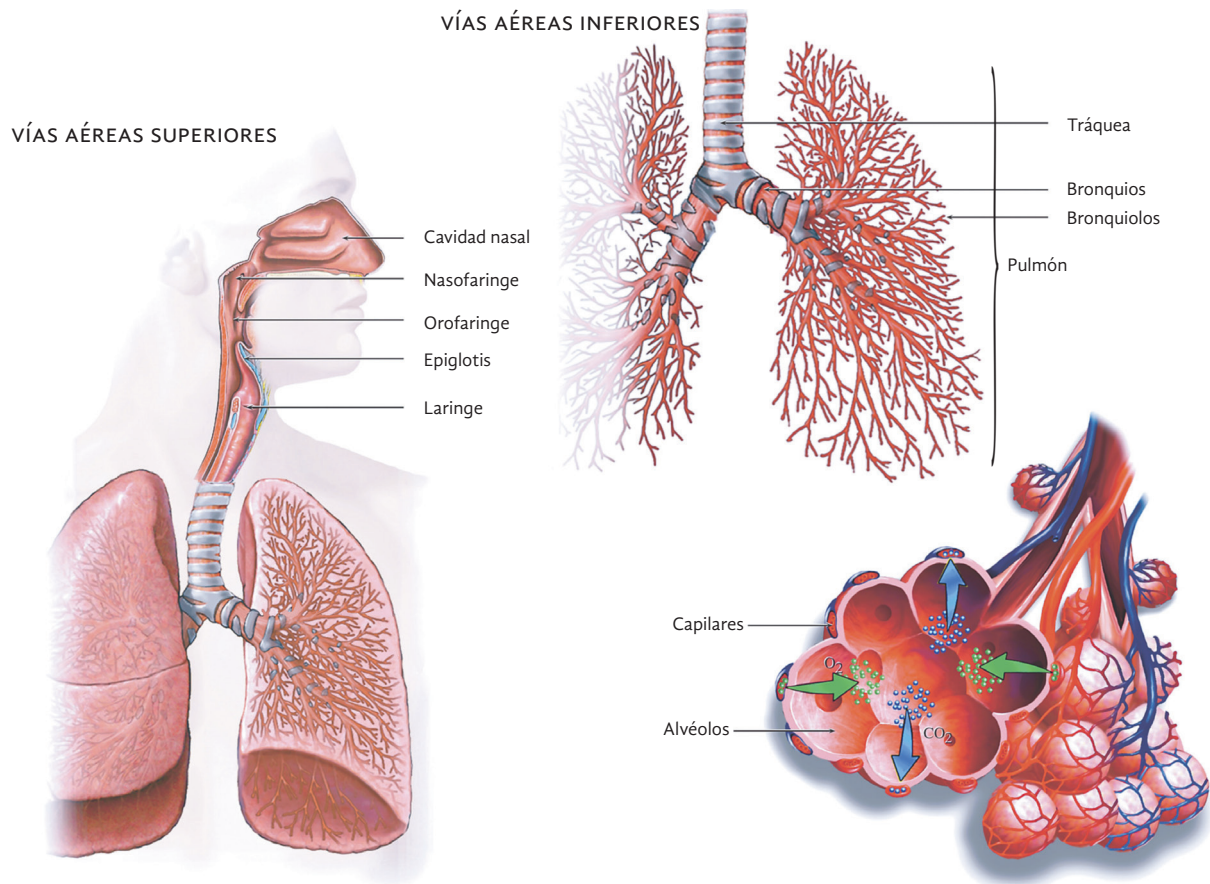
Los pulmones poseen dos características adaptativas muy importantes: ciertas células de los alvéolos producen normalmente un surfactante que disminuye la tensión superficial del agua que los rodea; sin esta sustancia, los pulmones no podrían expandirse de manera adecuada; la otra característica se refiere a la producción abundante de moco que recubre las paredes de los conductos aéreos y que tienen como función la de retener partículas de polvo y microorganismos que constantemente estamos inhalando. El moco se desaloja gracias a los cilios que tienen las células que recubren los pasajes aéreos. El movimiento ininterrumpido de los cilios conduce polvo y microorganismos hacia la faringe donde son deglutidos.

Los pulmones están rodeados de una doble membrana: la pleura. La hoja interna de la pleura se adhiere a los pulmones, mientras que la externa lo hace a la cara interna de la cavidad torácica. Entre estas dos capas se encuentra el líquido pleural. Puesto que las cavidades pleurales son espacios cerrados, cualquier intento para aumentar su volumen crea una presión negativa de succión dentro de ellas, que causa la expansión de los pulmones. Al mismo tiempo, el diafragma se contrae aumentando el volumen de la caja torácica y de las cavidades pleurales. Conforme aumenta la presión negativa en las cavidades pleurales, el aire entra a los pulmones. La exhalación es un proceso pasivo; se inicia cuando el diafragma y los músculos intercostales se relajan. Los pulmones también contribuyen a la exhalación; como tienen una tendencia natural a retraerse, cuando la inhalación cesa, las fibras elásticas de los pulmones se contraen arrojando el aire a través de los pasajes aéreos.

Alvéolos pulmonares y sistema circulatorio

Los alvéolos constituidos por una sola capa de células están rodeados por capilares sanguíneos. Esta disposición propicia la entrada del oxígeno y la salida del CO_2 . El oxígeno se difunde a través de la pared del alvéolo y del capilar para entrar en los eritrocitos o células rojas de la sangre; mientras que el CO_2 , disuelto en el plasma sanguíneo, se difunde en sentido contrario para ingresar al alvéolo.

El CO_2 proviene de la respiración aerobia que efectúa la mayor parte de nuestras células. Este gas sale de las células, se disuelve en el plasma que las rodea y finalmente penetra en los eritrocitos de los capilares. Allí, el CO_2 se convierte en bicarbonato, sale del eritrocito y de esta manera se transporta por el plasma sanguíneo. Al nivel de los alvéo-



los, el bicarbonato entra al eritrocito para convertirse nuevamente en CO_2 y en esta forma se difunde hacia el alvéolo para ser expulsado en la exhalación. La sangre oxigenada se dirige a la aurícula izquierda del corazón por medio de las venas pulmonares. De aquí, se vacía en el ventrículo izquierdo para ser bombeada a través de la aorta a todas las partes del cuerpo.

La entrada de oxígeno y la salida de CO_2 constituyen el intercambio gaseoso, que no debe confundirse con el concepto de respiración que ocurre en el nivel de las células.

Bacterias, virus y contaminación atmosférica constituyen las principales amenazas para la salud del sistema respiratorio. Bacterias y virus producen infecciones respiratorias, que en ocasiones pueden ser fatales. Por lo tanto, hay que evitar en lo posible ponerse en contacto directo con las personas con padecimientos respiratorios. Propiciar en lo posible el uso de mascarillas en época de epidemias y evitar los cambios bruscos de temperatura.

Figura 28 | El sistema respiratorio. Se muestra la anatomía que incluye a los pulmones y un detalle de cómo ocurre el intercambio gaseoso en su interior, en los alvéolos.

El sistema locomotor. Esqueleto y músculos

La primera impresión que se tiene al observar un hueso es la de estar ante la presencia de una estructura muerta. Sin embargo, un corte fino al microscopio nos muestra la existencia de numerosas células, los osteocitos, que están inmersos en una matriz extracelular de fibras de colágeno impregnadas de fosfato de calcio.

Los huesos que forman el sistema esquelético se originan de dos maneras. Los huesos de nuestro cráneo se modelan directamente a partir de tejido conectivo, mientras que el resto —brazos, piernas, columna vertebral y costillas— lo hace por sustitución del cartílago embrionario. Sin embargo, el cartílago no desaparece del todo; en los huesos largos subsiste hasta el final de la etapa de crecimiento. Se trata de una fina capa —cartílago de crecimiento— que se encuentra entre la diáfisis o porción larga y las epífisis, que son los extremos del hueso. En esta región, las células del cartílago se reproducen rápidamente con el objeto de alargar los huesos; al terminar la fase de crecimiento todo el cartílago se sustituye por tejido óseo.

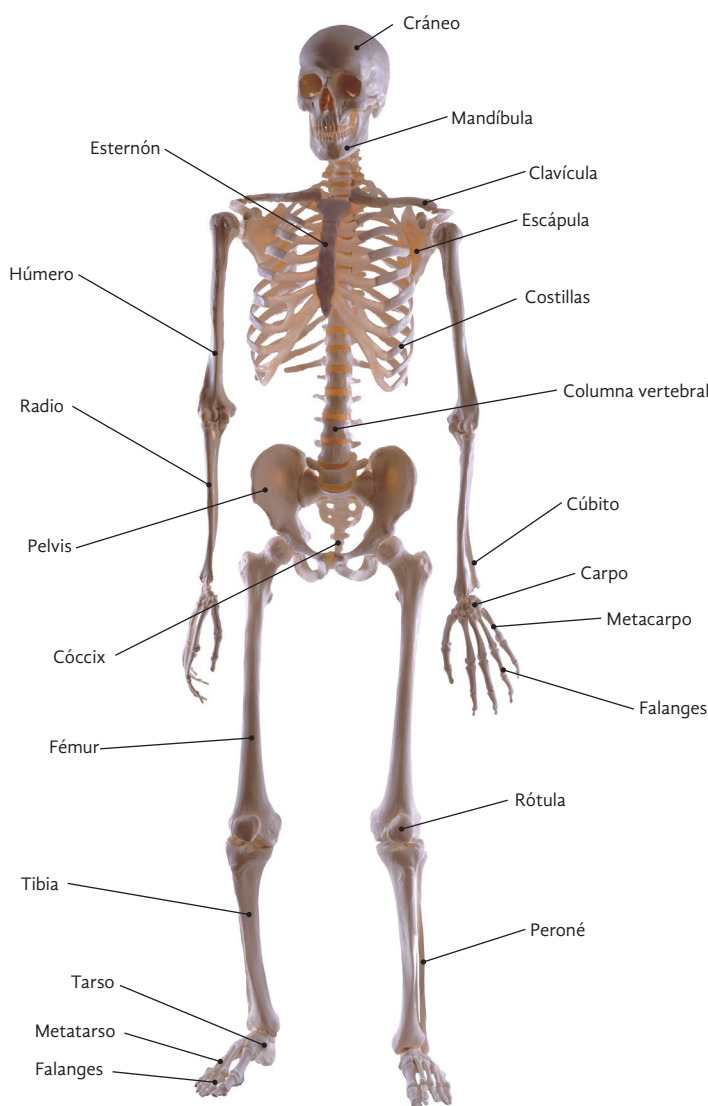
El esqueleto humano consta de 206 huesos que, en conjunto, forman el esqueleto que proporciona el soporte estructural que nos mantiene erguidos, al mismo tiempo que sirve como caja protectora del cerebro, pulmones y corazón.

El esqueleto se divide en esqueleto axial y apendicular. El primero lo constituyen el cráneo, la columna vertebral y las costillas; el segundo está representado por los huesos de las extremidades, así como los de la cintura escapular y pélvica, que las sostienen.

Los huesos largos, como el fémur, constan de una porción alargada denominada diáfisis y dos extremos abultados, las epífisis. La superficie del hueso está recubierta por una capa de tejido conectivo, el periostio, que permite la unión de los músculos con el hueso; posee células llamadas osteoclastos que remodelan el hueso en los procesos de crecimiento o reparación; posee también gran cantidad de vasos sanguíneos que viajan dentro del hueso a través de pequeños canales hasta el interior esponjoso, llevando oxígeno y nutrientes y recogiendo los desechos como el CO_2 . Las epífisis, además, están protegidas por cartílago que reduce la fricción en las articulaciones.

Por su estructura interna, el hueso se divide en compacto y esponjoso. El fémur, por ejemplo, tiene una región externa de hueso compacto y una interna esponjosa que, como su nombre lo indica, es una zona menos densa que la anterior. La parte central de un hueso largo está ocupado por la médula ósea. En los fetos y en los recién nacidos, la mayor parte de los huesos posee médula ósea roja, pero en el adolescente y en el adulto, la médula ósea roja se sustituye por médula ósea amarilla y sólo se conserva en el tejido esponjoso de los huesos planos como el esternón, las

Figura 29 | Los principales huesos del cuerpo humano. Aunque el cuerpo humano consta de 206 huesos, se muestran los más notorios.



vértebras, la pelvis y las costillas. La médula ósea roja es el tejido hematopoyético que produce eritrocitos, leucocitos y plaquetas.

Generalmente se habla de sistema músculo-esquelético porque no pueden separarse uno de otro; de hecho, los huesos presentan sitios en los que se adhieren los tendones que comunican el hueso con el músculo, cuyas contracciones producen los movimientos que caracterizan a los vertebrados en general. El movimiento muscular requiere que los músculos se adhieran al esqueleto siempre por pares antagonísticos, cada uno haciendo lo contrario de lo que hace el otro; por ejemplo, cuando el bíceps se contrae doblamos el brazo pero, para extenderlo, relajamos pasivamente el bíceps y contraemos el tríceps.

El tejido muscular está formado por muchas células alargadas llamadas fibras musculares, unidas entre sí por medio de tejido conectivo. Cada una de las fibras tiene una membrana, múltiples núcleos distribuidos por debajo de ella y numerosas miofibrillas de proteínas que ocupan casi todo el espacio del citoplasma.

Las miofibrillas forman los llamados sarcómeros, que son las unidades de contracción que responden a impulsos de las neuronas motoras que salen de la espina dorsal. Cada sarcómero está formado de dos proteínas principales: la actina y la miosina cuya interacción provoca la contracción; durante ésta, el sarcómero se acorta cuando los filamentos de actina se deslizan sobre el filamento de miosina.

La miosina se presenta en dos variedades: la lenta y la rápida; indica la velocidad con la que se contrae la fibra. La velocidad de contracción está determinada por la velocidad con que se rompe la molécula de ATP que proporciona la energía para la contracción. Las fibras lentas son más efectivas en el metabolismo aerobio, mientras que las rápidas dependen del metabolismo anaerobio; por lo tanto, las primeras son más eficaces en deportes de resistencia como ciclismo, natación o carreras de larga distancia, y las segundas son mejores para el levantamiento de pesas o carreras de velocidad. La mayoría de los humanos tenemos las mismas fibras; sin embargo, existen diferencias genéticas que determinan qué tipo de deporte podríamos realizar con éxito.

Las células musculares no pueden dividirse para dar lugar a músculos más desarrollados; conforme envejecemos perdemos fibras musculares y somos incapaces de formar nuevas. Entonces, ¿por qué algunas personas pueden desarrollar grandes músculos? La respuesta es simple: mediante la formación de nuevas miofibrillas. Y es aquí donde entran en acción los genes; el ejercicio actúa sobre los tendones y sobre otras estructuras relacionadas con el músculo y éstos desencadenan mecanismos de señalización cuyos efectos llegan hasta los genes, que inician la síntesis de las proteínas del sarcómero.

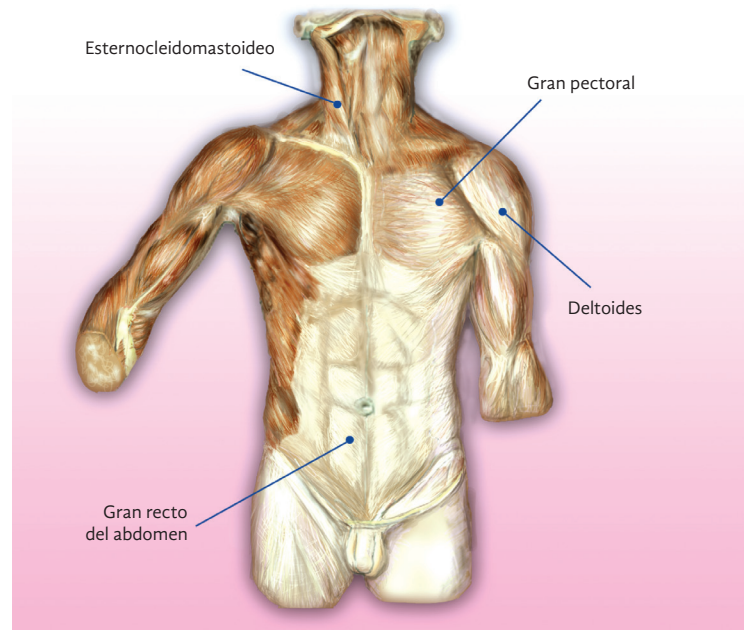


Figura 30 | Los principales músculos del cuerpo humano.

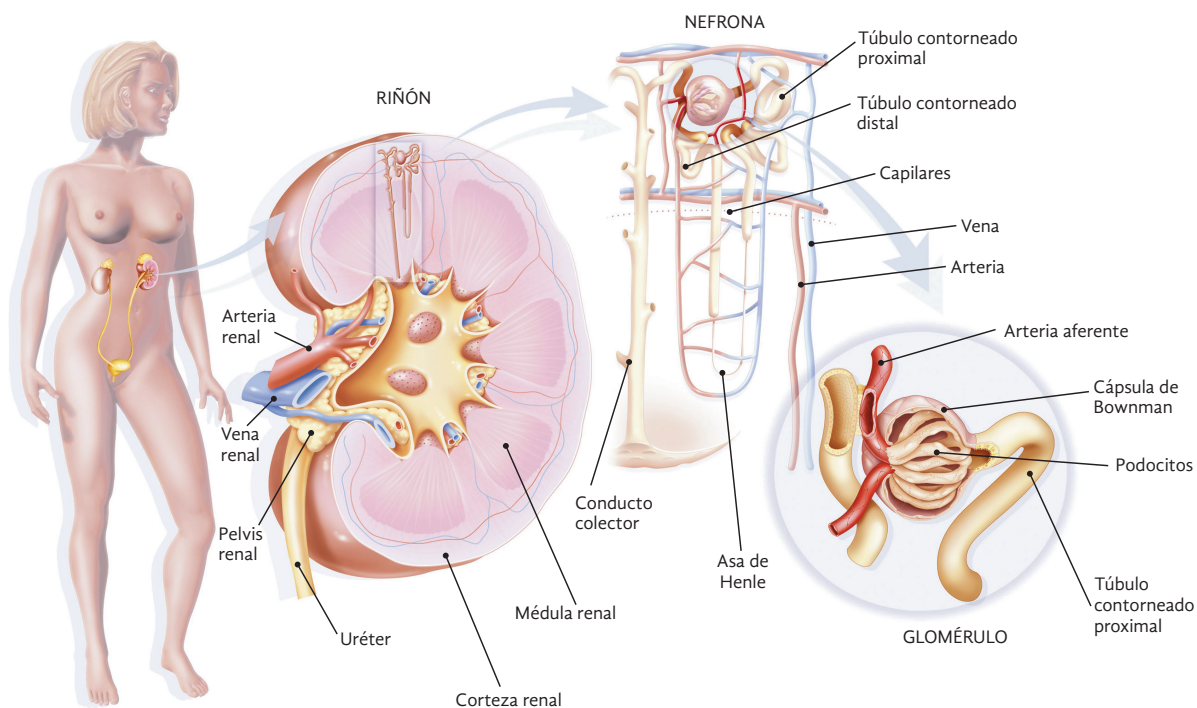
Sistema excretor

La actividad metabólica constante de la célula produce residuos que deben expulsarse del organismo mediante el proceso de excreción. Muchos son los mecanismos por los cuales se eliminan los productos potencialmente dañinos: riñones, piel, pulmones, glándulas sudoríparas, etc. Y los productos de desecho también son variados: compuestos nitrogenados como la urea y el ácido úrico o dióxido de carbono. Los procesos de excreción, por lo tanto, son fundamentales para mantener la estabilidad u homeostasis del sistema vivo.

De todos los órganos que desempeñan funciones excretoras, los riñones ocupan el primer lugar, porque además de disponer de desechos muy variados contribuyen a mantener constante la composición química de la sangre. Tenemos dos riñones a los que se agregan los uréteres, la vejiga urinaria y la uretra, con pequeñas modificaciones según el sexo de la persona.

Los riñones están a los lados de la columna vertebral, en la pared abdominal y por debajo del diafragma; tienen el tamaño aproximado de un puño masculino y se encuentran recubiertos por una capa protectora de grasa. Su forma general es la de un frijol. Los riñones tienen una capa de tejido conectivo, denominada cápsula renal; en seguida encontramos la corteza renal donde hay muchos nefrones o unidades filtradoras del riñón; la zona central es la médula renal que contiene pequeños tubos que transportan la orina a una cavidad recolectora, la pelvis renal, que desemboca en el uréter. Los dos uréteres transportan la orina a la vejiga urinaria por medio de movimientos peristálticos. La vejiga urinaria se encuentra en la cavidad pélvica por detrás del hueso púbico. Las paredes de este saco presentan músculo liso y un epitelio especial que permite su dilatación; cuando está lleno, las paredes se contraen y expulsan la orina a través de la uretra. Ésta es un tubo estrecho que mide aproximadamente 3.5 cm en las mujeres y 16 cm en el varón, puesto que debe atravesar el largo del pene.

Figura 31 | Los riñones y sus componentes.



La sangre entra al riñón por la arteria renal y sale por la vena renal; la arteria transporta nutrientes y desechos a los riñones; después de que la sangre ha sido filtrada, la vena renal se encarga de llevarla hasta la vena cava inferior que desemboca en el corazón. Los desechos filtrados se eliminan en la orina que contiene básicamente agua, desechos nitrogenados como urea, pequeñas cantidades de hormonas, iones y otras sustancias.

Nefrones

Existen entre uno y dos millones de nefrones en cada riñón. Éstos son las microunidades de filtración; cada nefrón consiste en un conjunto de capilares apelotonados denominados glomérulos y en un túbulo largo y contorneado llamado túbulo renal. El túbulo se compone de la cápsula de Bowman que rodea el glomérulo, el tubo contorneado proximal, el asa de Henle, y el tubo contorneado distal que desemboca en un conducto colector que transporta la orina. Los capilares del glomérulo provenientes de la arteria renal llevan los desechos de las células disueltos en el plasma sanguíneo. El líquido se filtra hacia la cápsula de Bowman. Conforme el fluido va transportándose por el nefrón, los nutrientes se reabsorben y sólo permanecen los desechos y algo de agua. El agua que contiene nutrientes y moléculas valiosas para el organismo abandona el túbulo renal y penetra en los capilares que rodean a los nefrones, los que posteriormente se vacían en la vena renal para continuar su camino hacia el corazón.

La salud de los riñones es el reflejo de una buena salud general; para ello hay que llevar una dieta adecuada, controlar el peso corporal, hacer ejercicio regularmente, revisar la presión sanguínea y descansar lo suficiente. Además, deben realizarse periódicamente exámenes de orina y sangre para asegurar el buen funcionamiento renal.

Sistema nervioso

El sistema nervioso controla todas las funciones de nuestro cuerpo. La neurona o célula nerviosa constituye la unidad de este extraordinario sistema. La forma de las neuronas es muy variada pero responde a un patrón básico: un cuerpo neuronal, unas prolongaciones llamadas dendritas —por su semejanza con las ramas de un árbol— y una prolongación —que en ocasiones es muy larga— llamada axón (de la palabra *eje*). Los axones se prolongan hasta los botones terminales, componentes de gran importancia porque por medio de ellos se transmite la información de una neurona a otra o bien de una neurona a otro tipo de célula. Los axones de muchas neuronas del sistema nervioso central y del periférico poseen una capa protectora —la vaina de mielina— que garantiza la rapidez en el impulso nervioso. La vaina de mielina se interrumpe en varios puntos a lo largo del axón, permitiendo así que el impulso nervioso viaje a saltos, acelerando la velocidad de la respuesta.

Este complejo sistema consiste en tres componentes básicos: el cerebro, la médula espinal y los nervios. Los dos primeros, alojados en el cráneo y en el canal vertebral, constituyen el sistema nervioso central. Tres capas de tejido conectivo —las meninges— rodean a estas dos estructuras. El espacio que queda entre la capa media y la interna se llena de líquido cefalorraquídeo. El sistema nervioso periférico consiste en células nerviosas o neuronas agrupadas en nervios que no están incorporados al sistema nervioso

central; colectan información captada por receptores internos o externos y la transmiten al sistema nervioso central; por ejemplo, la información captada por receptores que están en la piel. De esta manera, el cerebro y la médula reciben información muy variada, procedente de nervios sensitivos. Las neuronas que llevan información hacia el sistema nervioso central se denominan neuronas aferentes; cuando el cerebro procesa una información y responde mandando un impulso nervioso a los músculos o a una glándula, lo hace mediante una neurona eferente.

Cerebro

Se localiza dentro de la cavidad craneana. Está dividido en dos grandes porciones denominadas hemisferios, unidos mediante el cuerpo calloso. Su capa externa es la corteza cerebral de materia gris constituida por capas de neuronas multipolares, por debajo de las cuales se sitúan los axones o prolongaciones recubiertas con la vaina de mielina que le dan al conjunto una coloración blanquecina. Estos axones llevan impulsos de la corteza a la médula espinal vía neuronas motoras que controlan la mayoría de los músculos. Algunos axones establecen conexiones entre las neuronas cerebrales para integrar las diferentes funciones de la corteza.

La corteza cerebral presenta tres áreas distintivas que se clasifican en motoras, sensitivas y de asociación. La primera, situada en la parte anterior del surco central, separa el lóbulo frontal del lóbulo parietal, controla la actividad motora voluntaria. Cada región de la corteza motora controla una parte del cuerpo.

La corteza sensorial está por detrás del surco central. Es el destino final de muchos impulsos sensoriales que van al cerebro. Al igual que la corteza motora, diferentes regiones corresponden a diferentes partes del cuerpo. Al llegar un impulso nervioso a determinada zona de esta corteza, el cerebro interpreta la señal, por ejemplo como dolor, posición del cuerpo o temperatura.

La corteza asociativa se relaciona con actividades intelectuales complejas como la planeación o la modificación de comportamiento mediada por las normas sociales. De hecho, la conciencia radica en la corteza.

Cerebelo

Su nombre significa *cerebro pequeño*. La intervención del cerebelo en la coordinación de los músculos antagónicos asegura un buen funcionamiento del sistema locomotor, pues existe una gran cantidad de neuronas que conectan el cerebelo con otras estructuras encefálicas y con la médula espinal.

Tronco cerebral

El tronco del encéfalo o cerebral comunica el cerebro con la médula espinal y en él se origina la mayoría de los nervios craneales. Está formado por la médula oblongada y el puente. El tronco controla diversas funciones como la respiración, la presión sanguínea y la regulación del ritmo cardíaco. También regula la deglución, el acto de vomitar, el reflejo tusígeno y del estornudo, así como muchas funciones digestivas.

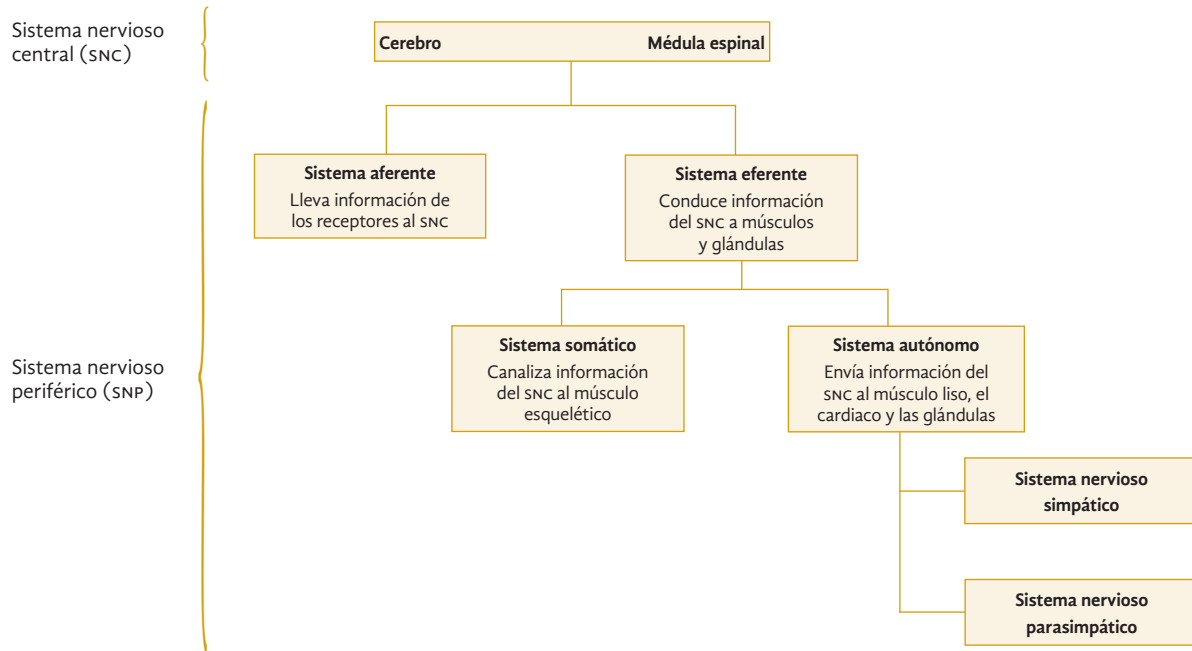


Figura 32 | Organización del sistema nervioso.

Hipotálamo

Se localiza entre el tronco cerebral y el cerebro; consiste en diversos tipos de neuronas denominadas núcleos. Esos grupos de neuronas tienen a su cargo la regulación de funciones autónomas como las que se relacionan con el apetito, la sed, la temperatura corporal o el ciclo circadiano. Actúa también como una glándula endocrina al controlar la actividad de la glándula pituitaria que regula hormonalmente muchas funciones corporales.

Médula espinal

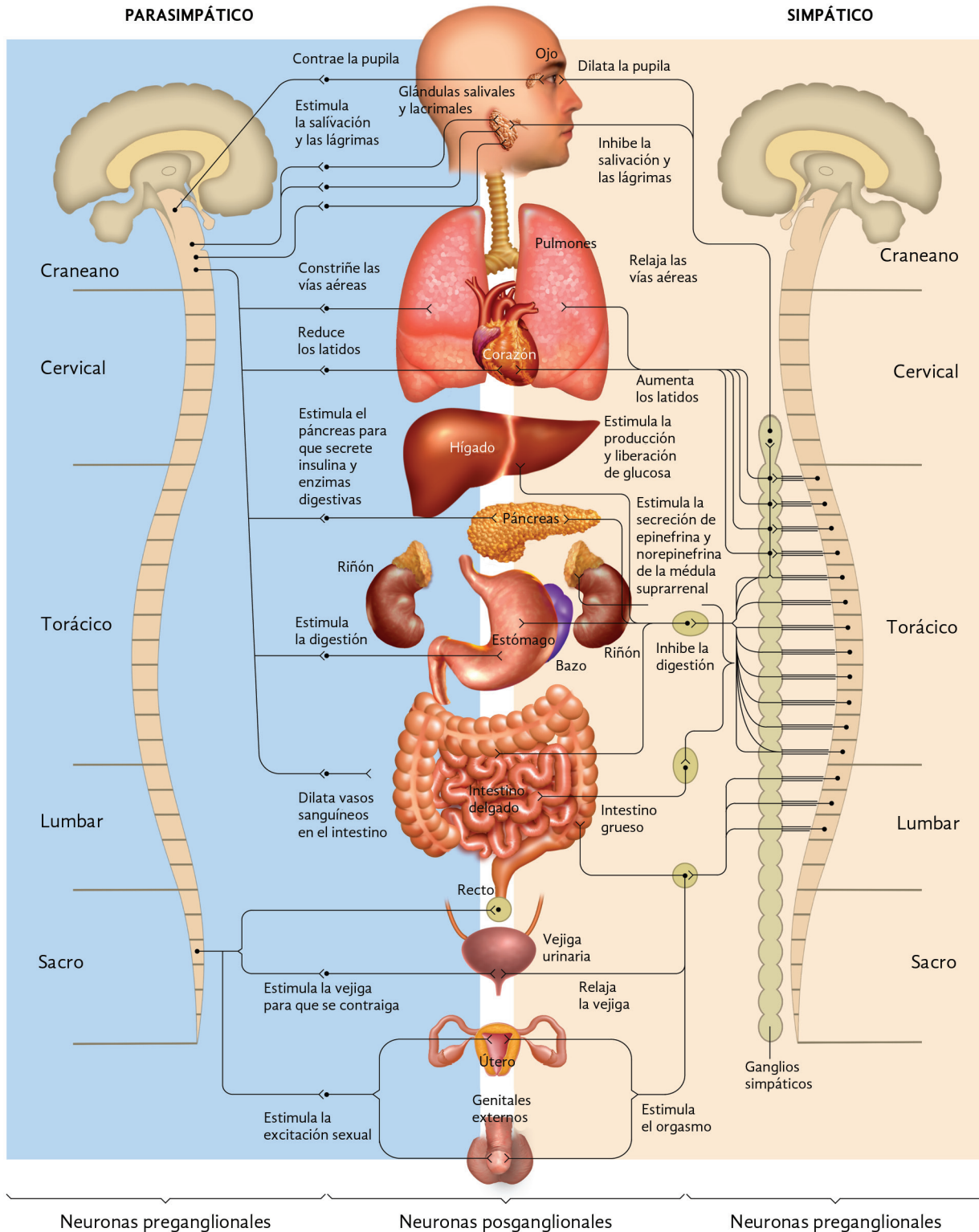
Forma parte del sistema nervioso central. Se extiende desde la base del cerebro hasta la espalda. Está alojada en el conducto raquídeo o canal vertebral. Los nervios conectados a la médula son los 31 pares de nervios espinales o raquídeos y forman parte del sistema nervioso periférico. Comunican el cerebro con el cuerpo mediante la vía que lleva la información sensitiva o aferente, por ejemplo dolor, tacto, presión o temperatura, procedente de la piel, músculos, huesos y órganos, al cerebro. Los nervios espinales también llevan impulsos motrices de la médula espinal hacia los músculos y otros órganos —información eferente—. La información viaja en ambos sentidos: de o hacia el cerebro.

Cada nervio espinal tiene dos raíces que se unen a la médula: la sensitiva dorsal y la motora, dispuesta ventralmente. Algunas fibras sensitivas que entran en la médula terminan en las interneuronas que conectan ambas ramas para transmitir los impulsos de la rama sensitiva hacia la rama motora. Esta disposición de los nervios espinales es la base para entender el arco reflejo, pues la información sensitiva que llega por la rama correspondiente pasa rápidamente a la rama motora produciendo un efecto inmediato sin tener que pasar por el cerebro.

Un golpe ligero en el tendón patelar, situado debajo de la rótula, estimula receptores sensitivos que generan un impulso nervioso que viaja hacia la médula; se efectúa la trans-

Figura 33 | Organización del sistema nervioso autónomo. Se muestran las funciones que se controlan a través de este sistema.

misión del impulso vía interneurona a la rama motora del nervio, que se dirige ahora hacia el músculo cuádriceps causando su contracción y la elevación de la pierna.



Sistema nervioso autónomo

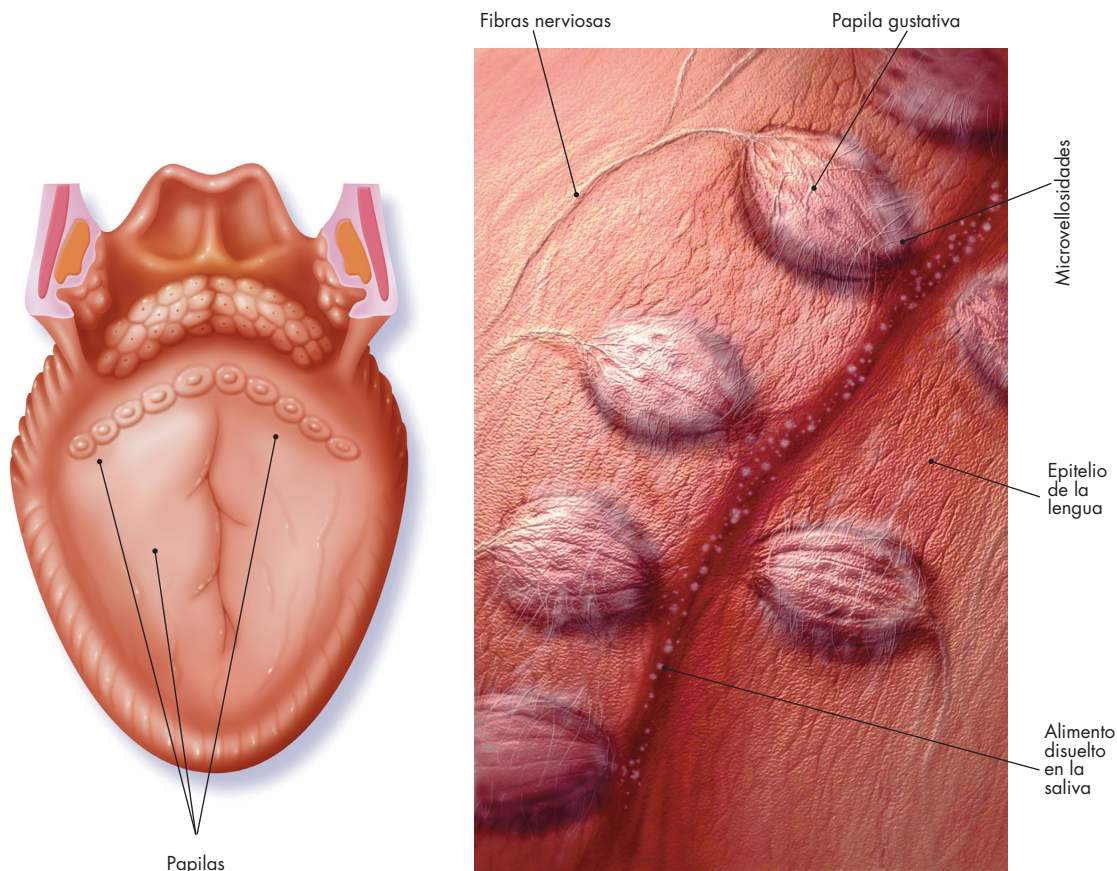
Forma parte del sistema nervioso periférico. Funciona de manera autónoma, generalmente de manera inconsciente. Ayuda a regular los órganos internos mediante el control de los músculos lisos, el músculo cardíaco y las glándulas. El sistema nervioso autónomo controla la respiración, el latido cardíaco y la digestión. Se divide en sistema nervioso simpático y parasimpático. Ambos trabajan coordinadamente: uno estimulando una acción, el otro inhibiéndola. Por ejemplo, el sistema nervioso simpático dilata las pupilas, inhibe la salivación, relaja los pasajes aéreos del pulmón, estimula la secreción de las glándulas sudoríparas, inhibe la digestión; el parasimpático ejerce acciones opuestas (fig. 33).

Órganos de los sentidos

Gusto

La detección de sabores corresponde a los botones gustativos alojados en las papilas sobre la superficie de la lengua. Cada botón gustativo está formado por grupos de células que poseen microvellosidades, en las cuales se localizan las proteínas receptoras de los diversos sabores del alimento. Las papilas son de varios tipos según el sabor que perciban: salado, ácido, dulce, agrio y umami (sabor agradable, en japonés), y son sensibles al glutamato, aminoácido característico sobre todo de las proteínas animales.

Figura 34 | El sentido del gusto. Se muestra la anatomía de la lengua y las papilas gustativas.



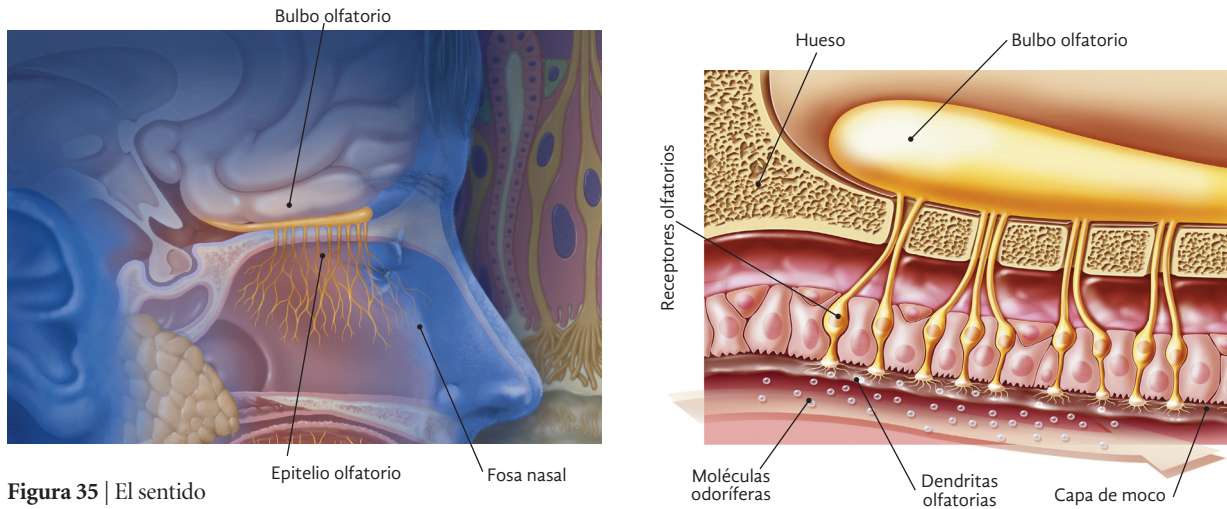


Figura 35 | El sentido del olfato. Se muestran sus componentes anatómicos.

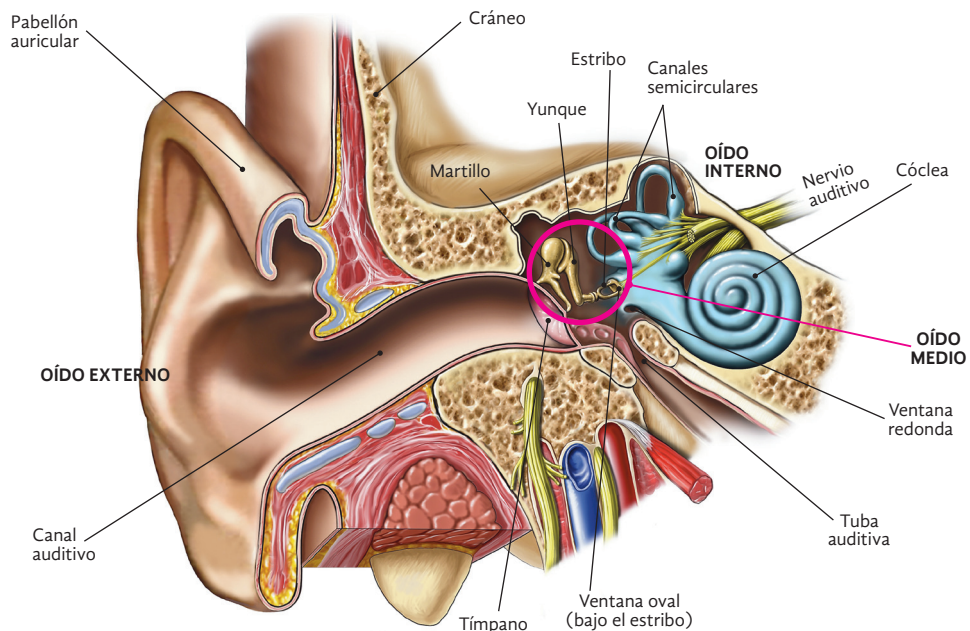
Olfato

La capacidad olfatoria de los humanos está considerablemente disminuida si la comparamos con la de muchos animales. A pesar de eso, el epitelio olfativo humano tiene aproximadamente 50 millones de neuronas receptoras que terminan en un pequeño mechón de pelos olfatorios; éstos contienen proteínas receptoras que captan las moléculas químicas suspendidas en el aire. La información química recibida viaja por los axones de las neuronas hasta el bulbo olfatorio del cerebro, en donde se integra la información. Nuestro sistema olfatorio guarda una estrecha relación con nuestra capacidad para distinguir y apreciar el sabor del alimento, pues tanto el sentido del gusto como el del olfato son receptores de sustancias químicas, de tal manera que los olores estimulan a los receptores del gusto, como los sabores del alimento excitan nuestras neuronas olfativas.

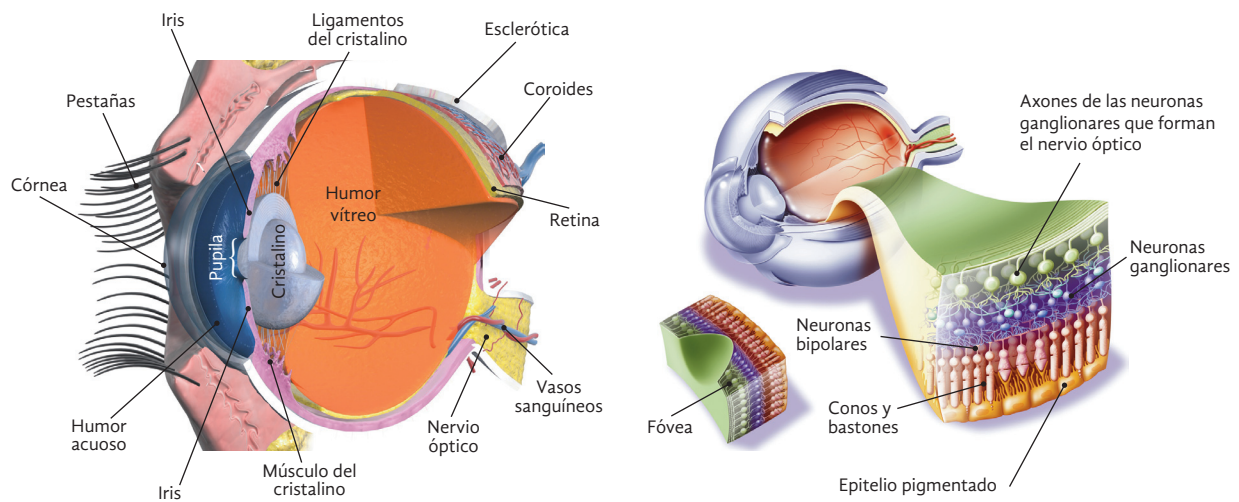
Oído

A diferencia del olfato y el gusto, los estímulos encargados de la audición son ondas que viajan en el aire. Las ondas del sonido penetran por el oído externo cartilaginoso y

Figura 36 | El sentido del oído. Se muestra el interior de la oreja y los componentes anatómicos principales.



viajan por el canal auditivo externo hasta llegar a la membrana timpánica que es el inicio del oído medio. La vibración de esta membrana se comunica con tres huesos diminutos —martillo, yunque y estribo— que se extienden desde la membrana timpánica hasta la ventana oval. Estas vibraciones llegan hasta el oído interno donde están la cóclea y el aparato vestibular dividido en canales semicirculares y el vestíbulo propiamente dicho. La cóclea tiene forma de caracol; su interior está lleno de fluido que al vibrar estimula a las células ciliadas, que en repuesta generan impulsos nerviosos en el nervio auditivo que se transmiten al cerebro. Los canales semicirculares son los órganos del equilibrio; transmiten información acerca de la posición y los movimientos del cuerpo (fig. 36).



Visión

El ojo presenta una capa externa llamada córnea; la lente, llamada cristalino; la pupila, regulada por el iris y la retina, que contiene células fotosensibles, los conos y los bastones. La luz penetra a través de la pupila, cuyo tamaño se regula gracias a la acción de células musculares lisas y en respuesta a la intensidad de la luz; detrás del iris se localiza la lente del cristalino que invierte la imagen y la proyecta sobre la retina. Aquí actúan los conos y bastones; los primeros funcionan con luz brillante y dan información acerca del color, mientras que los bastones responden a baja intensidad de luz. Estos receptores transforman la luz en impulsos nerviosos que viajan a través del nervio óptico al cerebro.

Figura 37 | Anatomía del ojo. Se muestran también las células responsables de la visión.

Tacto

En la piel, dermis, huesos y órganos internos se localizan diversos receptores que responden a temperatura, presión leve o fuerte y al dolor. Algunas dendritas de neuronas sensitivas o sensoriales son responsables de las sensaciones de dolor, tacto ligero o temperatura. Otras neuronas tienen sus terminaciones encapsuladas y se denominan corpúsculos, como los de Pacini, que responden a vibraciones o a presión mecánica, o los de Meissner, que responden al tacto ligero. Si bien los receptores de las sensaciones aparecen en todo el cuerpo, es indudable que el sentido del tacto se halla principalmente en la piel, en la que se encuentran diferentes clases de receptores que se encargan de transformar los distintos estímulos en información que es interpretada por el cerebro (fig. 38, p. 228).

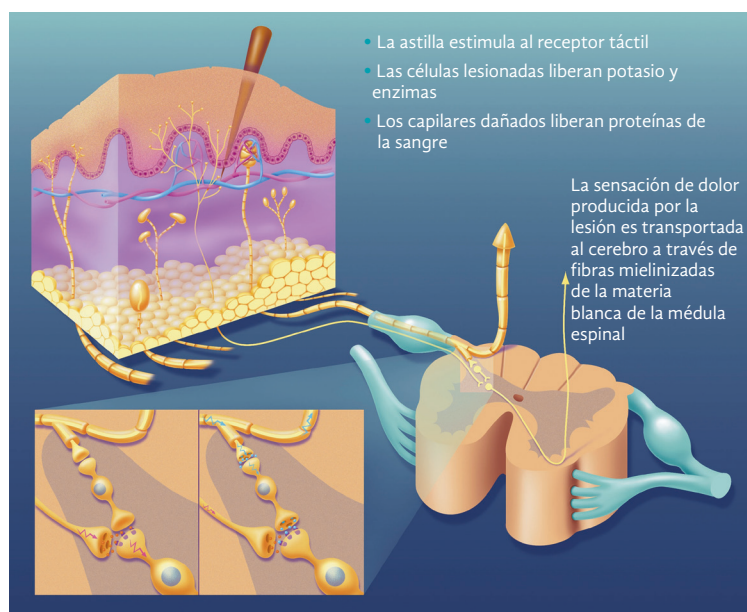


Figura 38 | El sentido del tacto. Percibe la temperatura y la presión.

Sistema inmune

Todos los seres vivos, desde las bacterias hasta los virus, pueden ser atacados por distintos parásitos. Por esta razón, para contrarrestar su acción se han desarrollado múltiples mecanismos. El sistema inmune es el centro de la lucha en contra de las infecciones animales, y el resultado de millones de años de evolución.

La inmunidad es la capacidad que tienen los organismos para protegerse de las infecciones. Comprende un componente llamado inmunidad innata que es la primera línea de protección no específica para un determinado patógeno, y el componente específico denominado inmunidad adaptativa, que reconoce a un patógeno particular.

La primera línea de defensa de la inmunidad no específica es la piel, que con su gruesa capa de queratina y su pH ácido impide la proliferación de microorganismos patógenos. Las membranas mucosas como el recubrimiento de los pasajes aéreos, que además presentan cilios que llevan los microbios hacia el exterior o un pH extremadamente ácido del estómago, imposibilitan el establecimiento de patógenos. Sin embargo, a pesar de su aparente invulnerabilidad, piel y mucosas a menudo presentan fallas que propician la aparición de enfermedades cutáneas e infecciones de las vías respiratorias, urinarias o reproductoras.

La segunda línea de defensa previene de manera más efectiva las infecciones. Se trata de la respuesta inflamatoria, interferones y complemento. La respuesta inflamatoria incluye la presencia de sustancias químicas y células en contra de patógenos diversos. Se inicia con la liberación de químicos en el sitio de la lesión, para atraer células especiales como macrófagos y leucocitos neutrófilos que fagocitan a los intrusos. Como resultado de la acumulación de estas células se forma el pus, que contiene principalmente neutrófilos y desechos celulares.

El complemento y los interferones están constituidos por proteínas. Los interferones son liberados mediante las células infectadas por virus. Se difunden a través de los tejidos y se unen a proteínas receptoras de células no infectadas; la unión del interferón con la célula desencadena la síntesis de sustancias que inhiben la replicación viral y, por lo

La salud de los órganos de los sentidos es fundamental, pues por medio de ellos nos comunicamos con nuestro entorno. En la actualidad, el oído es el más amenazado por la contaminación de ruido, que es parte de nuestra vida cotidiana. Los ruidos intensos pueden romper el tímpano, y los ruidos no tan intensos pero continuados disminuyen la audición al destruir de forma definitiva las células ciliadas de la cóclea. El ruido intenso provoca perturbaciones en el descanso de los individuos y graves dificultades para mantener la homeostasis del sistema nervioso.

tanto, evitan la diseminación del virus de una célula a otra. El complemento recibe este nombre porque “complementa” la acción de los anticuerpos. Las proteínas del complemento circulan en la sangre en un estado inactivo. Cuando un patógeno invade al organismo se desata una reacción en cadena. Las proteínas del complemento se insertan en la membrana de la célula invasora formando una abertura en forma de anillo, a través de la cual entra el agua a la célula; como consecuencia ésta se hincha hasta reventar.

Defensas específicas: sistema inmune

Ésta es la tercera línea de defensa. El sistema inmune está formado de órganos que se encuentran distribuidos en el cuerpo y de un conjunto de células muy variado. En los órganos linfoides maduran las células del sistema inmune —timo y médula ósea—, y son atrapadas las moléculas extrañas al organismo (antígenos) para que los leucocitos puedan interactuar con ellas —especialmente en los nódulos linfáticos y el bazo—. Las células son muy variadas, pero podemos destacar que la mayoría proviene de los leucocitos de la serie de los linfocitos.

Antígenos

La especificidad del sistema está dada por el hecho de que el organismo responde ante la presencia de moléculas o fragmentos de moléculas extrañas al organismo, pertenecientes a virus, bacterias, hongos y otro tipo de parásitos como los protozoarios, responsables del paludismo. Esas moléculas extrañas al organismo que desencadenan la respuesta inmune son los antígenos. Si bien la mayoría procede de organismos parásitos, también los trasplantes de órganos no compatibles desencadenan una respuesta similar.

Los antígenos estimulan dos tipos de linfocitos: las células B y las células T. Las primeras actúan ante la presencia de bacterias, de toxinas bacterianas y de algunos virus. Las células T, por su parte, responden ante células de nuestro cuerpo que presentan algún comportamiento anómalo a causa de la invasión de parásitos o ante la presencia de células cancerosas, pues éstas presentan modificaciones en sus proteínas de membrana que las hacen parecer extrañas al organismo. Ambas células, B y T, se forman en la médula roja de los huesos, pero antes necesitan pasar por un proceso de maduración que las hace inmunocompetentes.

Células B

Su nombre proviene del hecho de que maduran en la médula ósea (del inglés *bone marrow*). Después de su maduración son almacenadas en los órganos linfoides, listas para responder ante la presencia de cualquier invasor. Si una bacteria patógena ingresa al organismo, los macrófagos, que son células fagocitarias, la engloban, la destruyen y transfieren el antígeno a su propia membrana. Las células B responden uniéndose a los antígenos que están en la superficie del macrófago. Como respuesta a esta acción, las células B se dividen para producir linfoblastos, algunos de los cuales se convierten en células plasmáticas, que empiezan a producir anticuerpos en gran cantidad. Los anticuerpos o inmunoglobulinas son proteínas que ayudan a eliminar a los antígenos. Esta línea de defensa se denomina inmunidad humoral.

Un rasgo importante del sistema inmune es la formación de células de memoria. El organismo forma células plasmáticas que responden produciendo anticuerpos, pero algunas permanecen inactivas como células de memoria o de reserva, que sólo actuarán si en el futuro ingresa el mismo tipo de antígeno. Esto explica por qué cuando se ha padecido una enfermedad infecciosa como el sarampión, rara vez se vuelve a padecer.

Anticuerpos

Éstos son proteínas en forma de T que destruyen antígenos por varios medios. La neutralización, por ejemplo, consiste en rodear a la bacteria o al virus para impedir que puedan unirse a las células e invadirlas. Bacterias y virus neutralizados quedan de esta manera marcados para ser fagocitados y destruidos por los macrófagos y otras células como los neutrófilos. Otro medio es la aglutinación en la que la unión de anticuerpos y antígenos forma acumulamientos que son fácilmente fagocitados.

Células T

Estas células, a diferencia de las B, se subdividen en varios tipos: células T citotóxicas, células T colaboradoras, células T de memoria —que, al igual que las células B de memoria, constituyen una reserva importante— y células T reguladoras.

Las células T citotóxicas se unen a las moléculas antigénicas presentes en las células extrañas. En seguida secretan una sustancia llamada perforina que se incrusta en la membrana de la célula ajena formando poros a través de los cuales penetra una sustancia que provoca su muerte.

Las células colaboradoras son las más abundantes de las células T. Su papel es el de aumentar la respuesta inmune mediante la secreción de sustancias que activan tanto a las células B como a las células T citotóxicas y a los macrófagos. Estas células cobran gran importancia por el hecho de que son el blanco para el VIH, responsable del sida. La infección de las células T colaboradoras disminuye la capacidad del organismo para rechazar agentes infecciosos, que en otras condiciones causarían un daño menor. Los afectados por el VIH, sin un tratamiento adecuado, eventualmente fallecen a causa de estas infecciones oportunistas.

Inmunidad activa y pasiva

El descubrimiento de las vacunas en el siglo XIX constituyó un gran triunfo en la lucha contra muchas enfermedades infecciosas provocadas por bacterias y virus. Las vacunas contienen virus o bacterias inactivados que al penetrar al organismo desencadenan la producción de anticuerpos o la activación de las células T. Como los virus y bacterias están inactivados ocasionan síntomas muy leves, pero no la enfermedad. La vacunación, que se denomina *inmunidad activa*, tiene por objeto propiciar la formación de células de memoria B y T que protegerán a la persona de futuras infecciones.

La *inmunidad pasiva* consiste en la aplicación de anticuerpos o inmunoglobulinas específicas en contra de un virus o bacteria; los antígenos se inyectan en un animal, lo que causa la respuesta inmune; como consecuencia se forman los anticuerpos correspondientes, que se extraen para aplicarlos en el humano. El concepto inmunidad pasiva

se refiere al hecho de que no hay activación de las células B o T. El hígado finalmente se encarga de eliminar los anticuerpos, por lo que ésta es una protección temporal.

Sistema endocrino

Gracias al sistema endocrino o sistema hormonal, los diferentes sistemas de nuestro cuerpo se integran para constituir el siguiente nivel de organización de la materia viva: el organismo. A diferencia de los mensajes transmitidos por el sistema nervioso, este sistema actúa, generalmente, con lentitud. En el centro de este complicado y variado sistema se encuentra la célula endocrina, que sintetiza una hormona en particular y la vierte en los capilares sanguíneos para ser transportada por la sangre a su órgano blanco o *diana*.

Al sistema endocrino lo forman las glándulas, pequeños órganos distribuidos en todo el cuerpo y que sintetizan sustancias que genéricamente reciben el nombre de hormonas. Las hormonas pueden dividirse en las que estimulan a otras glándulas y las que estimulan directamente el crecimiento, el metabolismo o influyen en otras funciones. La pituitaria y el hipotálamo son ejemplos del primer tipo; el páncreas, del segundo.

Hipotálamo y pituitaria

El hipotálamo es una región del cerebro que controla las actividades nerviosas y hormonales. Neuronas especializadas reciben las señales que manda otra región del cerebro y responden mediante secreciones hormonales que se dirigen a la glándula pituitaria. Las hormonas del hipotálamo son activadoras o inhibidoras de la pituitaria anterior.

La pituitaria es una pequeña glándula situada en la base del cráneo. Está dividida en dos porciones: anterior y posterior. La anterior está bajo el control directo del hipotálamo y secreta siete hormonas, como la del crecimiento, que actúa principalmente sobre huesos y músculos, y la estimulante de la tiroides, que regula la cantidad de la hormona tiroxina sintetizada por la tiroides. En ambos casos existe un control estricto de la actividad hormonal. Por ejemplo, cuando los niveles de hormona de crecimiento son bajos, el hipotálamo libera la hormona activadora que estimula a la pituitaria para sintetizar la cantidad adecuada de hormona.

La pituitaria posterior secreta la hormona antidiurética y la oxitocina; las dos se sintetizan en las células neurosecretoras del hipotálamo y de allí se dirigen a la pituitaria posterior, vía los axones, para almacenarse, hasta que llegue el momento de secretarse en los capilares que rodean a la glándula. La hormona antidiurética regula la absorción de agua en los nefrones; por su parte, la oxitocina estimula la contracción de los músculos uterinos para facilitar el parto, y promueve la producción de leche en la madre parturienta.

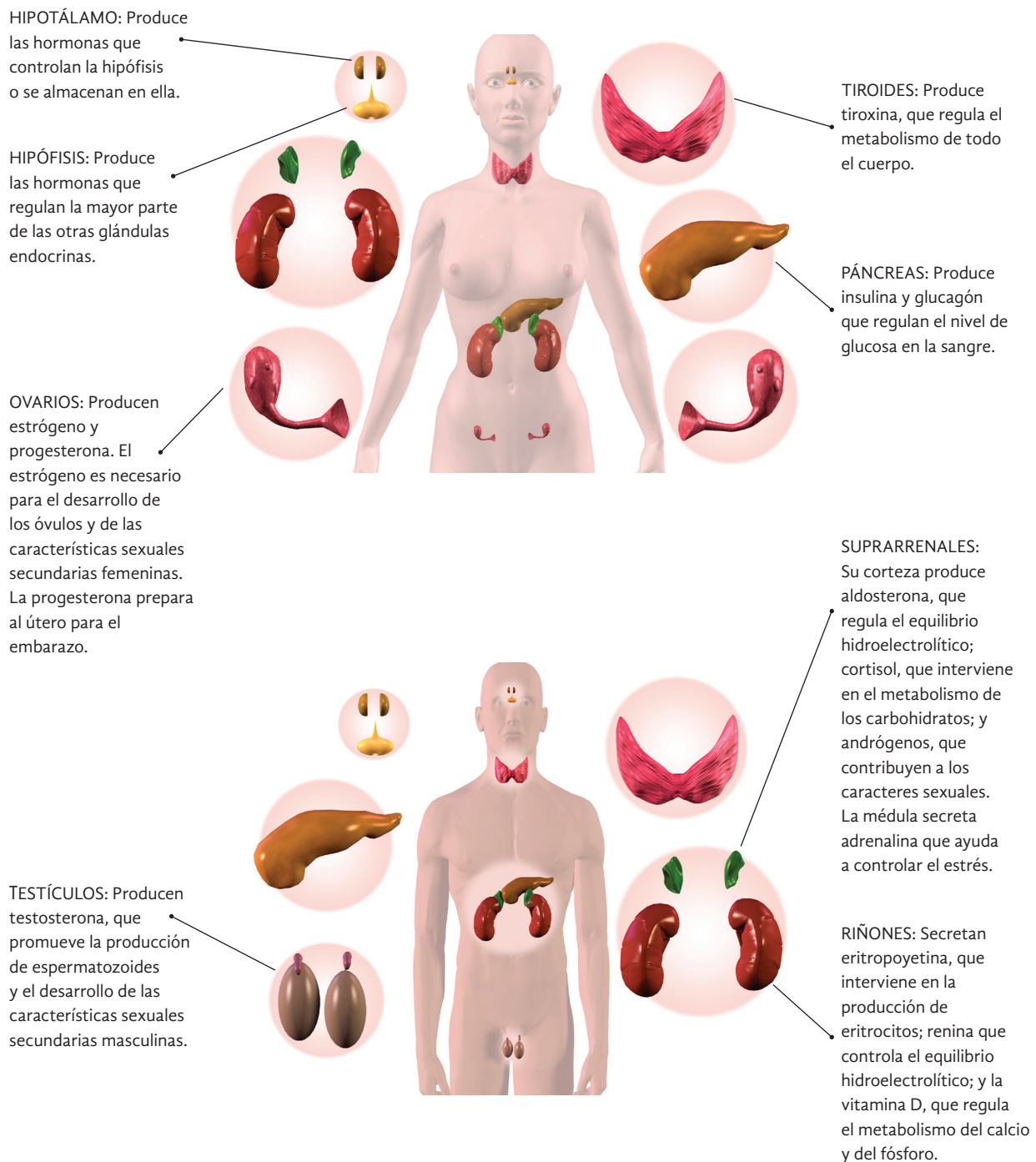
Tiroides

Esta glándula, formada por dos lóbulos, se localiza en el cuello, por debajo de la laringe. Produce tres hormonas: tiroxina, triyodotironina y calcitonina. Las dos primeras controlan el metabolismo basal y la producción de calor. Además de la tiroxina y la triyodotironina, la tiroides sintetiza el precursor de ambas, la tiroglobulina; para que esta sustancia sintetice las dos hormonas es necesaria la presencia de yodo. Cuando se reduce la

ingesta de yodo en los alimentos, el hipotálamo responde estimulando la producción de tiroglobulina. Esto trae como consecuencia una hipertrofia de la glándula, afección que se denomina *bocio*. En la actualidad se ha reducido su incidencia gracias al enriquecimiento con yodo de la sal común.

La calcitonina disminuye los niveles de calcio en la sangre con lo que ayuda al mantenimiento de su homeostasis; esta hormona inhibe la función de los osteoclastos que al destruir el hueso liberan calcio en la sangre; por otro lado, activa a los osteoblastos,

Figura 39 | Las glándulas que componen el sistema endocrino en hombres y mujeres.



que al formar hueso nuevo favorecen el depósito de calcio y su disminución en la sangre. Cuando la cantidad de calcio en la sangre aumenta, la secreción de calcitonina también aumenta, y viceversa.

Páncreas

Esta glándula es quizá la más conocida por la enfermedad que causa su mal funcionamiento: la diabetes mellitus. El páncreas es una glándula que funciona como exocrina y endocrina. La mayor parte de sus células sintetizan enzimas digestivas; esparcidas entre ellas, hay grupos de células llamados islotes de Langerhans que producen las hormonas insulina y glucagón. La secreción de insulina ocurre inmediatamente después de que los niveles de glucosa en la sangre aumentan por la ingestión de alimento. Su función principal es la de favorecer la captación de la glucosa en hígado y músculo, con el fin de almacenarla en forma de glucógeno. Existen dos tipos de diabetes: el tipo I, que resulta de una deficiente producción de insulina y se presenta sobre todo desde muy temprana edad, y la diabetes II, caracterizada por una síntesis adecuada de insulina, pero con una disminución de sus receptores celulares; las células son insensibles ante la presencia de la hormona y por lo tanto no pueden absorber la glucosa.

El glucagón, a diferencia de la insulina, eleva los niveles de glucosa sanguínea al romper las moléculas de glucógeno hepático. Este efecto es importante para mantener niveles adecuados de glucosa sanguínea entre comidas. Esta hormona también estimula la síntesis de glucosa a partir de aminoácidos y glicerol.

Glándulas suprarrenales

Las glándulas suprarrenales están colocadas sobre los riñones; se dividen en corteza y médula. Las hormonas de la médula son la adrenalina o epinefrina y la noradrenalina o norepinefrina. Se les conoce como “hormonas de las emergencias”, pues se liberan en situaciones de estrés. Los efectos de estas hormonas son múltiples: elevan los niveles de glucosa en la sangre para que los músculos tengan un aporte extra de energía; la respiración se acelera para llevar más oxígeno al cerebro y a los músculos e igual sucede con la circulación sanguínea; los bronquiolos se expanden para permitir más entrada de aire a los pulmones. Con todo lo anterior estamos listos para hacer frente a una emergencia.

Las hormonas de la corteza suprarrenal son de tres tipos: los *glucocorticoides*, como el cortisol, que interviene en el metabolismo de los carbohidratos acelerando la síntesis de nueva glucosa en el organismo; en dosis farmacológica, esta hormona inhibe la inflamación; los *mineralocorticoides*, que promueven la reabsorción de los iones de sodio, potasio, cloro y bicarbonato en el riñón. Las glándulas suprarrenales también sintetizan hormonas sexuales, pero en cantidades ínfimas.

Sistema reproductor

El sistema reproductor, tanto femenino como masculino, tiene un origen embrionario común; sin embargo, conforme avanza el desarrollo embrionario, los órganos masculinos y femeninos se diferencian poco a poco hasta convertirse en sistemas muy distintos.

Sistema reproductor masculino

Consta de dos gónadas, los testículos, alojadas en el saco de piel llamado escroto, cuya temperatura es ligeramente menor que la que priva en el abdomen y que es la ideal para la formación de los espermatozoides.

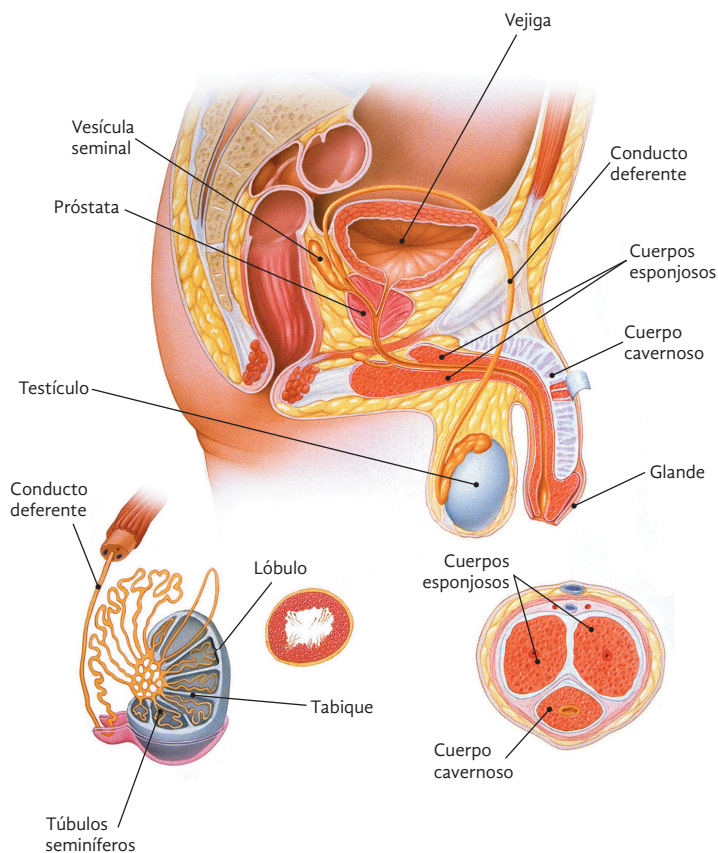


Figura 40 | Sistema reproductor masculino.

glandinas, que contraen la musculatura del útero y ayudan con ello al movimiento de los espermatozoides en el tracto femenino.

El pene u órgano copulador está formado por tejido esponjoso eréctil. El glándula, situado al final del tejido esponjoso, está recubierto por el prepucio. Durante la excitación sexual, los impulsos nerviosos —que viajan desde la médula espinal al pene— causan la apertura de sus arteriolas, con lo cual el tejido esponjoso se llena de sangre provocando su erección. La eyaculación se produce como consecuencia de la excitación sexual. Las neuronas motoras de la médula espinal mandan impulsos nerviosos a los músculos lisos de los epidídimos, de los vasos deferentes y de las glándulas accesorias. La contracción de los músculos provoca la expulsión del semen.

Sistema reproductor femenino

Las gónadas femeninas están representadas por los dos ovarios con forma de almendra. Se localizan en la cavidad pélvica, fijados a los lados del útero por los ligamentos. Producen óvulos o gametos femeninos. Cada vez que se desprende una célula femenina de cualquiera de los ovarios, es recibida por los tubos musculares recubiertos interiormente con

Testículos | Los testículos contienen los túbulos seminíferos cuya pared está formada de varias capas de células que intervienen en la formación de los espermatozoides. Conforme se producen, los espermatozoides se van desprendiendo de las paredes de los túbulos y se vacían en los epidídimos correspondientes, donde maduran hasta el momento de la eyaculación. Los espermatozoides se dirigen de los epidídimos a los vasos deferentes, que finalmente se unen para desembocar en la uretra, que comparte con el sistema excretor.

Como parte importante de este sistema están las glándulas accesorias: vesículas seminales, próstata y glándulas de Cowper, cuyas secreciones ayudan a formar el semen. Este líquido, rico en nutrientes tiene, por ejemplo, fructosa, que provee la energía necesaria para el movimiento de los espermatozoides; contiene también un amortiguador para neutralizar la acidez natural de la vagina, así como prosta-

cilios, conocidos como oviductos, cuya zona terminal es ancha para adaptarse a la superficie del ovario; los oviductos se comunican con el útero en forma de pera, que tiene una gruesa pared de células musculares lisas. El útero es el órgano que alberga y nutre al feto en desarrollo. La parte inferior del útero es el cérvix o cuello, que hace saliente en la vagina, un tubo distensible que conduce hacia los genitales exteriores.

Los genitales externos reciben el nombre genérico de vulva. Los pliegues externos son los labios mayores, que están recubiertos de vello en su zona exterior, y en su región interna poseen abundantes glándulas sebáceas; los interiores o labios menores forman en su parte anterior una pequeña protuberancia, el clítoris, constituido, al igual que el pene, de tejido eréctil, pues ambos tienen el mismo origen embrionario.

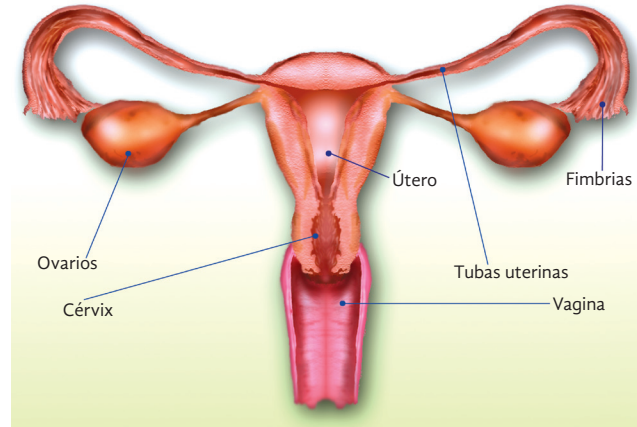


Figura 41 | Sistema reproductor femenino.

Ovarios | Cada ovario tiene grupos de células llamados folículos que se encuentran en distintos estadios de desarrollo. Los folículos inmaduros están formados de pocas capas celulares que van aumentando conforme el folículo llega a su madurez; en el interior de los folículos en desarrollo hay una célula mayor que eventualmente se convertirá en un óvulo. Aproximadamente cada 28 días un ovario libera un óvulo, o mejor dicho un ovocito secundario. Éste es el proceso de ovulación. Después de liberado el óvulo, el folículo crece y se transforma en el cuerpo lúteo por el color amarillo que toma.

ACTIVIDAD

Partes del cuerpo (12-14 años)

| Llevar un pescado al salón de clases y disecarlo con el profesor. Identificar sus partes: el intestino, el hígado, algunos músculos, etc. Comparar el tamaño de sus órganos con los de un humano.

Nutrición humana

Grupos de alimentos. "El plato del bien comer" para México

El hombre, como parte de los seres vivos (animales), tiene una nutrición heterótrofa y es específicamente omnívoro, o sea que se alimenta de otros seres vivos (plantas, animales, hongos y algunas bacterias); su alimentación es diversa y puede depender del sitio geográfico en donde se encuentre.

Los objetivos de la nutrición en la especie humana son:

- Aporte de la energía necesaria para poder llevar a cabo todas las funciones biológicas.
- Formación y mantenimiento de estructuras desde el nivel celular al máximo grado de composición corporal.
- Regulación de los procesos metabólicos para que todo se desarrolle de una manera armoniosa.

Ahora bien, el suministro de nutrimentos debe darse en cantidades determinadas para obtener las siguientes finalidades:

- a) evitar la deficiencia y exceso de nutrimentos,
- b) mantener el peso adecuado y
- c) impedir la aparición de enfermedades relacionadas con la nutrición.

Para cumplir con estos objetivos entre la población, muchos países han diseñado una representación gráfica de los grupos de alimentos de acuerdo con las características propias de cada región; por ejemplo, para la India es una especie de pirámide en forma de escaleras con cuatro categorías; para Guatemala es una olla de barro con seis categorías; para Canadá, un abanico con cuatro categorías.

En el caso de Estados Unidos se diseñó una pirámide en 1992 y se rediseñó en 2005. En México, esta pirámide se utilizó por mucho tiempo y en algunos lugares continúa vigente; sin embargo, no cumple con los requerimientos de la población mexicana. Por ello, en 2002 un grupo de investigadores coordinado por el doctor Rafael Camacho y la maestra en Ciencias Ernestina Polo, ambos de la Secretaría de Salud (ssa), publicaron el diseño de la imagen de los grupos de alimentos para México al que se denominó “El plato del bien comer”. Consiste en un plato con tres grupos de alimentos, un tenedor, un cuchillo y una cuchara, con la finalidad de que sea entendible, atractivo y sobre todo representativo para las familias mexicanas. Actualmente “El plato del bien comer” está en proceso de modificación para ser más práctico en la orientación alimentaria en toda la población. La información presentada hasta 2002 estaba bajo la norma oficial de ssa PROY Nom-SSA2-043-1999, y en 2006 se publicó la norma oficial para “El plato del bien comer” (Norma Oficial Mexicana Nom-43-SSA2-2005).

Figura 42 | “El plato del bien comer” es una guía para lograr una buena alimentación en México.



“El plato del bien comer” es una representación gráfica de acuerdo con las características, costumbres y necesidades de la población de México como una guía para lograr una alimentación correcta. De los tres grupos (frutas y verduras, cereales y leguminosas, y alimentos de origen animal) no hay uno que sea más importante que otro; se necesitan los tres para estar sano. Las frutas y verduras son un grupo variado que contiene y

aporta principalmente vitaminas, nutrimentos inorgánicos (iones y agua), proteínas y carbohidratos. Deben consumirse de preferencia crudas y con cáscara. Se identifican por el color verde que indica “sigue” y la leyenda “mucho”, o sea, que pueden comerse sin limitaciones.

El segundo grupo en amarillo se muestra como indicador de precaución con la leyenda “suficientes”. En este grupo se encuentran los tubérculos como la papa, el camote, la yuca, el maíz, el trigo y la avena. De preferencia hay que combinar los cereales y tubérculos (tortilla, arroz, pan, pastas, avena, galletas) con leguminosas (frijoles, garbanzos, lentejas) para obtener proteínas de calidad, o sea que contengan al menos los diez aminoácidos esenciales para formar las proteínas.

El tercer grupo se marca en color rojo como símbolo de “alto”, es decir, que estos alimentos deben consumirse en baja cantidad. Las leguminosas —lenteja, haba, frijol, garbanzo y soya— y las oleaginosas —cacahuete, avellana, nuez, semilla de calabaza y girasol— están incluidas en este grupo. Alimentos de origen animal tienen proteínas de calidad, pero con alto contenido en grasas saturadas y colesterol, razón por la cual deben comerse en poca cantidad; es preferible elegir el pollo, pavo, pescado o carne magra (sin grasa) de res o de cerdo, asados o cocidos sin piel. El huevo y los lácteos también pueden combinarse.


Las recomendaciones para integrar una alimentación correcta, utilizando “El plato del bien comer” como una herramienta en la orientación alimentaria, son las siguientes:

1. Incluir al menos un alimento de cada grupo en cada comida (desayuno, comida y cena).
2. Consumir gran variedad de alimentos, es decir, no limitarse a unos cuantos.
3. Comer de acuerdo con las necesidades y condiciones: ni de más ni de menos; un médico podrá indicar las cantidades que se requieren.
4. Consumir pocas grasas, azúcar y sal.
5. Beber agua pura en abundancia (dos litros) durante todo el día.
6. Procurar la máxima higiene al almacenar, preparar y consumir los alimentos.
7. Los pescados y mariscos deben consumirse bien cocidos.
8. Acumular 30 minutos de actividad física al día.
9. Mantener un peso saludable; el exceso y la falta de peso favorecen el desarrollo de problemas de salud.
10. Vigilar el crecimiento y desarrollo de los niños.
11. Evitar fumar.
12. Comer tranquilamente, disfrutando los alimentos en compañía, de preferencia en familia.



Figura 43 | En el primer grupo de alimentos de “El plato del bien comer” se incluyen frutas y verduras.

ACTIVIDAD

 **Nutrición** (6-12 años) | Pónganse de acuerdo para hacer un almuerzo. Cada quien llevará un platillo de la comida. Los alimentos deben seleccionarse de “El plato del bien comer”. Después del almuerzo, discutan sobre los alimentos que tomaron y si estuvieron bien elegidos. ¿La combinación fue adecuada?, ¿faltó alguno de los elementos del bien comer?

El agua en nuestro cuerpo

Una de las recomendaciones para el uso integral de “El plato del bien comer” es beber agua suficiente, en promedio dos litros al día. En los niños, la cantidad de agua recomendada es menor. Por ejemplo, en niños de 7 a 10 años se recomienda tomar de un litro a un litro y medio por día. El agua es un nutrimento inorgánico importante ya que es el principal componente del cuerpo humano; llega a alcanzar cifras de entre 55 y 60% del peso total corporal. Así, en un hombre de 70 kg, el agua puede representar 40 litros, distribuidos en todos los tejidos. Se reparte en dos grandes compartimientos:

- *Agua intracelular*, que representa aproximadamente 33% del peso corporal total (25 litros aproximadamente).
- *Agua extracelular*, que alcanza 23% (15 litros) y se encuentra en los compartimientos intravascular e intersticial.

Las fuentes de agua son tres:

- *Líquidos de bebidas*. Especialmente el agua potable, que permite una ingesta de 2 000 ml de agua para una dieta promedio.
- *Agua contenida en algunos alimentos o en los platillos preparados con ellos*, lo que representa aproximadamente entre 700 y 1 000 ml por día.
- *Agua de la oxidación que resulta del metabolismo de carbohidratos, grasa y proteínas* y que pueden cuantificarse en 200 a 300 ml por día.

Figura 44 | Cantidad de agua producida por los tres macronutrientes, expresada en gramos por gramo de nutrimento y kilojulio (modificado de Mataix, 2005).

Nutrimento	g/agua/g de nutrimento	g de agua/kl
Carbohidratos	0.56	0.032
Lípidos	1.07	0.027
Proteínas	0.4	0.023

Las funciones del agua:

- Constituye el medio acuoso de disolución de todos los líquidos corporales, así como secreciones y excreciones como sangre, linfa, secreciones digestivas, heces y orina.
- Posibilita el transporte de nutrimentos a las células, así como el de sustancias de desecho desde esas células.
- Ayuda al proceso digestivo no sólo permitiendo la disolución de los distintos nutrimentos contenidos en los alimentos, sino también la digestión de los mismos a través del proceso de hidrólisis.
- Contribuye a la regulación de la temperatura mediante la evaporación a través de la piel.

El agua no constituye una fuente energética, pues no puede ser oxidada por el organismo; este hecho desmiente la creencia de algunas personas de que el agua engorda o adelgaza.

La ingesta excesiva de agua conducirá a la pérdida de una cantidad de agua extra por vía renal produciendo orina abundante o diluida pero con cantidades considerables de iones y vitaminas hidrosolubles, lo que tendrá consecuencias en el funcionamiento integral del cuerpo. Por otro lado, la ingesta deficiente de agua en el organismo produce menos orina pero más concentrada. Naturalmente este fenómeno ahorrador de agua tiene un límite y, por lo tanto, a ingestas muy bajas de agua se produce una deshidratación de mayor o menor gravedad y el individuo manifiesta sensación de sed que le conduce a consumir agua para recuperar el equilibrio hídrico. Por ejemplo, entre los 7 y 10 años se requieren de 55 a 65 ml por cada kilogramo de peso.

Dieta correcta y problemas derivados de una nutrición no adecuada

El término *dieta* se refiere a todos los alimentos y platillos que se consumen en un día, independientemente de que en su conjunto sean o no adecuados. La diferencia la hace el adjetivo: dieta correcta o incorrecta, hipercalórica o hipocalórica, etcétera.

Con respecto a los alimentos prohibidos o “chatarra”, aunque todos entran en algún grupo de alimentos y, por lo tanto, contienen nutrimentos, debe controlarse su ingestión. Se denominan así por tener un bajo contenido nutricional y un exceso de grasas y carbohidratos. Algunos deben evitarse por completo; un ejemplo claro son los refrescos o gaseosas, con un contenido muy alto, y por ello dañino, de azúcares; otro ejemplo son los tacos, tortas y tamales. Si se hace una buena combinación con el resto de grupos de alimentos dejan de ser “chatarra” y pasan a formar parte de una dieta correcta, la cual se caracteriza por ser completa, variada, equilibrada, inocua, adecuada y suficiente, en tanto que una dieta incorrecta es aquella que no cumple con al menos una de estas particularidades.

En México, para crear entre la población el hábito de una alimentación correcta, la SSA puso en marcha el uso de “El plato del bien comer”, además de una metodología utilizada para dietas personalizadas por el Sistema de Equivalentes, que surgió de la ne-

Figura 45 | Características de una dieta correcta (modificado de Pérez y Marván, 2006).

Características	Descripción
Completa	Incluye al menos un alimento de cada grupo de alimentos (frutas y verduras, cereales, leguminosas y alimentos de origen animal) en cada tiempo de comida.
Variada	Selección de diferentes alimentos de cada grupo y su uso de diferentes métodos de cocción para un mismo alimento.
Equilibrada	Distribución de los alimentos en los porcentajes adecuados (carbohidratos, 60%; lípidos, 25%; proteínas, 15%). El término “balanceada” es incorrecto ya que significaría que los tres nutrimentos están en un mismo porcentaje (33%).
Inocua	No implica riesgos a la salud, tanto por excesos como por higiene.
Adecuada	Ajustada a la edad, sexo, estatura, gustos, estado fisiológico, presupuesto, clima, temporada, etcétera.
Suficiente	Sin exceso o deficiencia en energía y nutrimentos para la edad, peso, estatura, actividad física, estado fisiológico, etcétera.

cesidad de ofrecer una herramienta didáctica sencilla para dar variedad a la dieta individual del paciente con diabetes mellitus. Actualmente, el Sistema de Equivalentes es un método útil para el diseño de planes de alimentación normales, modificados y personalizados, en especial para personas que necesitan controlar su ingesta energética y equilibrar la de nutrimentos para obtener un peso corporal saludable.

En una población los problemas nutricionales obedecen a la falta de una dieta correcta y a determinadas características genéticas; esto lleva a que las personas presenten diferentes problemas de salud como desnutrición, sobrepeso y obesidad, diabetes mellitus, hipertensión, infartos cerebrales y cardíacos.

Actualmente dos de los problemas más graves en México son la desnutrición y la obesidad y sus consecuencias,

La desnutrición es un estado patológico, inespecífico, sistémico y potencialmente reversible que se origina como resultado de la deficiente incorporación de nutrimentos a las células del organismo y se presenta con diferentes grados de intensidad. Además de los aspectos fisiológicos, la desnutrición se asocia con muchos otros factores interrelacionados entre sí, como los de índole social, política, económica, ambiental y cultural.

La obesidad es una enfermedad crónica de etiología multifactorial que se desarrolla a partir de la interacción de factores sociales, conductuales, psicológicos, metabólicos y celulares. En términos generales, se define como el exceso de grasa (tejido adiposo) en relación con el peso. Esto lleva a que personas con obesidad estén expuestas a una probabilidad alta de adquirir enfermedades crónicas degenerativas como la diabetes mellitus, síndrome complejo que afecta el metabolismo de los azúcares, lípidos y proteínas. Desde que se describió por primera vez esta enfermedad ha estado fuertemente relacionada con la alimentación, y aunque a lo largo del tiempo las recomendaciones dietéticas han sufrido una notable variación, el régimen nutricional siempre ha sido un elemento fundamental en su tratamiento.

Por otro lado, cada vez es más frecuente que en adolescentes y niños, principalmente, se presenten alteraciones en la conducta en la alimentación como la anorexia (falta de apetito), la bulimia (atracones de comida intercalados con provocación del vómito), el comedor compulsivo (atracones de comida seguidos de un sentimiento de culpa) y otras como la ortorexia (obsesión por los alimentos saludables/orgánicos) y la vigorexia (obsesión por el ejercicio para tener un cuerpo perfecto).

CÓMO SE REPRODUCEN LOS SERES VIVOS

INTRODUCCIÓN

La teoría celular establece que: 1) la unidad funcional mínima de los seres vivos es la célula, 2) todos los seres vivos están formados por células, y 3) cada célula proviene de otra célula. Este tercer postulado surge de una pregunta que se planteó un científico del siglo XIX para entender cómo crece un tumor. Las alternativas consistían en suponer que las unidades que forman el tumor (células) crecían o porque esas unidades se multiplicaban. Los estudios realizados mostraron que las células se multiplicaban y, por lo tanto, donde antes había una célula después había dos, y luego cuatro y así sucesivamente. Cualquier célula provenía de otra preexistente. Lo anterior llevó a Rudolph Virchow a proponer el siguiente aforismo en latín: *omnis cellula e cellula*, es decir, “toda célula proviene de otra célula”. ¿Cómo se da el proceso por el cual una célula crea otra y ésta no surge de manera espontánea?

La célula es la mínima unidad morfológica y funcional de los seres vivos. Existen dos tipos de células: procariontes y eucariontes. Las células *procariontes* son aquellas cuyo material genético está desnudo en el citoplasma, como ocurre en las bacterias, de tal manera que dicho material se expone a los cambios que ocurran en el citoplasma. En las células *eucariontes*, casi la totalidad del material genético se encuentra en el núcleo, que está delimitado por una doble membrana llamada envoltura nuclear, aislando así este material genético del resto del citoplasma.

Tipos de reproducción

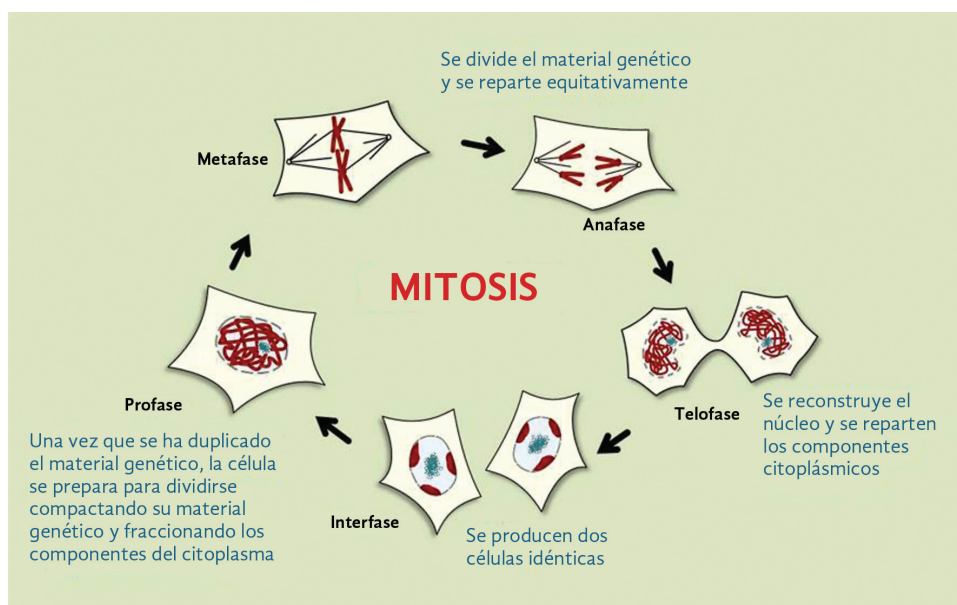
Reproducción asexual y sexual

La reproducción es una de las funciones de los seres vivos y es la forma de perpetuar su existencia. Este proceso puede ser de dos tipos: asexual y sexual. La diferencia fundamental entre ambas radica en que en la reproducción sexual se involucra el intercambio de material genético, mientras que en la asexual, se producen copias idénticas del mismo. De tal manera que, mediante la reproducción asexual, una célula se divide y da origen a otras células idénticas, mientras que en el proceso de la reproducción sexual participan dos células (gametos) con información genética diferente y complementaria que, al fusionarse y dividirse producen células que transmitirán la información intercambiada a su descendencia, siendo la reproducción sexual por lo tanto uno de los factores que contribuyen a la diversidad biológica.

Reproducción asexual

Existen tres tipos de reproducción asexual: bipartición, gemación y mitosis. La bipartición se presenta en células procariontes, mientras que la gemación y la mitosis se presentan en células eucariontes. La mitosis es un proceso muy complejo que se desarrolla en varias etapas morfológicamente muy bien definidas (fig. 46). Tanto en la bipartición como en la mitosis, el proceso inicia con la duplicación del material genético mediante el proceso de replicación del ADN. Esta duplicación tiende a asegurar que se produzcan dos células idénticas por lo cual, en la mitosis, no se restringe al material genético sino que se involucra también a sus organelos. La mitosis se desarrolla de manera muy similar en todas las células eucariontes.

Figura 46 | Reproducción por mitosis.



Reproducción sexual

En las bacterias también existe un mecanismo de reproducción sexual mediante el cual dos organismos intercambian material genético. Esta recombinación y las mutaciones son los factores que contribuyen a la variabilidad genética en los procariontes.

Los mecanismos de recombinación genética en procariontes pueden ser de tres tipos:

- transformación
- transducción
- conjugación

La *transformación* se presenta cuando en el medio en el que se encuentran las células, una de ellas (donante) libera material genético; fragmentos de este material liberado entran en las bacterias receptoras y se intercambian o intercalan en el cromosoma bacteriano.

La *transducción* es la incorporación de material genético, ajeno a la bacteria receptora, a través de algún virus que hace el papel de vehículo para este material.

La *conjugación* es el proceso más complejo de intercambio de material genético entre bacterias, el cual también es un proceso de transferencia de material genético de una

bacteria donadora a otra receptora. Este proceso requiere del contacto físico entre las dos células bacterianas. La donadora replica su material genético el cual se transporta a través de una estructura que establece un tubo de conjugación denominado *pilli*. A través de esta estructura se lleva a cabo el intercambio del material genético.

La reproducción sexual involucra la formación de células especializadas denominadas gametos (gametogénesis) mediante un proceso más complejo denominado meiosis (fig. 47), el cual se desarrolla como dos divisiones mitóticas llamadas meiosis I y meiosis II. Previamente a estas divisiones también se replica el material genético pero no se vuelve a replicar antes de la segunda división, por lo que las células que resultan al final contienen solamente la mitad de la información genética del organismo del que proviene.

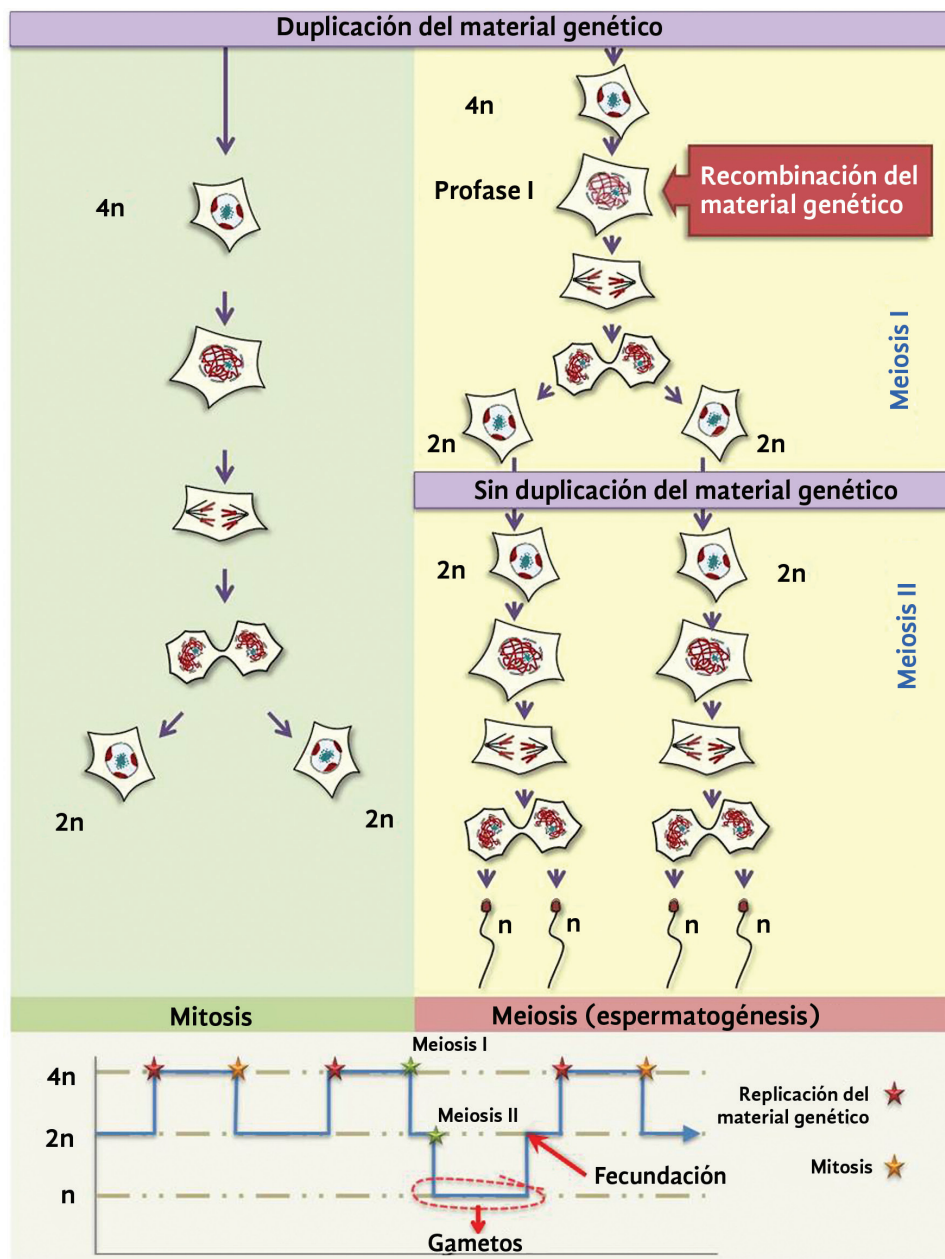


Figura 47 | Formación de gametos. La meiosis ocurre en esta etapa. La figura compara la mitosis con la meiosis.

Cuando ocurre la fecundación y se fusionan los dos gametos, se recupera el total de dicha información. La fecundación, por lo tanto, constituye la culminación del proceso de reproducción sexual y lo que continúa es el inicio del desarrollo y crecimiento de un nuevo organismo.

La reproducción sexual también puede clasificarse de acuerdo con la forma y tamaño de los gametos. Si las dos células son iguales, se denomina *isogamia*; si son iguales de forma pero de diferente tamaño, se llama *anisogamia*; pero si los dos gametos presentan notables diferencias en su estructura y tamaño, entonces el nombre que recibe es *oogamia*. En este tipo de reproducción estas dos células, además de ser morfológicamente diferentes, tienen también comportamientos diferentes en la fecundación. De tal manera que en los organismos que presentan este tipo de reproducción, el gameto femenino es una célula grande e inmóvil que recibe el nombre de óvulo, ovocélula u oosfera, mientras que el gameto masculino es pequeño y móvil y recibe el nombre de espermatozoide o anterozoide.

En general, para que se lleve a cabo la reproducción sexual, se han desarrollado mecanismos en las diferentes especies que aseguran el encuentro de las células sexuales (gametos). Estos mecanismos han permitido, a través del proceso evolutivo, seleccionar formas, estructuras, medios y vehículos de transporte, así como desarrollar comportamientos de tipo social en los animales para encontrar una pareja y reproducirse. Estos comportamientos han llegado a ser tan complejos en la especie humana, por ejemplo, que no solamente se presentan con fines reproductivos.

La reproducción en plantas y animales

En estos grupos de organismos, la reproducción asexual es la forma en que los individuos crecen y se desarrollan y, como ya se mencionó, este proceso ocurre a nivel celular.

La reproducción asexual consiste en la forma más común de muchas plantas que tienen una gran capacidad de invadir espacios, como los pastos, por ejemplo. Se presenta tanto en el desarrollo y crecimiento de una planta como en una forma de reproducción para producir nuevos organismos. A este tipo de reproducción se le nombra vegetativa y tiene mucha importancia en el comercio pues es como se producen nuevas plantas que serán cultivadas ya sea para ornato o para la producción de alimentos.

En los animales, la reproducción asexual básicamente es sólo la forma en que crecen y se desarrollan.

En todos los organismos con reproducción sexual, así como en plantas y animales, existen estructuras especializadas en la gametogénesis. En general, las diferencias fundamentales en cada grupo de organismos son adaptaciones morfofisiológicas con las que éstos responden para asegurarse que estas células —los gametos— puedan alcanzarse y fusionarse en la fecundación. Las limitantes por las cuales se han presentado estas respuestas se encuentran en el ambiente que habitan los organismos, es decir, agua, tierra o aire.

Existen organismos en los que estos mecanismos que favorecen la autofecundación y los órganos sexuales están muy próximos unos de otros, como ocurre en las plantas con flores monoicas (♀♂), es decir, en flores que presentan tanto estambres (♂) como pistilos (♀) (fig. 48).

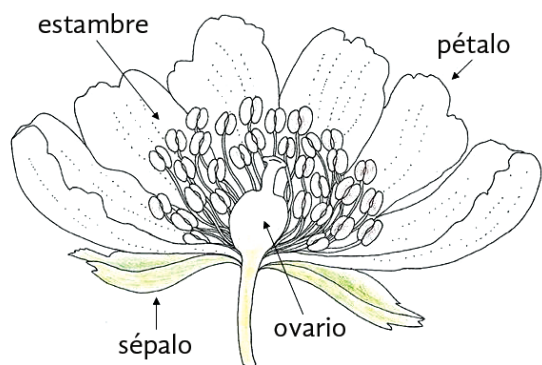


Figura 48 | Esquema de una flor. En las plantas angiospermas o con flores, los órganos reproductores son los estambres y el ovario. En los estambres se forma el polen | © María Teresa Jiménez.

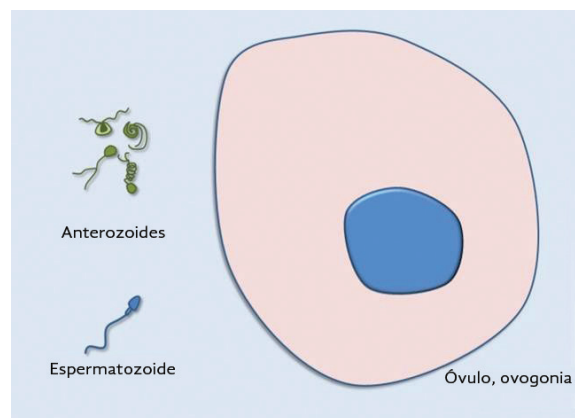


Figura 49 | Los gametos masculinos son anterozoides en helechos y musgos, o espermatozoides en animales. Los ovocitos y las ovogonias son de mayor tamaño.

También existen especies vegetales cuya forma de reproducción sexual implica que los gametos deban moverse a una distancia alejada de la planta de origen y que utilicen el agua como medio de transporte, como ocurre en helechos y musgos (fig. 49), cuyos gametos masculinos son llamados anterozoides. Los gametos femeninos se denominan óvulos u ovogonias y en general son gametos más grandes.

En otras especies de angiospermas, aunque sus flores presentan los dos tipos de estructuras, la reproducción sexual requiere que los gametos masculinos (polen) viajen cierta distancia, por lo que precisan de un “transportador” o agente polinizador como el aire o cualquier otro organismo (aves, insectos, murciélagos, etcétera).

La selección natural ha privilegiado en los animales la reproducción sexual que involucra a dos organismos los cuales morfológicamente presentan diferencias asociadas a las formas en que se logrará el encuentro y la fusión de los gametos, dando como resultado órganos sexuales y caracteres sexuales secundarios. En estos casos los gametos están inmersos en una solución altamente nutritiva cuya consistencia está asociada a la forma de acoplamiento de los individuos para la reproducción sexual, en el caso de que este acoplamiento sea necesario, pues existen especies en las que las hembras depositan los óvulos en un sustrato y los machos los “bañan” con la solución que contienen los espermatozoides, como ocurre en peces y anfibios, por ejemplo. El líquido seminal es solamente el vehículo en el que se transportan los espermatozoides.

ACTIVIDAD

Reproducción (6-8 años) | En un vaso desechable colocar una semilla de frijol entre algodones húmedos. Agregar agua cada día para mantener la humedad. Registrar día a día qué pasa con la semilla, haciendo un dibujo de las observaciones y anotar el tamaño de la raíz conforme crece. ¿En cuántos días surge la raíz?, ¿en cuántos surgen las hojas?

La reproducción humana

Para que tenga lugar la reproducción en la especie humana se involucra el acoplamiento de dos individuos de diferente sexo. Cada individuo tiene células y órganos que permiten este acoplamiento y aseguran la reproducción.

Dimorfismo sexual

En la especie humana, como en muchos otros animales, existen diferencias morfológicas que distinguen al género femenino del masculino; se denominan caracteres sexuales secundarios. En las mujeres, la gametogénesis se llama ovogénesis y en cada proceso se forma un óvulo aproximadamente cada mes. En los hombres, este proceso se denomina espermatogénesis; se producen cuatro espermatozoides por cada célula que sufre meiosis. El aparato reproductor masculino es capaz de producir de 200 a 400 millones de espermatozoides por eyaculación.

Óvulos y espermatozoides

Los espermatozoides están bañados por el semen, un líquido viscoso que se produce para proteger a estas células. Tiene un alto contenido de nutrientes por lo que es una fuente muy importante de energía.

El proceso de formación de los espermatozoides es a través de la meiosis que, en este caso, se conoce como *espermatogénesis*. Los espermatozoides inician su formación en

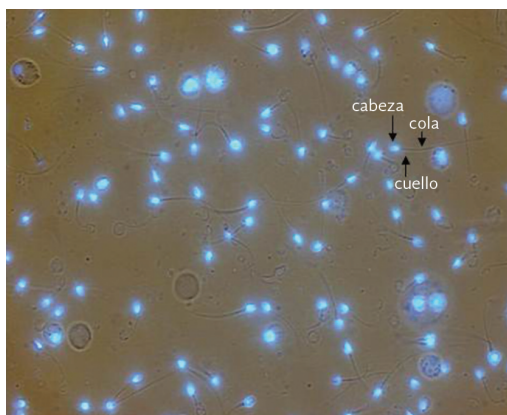


Figura 50 | Los espermatozoides son los gametos masculinos. La imagen se obtuvo con un microscopio. Cada espermatozoide tiene una cabeza (se observa azul en la imagen), un cuello y una cola.

los testículos y maduran en el epidídimo. La vesícula seminal es el tejido que secreta el líquido que, junto con los espermatozoides, forma el semen. Una vez que éstos alcanzan la madurez pasan al conducto deferente en el que se mantienen hasta el momento de la eyaculación por la uretra. El periodo de espermatogénesis dura aproximadamente 64 días. En este proceso, que depende del estímulo de la hormona testosterona, se reconocen al menos 13 tipos de modificaciones celulares que incluyen la recombinación del material genético durante la primera profase mitótica y su reducción a la mitad después de la segunda división.

Las primeras eyaculaciones se producen cuando el individuo alcanza la pubertad, alrededor de los 13 años, momento en el que también se inicia la etapa fértil. La formación de los espermatozoides se mantiene a lo largo de toda la vida del hombre. Cada día se originan entre 20 y 300 millones de espermatozoides. También se generan alteraciones en la morfología celular: en los estadios iniciales su forma es redondeada, mientras que al finalizar el proceso se alarga, con tres segmentos claramente diferenciales: la cabeza, una zona intermedia y la cola. La primera contiene el núcleo con el material genético muy compacto y el acrosoma, un organelo que guarda una gran cantidad de enzimas que le permiten penetrar las capas externas del óvulo. En la zona intermedia se observa una estructura tubular similar a la de la cola, rodeada por gran número de mitocondrias que proveen de la energía que requiere el espermatozoide para poder realizar el recorrido desde el cérvix hasta las trompas de Falopio para alcanzar al ovocito y fecundarlo. La cola está constituida por un flagelo que le permite realizar el desplazamiento descrito, el cual realiza a una velocidad aproximada de 25 micras por segundo en el medio líquido (semen).

Los óvulos son células de forma esférica que contienen núcleo y citoplasma con mayor contenido que el de los espermatozoides, por lo que son células de mucho mayor tamaño. Estos gametos se producen en los ovarios también a través de la meiosis que, como

ya se mencionó, se denomina ovogénesis. La ovogénesis se inicia desde la etapa fetal, se interrumpe en la meiosis I y se reinicia en la pubertad por estimulación de las hormonas folículo-estimulante y luteinizante que se secretan en la glándula pituitaria. Una vez que ocurre la primera ovulación estas hormonas estimularán —más o menos cada mes— al menos un folículo en los ovarios, que al no ser fecundado se eliminará con el desprendimiento del endometrio por medio de la menstruación. Como cada mes se reactiva la meiosis de un óvulo que será expulsado del ovario, este proceso de división celular puede quedar interrumpido por el tiempo que tarde en iniciar la pubertad y hasta la menopausia. La complejidad de este proceso es uno de los factores de riesgo de embarazo tanto en las mujeres muy jóvenes como en aquellas próximas a la menopausia. En estas etapas se presenta el mayor número de enfermedades congénitas. Una vez que el óvulo ha alcanzado la madurez dentro del ovario, es expulsado de éste alcanzando las trompas de Falopio del útero. En este tracto se desplaza hacia la cavidad del útero. El desplazamiento dura varios días. Durante este periodo son muy elevados los niveles de estrógenos, lo que se aprecia con la aparición de una secreción vaginal abundante y más líquida. En esta etapa el folículo libera progesterona que estimula el revestimiento del útero.

Caracteres sexuales secundarios

En los organismos de reproducción sexual, como el de la especie humana, es posible identificar dos sexos: masculino y femenino. La gran mayoría de las especies presentan caracteres sexuales secundarios que permiten distinguir morfológicamente a los individuos de cada género pero, de manera más importante, son atractores que se asocian para obtener una pareja y reproducirse sexualmente. En la especie humana, el cerebro ha logrado tal desarrollo que el razonamiento permite privilegiar las relaciones humanas por sobre las relaciones sexuales. Sin embargo, estos caracteres se presentan y además de constituir atractivos sexuales también están asociados a la crianza de los hijos, como ocurre con los senos en las mujeres, por ejemplo. En la especie humana, estos caracteres se desarrollan al inicio de la pubertad. En las mujeres crecen los senos y aparece vello púbico y en las axilas, se ensanchan las caderas y se marca la cintura. También es muy importante que en la educación, sobre todo a partir de la pubertad, se haga hincapié en que todos los individuos somos diferentes y que el desarrollo del cuerpo muestra estas diferencias que favorecen la diversidad y por lo tanto es necesario desarrollar también actitudes de respeto y tolerancia a estas diferencias.

En particular, se resaltan algunas diferencias: en el hombre, dos partes de su aparato reproductor son visibles en el exterior del cuerpo: el pene y los testículos. Mientras que en la mujer, todo el aparato reproductor se encuentra dentro del cuerpo, es importante resaltar que en los hombres los testículos están fuera de la cavidad abdominal debido a que el proceso de espermatogénesis requiere de una temperatura menor a la del cuerpo humano. El pene también está fuera; incluso incrementa su tamaño mediante la erección para asegurar que los gametos masculinos alcancen los femeninos en el interior del cuerpo muy cerca del sitio de implantación. Para asegurar que los gametos masculinos —espermatozoides— alcancen a los femeninos —óvulos—, el pene debe introducirse en el cuerpo de la mujer a través de la vagina. Este acoplamiento se denomina *coito* y constituye parte del comportamiento sexual, pero no es la reproducción sexual sino el mecanismo para que ésta se lleve a cabo cuando se realiza con fines reproductivos.

Reproducción y hormonas (ciclo menstrual)

El ciclo menstrual es un proceso que se presenta en la mujer mediante el cual su cuerpo se prepara, aproximadamente cada mes, para el desarrollo de un nuevo individuo en su interior. Este nuevo individuo requiere, para su desarrollo y crecimiento, de la aportación de nutrientes y oxígeno a través de la sangre de la madre. La duración normal de la menstruación es de tres a siete días, durante los cuales se pierden entre 25 y 75 ml de sangre.

En el proceso de ovulación, cuando los niveles de progesterona alcanzan sus límites más altos, el óvulo ya se ha desplazado por las trompas de Falopio; si en su trayecto se encuentra con los espermatozoides, ocurre la fecundación. Cuando la fecundación no ocurre el óvulo se desintegra y sale por la vagina, y el folículo en el ovario va disminuyendo la producción de estrógenos y progesterona, durante aproximadamente 12 días. Esta disminución en los niveles hormonales provoca el desprendimiento del endometrio; se mantiene así una capa que servirá como base del siguiente revestimiento.

La menstruación es un sangrado natural por la vagina que corresponde al desprendimiento de la capa que se había formado en el interior del útero, llamada endometrio. El endometrio es un tejido que se renueva cíclicamente y constituye la preparación del cuerpo femenino para alojar a un nuevo individuo, en caso de que ocurra una fecundación. Si no hay fecundación el endometrio se desprende y ocurre el sangrado. Este tejido se vuelve a formar para estar listo al momento de la siguiente ovulación. Considerando un ciclo de 28 días se estima que al día 14 después del comienzo de la menstruación se produce la ovulación, es decir, la liberación del óvulo maduro, el cual se mantiene viable por alrededor de cinco días.

Fecundación y etapas del desarrollo embrionario y fetal

Un hallazgo muy importante en la historia de la biología consistió en determinar que muchos organismos comienzan su desarrollo con la unión de las células de los padres. Una vez que ocurre la unión o fecundación, se va formando un nuevo organismo por medio de un proceso de desarrollo embrionario, en el que van ocurriendo muchos cambios. El fenómeno del desarrollo se da en los seres vivos y puede incluir la metamorfosis o cambio. Veamos el desarrollo del ajolote o *Ambystoma mexicanum*, una especie que vive en el lago de Xochimilco, en la ciudad de México y que se encuentra en peligro de extinción (fig. 51).

Este organismo se desarrolla a partir de huevos que contienen embriones en un proceso de unos 15 días. Alcanza la etapa de larva y en ese momento salen o eclosionan del huevo. Durante unos 15 días más, la larva continúa su desarrollo hacia la etapa juvenil, en la que se configuran sus patas. Posteriormente alcanza la etapa reproductiva sin concluir la metamorfosis, como si llegara a la etapa adulta, es decir, es una especie neoténica.

En el pasado se pensaba que los seres vivos salían de los huevos y que desde entonces ya estaban completamente formados. Ahora sabemos que en realidad se van transformando. Este tipo de procesos los estudia una rama de las ciencias naturales llamada *biología del desarrollo*.

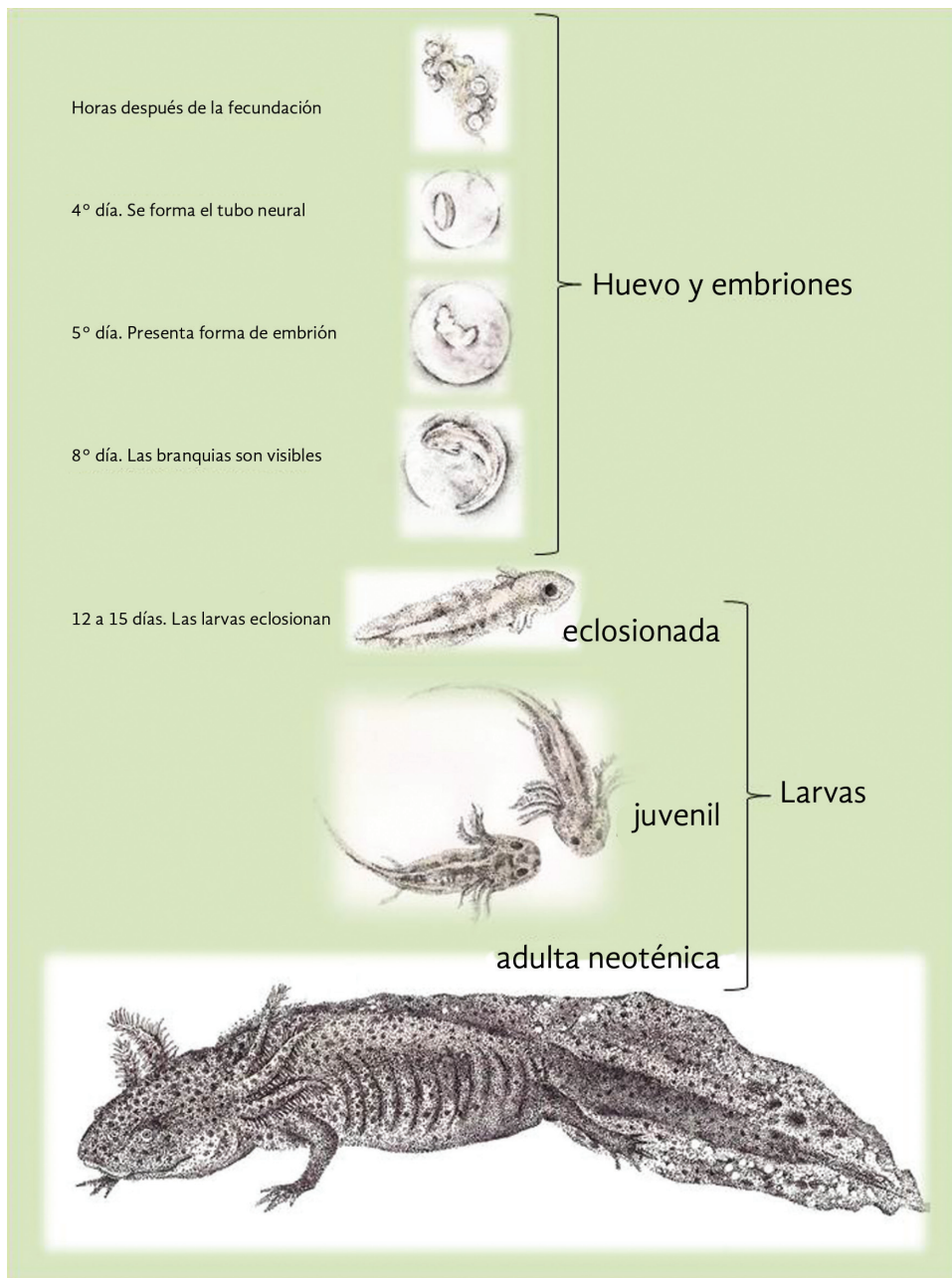


Figura 51 | Desarrollo del ajolote o *Ambystoma mexicanum*. Esta especie no termina la metamorfosis, pero sí es capaz de reproducirse, por lo que se llama neoténico | © María Teresa Jiménez.

En los seres humanos, cuando sucede la fecundación, el único material del espermatozoide que se introduce en el óvulo es el núcleo. El resultado es una célula llamada *cigoto* o *huevo*, que ahora contiene toda la información genética necesaria para el desarrollo de un nuevo individuo y que corresponde a los 46 cromosomas en la especie humana. Al momento de la fecundación ocurre también la determinación del sexo. El subsecuente desarrollo del nuevo individuo es el citoplasma de la célula que proviene de la madre y es el que provee las reservas necesarias.

El cigoto viaja por las trompas de Falopio hasta la cavidad del útero, que ya está preparado para recibirlo y se implanta sobre el revestimiento (endometrio), en la parte alta del útero. En este momento se inician las primeras divisiones celulares hasta alcanzar el

estadio denominado *blastocisto*. En este conjunto de células se presenta una capa interna que se convertirá en el embrión y una capa externa que corresponderá a las membranas que lo nutrirán y protegerán durante su desarrollo.

El blastocisto llega a la cavidad del útero alrededor del quinto día y se implantará alrededor del sexto, adhiriéndose fuertemente al revestimiento del útero (endometrio), del que recibirá los nutrientes a través del torrente sanguíneo de la madre. La implantación normal ocurre en la parte alta del útero para que no se corran riesgos de aborto.

Una vez que se forma el embrión, las células, además de dividirse y multiplicarse, comienzan a presentar funciones específicas a través del proceso de diferenciación, es decir, se encienden y se apagan genes, dando lugar a estructuras que formarán el feto. Esta diferenciación celular conduce al desarrollo de los diferentes tejidos y órganos que formarán un ser humano.

Durante el primer trimestre de la gestación hay un rápido crecimiento; es un periodo crítico en el que se presenta mayor susceptibilidad a daños ocasionados por factores como el alcohol, ciertos medicamentos y algunas sustancias que pueden provocar anomalías congénitas. Estos factores también incluyen algunas infecciones como la rubeola o el citomegalovirus; deficiencias nutricionales, radiografías o radioterapia, por lo que debe evitarse estar en contacto con alguno de ellos.

El desarrollo gestacional se describe por semanas y corresponde al estado de diferenciación que presenta el embrión y después el feto en formación.

Entre la quinta y duodécima semana se desarrollan el tubo digestivo y las extremidades. Se inicia el desarrollo del corazón y los pulmones, así como los órganos de los sentidos. El sistema nervioso también comienza su desarrollo pero la sensibilidad no se presenta sino hasta después de la duodécima semana. El final de la novena semana marca el final del “periodo embrionario” y el comienzo del “periodo fetal” (fig. 52).

Al finalizar la decimocuarta semana el feto presenta una cara bien formada y el tamaño de su cabeza corresponde a casi la mitad del tamaño total del cuerpo. Tiene extremidades largas y delgadas y sus genitales aparecen bien diferenciados. Los párpados se cierran.

Entre las semanas 15 y 18 se ha desarrollado más tejido muscular y los huesos adquieren mayor dureza. El feto empieza a presentar actividad haciendo algunos movimientos como succionar con la boca.

Entre las semanas 19 y 26 el feto tiene la capacidad de oír y de hacer más movimientos; ya puede sentir a la madre. Su sangre se produce en la médula ósea y los latidos cardiacos fetales pueden escucharse con un estetoscopio. Se forman los sacos alveolares. Aparecen las cejas y pestañas, y al finalizar este periodo todas las partes del ojo están bien desarrolladas. El cuerpo empieza a almacenar grasa.

A partir de la semana 27 se presenta un rápido desarrollo del cerebro y el sistema nervioso está suficientemente desarrollado para controlar algunas funciones como abrir y cerrar los ojos. El sistema respiratorio aún está inmaduro pero ya puede llevar a cabo el intercambio gaseoso. Los huesos terminan de desarrollarse y el cuerpo es capaz de almacenar hierro, calcio y fósforo, además de que presenta un aumento rápido de la grasa corporal. En las últimas semanas desaparece el vello (lanugo) que cubría todo el cuerpo, a excepción de brazos y hombros. El pelo de la cabeza se vuelve más grueso y áspero. Las uñas alcanzan la punta de los dedos. También pueden observarse las huellas de las extremidades. Mientras el feto crece en el útero, la cavidad ventral de la madre se distiende



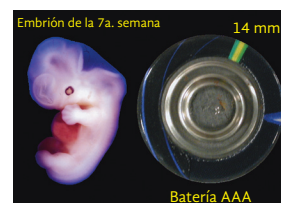
A las 4 semanas se cierra el tubo neural, el corazón late, se forman las yemas de los brazos, la cola y las hendiduras branquiales.



A las 5 semanas se forman partes incipientes del ojo: retina y cristalino; se forman yemas de piernas; el encéfalo crece.



A las 6 semanas se forman dedos de manos con membranas; aparece pigmento de la retina; desaparecen la cola y las hendiduras branquiales.



A las 7 semanas se forman dedos del pie con membranas, los huesos comienzan a endurecerse, la espalda se endereza, se forman los párpados.



A las 8 semanas los brazos se doblan en los codos, los genitales comienzan a diferenciarse, se distinguen los dedos.



A las 9 semanas los dedos del pie se separan, los párpados se desarrollan y ya están presentes las principales partes del encéfalo.



A las 10 semanas crece el mentón, las fosas nasales se separan, el rostro adquiere apariencia humana, los genitales se ven masculinos o femeninos.



A las 12 semanas tiene un cuello bien definido, los genitales están completos y aparece el reflejo de succión; termina la formación de órganos y empieza la etapa de maduración y crecimiento.



A las 14 semanas los brazos se alargan y se ven proporcionados con el resto del cuerpo; aparece el lanugo, un vello fino que cubre el cuerpo fetal.



A las 16 semanas el feto deglute y tiene movimientos respiratorios; el cabello ha comenzado a crecer y la cabeza y el cuerpo son de tamaños proporcionales.



A las 18 semanas la madre puede sentir los movimientos del bebé, los brazos y piernas comienzan a golpear y patear, las uñas están bien formadas y aparecen las cejas y pestañas.

Figura 52 | Desarrollo embrionario y fetal humano. El embarazo comienza con la fecundación. El cigoto o huevo se implanta en el útero luego de una semana. Durante la segunda semana empieza el desarrollo del embrión que culmina hasta la novena semana. A partir de la novena semana y hasta el nacimiento (de 38 a 42 semanas) se llama feto. A las doce semanas termina la formación de órganos.

y llega a presentar cuarteaduras en la capa profunda de la piel del abdomen que dejan marcas llamadas estrías que, dicho sea de paso, no son exclusivas del embarazo. En el cuerpo de la madre ocurren otros cambios como la posición del corazón y problemas circulatorios en las extremidades inferiores, con la subsecuente aparición de várices y hemorroides en muchos casos. Por la posición de la vejiga respecto del útero, las micciones se vuelven más frecuentes y puede presentarse un poco de incontinencia al hacer algún esfuerzo como toser o estornudar.

Al término del embarazo, la mujer siente una gran incomodidad debida a la dificultad para respirar y al peso que debe cargar su cuerpo; además puede presentar cambios de carácter. Los senos crecen y se preparan para la lactancia. El parto vaginal es el momento fisiológico de la expulsión del bebé; sin embargo, cuando se presenta alguna complicación es necesario realizar una cirugía para extraerlo del útero.

Adolescencia. Reproducción

Cuando se trata de una mujer que apenas ha alcanzado la pubertad o la adolescencia y que por lo tanto aún no ha llegado al tope de su desarrollo físico, el embarazo implica un problema de salud, en primer lugar. Sumado a esto, en general se presenta dentro de una problemática social, económica y familiar determinada que puede recrudecer aún más la situación.

Desde el punto de vista médico, una joven embarazada a muy temprana edad tiene mayores probabilidades de presentar complicaciones durante la gestación y el parto debido a la inmadurez de su cuerpo. Las mujeres de 16 años o menos corren un alto riesgo de presentar anemia grave, toxemia (enfermedades hipertensivas inducidas por el embarazo), placenta previa (la placenta crece más abajo del útero y cubre parte o todo el cuello uterino) y distocias mecánicas y dinámicas debidas en gran medida al tamaño del útero que aún no ha alcanzado sus dimensiones normales; además de riesgo de aborto o parto prematuro. A esta edad la mortalidad materna es muy elevada y las causas de muerte más frecuentes son, en general, la embolia, enfermedades hipertensivas (preeclampsia y eclampsia), embarazos ectópicos, procesos de parto difíciles y prolongados, además de los casos de muerte causados por abortos clandestinos en los que se presentan hemorragias por perforaciones, e infecciones que se salen del control cuando el aborto es realizado por personas no capacitadas o porque se practican en condiciones de asepsia inadecuadas.

Los hijos de madres adolescentes tienen mayores posibilidades de nacer bajos de peso, debido a causas orgánicas como anomalías placentarias, asociadas generalmente a nutrición deficiente, tabaquismo y consumo de drogas, pero principalmente a la inmadurez del aparato reproductor de la madre. En tales circunstancias aparecen serias complicaciones de tipo obstétrico como un alto riesgo de presentar malformaciones congénitas y problemas del desarrollo, como desproporción cefalopélvica, retraso mental, ceguera, epilepsia o parálisis cerebral. En general, hay una alta proporción de niños con problemas de conducta y funcionamiento intelectual disminuido.

Conductas sexuales responsables

La práctica responsable de la sexualidad implica seguir medidas higiénicas y de control de infecciones, prevenir embarazos no deseados, y usar condones (masculino y femenino) para evitar la exposición a fluidos corporales en una relación sexual (semen, líquido preeyaculatorio, fluidos vaginales o sangre). Sin embargo, aunque algunas personas deciden practicar la abstinencia, una conducta sexual responsable no implica evitar el autoerotismo o la masturbación que son prácticas normales. Es necesario subrayar que además de un embarazo no deseado, la práctica de medidas como el uso del condón evita o disminuye drásticamente el riesgo de contraer una enfermedad que puede resultar mortal como el sida, provocado por el virus de inmunodeficiencia humana (VIH) o el cáncer cérvico-uterino como consecuencia de la infección por el virus del papiloma humano (VPH).

Es muy importante informarse y hacer conciencia de que cuando se contrae una enfermedad de transmisión sexual (ETS) es necesario atenderla, evitar las relaciones sexuales y si no es posible, informar a la pareja para que pueda realizarse las pruebas necesarias y recibir el tratamiento adecuado.

En relación con la reproducción humana, es importante recalcar que la planificación familiar es una obligación de las parejas con vida sexual activa por lo que es importante discutir y llegar a acuerdos mutuos sobre el número de hijos y el intervalo entre los embarazos, en función de las condiciones de salud de la pareja y de sus posibilidades económicas y sociales, en particular con respecto al desarrollo de cada uno de ellos. La planificación familiar es importante también para evitar el uso de métodos de emergencia, en particular el aborto que implica un grado de riesgo para la salud física y psicológica de la mujer.

Prevención de embarazos no deseados y de enfermedades de transmisión sexual (ETS)

Embarazo no deseado | Cualquier pareja sexualmente activa, ya sea ocasional o formal, si no toma precauciones para evitar la fecundación puede tener un embarazo. Esto también puede ocurrir después de un lamentable suceso de violación.

Cuando no estaba planeado y ocasiona frustración, principalmente en la mujer, se habla de un embarazo no deseado. Para evitar el embarazo existe una variedad de métodos que deben darse a conocer desde la pubertad pues esta etapa marca el inicio de la vida sexual. Dentro de los métodos anticonceptivos están los llamados “barrera”, que incluyen al condón masculino y femenino, así como el diafragma. El desarrollo de los métodos hormonales aún se restringe a opciones para las mujeres; sin embargo, es importante resaltar que la diversidad de métodos anticonceptivos hormonales está en función de la sensibilidad de las mujeres a los efectos secundarios que provocan. Hoy en día se cuenta en el mercado con píldoras anticonceptivas con microdosis de hormonas, parches que se pegan a la piel y que liberan gradualmente las sustancias que llegarán finalmente al torrente sanguíneo. También existen las inyecciones que se aplican cada determinado tiempo. Los dispositivos intrauterinos se complementan con la liberación gradual de hormonas para asegurar su efecto anticonceptivo. Además de los ya descritos existen los métodos que incluyen la acción de alguna sustancia espermicida y que se aplican momentos antes de tener relaciones sexuales. Es recomendable que la decisión sobre la elección del método anticonceptivo más adecuado se tome en pareja; sin embargo, esto sigue considerándose como una responsabilidad que sólo recae en las mujeres a las que se recriminará si hay un embarazo, así como que sean quienes sugieran el uso del condón, por ejemplo.

Sobre los métodos de emergencia se pueden mencionar el uso de la píldora del día siguiente y la interrupción legal del embarazo, para el Distrito Federal y algunas otras entidades federativas. Estos métodos se realizan en etapas que no significan un riesgo en la salud de la mujer y fueron aprobados en el Distrito Federal al decretarse la Ley de la Interrupción Legal del Embarazo (ILE) el 26 de abril de 2007. En esta ley se despenaliza el aborto, y se considera como un delito hasta después de la duodécima semana de embarazo; se describe al embarazo como parte del proceso de la reproducción humana que comienza con la implantación del embrión en el endometrio. Después de la duodécima semana, si una mujer se somete al aborto voluntario, y por ser esto un delito, se aplicarán sanciones que incluyen la cárcel. Esta ley también establece que la atención de la salud sexual y reproductiva tiene carácter prioritario por lo que las Instituciones de Salud Pública deben otorgar el servicio a las mujeres que así lo soliciten, además de que la atención

que se preste en la materia constituye un medio para el ejercicio del derecho de toda persona a decidir de manera libre, responsable e informada sobre el número y espaciamiento de los hijos.

Mediante esta Ley, el gobierno del Distrito Federal se compromete a promover permanentemente la salud sexual, los derechos reproductivos, así como la maternidad y la paternidad responsables. Se compromete a que los servicios de planificación familiar y anticoncepción tengan como propósito principal contribuir a la prevención de embarazos no planeados y no deseados, disminuir el riesgo reproductivo, evitar la propagación de las enfermedades de transmisión sexual y coadyuvar al pleno ejercicio de los derechos reproductivos de las personas con una visión de género, de respeto a la diversidad sexual y de conformidad con las características particulares de los diversos grupos poblacionales, especialmente niñas y niños, adolescentes y jóvenes.

Los anticonceptivos de emergencia incluyen a las llamadas píldoras del día siguiente que son pastillas anticonceptivas poscoitales, con una dosis muy alta de hormonas que evita la implantación del óvulo fecundado, en situaciones de emergencia como coito no protegido, violación, fallas o accidentes en el uso regular de algún método anticonceptivo. Es muy importante recalcar que estas pastillas no tienen ningún efecto si la mujer ya está embarazada pues no provocan aborto ni causan daño al embrión. Los efectos secundarios que se presentan son menores pues sólo pueden llegar a provocar mareos, náuseas o vómito.

Métodos anticonceptivos

Métodos naturales	Método del calendario Método de la temperatura Método del moco cervical (Billings) Coito interrumpido Lactancia-amenorrea
Métodos de barrera	Condón masculino Condón femenino Capuchón cervical Diafragma Espermicidas
Métodos hormonales	Anticonceptivos orales (pastillas) Anticonceptivos inyectables Implantes subdérmicos Anillo vaginal Parches transdérmicos Anticoncepción de emergencia
Dispositivo intrauterino (DIU)	Con levonorgestrel Sin levonorgestrel
Métodos quirúrgicos	Oclusión tubaria bilateral (salpingoclasia) Vasectomía

La indicación principal para el uso de este método anticonceptivo es que debe ser ocasional y no rutinario. Las pastillas se toman dentro de los primeros cinco días después de haber tenido relaciones sexuales sin protección. Este método, además de que no puede ser utilizado como método anticonceptivo regular, tampoco tiene utilidad para prevenir el contagio de enfermedades de transmisión sexual. Se puede usar si:

- no se usó ningún método anticonceptivo,
- se rompió el condón,
- se olvidó tomar la pastilla anticonceptiva dos veces o más en un ciclo, o
- en caso de violación.

Las mujeres también tienen la libertad de continuar con el embarazo y dar a su hijo en adopción. Sin embargo, es importante considerar los efectos psicológicos y sociales que esta decisión implica, además de la normatividad a la que hay que apegarse legalmente.

Enfermedades de transmisión sexual (ETS) | Las ETS son enfermedades infecciosas que tienen como agente causal algún microorganismo como bacteria, virus, hongo o animal parásito, el cual se contrae a través de las relaciones sexuales, sin protección, con personas infectadas. Estas enfermedades afectan los órganos sexuales de hombres y mujeres, y pueden encontrarse, en el hombre, en los testículos, el pene, la próstata, el prepucio, el escroto o la uretra. En la mujer aparecen en la vulva, la vagina, el cérvix, la matriz, las trompas de Falopio, los ovarios o la uretra.

Algunas de las principales infecciones de transmisión sexual son las siguientes: infecciones por el hongo *Clamidia*, desarrollo de verrugas genitales, infecciones por el virus del herpes y enfermedades como la gonorrea, la sífilis y la tricomoniasis (*Trichomonas vaginalis*). También puede haber contagio —por medio de personas infectadas— con organismos como los piojos púbicos, y enfermedades como la hepatitis B, la enfermedad pélvica inflamatoria (EPI), vaginitis y candidiasis. En el cuadro que se presenta a continuación se resumen las características de las principales enfermedades que se transmiten sexualmente.

Infecciones de transmisión sexual

Enfermedad	Agente causal	Principales características
		Bacterias
Gonorrea	<i>Neisseria gonorrhoeae</i>	HOMBRE: Los primeros síntomas se presentan en la uretra, con dolor al orinar y secreción purulenta. Puede evolucionar hasta infectar el epidídimo y la próstata. MUJER: Lesiones en el cuello del útero, con flujo vaginal purulento. La infección puede alcanzar las trompas uterinas y los ovarios. Se cura con antibióticos.
Sífilis	<i>Treponema pallidum</i>	Además del contagio sexual, se transmite por vía transplacentaria. SÍFILIS PRIMARIA: Aparece una úlcera genital indolora con bordes endurecidos que cicatriza.

Enfermedad	Agente causal	Principales características
Sífilis	<i>Treponema pallidum</i>	<p>SÍFILIS SECUNDARIA: El agente patógeno se introduce en el torrente sanguíneo a través de la úlcera primaria y genera lesiones más severas, como una erupción generalizada en piel y mucosas, fiebre, dolor articular y muscular y dolor de cabeza, entre otras.</p> <p>SÍFILIS TERCIARIA O TARDÍA: Después de un periodo de latencia, reaparece alterando principalmente los sistemas nervioso y circulatorio.</p> <p>Se cura con antibióticos.</p>
Chancro blando	<i>Haemophilus ducreyi</i>	<p>Aparece una úlcera en los genitales muy dolorosa y enrojecida. No presenta endurecimiento en los bordes.</p> <p>Inflamación generalizada de los ganglios linfáticos.</p> <p>Malestar general y fiebre.</p> <p>Se cura con tratamiento antibiótico.</p>
Granuloma inguinal o donovaniasis	<i>Calymmatobacterium granulomatis</i>	<p>Infección crónica que genera granulomas en la región anogenital. Los nódulos (granulomas) se ulceran, creando lesiones parecidas a la sífilis, con una úlcera genital indolora, rojiza y que sangra fácilmente, con riesgo de infectarse.</p> <p>Se cura con un largo tratamiento a base de antibióticos.</p>
Uretritis no gonocócica	<i>Chlamydia trachomatis</i>	<p>Inflamación de la uretra.</p> <p>HOMBRE: Dolor al orinar (disuria) y secreción uretral purulenta.</p> <p>MUJER: Inflamación de cuello uterino, endometrio y trompas uterinas.</p> <p>Se cura con tratamiento antibiótico.</p>
Virus		
Condiloma acuminado	Virus del papiloma humano (VPH) Tipos 6 y 11	<p>HOMBRE: Verrugas lisas en el pene.</p> <p>MUJER: Verrugas blandas, color gris o rosa, con forma de racimos, localizadas en la vulva.</p> <p>El tratamiento consiste en cauterizar (quemar) las lesiones.</p>
Cáncer cervicouterino	Virus del papiloma humano (VPH) Tipos 16 y 18	<p>Generalmente la infección cervical por el VPH es asintomática; se descubre gracias a la prueba rutinaria de Papanicolaou.</p> <p>El VPH produce cambios en las células cervicales que evolucionan a cáncer. Éste puede limitarse a la mucosa cervical o invadir el útero, la vejiga y demás órganos contiguos; incluso puede generar metástasis a distancia.</p> <p>El cáncer cervicouterino es la principal causa de muerte en mujeres mexicanas.</p> <p>Si la zona infectada o el tumor es pequeño, puede extirparse. El tratamiento puede consistir en quimio y radioterapia.</p>
Citomegalovirus	Citomegalovirus	Se transmite por contacto sexual, lactancia materna, vías respiratoria y transplacentaria, y transfusiones sanguíneas.

Enfermedad	Agente causal	Principales características
Citomegalovirus	Citomegalovirus	<p>Produce fiebre, malestar general, dolor articular y muscular, crecimiento del bazo y alteraciones en la función hepática.</p> <p>En personas con el sistema inmunológico comprometido, como aquellos que padecen sida, produce lesiones severas en ojos, sistemas gastrointestinal y nervioso, hígado y pulmones.</p> <p>Durante el embarazo, el feto se contagia y presenta una amplia gama de malformaciones y complicaciones, como retraso mental, hígado y bazo grandes, falta de plaquetas en sangre, lesiones cardíacas y alteraciones en la motricidad.</p> <p>La infección en adultos se cura con medicamentos antivirales. En personas con compromiso inmunológico y en fetos suele dejar secuelas.</p>
Herpes genital	Herpes virus Tipo 2	<p>Comezón en genitales, con múltiples vesículas que se rompen y generan úlceras muy dolorosas.</p> <p>Fiebre, dolor al orinar y aumento de tamaño de ganglios linfáticos.</p> <p>Las personas con buena respuesta inmunológica normalmente no requieren tratamiento. No obstante, aquellos con deficiencias inmunes deben recibir medicamentos antivirales.</p>
Molusco contagioso	Molluscipoxvirus	<p>En niños se transmiten por fomites, mientras que en los adultos se contagia por vía sexual.</p> <p>Genera lesiones en la piel umbilicadas en el centro, principalmente localizadas en la zona anogenital, cuello y párpados.</p> <p>Sólo en casos especiales se eliminan las lesiones; no se administra tratamiento antiviral.</p>
Hepatitis B	Virus de la hepatitis Tipo B (vHB)	<p>Se transmite por contacto sexual, transfusiones sanguíneas, jeringas y agujas contaminadas, y vía transplacentaria.</p> <p>Se manifiesta por falta de apetito, náuseas, vómito, fiebre, hígado crecido e ictericia.</p> <p>El tratamiento se basa en aliviar la sintomatología de la enfermedad.</p>
Sida	Virus de inmunodeficiencia humana (VIH)	<p>Se transmite por contacto sexual, transfusiones sanguíneas, jeringas y agujas contaminadas, y lactancia materna.</p> <p>Afecta el sistema inmunológico, por lo que compromete la respuesta inmune y la persona se vuelve vulnerable a múltiples infecciones.</p> <p>Se controla la reproducción del VIH con medicamentos antirretrovirales, pero no existe cura para la infección.</p>
		Parásitos
Tricomoniasis	<i>Trichomonas vaginalis</i>	<p>MUJER: Inflamación crónica de la vagina con aumento del flujo, el cual inicialmente es claro y espumoso, y después purulento y fétido; se presenta comezón vaginal.</p>

Enfermedad	Agente causal	Principales características
Tricomonirosis	<i>Trichomonas vaginalis</i>	<p>HOMBRE: Es el portador de la enfermedad. Normalmente es asintomática; sin embargo, puede presentar inflamación de la uretra, de la próstata o del epidídimo, con muy poca secreción uretral.</p> <p>Se trata con medicamentos antiparasitarios.</p>
Pediculosis	<i>Phthirus pubis</i> o ladilla	<p>Es producida por el tipo de piojo que se aloja en el pubis.</p> <p>Produce comezón intensa, por lo que el rascado puede producir infecciones secundarias.</p> <p>El tratamiento consiste en medicamentos tópicos.</p>
Escabiosis	<i>Sarcoptes scabiei</i>	<p>Es la sarna genital.</p> <p>El ácaro infecta el área genital por contigüidad, y se disemina hacia la zona interglútea.</p> <p>Produce comezón intensa, por lo que el rascado puede producir infecciones secundarias.</p> <p>El tratamiento consiste en medicamentos tópicos.</p>
Hongos		
Tiña inguinal	<i>Trichophyton rubrum</i>	<p>Placas en piel de color rojizo que producen comezón, favoreciendo la aparición de infecciones secundarias por rascado.</p> <p>Se presenta en muslos, región inguinal, pubis, escroto y periné.</p> <p>Generalmente se presenta por contaminación por fomites (por ejemplo, toalla) desde los pies (pie de atleta), por excesiva transpiración en los pliegues del muslo o por el uso de ropa muy ajustada.</p> <p>Se aplica medicamento tópico y puede ser necesaria la ingesta de pastillas.</p>
Candidiasis o moniliasis	<i>Candida albicans</i>	<p>MUJER: Inflamación de la vagina con flujo arenoso color blanco, comezón y sensación de ardor en genitales externos.</p> <p>HOMBRE: Inflamación del glande y uretritis.</p> <p>En personas con el sistema inmunológico comprometido, como los pacientes con sida, infecta mucosas (por ejemplo, boca y esófago), cerebro, riñones, pulmones y piel.</p> <p>Se prescribe medicamento tópico y puede ser necesaria la ingesta de pastillas.</p>

Detección oportuna del cáncer de seno, cérvico-uterino y de testículos

Cáncer de seno | El cáncer de seno es otro tipo de cáncer que provoca una alta mortalidad de mujeres en el mundo. Sin embargo, se ha avanzado mucho en las técnicas de detección temprana para ofrecer tratamientos que logren salvar la vida de muchas mujeres. Entre las medidas que deben enseñarse desde que se desarrollan los senos, la autoexploración de los mismos y de la zona de las axilas permite a las mujeres conocerse y ser capaces de detectar el desarrollo de cualquier alteración del tejido. Se sabe que en general la presencia de “bolitas” podría ser una señal de alarma que obligue a consultar inmediatamente con el médico. Por tal motivo, la educación debe incluir el



Figura 53 | Acciones que ayudan a prevenir el cáncer de seno.

conocimiento del cuerpo de manera que la autoexploración continua permita detectar cualquier anomalía riesgosa. Adicionalmente, cuando las mujeres alcanzan los 40 años deben realizarse, también cada año, una mastografía, que es la obtención de una imagen de rayos X de cada seno con la cual es posible detectar tumores aun antes de que puedan ser palpados.

Cáncer cérvico-uterino | El riesgo de desarrollar cáncer cérvico-uterino proviene directamente de las lesiones provocadas por la infección con el virus del papiloma humano (VPH), por lo que es muy importante resaltar que la prevención de este tipo de cáncer empieza con la vida sexual. Tal prevención obliga a las parejas a hacer siempre uso del condón para evitar contagios con este virus, y una vez que la mujer llega a la edad adulta, deberá hacerse anualmente la prueba del Papanicolau.

En la figura 54 (p. 260) se muestra un cuadro que incluye el proceso de desarrollo patológico del cáncer cérvico-uterino asociado con las medidas de prevención y tratamiento.

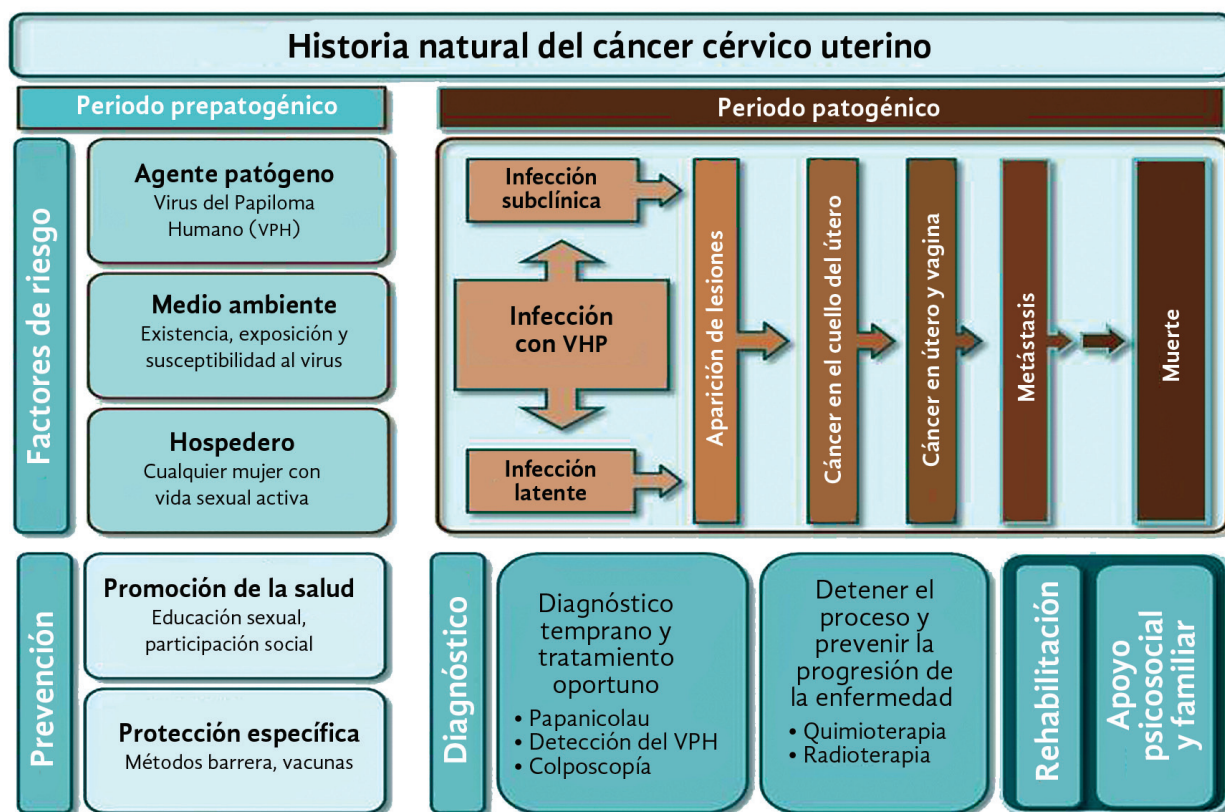


Figura 54 | Causas, prevención, diagnóstico y tratamiento del cáncer cérvico-uterino.

Cáncer de testículo | El cáncer de testículo es más común entre los hombres de 15 a 40 años, aunque puede afectar a varones de cualquier edad. Este tipo de cáncer presenta un elevado éxito en su tratamiento: más de 90% cuando se detecta a tiempo. Uno de los factores de riesgo es la criptorquidia, nombre con el que se denomina al hecho de que los testículos no bajen a las bolsas escrotales. Por esta razón es muy importante enseñar a los niños a autoexplorarse y a detectar cualquier anomalía o la aparición de alguna masa extraña (“bolitas”) en los testículos.

BIBLIOGRAFÍA

Física | Bibliografía básica

- Enciclopedia de conocimientos fundamentales*, vol. 5, México, UNAM-Siglo XXI, 2010.
- Eugene Hecht, Alfred Zajac, *Optics*, Estados Unidos, Addison-Wesley, 1997.
- Galindo, S., *Experimentos de física*, México, SMF, 1995.
- López Cano, J. L., *Leyes, teorías y modelos*, ANUIES, 1978.
- Malacara, D., *Óptica básica*, México, SEP-FCE, 1989.
- Marroquín de la Rosa, J. D., et al., *Conocimientos fundamentales de Física*, México, Pearson-UNAM, 2006.
- Rabinowicz, E., *Método e hipótesis científicos*, México, Trillas, 1970.
- Resnick, R., D. Halliday, S. K. Krane, *Física*, vols. 1 y 2, 5ª reimpr., México, Compañía Editorial Continental, 1996.
- Revista Mexicana de Física E*, <<http://rmf.smf.mx/page/rmf-e>>.
- Sees cities for science: A community approach for a sustainable growth of science education in Europe*, <<http://www.pollen-europa.net>>.

Biología | Bibliografía básica

- Acot, P., *Historia de la ecología*, Madrid, Taurus Ediciones, S. A., 1990.
- Alberts, B., A. Johnson, J. Lewis, M. Raff, K. Roberts, P. Walter, *Molecular biology of the cell*, 5ª ed., Nueva York, Garland, 2008.
- Arriaga, L., J. M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez, E. Loa, *Regiones terrestres prioritarias de México*, México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2000.
- Audesirk, T., G. Audesirk y B. Byer, *Biología. La vida en la tierra*, México, Prentice Hall, 2008.
- Bourges, H., *Glosario de términos para la orientación alimentaria*, Cuadernos de Nutrición, vol. 24(1), enero-febrero, México, 2001.
- Campbell, N. A., I. G. Mitchell y J. B. Reece, *Biología: conceptos y relaciones*, 4ª ed., México, Prentice-Hall, 2007.
- Carabias, Julia, Jorge A. Meave, Valver de Teresa y Zenón Cano-Santana, *Ecología y medio ambiente en el siglo XXI*, México, Pearson Prentice Hall, 2009.
- Casanueva E., E. Durán, M. Kaufer, M. Plazas, E. Polo, G. Toussaint, H. Bourges, R. Camacho, *Fundamentos del Plato del Bien Comer*, Cuadernos de Nutrición, vol. 25(1), enero-febrero, México, 2002.
- Casanueva E., M. Kaufer-Horwitz, A. B. Pérez-Lizaur y P. Arroyo (eds.), *Nutriología médica*, México, Fundación Mexicana para la Salud/Editorial Mexicana Panamericana, 2001.
- De Erice, E. y A. González, *Biología: la ciencia de la vida*, 2ª ed., México, Mc-Graw-Hill, 2012.
- Eccardi, F. y V. Toledo, *México, naturaleza viva*, España, Lunwer Editores, 2003.
- Enciclopedia de Conocimientos Fundamentales*, vol. 4, Biología, México, Siglo XXI Editores/UNAM, 2010.
- Hall, B. K. y B. Hallgrímsson, *Strickberger's Evolution*, 4ª ed., Jones and Bartlett, Boston, 2008.
- Jackson, A. R. W., *Environmental Science*, Inglaterra, Longman Group Uk Limited, 1996.
- Jiménez-García, L. F. (coord.), *Conocimientos fundamentales de Biología*, vols. I y II, México, UNAM/Pearson Educación, 2007.

- Jiménez-García, L. F. (coord.), *Conocimientos fundamentales de Biología*, vol. I [en CD-ROM], México, UNAM/Pearson Educación, 2006.
- Jiménez-García, L. F. y H. Merchant (comps.), *Biología celular y molecular*, México, Prentice Hall, 2003.
- Jiménez, L. F. y M. L. Segura, *Biología celular del genoma*, Las Prensas de Ciencias, UNAM, 2010.
- Lavilla, J. J., *Todo sobre el medio ambiente*, Barcelona, Praxis, 1996.
- Lehninger, A., *Bioquímica*, España, Omega, 2004.
- Lévi Strauss, Claude, *El pensamiento salvaje*, México, FCE, 1997.
- Lodish, H., A. Berk, I. Zipursky, P. Matsudaira, D. Baltimore, J. Darnell, *Biología celular y molecular*, 4a ed., Buenos Aires, Editorial Médica Panamericana, 2002.
- Mataix J. y E. Carazo, *Nutrición para educadores*, 2ª ed., España, Editorial Díaz de Santos, Fundación Universitaria Iberoamericana, 2005.
- Molles Manuel, C., *Ecología, conceptos y aplicaciones*, Madrid, McGraw-Hill Interamericana, 2006.
- Pérez de Gallo, A. B. e I. Labor de Marván, *Manual de dietas. Normales y terapéuticas. Los alimentos en la salud y la enfermedad*, México, Ediciones Científicas, La Prensa Médica Mexicana, 2000.
- Pérez Lizaur, A. B. y B. Palacios González, *Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes*, 3ª ed., México, Ogali, 2008.
- Purves, W., D. Sadava, G. Orians y C. Helle, *Vida, la ciencia de la biología*, México, Médica Panamericana, 2004.
- Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.), *Diversidad biológica de México. Orígenes y distribución*, México, Instituto de Biología, UNAM, 1993.
- Schultes, Richard Evans y Siri von Reis (eds.), *Ethnobotany: Evolution of a Discipline*, Portland, Or., Dioscorides Press, 1995.
- Smith Robert, Leo y Thomas M. Smith, *Ecología*, Madrid, Pearson Addison Wesley, 2007.
- Starr, C. y R. Taggart, *Biología: la unidad y diversidad de la vida*, México, Ed. Thompson, 2004.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-043-SSA2-2005, Servicios básicos de salud. Promoción y educación para la salud en materia alimentaria. Criterios para brindar orientación. Recuperado 28 de junio de 2012. <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/compi/043ssa205.pdf>.

APÉNDICE

CONTENIDOS Y APRENDIZAJES ESPERADOS EN LOS DIFERENTES GRADOS DE EDUCACIÓN PRIMARIA

PRIMER GRADO

En este grado se continúa con la formación científica básica de los alumnos iniciada en preescolar. Se profundiza en el estudio de los seres vivos, así como en los fenómenos y procesos naturales, al tomar como referencia al ser humano y sus actividades. Asimismo, se continúa con la promoción de hábitos para el cuidado de la salud y de participación en la conservación del ambiente.

Temas fundamentales	Aprendizajes esperados
Naturaleza de la ciencia	<ul style="list-style-type: none"> • Representa en su cuaderno, mediante dibujos o por escrito, las observaciones que describen sucesos cotidianos. • Adquiere el vocabulario básico para iniciar la construcción de un lenguaje científico. • Explora y conoce su mundo mediante la experimentación y sus vivencias diarias. • Reconoce que nuestros sentidos son una herramienta valiosa en la obtención de información útil sobre el mundo. • Utiliza modelos sencillos para representar los cambios que ocurren en su entorno.
Soy parte de la naturaleza	<ul style="list-style-type: none"> • Identifica en el humano las características que lo sitúan como ser vivo. • Reconoce la importancia de la relación que tiene el humano con su ambiente natural.
El cuidado de mi cuerpo	<ul style="list-style-type: none"> • Reconoce cómo está conformado su cuerpo. • Identifica algunas de las medidas básicas de higiene y alimentación para mantener su salud.
Las interacciones entre objetos y su movimiento <ul style="list-style-type: none"> • Día y noche. • Noción del tiempo. • Movimiento de objetos. • Objetos que producen sonido. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reconoce la causa del cambio del día a la noche: nociones del movimiento de rotación de la Tierra. • Identifica lapsos cortos y largos. • Distingue diferentes tipos de movimiento (rápido, lento, rotatorio, rectilíneo, curvo, irregular). • Reconoce algunas fuentes de sonido (por ejemplo, cuerdas, ligas, membranas).
La luz y sus propiedades <ul style="list-style-type: none"> • Fuentes de luz. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reconoce al Sol como la principal fuente de luz natural. • Distingue entre fuentes de luz natural y artificial.

Temas fundamentales	Aprendizajes esperados
<p>¿Cómo es mi ambiente?</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo percibo mi ambiente?: órganos de los sentidos. • Componentes vivos y no vivos de la naturaleza. • Seres vivos: plantas, animales, hongos, microorganismos. • Componentes no vivos: luz solar, aire, tierra y agua. • Cambios en la naturaleza. • Cambios en el ambiente físico. • Día y noche percibidos durante las actividades que realizan los escolares. • Las estaciones del año y el clima. • Cambios en los seres vivos: crecimiento y desarrollo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reconoce el papel que juegan los órganos de los sentidos en la percepción de su ambiente. • Identifica a plantas, animales, hongos y microorganismos como componentes vivos del ambiente. • Identifica la luz solar, el aire, el suelo y el agua como componentes no vivos del ambiente. • Conoce algunas de las funciones que efectúan estos componentes en el ambiente. • Reconoce que ocurren cambios espacio-temporales en el ambiente físico (día, noche y estaciones del año) y en los seres vivos (crecimiento y desarrollo).
<p>Temperatura, calor y energía</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nociones de temperatura. 	<ul style="list-style-type: none"> • Distingue entre objetos fríos y calientes.
<p>Cargas eléctricas e imanes</p> <ul style="list-style-type: none"> • “Toques” y chispas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Genera electricidad estática mediante la fricción.
<p>Ciencia y sociedad</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Reflexiona sobre la importancia que tiene su participación en el cuidado del ambiente.

SEGUNDO GRADO

A partir de las experiencias cotidianas y del entorno inmediato del alumno, en este grado se reafirma el propósito de que identifique las relaciones que mantiene con el medio y que se vea a sí mismo como parte integral de éste. Se incluyen los ámbitos de la vida, del ambiente y de la salud, así como del conocimiento científico y del cambio en los objetos debido a sus interacciones con el ambiente.

Temas fundamentales	Aprendizajes esperados
<p>Naturaleza de la ciencia</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Representa, mediante dibujos o por escrito en su cuaderno, las observaciones sobre sucesos cotidianos. • Adquiere el vocabulario básico para iniciar la construcción de un lenguaje científico. • Explora y conoce su mundo mediante la experimentación y sus vivencias diarias. • Identifica que los experimentos sirven para obtener información y que en ellos se manipulan variables. • Reconoce que nuestros sentidos son una herramienta valiosa en la obtención de información útil sobre el mundo. • Utiliza modelos sencillos para representar los cambios que ocurren en su entorno.
<p>¿Qué funciones realizan los seres vivos?</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo crecen los seres vivos? • ¿Cómo se nutren los seres vivos? • ¿Cómo se reproducen los seres vivos? 	<ul style="list-style-type: none"> • Reconoce que el crecimiento, la nutrición y la reproducción son funciones básicas de los sistemas vivos. • Identifica algunas semejanzas y diferencias que se manifiestan entre distintos tipos de crecimiento, nutrición y reproducción de los sistemas vivos.
<p>¿Cómo crece nuestro cuerpo?</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo crece nuestro cuerpo? • Etapas del desarrollo humano. • La importancia de la alimentación correcta para el crecimiento. • Cuidado de la salud a lo largo de la vida. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reconoce que en el transcurso del desarrollo humano es posible identificar diversas etapas. • Valora la importancia de una alimentación correcta para el crecimiento y desarrollo. • Conoce la importancia del cuidado de la salud para el mantenimiento de la vida.
<p>Las interacciones entre objetos y su movimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Movimiento aparente del Sol, amanecer y atardecer en relación con los puntos cardinales. • Clima en las diferentes estaciones del año. • Noción de velocidad y aceleración. • Tono, intensidad y timbre. • Aparatos que producen sonido. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reconoce el movimiento aparente del Sol como consecuencia de la rotación de la Tierra. • Identifica los cuatro puntos cardinales y los asocia con el movimiento aparente del Sol. • Reconoce la sucesión de las diferentes estaciones del año como consecuencia de la traslación de la Tierra en torno al Sol y de la inclinación del eje de rotación de la Tierra respecto a la elíptica. • Identifica el concepto de velocidad como el cambio de la posición de un objeto respecto del tiempo. • Reconoce el concepto de aceleración como el cambio de la velocidad de un objeto respecto del tiempo. • Caracteriza sonidos de acuerdo con su tono, intensidad y timbre. • Identifica, en su entorno, distintos aparatos que generan sonido (por ejemplo, timbres, bocinas, instrumentos musicales [viento, percusión y cuerda], etcétera).

Temas fundamentales	Aprendizajes esperados
<p>La luz y sus propiedades</p> <ul style="list-style-type: none"> • Luz, color y sombras. • Colores primarios y secundarios. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reconoce que las sombras se producen cuando un objeto opaco obstruye el paso de los rayos de luz emitidos por una fuente luminosa. • Identifica que los colores son producidos por la luz que reflejan los objetos. • Reconoce que la luz del Sol se descompone en los colores del arcoíris. • Identifica que es posible obtener otros colores a partir de los primarios.
<p>Temperatura, calor y energía</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diferentes temperaturas y limitaciones de los sentidos para medirlas. • Materiales que conservan la temperatura. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reconoce que el sentido del tacto puede dar una primera aproximación a la temperatura de un cuerpo, sin embargo, no es un termómetro confiable. • Identifica los aislantes y conductores térmicos. <ul style="list-style-type: none"> – Los aislantes térmicos conservan la temperatura de los objetos que contienen (por ejemplo, tortillero de unicel o mimbre). – Los conductores térmicos no conservan la temperatura de los objetos que contienen (por ejemplo, ollas metálicas).
<p>Cargas eléctricas e imanes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Objetos cargados eléctricamente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Identifica distintos procesos para cargar objetos eléctricamente (fricción y contacto).
<p>Ciencia y sociedad</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Selecciona los materiales para darles un uso específico con base en sus propiedades. • Reconoce la importancia del conocimiento astronómico en la agricultura. • Explica la importancia de la ciencia y la tecnología en su vida cotidiana.

TERCER GRADO

En este grado el alumno continúa su formación científica mediante el estudio de temas que se relacionan con procesos y situaciones cotidianas, como la nutrición y el movimiento, y algunos otros temas relacionados con disciplinas como la física clásica y la astronomía. Se plantea la necesidad que tenemos los seres humanos de utilizar apoyos para mejorar nuestro conocimiento del mundo y las ventajas que proporciona el uso de diversos instrumentos de medición. Se analiza el aporte nutrimental de cada grupo de alimentos y el papel que juega la nutrición en el funcionamiento adecuado del cuerpo.

A partir de los conocimientos obtenidos en el ciclo precedente, se profundiza en el tratamiento de procesos como la nutrición, la respiración y la interacción de los seres vivos con el ambiente. Se profundiza en el conocimiento de los materiales que se usan para satisfacer las necesidades de los seres humanos y se promueve un mayor cuidado de la naturaleza. Se insiste en la necesidad del reuso, la reducción y el reciclaje de materiales, que disminuyen, en mayor o menor grado, la interacción negativa de los humanos con el ambiente.

Temas fundamentales	Aprendizajes esperados
<p>Naturaleza de la ciencia</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Reconoce la ciencia como actividad humana. • Desarrolla habilidades de pensamiento e indagación. • Formula preguntas sobre su entorno y plantea experimentos para contestarlas. • Registra en su cuaderno las observaciones que describen algunos sucesos cotidianos. • Adquiere el vocabulario básico para iniciar la construcción de un lenguaje científico. • Explora y conoce su mundo mediante la experimentación y sus vivencias diarias. • Reconoce la necesidad de observar, argumentar, clasificar, registrar y analizar datos, así como de trabajar colaborativamente con ingenio y creatividad, como parte del trabajo de investigación. • Valora la información obtenida por medio de nuestros sentidos, aceptando que los instrumentos de medición nos ayudan a realizar mediciones más precisas. • Identifica las variables relevantes de un experimento.
<p>La nutrición y el funcionamiento de los organismos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipos de nutrición en los seres vivos. • La nutrición humana. <ul style="list-style-type: none"> – Sistema digestivo y circulatorio. – Los grupos de alimentos. – Dieta equilibrada y el plato del buen comer. – Importancia de la nutrición en el crecimiento y buen funcionamiento de nuestro cuerpo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Conoce los tipos básicos de nutrición en los seres vivos. • Ubica la nutrición humana dentro de estos tipos básicos. • Reconoce la relación que mantienen los sistemas digestivo y circulatorio con la nutrición humana. • Identifica los grupos básicos de alimentos. • Reconoce que “El plato del buen comer” es una herramienta para diseñar una alimentación adecuada. • Valora la importancia de una dieta equilibrada en el crecimiento y buen funcionamiento de su cuerpo.

TERCER GRADO

Temas fundamentales	Aprendizajes esperados
<p>La respiración y la obtención de energía</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipos de respiración en los seres vivos. • Respiración e intercambio gaseoso. • Importancia de la respiración en el buen funcionamiento de nuestro cuerpo. • Relación entre la respiración y la nutrición. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reconoce la respiración como una forma de obtención de energía. • Diferencia entre respiración e intercambio gaseoso. • Conoce los tipos básicos de respiración en los seres vivos. • Establece la relación existente entre la respiración y la nutrición. • Reconoce la importancia de la respiración en el buen funcionamiento de nuestro cuerpo.
<p>Coordinación y movimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sistemas que integran el cuerpo humano. • Los sistemas nervioso, óseo y muscular y su relación con la coordinación y el movimiento del cuerpo. • Daños que causan los accidentes en el sistema locomotor, así como algunas medidas de prevención y atención. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reconoce la relación que mantienen los sistemas nervioso, óseo y muscular con la coordinación y el movimiento de su cuerpo. • Identifica algunos de los daños que causan los accidentes en el sistema locomotor. • Conoce algunas de las medidas de prevención y cuidado de estos sistemas.
<p>Las interacciones entre objetos y su movimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Peso de los objetos. • Efectos de la aplicación de fuerzas. • La Luna como satélite terrestre. • Fases de la Luna. • Instrumentos musicales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reconoce el peso como propiedad de los objetos. • Asocia las medidas de esta propiedad con las unidades Newton. • Reconoce que la aplicación de fuerzas puede provocar la deformación de objetos. • Reconoce que para cambiar el estado de reposo o movimiento de los objetos es necesario aplicar una fuerza sobre ellos. • Reconoce que la Luna gira alrededor de la Tierra. • Distingue entre satélites naturales y artificiales. • Explica, mediante un modelo, cómo se producen las fases de la Luna. • Conoce algunas propiedades del sonido que producen los instrumentos musicales de cuerda, viento y percusión. • Reconoce la relación entre la longitud de una cuerda que vibra y el tono que produce.
<p>Temperatura, calor y energía</p> <ul style="list-style-type: none"> • Usos del termómetro; temperatura de diferentes objetos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reconoce que todos los objetos tienen una temperatura. • Conoce que los termómetros son los instrumentos que miden la temperatura. • Usa los tipos de termómetro adecuados para determinar la temperatura del cuerpo humano y la temperatura ambiental en diversas horas del día.
<p>Los seres vivos modificamos el ambiente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cambios naturales. • Cambios provocados por actividades humanas. • Algunas medidas que disminuyen el impacto de las actividades humanas en el ambiente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reconoce que los cambios en el ambiente pueden ser naturales o provocados por las actividades humanas. • Conoce y reflexiona acerca de algunas medidas que disminuyen el impacto de las actividades humanas en el ambiente.

Temas fundamentales	Aprendizajes esperados
La luz y sus propiedades <ul style="list-style-type: none"> Nociones sobre reflexión y refracción de la luz. 	<ul style="list-style-type: none"> Reconoce algunas manifestaciones de la reflexión y refracción de la luz en la vida cotidiana.
Cargas eléctricas e imanes <ul style="list-style-type: none"> Atracciones y repulsiones eléctricas y magnéticas. 	<ul style="list-style-type: none"> Identifica distintos procesos para cargar objetos eléctricamente (fricción y contacto). Reconoce que hay dos tipos de carga eléctrica, una positiva y otra negativa. Conoce que objetos con cargas del mismo signo generan una fuerza de repulsión y que con cargas de signo contrario generan una fuerza de atracción. Identifica que un imán tiene dos polos denominados Norte y Sur. Reconoce que en los imanes, los polos opuestos se atraen y los iguales se repelen. Identifica a la Tierra como un gran imán que orienta a una aguja imantada o brújula.
Ciencia y sociedad	<ul style="list-style-type: none"> Comprende y valora la importancia de reusar, reciclar y reducir los materiales que empleamos cotidianamente. Identifica que los humanos transformamos la naturaleza para generar diversos satisfactores (vestimenta, alimentación, vivienda y salud). Explica las consecuencias del consumo irracional de recursos en su localidad. Identifica el consumo responsable como herramienta útil para la conservación de los recursos naturales.

CUARTO GRADO

En este grado el alumno avanza en su formación científica con el estudio de temas que dan continuidad a los grados anteriores. Se retoman aspectos de cada ámbito de estudio que se relacionan con el desarrollo psicológico, físico, afectivo y cognitivo de los alumnos: la vida, el ambiente y la salud, el cambio y las interacciones, los materiales, el conocimiento científico y la tecnología.

Temas fundamentales	Aprendizajes esperados
<p>Naturaleza de la ciencia</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Formula preguntas sobre su entorno y plantea modos de contestarlas. • Representa mediante dibujos las observaciones que describan sucesos cotidianos. • Adquiere el vocabulario básico para iniciar la construcción de un lenguaje científico. • Explora y conoce su mundo mediante la experimentación y sus vivencias diarias. • Busca información en fuentes complementarias. • Identifica relaciones causa-efecto en los experimentos que se realizan. • Relaciona los conocimientos científicos con los de otras disciplinas para aplicarlas en diferentes contextos y situaciones de relevancia social y ambiental.
<p>Las interacciones entre objetos y su movimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Forma en la que se produce y se transmite de la voz. • La percepción de los sonidos. • Efecto de las fuerzas de fricción en el movimiento de los objetos. • Movimiento pendular. • Modelos geocéntrico y heliocéntrico del sistema planetario. • Eclipses de Sol y Luna. 	<ul style="list-style-type: none"> • Explica el mecanismo de producción y transmisión de la voz. • Describe el mecanismo de percepción de sonidos por el oído. • Identifica la fricción como una fuerza que se opone al movimiento de los objetos. • Conoce distintos tipos de movimientos periódicos, en particular el del péndulo. • Identifica las características del péndulo (longitud, periodo y masa). • Reconoce la relación entre la longitud y periodo del péndulo. • Explica la diferencia entre los modelos geocéntrico y heliocéntrico y su desarrollo histórico gracias a las aportaciones de Aristarco, Eratóstenes, Copérnico, Galileo y Kepler. • Describe, mediante un modelo, el mecanismo que producen los eclipses de Sol y de Luna.
<p>La luz y sus propiedades</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reflexión y refracción de la luz. <p>Cargas eléctricas e imanes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Materiales conductores y aislantes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Estudia cuantitativamente la reflexión en espejos planos y la refracción entre dos medios transparentes con frontera plana (por ejemplo, dos peceras). • Distingue entre materiales conductores y aislantes de electricidad mediante un circuito sencillo (por ejemplo, batería, foco y conectores).
<p>Temperatura, calor y energía</p> <ul style="list-style-type: none"> • El calor y su efecto en los materiales. • Estados físicos y sus características, en particular la temperatura. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reconoce distintas formas de transmisión de energía por calor (conducción, convección y radiación) y su efecto en algunos materiales. • Identifica al Sol como principal fuente de energía. • Explica que toda la materia se presenta en alguno de los tres estados y que hay una temperatura de transición entre los estados (por ejemplo, temperatura de ebullición en la transición de agua a vapor).

CUARTO GRADO

Temas fundamentales	Aprendizajes esperados
<p>Reproducción</p> <ul style="list-style-type: none"> • Concepto e importancia de la reproducción. • Reproducción en los seres vivos. <ul style="list-style-type: none"> – Tipos de reproducción: sexual y asexual. – Dimorfismo sexual. 	<ul style="list-style-type: none"> • Conoce el concepto de reproducción y la importancia que tiene este proceso para los seres vivos. • Describe los tipos básicos de reproducción que existen en los seres vivos. • Identifica las características generales de la reproducción sexual y asexual. • Identifica el dimorfismo sexual como un patrón natural para distintos organismos.
<p>Reproducción humana</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reproducción humana. <ul style="list-style-type: none"> – Sistema reproductor masculino y femenino. – Células reproductoras: óvulos y espermatozoides. – Caracteres sexuales secundarios. 	<ul style="list-style-type: none"> • Conoce la estructura de los sistemas reproductores masculino y femenino. • Conoce que la función principal de estos sistemas es la producción de óvulos y espermatozoides. • Identifica la presencia de caracteres sexuales secundarios.
<p>¿Por qué nos parecemos a nuestros padres?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bases de la herencia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Comprende que durante la reproducción se transmiten las características de los padres a los hijos. • Conoce las bases de la herencia de caracteres en los sistemas vivos.
<p>Los seres vivos y el ambiente físico: el ecosistema</p> <ul style="list-style-type: none"> • Factores que lo integran: bióticos (biodiversidad) y abióticos. • Interacciones de estos factores. • Tipos de ecosistemas: terrestres y acuáticos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reconoce que un ecosistema se forma por la interacción de factores vivos y no vivos. • Identifica algunas interacciones que se dan entre los componentes vivos y no vivos de los ecosistemas. • Reconoce que los factores vivos del ambiente son parte de la biodiversidad. • Conoce los tipos básicos de ecosistemas.
<p>Ciencia y sociedad</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Reconoce que los conocimientos científicos ayudan a explicar los fenómenos y procesos naturales. • Describe a la ciencia como actividad humana en permanente construcción, cuyos productos son utilizados según la cultura y necesidades de cada sociedad.

QUINTO GRADO

En este grado el alumno inicia el estudio de procesos y relaciones que requieren mayor nivel de abstracción por no ser directamente observables o detectables con los sentidos. Los temas que se abordan están relacionados con procesos y características de microorganismos, en términos de su papel en las cadenas alimentarias y en la generación de las enfermedades más comunes; la participación que tienen los medicamentos y otros procesos en el mantenimiento de la salud; la descripción de las propiedades de los gases y su representación con modelos de partículas; así como algunos procesos físicos que ocurren en los circuitos eléctricos, la transferencia de calor y transmisión del sonido.

Temas fundamentales	Aprendizajes esperados
<p>Naturaleza de la ciencia</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Formula preguntas sobre su entorno y plantea modos de contestarlas. • Representa mediante dibujos las observaciones que describan sucesos cotidianos. • Adquiere el vocabulario básico para iniciar la construcción de un lenguaje científico. • Explora y conoce su mundo mediante la experimentación y sus vivencias diarias. • Busca información en fuentes complementarias. • Identifica relaciones causa-efecto en los experimentos que se realizan. • Diseña y realiza proyectos de investigación. • Reconoce y valora la construcción y el desarrollo del conocimiento científico mediante la historia de la ciencia. • Valora críticamente el impacto de la ciencia y la tecnología en el ambiente, tanto natural como social. • Relaciona los conocimientos científicos con los de otras disciplinas para aplicarlas en diferentes contextos y situaciones de relevancia social y ambiental. • Adquiere valores éticos útiles para su desarrollo personal y el mejoramiento de las relaciones interpersonales, asumiendo y fortaleciendo las actitudes asociadas con la actividad científica.
<p>Las interacciones entre objetos y su movimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Medición de fuerzas aplicadas. • Máquinas simples. • Ley de Gravitación Universal. • Rapidez del sonido en gases, sólidos y líquidos. • Procesos reversibles e irreversibles. 	<ul style="list-style-type: none"> • Utiliza básculas y dinamómetros para medir fuerzas. • Reconoce e identifica diferentes máquinas simples en su entorno. • Identifica la masa como una propiedad de los objetos y el peso como la fuerza atractiva de la Tierra sobre ellos. • Reconoce la relación entre el peso y la masa de un objeto mediante la Ley de la Gravitación Universal. • Conoce que la Tierra retiene su atmósfera debido a la fuerza de atracción gravitacional. • Reconoce que el sonido se transmite con diferente rapidez en gases, sólidos y líquidos. • Explica que los procesos en la naturaleza pueden ser reversibles o irreversibles.

QUINTO GRADO

Temas fundamentales	Aprendizajes esperados
<p>La luz y sus propiedades</p> <ul style="list-style-type: none"> • Espejos y lentes. • Formación de imágenes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Forma imágenes usando lentes biconvexas (por ejemplo, lupa) y espejos planos y curvos. • Reconoce que es posible formar imágenes reales y virtuales y distingue unas de otras.
<p>Nutrición y salud</p> <ul style="list-style-type: none"> • El papel de los nutrientes en la construcción de nuestro cuerpo y en la obtención de energía. • La importancia de una dieta correcta. • Trastornos en la alimentación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Comprende el papel que desempeñan los nutrientes en la construcción de nuestro cuerpo y en la obtención de energía. • Conoce las causas y efectos de los trastornos en la alimentación.
<p>Reproducción y salud sexual</p> <ul style="list-style-type: none"> • Funcionamiento de los sistemas reproductores femenino y masculino. • Producción de células sexuales. • Las hormonas y su relación con la reproducción. • Sexualidad y adolescencia. • Importancia de una conducta sexual responsable. 	<ul style="list-style-type: none"> • Conoce el funcionamiento de los sistemas reproductores femenino y masculino. • Comprende de manera general cómo se producen las células sexuales. • Relaciona el proceso de reproducción con la acción de algunas hormonas. • Identifica la adolescencia como la etapa del desarrollo humano que tiene relación con el inicio de la capacidad reproductiva.
<p>Sistema nervioso y adicciones</p> <ul style="list-style-type: none"> • Funcionamiento del sistema nervioso. • Factores de riesgo: adicciones y violencia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Conoce de manera general el funcionamiento del sistema nervioso.
<p>Ecología</p> <ul style="list-style-type: none"> • Niveles de organización en ecología: poblaciones, comunidades y ecosistemas. • Funcionamiento de los ecosistemas: redes alimentarias y ciclos biogeoquímicos. • Cambios temporales y espaciales. • Hábitat y nicho. 	<ul style="list-style-type: none"> • Identifica los niveles de organización en ecología y sus características generales: poblaciones, comunidades y ecosistemas. • Conoce el funcionamiento básico de un ecosistema. • Reconoce la importancia de las redes alimentarias y los ciclos biogeoquímicos en el funcionamiento de un ecosistema. • Describe algunos de los cambios temporales y espaciales que se observan en los ecosistemas. • Reconoce, de manera sencilla, la diferencia que hay entre hábitat y nicho ecológico.
<p>Problemas ambientales y desarrollo sustentable</p> <ul style="list-style-type: none"> • Niveles: local, regional y global. • Alteraciones de ciclos naturales y sus consecuencias. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reconoce que los problemas ambientales ocurren en distintos niveles. • Relaciona los problemas ambientales con alteraciones de los ciclos biogeoquímicos. • Identifica el desarrollo sustentable como una condición necesaria para el mantenimiento de los ecosistemas.
<p>Ciencia y sociedad</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Reconoce que la contaminación del agua es un problema social. • Propone una estrategia para limpiar agua sucia. • Reconoce que la contaminación de la atmósfera es provocada, principalmente, por la quema de combustibles fósiles. • Valora la importancia de una conducta sexual responsable. • Valora la importancia de una dieta correcta. • Identifica los riesgos que amenazan la salud como consecuencia de las adicciones.

SEXTO GRADO

En este curso el alumno prosigue su formación científica, por lo que algunos temas contemplados en grados anteriores se integran en perspectivas amplias o se generalizan. Tal es el caso del funcionamiento integral del cuerpo humano, la sexualidad, los seres vivos y el ambiente, así como las interacciones de la energía, la materia y las fuerzas. Dichas temáticas retoman aspectos centrales de cada uno de los ámbitos.

Temas fundamentales	Aprendizajes esperados
<p>Naturaleza de la ciencia</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Formula preguntas sobre su entorno y plantea modos de contestarlas. • Adquiere el vocabulario básico para iniciar la construcción de un lenguaje científico. • Explora y conoce su mundo mediante la experimentación y sus vivencias diarias. • Busca información en fuentes complementarias. • Identifica relaciones causa-efecto en los experimentos que se realizan. • Diseña y realiza proyectos de investigación. • Reconoce y valora la construcción y el desarrollo del conocimiento científico mediante la historia de la ciencia. • Comprende que la ciencia es un proceso social en constante evolución, con implicaciones positivas y negativas para la sociedad. • Valora críticamente el impacto de la ciencia y la tecnología en el ambiente, tanto natural como social. • Relaciona los conocimientos científicos con los de otras disciplinas para aplicarlas en diferentes contextos y situaciones de relevancia social y ambiental. • Adquiere valores éticos útiles para su desarrollo personal y el mejoramiento de las relaciones interpersonales, asumiendo y fortaleciendo las actitudes asociadas con la actividad científica.
<p>Las interacciones entre objetos y su movimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Máquinas simples. • La fuerza y su efecto en el funcionamiento de máquinas simples. • Percepción del sonido de fuentes en movimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Determina experimental y cuantitativamente la Ley de la palanca. • Reconoce que el tono de un sonido cambia si su fuente se aleja o se acerca.
<p>La luz y sus propiedades</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aparatos ópticos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Comprende el principio de funcionamiento de diferentes aparatos ópticos.
<p>Temperatura, calor y energía</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aparatos que transforman la energía. • Plantas de generación de electricidad y sus repercusiones en el ambiente. • Fuentes de energía alterna. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reconoce que algunos aparatos funcionan al transformar la energía de una forma a otra (por ejemplo, licuadora, tostador, estufa, lavadora, etcétera). • Identifica los diferentes métodos para generar electricidad. • Conoce las diferentes fuentes de energía alterna.

SEXTO GRADO

Temas fundamentales	Aprendizajes esperados
<p>Coordinación y defensa del cuerpo humano</p> <ul style="list-style-type: none"> • El sistema nervioso, inmunológico y endocrino. • La importancia de las vacunas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reconoce que la coordinación y defensa del cuerpo humano resultan de la integración de las funciones de los sistemas nervioso, inmune y endocrino. • Conoce el fundamento y la importancia de las vacunas para la prevención de algunas enfermedades.
<p>Reproducción y desarrollo humano</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sexualidad y adolescencia. • Fecundación y embarazo. • Etapas del desarrollo humano. • Importancia de una conducta sexual responsable. 	<ul style="list-style-type: none"> • Conoce el proceso de fecundación en los humanos y el embarazo como su resultado. • Reconoce las etapas básicas del desarrollo humano desde la fecundación hasta el nacimiento de un nuevo ser.
<p>Genética</p> <ul style="list-style-type: none"> • Transmisión de características de padres a hijos. • El material de la herencia: genes y ADN. 	<ul style="list-style-type: none"> • Conoce en forma general los mecanismos básicos para la transmisión de características de padres a hijos. • Identifica los genes y el ADN como los materiales responsables de la herencia en los seres vivos.
<p>Evolución biológica</p> <ul style="list-style-type: none"> • La evolución biológica como un hecho y una teoría. • Escalas de tiempo en la evolución. • Evidencias de la evolución. • Mecanismos de la evolución: selección natural. • Consecuencias de la evolución: diversidad, adaptación y extinción. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reconoce el proceso de evolución biológica como un hecho y una teoría. • Identifica las escalas de tiempo en la evolución. • Conoce y discute sobre algunas evidencias del proceso de evolución. • Identifica la selección natural como uno de los mecanismos de la evolución. • Reconoce la diversidad, adaptación y extinción como consecuencias de la evolución.
<p>Ecología y biodiversidad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Concepto de biodiversidad y niveles. • Clasificación de los seres vivos: los cinco reinos. • México, país megadiverso. • Ecosistemas mexicanos. • Importancia de la biodiversidad. • Pérdida de la biodiversidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Conoce el concepto de biodiversidad. • Identifica los niveles de biodiversidad. • Explica los criterios para clasificar a los seres vivos en cinco reinos. • Conoce las condiciones que hacen de México un país megadiverso. • Localiza y describe las características de algunos ecosistemas mexicanos. • Valora la importancia de la biodiversidad.
<p>Cargas eléctricas e imanes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conducción eléctrica de los objetos. • Nociones de átomo y sus componentes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Distingue entre materiales conductores y aislantes de la electricidad. • Reconoce que la materia está formada de átomos y que éstos contienen cargas positivas y negativas.

Temas fundamentales	Aprendizajes esperados
Ciencia y sociedad	<ul style="list-style-type: none">• Comprende la influencia de los gases de efecto invernadero en la contaminación de la atmósfera y los efectos adversos para el clima.• Reconoce la importancia de moderar el consumo de combustibles fósiles para evitar el efecto invernadero.• Conoce la importancia del desarrollo de los diferentes instrumentos ópticos (por ejemplo, lentes correctores de la visión, lupas, microscopios, telescopios, binoculares, cámaras fotográficas, etcétera).• Reconoce el papel que las máquinas simples han jugado en el desarrollo de la civilización.• Explica las repercusiones en el ambiente de los procesos de obtención, transmisión y consumo de energía eléctrica.• Reconoce el papel de las fuentes de energía alterna en el desarrollo sustentable.• Reflexiona sobre la importancia de una conducta sexual responsable en la prevención de enfermedades y para su plan de vida.• Reflexiona sobre las causas y consecuencias de la pérdida de la biodiversidad.

ÍNDICE

Introducción	5
La metodología de las ciencias empíricas	7

FÍSICA

Las interacciones entre objetos y su movimiento

La percepción del movimiento y la noción del tiempo	24
¿Cómo se sabe que algo se mueve?	25
La percepción de los fenómenos de la naturaleza que involucran cambio y movimiento	25
El papel de los sentidos en la percepción de movimientos rápidos o lentos	28
La percepción de los sonidos	29
Medición de la intensidad del sonido	30
Propagación del sonido en diferentes medios	30
La noción del tiempo	33
Descripción del movimiento de los objetos	35
Un tipo particular de movimiento: el movimiento ondulatorio	49
Relación longitud de onda y frecuencia. Velocidad de propagación	49
Tono y timbre	53
Cómo se produce la voz	55
La descripción del movimiento de los objetos en nuestro entorno. El trabajo de Galileo: una aportación que dio origen a la ciencia moderna	56
¿Cómo es el movimiento de los cuerpos que caen?	56
El movimiento de un paracaidista	59
¿Cómo es el movimiento cuando la velocidad cambia? La aceleración	65
El cambio como resultado de las interacciones entre objetos. Interacciones entre objetos: cambios de posición y de velocidad	70
Interacciones por contacto	70
Interacciones a distancia	71
La idea cotidiana de fuerza	72
La explicación del cambio de velocidad: el concepto de fuerza	74
El concepto de fuerza: el resultado de las interacciones	74
La relación entre masa, aceleración y fuerza	83
Segunda Ley de Newton	83

La acción y la reacción	85
Tercera Ley de Newton	85
Las máquinas simples	86
Ejemplos de máquinas simples	86
Ley de la Gravitación Universal	87
Leyes de Kepler	89
Las fases de la Luna	90
Los eclipses	91
Viajes interplanetarios	92
Las leyes de conservación	93
La energía: una idea fructífera y alternativa al concepto de fuerza	93
La conservación de la cantidad de movimiento o ímpetu	94
La energía cinética	95
Trabajo	96
Energía potencial	97
La luz y sus propiedades	
Fuentes de luz	99
Luz, color y sombras	100
La luz del Sol (luz blanca) se descompone en los colores del arcoíris	101
Nociones sobre reflexión y refracción de la luz	102
Reflexión y refracción de la luz. Estudios cuantitativos	103
Reflexión de la luz en espejos planos	103
Refracción de la luz entre dos medios transparentes con frontera plana	105
Formación de imágenes usando espejos curvos. Imágenes reales. Imágenes virtuales	107
Formación de imágenes usando lentes biconvexas (lupas). Imágenes virtuales	109
Lentes convergentes y divergentes	109
Formación de imágenes usando lentes biconvexas	110
Funcionamiento del ojo humano	111
Aparatos ópticos	112
Alcances y limitaciones de los instrumentos ópticos	115
Cargas eléctricas e imanes	
Conservación de la carga	117
Ley de Coulomb	120
Potencial eléctrico	121
Nociones de circuitos simples	122
Campo magnético	123
Generación de un campo magnético por una corriente eléctrica	123
Generación de una corriente eléctrica por un campo magnético	124
Temperatura, calor y energía	125
Interacción térmica entre objetos termodinámicos	126
La temperatura y su medición	127
Equilibrio térmico	128
Calor, trabajo y energía interna	128

El motor térmico	129
Formas de energía y el principio de conservación de la energía	131
Medida del calor	134
Propiedades térmicas de las sustancias. Capacidad térmica	135
Cambios de fase	136
El ciclo del agua	137
Ciclo del carbono	137
Protección térmica	138
Conducción, convección y radiación de calor	139
Energía solar y sustentabilidad	141
Sociedad, energía y ambiente	142
Contaminación global	143
Calentamiento global	143
Guerras y armas nucleares	144
Transición energética	144

BIOLOGÍA

Cómo funcionan las células

Introducción	146
Funciones básicas de los seres vivos	147
Respiración	147
Procesos de respiración para la obtención de energía	147
Respiración celular	151
Respiración y salud	153
Cómo se alimentan los organismos	154
Nutrición como proceso	154

Por qué nos parecemos a nuestros padres

Introducción	157
Transferencia de caracteres de padres a hijos	157
Herencia biológica	157
Caracteres, cromosomas, genes, ADN	158
Determinación del sexo	159

Por qué hay tantos seres vivos distintos. Evolución

Introducción	160
Evolución como hecho	160
Evidencias de evolución	163
Evolución y la escala de tiempo	164
Teorías evolutivas	165
Selección natural	168
Causas y consecuencias de la extinción	169
Adaptaciones de las plantas y animales al medio terrestre y acuático	171

Diversidad como producto de la evolución	173
Concepto y valor de la biodiversidad	174
Cinco reinos	175
El humano como parte de la biodiversidad	180
México, un país megadiverso	181
Bienes y servicios de la biodiversidad: uso de recursos para alimentos, salud, industria farmacéutica	182
Causas y consecuencias de la pérdida de la biodiversidad	183
Somos parte de la naturaleza	
Introducción	185
El ambiente	185
Hábitat y nicho ecológico	186
Las poblaciones	187
Propiedades emergentes de las poblaciones	187
Las comunidades	188
Propiedades emergentes de las comunidades	189
Redes tróficas o alimentarias	190
Interacciones entre especies	192
Ecosistemas	193
Propiedades emergentes	194
Ecosistemas de México	195
Problemas ambientales	196
Calentamiento global	202
Contaminación del aire y producción de lluvia ácida	204
Contaminación de ríos, lagos y mar	204
Contaminación por calor y por radiación	204
Deforestación	205
Los seres humanos modificamos el ambiente	
Introducción	206
Ciencia y sociedad	206
Astronomía y agricultura	208
Desarrollo sustentable o sostenible	208
Las partes de nuestro cuerpo y su cuidado	
Introducción	210
Funciones básicas en el ser humano	210
El cuerpo humano	210
Sistema digestivo	211
Sistema circulatorio o cardiovascular	214
Sistema respiratorio	215
El sistema locomotor. Esqueleto y músculos	217
Sistema excretor	220
Sistema nervioso	221
Órganos de los sentidos	225

Sistema inmune	228
Sistema endocrino	231
Sistema reproductor	233
Nutrición humana	235
Grupos de alimentos. “El plato del bien comer” para México	235
El agua en nuestro cuerpo	238
Dieta correcta y problemas derivados de una nutrición no adecuada	239
Cómo se reproducen los seres vivos	
Introducción	241
Tipos de reproducción	241
Reproducción asexual y sexual	241
La reproducción en plantas y animales	244
La reproducción humana	245
Dimorfismo sexual	246
Reproducción y hormonas (ciclo menstrual)	248
Fecundación y etapas del desarrollo embrionario y fetal	248
Adolescencia. Reproducción	252
Prevención de embarazos no deseados y de enfermedades de transmisión sexual (ETS)	253
Detección oportuna del cáncer de seno, cérvico-uterino y de testículos	259
Bibliografía	261
Apéndice	
Contenidos y aprendizajes esperados en los diferentes grados de educación primaria	267

Ciencias naturales para profesores de preescolar y primaria,
editado por la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México,
la Secretaría de Educación del Gobierno del Distrito Federal y Siglo XXI Editores
se terminó de imprimir el 2 de septiembre de 2012
en los talleres de Editorial Impresora Apolo, S.A. de C.V.
Centeno 150-6, Granjas Esmeralda, 09810, México, D.F.
El tiraje consta de seis mil ejemplares.
Los interiores fueron impresos en papel bond de 90 g
y los forros en papel couché mate de 150 g.
Para su composición se utilizaron las fuentes Minion Display y Gandhi.

