

Ciencia, Tecnología y Ambiente 4

SECUNDARIA



Texto escolar



MINISTERIO DE EDUCACIÓN

Ciencia, Tecnología y Ambiente 4

SECUNDARIA

El texto escolar de **Ciencia, Tecnología y Ambiente 4** para el cuarto grado de secundaria es una obra colectiva concebida, diseñada y desarrollada en el Departamento de Ediciones de Santillana S. A., por el siguiente equipo de especialistas:

Cecilia Mejía
Directora Editorial

Mirtha Yrivarren
Editora Responsable del Área

Caterina Cosmópolis
Editora Ejecutiva

Jean Yopez, Regina Núñez
Colaboradores

Rafael Moy
Jefe de Arte

Alejandro Dulanto
Diagramador

Jessica Vivanco
Correctora de estilo

Daniel Jiménez
Documentalista gráfico

Daphne Avilés
Retocadora fotográfica

Carmen García
Ilustradora

Jaime Gamarra
Jefe de Producción

Sergio Morales
Asistente de Producción

Archivo editorial
Fotografía de carátula

Fotografías e ilustraciones

Todas las imágenes e ilustraciones pertenecen a Santillana S. A., salvo las indicadas con el nombre del autor.

© 2015, Santillana S. A.

Santillana S. A.

Av. Primavera 2160, Santiago de Surco, Lima 33 - Perú
Teléfono: 313-4000

Primera edición: diciembre de 2015

Tiraje: 420 940 ejemplares

Impreso en el Perú / Printed in Peru

Corporación Gráfica Navarrete S. A.

Carretera Central 759 km 2, Sta. Anita, Lima 43 - Perú

ISBN 978-612-01-0283-1

Registro de Proyecto Editorial n° 31501401501119

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú
n° 2015-14800

Todos los derechos reservados. Esta publicación no puede ser reproducida, ni en todo ni en parte, ni registrada o transmitida por un sistema de recuperación de información, en ninguna forma y por ningún medio, sea mecánico, fotoquímico, electrónico, magnético, electroóptico, por fotocopia, o cualquier otro, sin el permiso previo de la Editorial.

Fotografías de carátula: Estudiantes usando un microscopio, primer plano de libélula e invernadero.

Presentación

El texto escolar **Ciencia, Tecnología y Ambiente 4** está dirigido a los estudiantes del cuarto grado de Educación Secundaria.

Finalidad del área

El área de Ciencia, Tecnología y Ambiente tiene como finalidad la construcción del pensamiento científico, crítico y tecnológico de los estudiantes, así como el desarrollo de competencias que conducen a cuestionar e indagar situaciones del entorno que pueden mejorar la calidad de vida.

Estas competencias se desarrollan a partir de capacidades a lo largo de toda la Educación Básica Regular.

Competencias	Capacidades
Indaga, mediante métodos científicos, situaciones que pueden ser investigadas por la ciencia.	• Problematisa situaciones. • Diseña estrategias para hacer una indagación. • Genera y registra datos e información. • Analiza datos o información. • Evalúa y comunica.
Explica el mundo físico, basado en conocimientos científicos.	• Comprende y aplica conocimientos científicos y argumenta científicamente.
Diseña y produce prototipos tecnológicos para resolver problemas de su entorno.	• Plantea problemas que requieren soluciones tecnológicas y selecciona alternativas de solución. • Diseña alternativas de solución al problema. • Implementa y valida alternativas de solución. • Evalúa y comunica la eficiencia, la confiabilidad y los posibles impactos de su prototipo.
Construye una posición crítica sobre la ciencia y la tecnología en sociedad.	• Evalúa las implicancias del saber y del quehacer científico y del tecnológico. • Toma posición crítica frente a situaciones sociocientíficas.

Propósito del texto escolar

El texto escolar tiene como propósitos brindarte información científica y tecnológica, plantearte situaciones significativas que te permitirán relacionar conceptos científicos para facilitar tu comprensión de los procesos físicos, químicos y biológicos, y la reflexión sobre temas científicos y tecnológicos de impacto social y ambiental. Consta de nueve unidades, en las que se desarrollan los **campos temáticos** del área de Ciencia, Tecnología y Ambiente propuestos en las Rutas del Aprendizaje.

Los contenidos del texto escolar constituyen el soporte para trabajar las competencias y capacidades del área a través de las actividades planteadas en la guía de actividades.

Te invitamos a indagar en tu entorno, a explicar lo que ocurre en él, a tomar una posición crítica y a proponer soluciones tecnológicas para actuar con responsabilidad y respeto hacia el medioambiente.

¿Por qué aprender ciencia y tecnología?

La ciencia y la tecnología cumplen una función importante en el mundo actual, el cual cambia de manera constante y se innova permanentemente. La sociedad requiere ciudadanos alfabetizados en ciencia y tecnología que puedan comprender los conceptos, principios, leyes y teorías de la ciencia, y que puedan desarrollar habilidades y actitudes científicas.



"Para que un país esté en condiciones de atender las necesidades fundamentales de su población, la enseñanza de las ciencias y la tecnología es un imperativo estratégico [...]. Hoy más que nunca es necesario fomentar y difundir la alfabetización científica en todas las culturas y en todos los sectores de la sociedad, [...] a fin de mejorar la participación de los ciudadanos en la adopción de decisiones relativas a las aplicaciones de los nuevos conocimientos".

(UNESCO, Declaración de Budapest sobre la Ciencia y el Uso del Saber Científico, 1999)

Todos podemos usar la ciencia para indagar y plantear soluciones a problemas de la vida cotidiana.



...Y actuar de forma responsable con el ambiente.

¿Para qué aprender ciencia y tecnología?

Aprender ciencia y tecnología en nuestro país es de suma importancia por razones que se anotan a continuación:



Para conocer a la naturaleza y conservarla.



Para aprender a "hacer ciencia", utilizando la indagación para construir nuestros conocimientos.



Para romper con el paradigma de que los conocimientos científicos y tecnológicos solo son producidos por países desarrollados.

Shutterstock



Mylene d'Auriol

Para disminuir las brechas de género, lengua, cultura, posición económica, situación geográfica, entre otras.



Para entender conceptos, principios o leyes científicas.



Para entender que la ciencia y la tecnología ejercen un gran efecto sobre el sistema productivo y la generación de conocimiento.

Shutterstock



Para comprender que estar alfabetizados en ciencia y tecnología nos aproxima a la complejidad y globalidad del mundo actual.



Shutterstock

Para ser conscientes de que comprender conceptos científicos y tecnológicos, nos ayuda a tomar decisiones informadas sobre salud, recursos naturales y energéticos, ambiente, etc.



Para adquirir una metodología basada en el cuestionamiento científico, en el reconocimiento de las propias limitaciones y en el juicio crítico y razonado.

Estructura del texto escolar

Tu **texto escolar** contribuye al desarrollo de las competencias del área y está organizado de la siguiente forma:

Sección inicial

Imagen motivadora y atractiva que se relaciona con la situación significativa.

Ideas clave que se desarrollarán a lo largo de la unidad.

9 La ecología

Leemos

Leemos el ambiente

En esta unidad vamos a conocer el ambiente que nos rodea y cómo se relaciona con nosotros. Vamos a aprender a observar y a describir el ambiente que nos rodea y a entender cómo se relaciona con nosotros.

El ambiente que nos rodea

El ambiente que nos rodea es el conjunto de elementos que nos rodean y que influyen en nuestra vida. El ambiente está formado por elementos físicos y biológicos. Los elementos físicos son aquellos que podemos tocar, ver o oír. Los elementos biológicos son aquellos que están vivos.

El ambiente que nos rodea

El ambiente que nos rodea es el conjunto de elementos que nos rodean y que influyen en nuestra vida. El ambiente está formado por elementos físicos y biológicos. Los elementos físicos son aquellos que podemos tocar, ver o oír. Los elementos biológicos son aquellos que están vivos.

Nombre y número de la unidad.

Situación significativa (Leemos) motivadora que constituye el hilo conductor de la unidad y facilita la generación del conflicto cognitivo.

Preguntas que propician la recuperación de saberes previos.

Intencionalidad pedagógica (Lo que debemos aprender) que sintetiza la relación entre las competencias y capacidades trabajadas, y el campo temático abordado en la sección central.

Sección central

Introducción que describe el campo temático y explica su relación con la situación significativa.

Texto principal que presenta conocimientos en correspondencia con los campos temáticos.

Información que apoya y desarrolla la competencia "Diseña y produce prototipos". Asimismo, presenta aplicaciones de la tecnología.

Glosario que amplía tu vocabulario científico.

Introducción a la unidad

El tema de esta unidad es la ecología. La ecología es el estudio de la relación entre los seres vivos y su ambiente. En esta unidad vamos a aprender a observar y a describir el ambiente que nos rodea y a entender cómo se relaciona con nosotros.

El concepto de hábitat y de nicho ecológico

El hábitat

El hábitat es el lugar donde vive un ser vivo. El hábitat es el lugar donde un ser vivo encuentra todo lo que necesita para vivir: alimento, agua, refugio, etc.

El nicho ecológico

El nicho ecológico es el papel que juega un ser vivo en su ambiente. El nicho ecológico es el papel que juega un ser vivo en su ambiente.

La reproducción de las angiospermas

Las angiospermas son plantas que tienen flores. Las angiospermas son plantas que tienen flores. Las angiospermas son plantas que tienen flores.

La reproducción de las angiospermas

Las angiospermas son plantas que tienen flores. Las angiospermas son plantas que tienen flores. Las angiospermas son plantas que tienen flores.

La reproducción de las angiospermas

Las angiospermas son plantas que tienen flores. Las angiospermas son plantas que tienen flores. Las angiospermas son plantas que tienen flores.

Imágenes pertinentes que te ayudarán a comprender la información, siempre acompañadas de leyendas.

Información complementaria que ejemplifica o profundiza el tema. Así, tenemos las secciones "Biografía" y "Para saber más".

Texto principal acompañado de textos secundarios, gráficos, imágenes, cuadros y tablas.

Información complementaria que ejemplifica o profundiza el tema. Así, tenemos la sección "Sabías que...".

En la biblioteca promueve el empleo de los títulos que conforman los módulos de biblioteca del MINEDU.



Información relacionada con los **eventos paradigmáticos**.

En la web presenta direcciones electrónicas con información, videos, animaciones o simuladores confiables para complementar y profundizar el conocimiento científico.

El cambio climático

El programa "El mundo del futuro" presenta un contenido de actualidad en el tema de la ciencia, un contenido global que puede ser leído en su totalidad o de forma fragmentada, lo que le permite al lector elegir el contenido que más le interesa.

¿Qué es el cambio climático?

En la actualidad, la superficie del planeta está en una fase de calentamiento que puede ser atribuida a la actividad humana. Se sabe que la actividad humana, a través de la quema de combustibles fósiles, genera gases de efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global. Este calentamiento global puede ser atribuido a la actividad humana, lo que se conoce como cambio climático.

¿Qué efectos puede tener?

Se ha observado un aumento en la frecuencia de eventos climáticos extremos, como huracanes, inundaciones y sequías. Estos eventos pueden tener graves consecuencias para la vida humana y el medio ambiente. Además, el calentamiento global puede afectar la agricultura, la pesca y la salud humana.

¿Cómo se produce?

La actividad humana es la principal fuente de gases de efecto invernadero. Estos gases atrapan el calor en la atmósfera, lo que provoca el calentamiento global. El principal gas responsable del efecto invernadero es el dióxido de carbono, que se produce al quemar combustibles fósiles. Otros gases de efecto invernadero incluyen el metano y el óxido nitroso.

¿Cómo se puede evitar?

Se pueden tomar medidas para reducir la emisión de gases de efecto invernadero. Estas medidas incluyen el uso de energías renovables, la eficiencia energética y la reducción de la producción de residuos. Además, se pueden tomar medidas para adaptarse a los cambios climáticos, como la construcción de diques y la reforestación.

Información de carácter regional que refleja la diversidad natural y cultural del país.

Infografías que presentan aplicaciones o sistematizaciones de los campos temáticos que favorecen tu comprensión lectora.

Los organismos transgénicos

Los organismos transgénicos son aquellos que han sido modificados genéticamente para expresar características que no poseen naturalmente. Estos organismos pueden ser plantas, animales o microorganismos.

¿Qué es un organismo transgénico?

Un organismo transgénico es aquel que ha sido creado a través de la ingeniería genética. Este proceso implica la inserción de genes de un organismo en el genoma de otro organismo. Los organismos transgénicos pueden tener una variedad de usos, como la producción de alimentos, medicamentos y productos químicos.

¿Qué ventajas tiene el uso de un organismo transgénico?

- Mayor producción de alimentos y productos químicos.
- Mayor resistencia a enfermedades y plagas.
- Mayor resistencia a condiciones ambientales adversas.
- Mayor calidad y seguridad de los alimentos.
- Mayor eficiencia en la producción de productos químicos.
- Mayor resistencia a enfermedades.

¿Qué desventajas tiene el uso de organismos transgénicos?

- Riesgo de contaminación genética.
- Riesgo de resistencia a enfermedades y plagas.
- Riesgo de resistencia a condiciones ambientales adversas.
- Riesgo de resistencia a medicamentos.
- Riesgo de resistencia a productos químicos.
- Riesgo de resistencia a enfermedades.

Para reflexionar presenta testimonios y situaciones que generan reflexión, análisis, inferencias, argumentación e investigación.

Sección final

Ideas principales que sintetizan los conocimientos más importantes de la unidad.

Resumen

Este resumen presenta las ideas principales de la unidad, organizadas en una estructura de flujo. Las ideas principales son:

- Organización de la vida:** La vida se organiza en niveles de complejidad, desde las moléculas hasta los ecosistemas.
- Interacción de la vida con el ambiente:** Los organismos interactúan con su ambiente a través de procesos biológicos y químicos.
- Evolución:** Los organismos evolucionan a lo largo del tiempo a través de procesos de selección natural y mutación.
- Genética:** La genética estudia la herencia y la variación de los organismos.
- Ecología:** La ecología estudia la interacción de los organismos con su ambiente.

El resumen también incluye una sección de "Opciones de consulta" que presenta fuentes de información, como textos, documentales, videos o páginas web, que pueden ser utilizadas para profundizar o ampliar los conocimientos de la unidad.

Organizador visual que te ayuda a relacionar los conocimientos de la unidad.

Opciones de consulta presenta fuentes de información, como textos, documentales, videos o páginas web con la finalidad de que profundices o amplíes los campos temáticos.

Tabla de contenidos

Sección inicial	Sección central	Sección final
1 Composición y organización de los seres vivos 10	• Los seres vivos 12 • Organización de los seres vivos 14 • Bioelementos, oligoelementos y biomoléculas 16 • Biomoléculas inorgánicas: agua y sales minerales 18 • Biomoléculas orgánicas: carbohidratos 20 • Los carbohidratos y sus tipos 22 • Biomoléculas orgánicas: lípidos 24 • Los lípidos y sus tipos 26 • Biomoléculas orgánicas: proteínas 28 • Las proteínas y sus tipos 30 • Biomoléculas orgánicas: ácidos nucleicos 32 • Los ácidos nucleicos y sus tipos 34 • Infografía: La importancia del ADN 36	• Resumen 38 – Ideas principales 38 – Organizador visual: cuadro sinóptico / opciones de consulta 39
2 La célula 40	• La célula al microscopio 42 • Morfología celular 44 • Células procariotas y eucariotas 46 • Las células vegetales 48 • Las células animales 50 • La membrana celular 52 • El citoplasma y los organelos 54 • Las células se agrupan 58 • Los tejidos vegetales 60 • Los tejidos animales 62 • Las funciones vitales 64 • Infografía: Pasteur y la teoría de los gérmenes 66	• Resumen 68 – Ideas principales 68 – Organizador visual: mapa conceptual / opciones de consulta 69
3 La función de nutrición 70	• La nutrición celular 72 • La nutrición en las plantas 74 • La nutrición en los animales 76 • El proceso digestivo en los invertebrados 78 • El proceso digestivo en los vertebrados 80 • La respiración en los animales 82 • La circulación en los animales 84 • La excreción en los animales 86 • El proceso digestivo humano 88 • La respiración en el ser humano 90 • La circulación en el ser humano 92 • La excreción en el ser humano 94 • Alimentos y dieta 96 • Enfermedades de la nutrición 98 • Infografía: El menú del murciélago 100	• Resumen 102 – Ideas principales 102 – Organizador visual: mapa de ideas / opciones de consulta 103
4 La relación y la coordinación 104	• La función de relación 106 • La relación en seres pluricelulares 108 • La función de relación en las plantas 110 • La función de relación en los animales 112 • La neurona 114 • Flujo de información en el tejido nervioso 116 • La coordinación en los invertebrados 118 • Los sentidos en los animales invertebrados 120 • El sistema nervioso en los animales vertebrados 122 • El sistema endocrino en los vertebrados 124 • La recepción sensorial en los vertebrados 126 • La coordinación en el ser humano 128 • El sistema nervioso central humano 130 • El sistema nervioso periférico humano 132 • El sistema endocrino humano 134 • Infografía: La temperatura en el cuerpo 136	• Resumen 138 – Ideas principales 138 – Organizador visual: cuadro sinóptico / opciones de consulta 139



Recuerda que no debes escribir en este libro.

Sección inicial	Sección central		Sección final
5 La reproducción 140	• La función de reproducción 142 • La reproducción celular 144 • La reproducción asexual 146 • La reproducción sexual y la meiosis 148 • La reproducción de las plantas: los musgos y los helechos 150 • La reproducción de las gimnospermas 152 • La reproducción de las angiospermas 154 • Gametogénesis y fecundación en los animales 156	• Desarrollo embrionario en los animales 158 • La reproducción en los invertebrados 160 • La reproducción en los vertebrados: peces y anfibios 162 • La reproducción en los vertebrados: reptiles y aves 164 • La reproducción en los vertebrados: los mamíferos 166 • Infografía: La metamorfosis 168	• Resumen – Ideas principales 170 – Organizador visual: red semántica / opciones de consulta 171
6 La reproducción humana 172	• La reproducción humana: hombres y mujeres 174 • La producción de espermatozoides: la espermatogénesis 176 • La producción de óvulos: la ovogénesis 178 • El ciclo menstrual 180 • La fecundación 182 • El desarrollo embrionario humano 184	• Métodos de prevención del embarazo 186 • La esterilidad. Técnicas de reproducción asistida 188 • Embarazo y parto 190 • Los primeros años de vida 192 • La adolescencia: la edad de los cambios 194 • La edad adulta y la senectud 196 • Infografía: La prevención de las ITS 198	• Resumen – Ideas principales 200 – Organizador visual: mapa de ideas / opciones de consulta 201
7 Genética y biotecnología 202	• Claves de la herencia de los caracteres 204 • Las leyes de Mendel 206 • La teoría cromosómica de la herencia 208 • Genética después de Mendel 210 • La herencia del sexo en la especie humana 212 • La herencia ligada al sexo 214 • Enfermedades genéticas 216	• Mutaciones, cambios de resultado imprevisible 218 • Aplicaciones de la genética 220 • Ingeniería genética en plantas y animales 222 • La biotecnología en la salud humana 224 • El genoma humano 226 • PGH. Los resultados 228 • Infografía: Los organismos transgénicos 230	• Resumen – Ideas principales 232 – Organizador visual: cuadro sinóptico / opciones de consulta 233
8 La evolución de la vida 234	• Ideas antiguas sobre el origen de las especies 236 • La teoría de la evolución de Darwin y Wallace 238 • Las pruebas de la evolución 240 • La selección natural: el motor de la evolución 242 • El neodarwinismo 244 • Teorías modernas sobre la evolución 246 • Las especies y la especiación 248 • La escala del tiempo geológico 250	• Los fósiles: la memoria de la vida 252 • Seres desaparecidos: las extinciones 254 • Teorías sobre el origen de la vida 256 • Las primeras células 258 • Los caminos de la evolución: plantas y animales 260 • Nuestros parientes: los primates 262 • Nuestros antepasados 264 • Infografía: Las especies y las barreras geográficas 266	• Resumen – Ideas principales 268 – Organizador visual: mapa conceptual / opciones de consulta 269
9 La ecología 270	• El concepto de hábitat y nicho ecológico 272 • Las relaciones alimentarias 274 • Cadenas y redes alimentarias 276 • Las pirámides ecológicas 278 • La sucesión ecológica 280 • El flujo de energía en los ecosistemas 282 • El ambiente y el ser humano 284 • La influencia humana en los cambios ambientales 286	• El impacto ambiental 288 • La evaluación del impacto ambiental 290 • Efectos de la contaminación atmosférica 292 • El cambio climático 294 • Fuentes de energía alternativa 296 • La gestión ambiental para un desarrollo sostenible 298	• Resumen – Ideas principales 300 – Organizador visual: mapa de ideas / opciones de consulta 301
Anexo	302	Bibliografía y sitios web	303



IDEAS CLAVE

- Características de la vida
- Niveles de organización de los seres vivos
- Bioelementos, oligoelementos y biomoléculas
- Biomoléculas inorgánicas: agua y sales minerales
- Biomoléculas orgánicas: carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos.

El envejecimiento es una etapa en la que se requiere cuidar al máximo la salud y la capacidad funcional.

1

Composición y organización de los seres vivos

LEEMOS

Las biomoléculas y el envejecimiento

Martín, de 83 años, siempre se ha caracterizado por ser una persona muy sociable, cercana a su familia y amigos. Desde hace 5 años, cuando falleció su esposa, sus parientes más cercanos notaron en él ciertos cambios psicológicos, tales como aislamiento, soledad, dejadez personal y depresión. En general, se encuentra muy desmotivado. Además, ha empezado a olvidarse de actividades que realizaba cotidianamente, por ejemplo, comprar sus alimentos para la semana o asistir a sus citas médicas, lo cual limita su vida diaria y hace que su familia esté muy preocupada por él.

El envejecimiento es la pérdida progresiva de las funciones biológicas, que incluye la aparición de enfermedades como la osteoporosis y el aumento de la mortalidad con la edad. Este rasgo, que afecta a la supervivencia, y que es claramente negativo para el individuo, plantea interrogantes interesantes sobre por qué y cómo ha evolucionado este proceso.

¿Cómo explicarían lo que le sucede a Martín? ¿Qué ocurre con los órganos del cuerpo al envejecer? ¿La absorción de las biomoléculas es diferente en los ancianos? ¿Por qué y cómo evoluciona el proceso de envejecimiento? ¿Qué hace a las biomoléculas sustancias tan importantes para la vida? ¿Podría funcionar nuestro organismo sin biomoléculas? ¿Por qué el agua es esencial para la vida?

LO QUE DEBEMOS APRENDER

Al concluir la unidad, podrás reconocer la importancia de las biomoléculas en muchos aspectos de tu vida diaria y de la naturaleza. La forma cómo se organiza la vida, desde sus bioelementos y biomoléculas hasta sus estructuras más elaboradas, es la clave del éxito adaptativo de las especies que existen en la tierra.



Introducción a la unidad

La vida es un sistema complejo, muy difícil de definir, con una jerarquía para las unidades que la conforman, según la cual aquellas presentes en un nivel integran el nivel superior. Así también, los elementos que constituyen la materia viva se unen para formar las biomoléculas que componen las estructuras de los organismos vivos. Los seres vivos tienen una composición química similar a

la que se observa en la materia inerte y en el universo.

En esta unidad, aprenderás sobre los bioelementos y cómo se asocian para construir las biomoléculas que forman los cuerpos de todos los seres vivos. De esta manera, comprenderás el funcionamiento no solo de nuestro organismo, sino el de todos los seres vivos.

Los seres vivos

Todos los organismos comparten propiedades que permiten reunirlos dentro del grupo de los seres vivos y diferenciarlos de aquellos que no tienen vida.

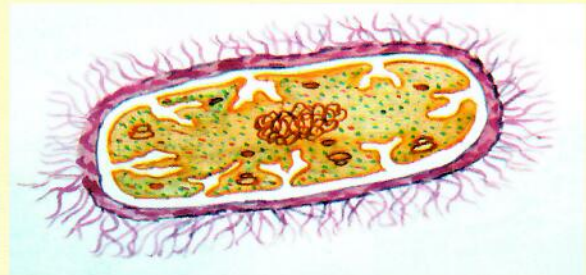
Características de los seres vivos

La materia viva es un sistema compuesto de diversos elementos capaces de captar energía de su entorno y de transformarla. Todos los seres vivos son complejos. En su interior se aprecian partes diferentes, en cuya composición hay muchas sustancias químicas que las que encontraríamos en una gota de agua o en un grano de arena. Por muy sencillo que parezca un ser vivo, siempre es infinitamente más complejo que la materia inerte.

Es muy difícil definir el concepto de ser vivo. Para facilitar esta definición, hay que observar las características que comparten todos los seres vivos.

ESTÁN FORMADOS POR CÉLULAS

Cada célula es una unidad microscópica de vida. Existen organismos unicelulares, cuya única célula cumple todas las funciones vitales. De otro lado, los organismos pluricelulares forman tejidos especializados que cumplen sus funciones de manera coordinada. Solo los virus son acelulares, por eso, se dice que están en el límite entre lo vivo y lo inerte.



INTERCAMBIAN MATERIA Y ENERGÍA CON EL ENTORNO

A través de la alimentación incorporamos determinadas sustancias. En el interior del organismo, estas sustancias son transformadas, mediante reacciones químicas, en materia propia y en energía que empleamos para realizar las funciones vitales y conservar y renovar las estructuras celulares. Este proceso forma parte de la nutrición.



MANTIENEN ESTABLE SU MEDIO INTERNO

Esta propiedad se denomina homeostasis, y consiste en mantener estables y en equilibrio las condiciones internas del organismo (concentración de sales, proporción de agua, temperatura, presión, etc.) independientemente de los cambios en el entorno. Por ejemplo, ingerir agua es necesario para mantener el balance hídrico, como lo hacen los animales.



Perú Foto Stock



ESTÁN ADAPTADOS A SU AMBIENTE

Los organismos poseen características que posibilitan su supervivencia en el medio que habitan. Estas se denominan adaptaciones y son el resultado de un largo proceso evolutivo. Esto permite que los organismos sobrevivan, se reproduzcan y transmitan sus rasgos adaptativos a su descendencia. Por ejemplo, un insecto palo consigue confundirse muy bien con su entorno para evitar ser capturado.

RESPONDEN A LOS ESTÍMULOS

Todos los organismos tienen receptores capaces de detectar cambios y responder a ellos. Esta capacidad recibe el nombre de iritabilidad y les permite a los organismos protegerse, defenderse y conservar sus condiciones internas estables. Por ejemplo, las plantas direccionan sus hojas hacia la luz para captar mayor energía.



Archivo diario El Comercio

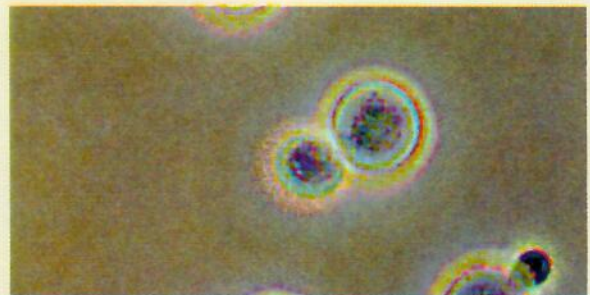


CRECEN Y SE DESARROLLAN

Todos los organismos crecen en determinada etapa de su vida. En los unicelulares, el crecimiento involucra un aumento en el número de moléculas que forman la única célula del organismo. En los pluricelulares, implica un aumento en el número de células que componen el organismo. Por ejemplo, en la adolescencia se desarrollan los caracteres sexuales diferenciales del ser humano para llegar a la adultez. Asimismo, los organismos recién nacidos aumentan el tamaño de su cuerpo conforme se desarrollan.

SE REPRODUCEN

Los organismos dan origen a nuevos organismos similares a sus progenitores, y así se asegura la continuidad de la especie más allá de la muerte de los individuos. Todos los seres vivos poseen características asociadas a la reproducción: poseen el ADN como molécula clave donde se encuentra toda la información hereditaria de la especie y son capaces de evolucionar a través del tiempo. Por ejemplo, las levaduras se reproducen de forma asexual muy rápidamente.



Organización de los seres vivos

GLOSARIO

Elemento químico.

Sustancia constituida por átomos cuyos núcleos tienen el mismo número de protones, cualquiera que sea el número de neutrones.

PARA SABER MÁS

Especialización celular

Las células se especializan en funciones concretas y se agrupan formando tejidos, lo que proporciona una mayor eficacia al organismo. La especialización celular conlleva una división de trabajo y la pérdida de independencia; las células especializadas ya no pueden vivir aisladas del organismo.

En algunas especies de organismos unicelulares, las células se asocian formando colonias para mejorar su eficacia. Sin embargo, estas agrupaciones no alcanzan el nivel de tejido.

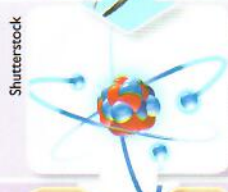
La diferencia fundamental entre los seres vivos y la materia sin vida está dada por el modo en que los elementos químicos se organizan.

Niveles de organización

La materia se organiza en distintos niveles que van desde las partículas subatómicas hasta los organismos complejos.



Partículas subatómicas. Neutrones, protones y electrones, que se reúnen, organizan y conforman un átomo.



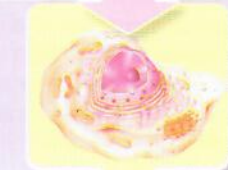
Átomo. Unidad más pequeña de un elemento químico formada por partículas subatómicas. Por ejemplo, el carbono y el oxígeno.



Molécula. Grupo de átomos que constituyen la unidad básica de diferentes tipos de sustancias. Por ejemplo, el ADN y la glucosa.



Organelo. Conjunto organizado de diferentes moléculas que pueden formar compartimentos dentro de la célula, cada una con una función particular. Por ejemplo, la mitocondria y el cloroplasto.



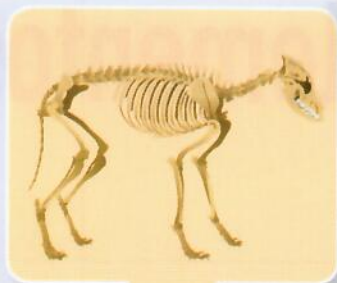
Célula. Unidad funcional de la vida, formada por biomoléculas, moléculas inorgánicas y puede contener organelos que llevan a cabo las funciones vitales. Es la mínima porción de materia con vida. En los organismos unicelulares, la célula constituye un ser vivo. Por ejemplo, una bacteria.



Tejido. Conjunto de células similares que cumplen una función común. Por ejemplo, el tejido muscular y el floema.



Órgano. Estructura formada por la organización de diferentes tejidos que cumplen una función particular. Por ejemplo, el corazón y el tallo.



Sistema. Conjunto de órganos coordinados que cumplen funciones para un mismo objetivo. Por ejemplo, el sistema locomotor.

Shutterstock



Organismo. Individuo integrado por sistemas de órganos que actúan de manera coordinada. Por ejemplo, un mono fraile.

Shutterstock



Población. Conjunto de individuos que coexisten en una misma región, se relacionan entre sí y pertenecen a la misma especie. Por ejemplo, familia de monos.



Comunidad. Conjunto de poblaciones diferentes que comparten el mismo espacio y entre las que se establecen relaciones. Por ejemplo, comunidad de sotobosque.

Shutterstock



Ecosistema. Sistema formado por la interacción entre la comunidad y su ambiente. Por ejemplo, lago amazónico.

Shutterstock



Biósfera. Conjunto de ecosistemas marinos y terrestres que integran todo el planeta Tierra, también llamado ecosistema global.

PARA REFLEXIONAR

Los virus

Son estructuras microscópicas simples y tan pequeñas que para observarlas es necesario un microscopio electrónico.

Todos los virus tienen una estructura básica, constituida por un ácido nucleico (ADN o ARN) y una cubierta proteica denominada cápside. No se nutren y no se relacionan, ya que el contacto con la célula hospedera es fortuito. Carecen de metabolismo propio, y para su reproducción requieren la maquinaria de la célula a la que infectan.

- ¿Los virus son seres vivos? ¿En qué nivel de organización los ubicarías? ¿Existieron antes que las primeras células? Argumenta tus respuestas utilizando el recurso "En la Biblioteca".

EN LA BIBLIOTECA

Para conocer más sobre los virus, consulta el libro la Biblia de las Ciencias Naturales (págs. 165-167) de la biblioteca del Ministerio de Educación (MINEDU).

Bioelementos, oligoelementos y biomoléculas

Los seres vivos obtienen del medio en el que se encuentran los elementos químicos que constituyen las moléculas que forman sus propios organismos.

Los bioelementos

Los **bioelementos**, o **elementos biogénicos**, son los elementos químicos que constituyen la materia viva. Se pueden clasificar en dos tipos:

Bioelementos primarios. Son indispensables para la formación de las biomoléculas orgánicas, carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos, que están presentes en todos los seres vivos. Este grupo constituye el 96,2% del total de la materia viva y consta de seis elementos: el oxígeno (O), el carbono (C), el hidrógeno (H), el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el azufre (S).

8 O Oxígeno	6 C Carbono	1 H Hidrógeno	7 N Nitrógeno	16 S Azufre	15 P Fósforo
-------------------	-------------------	---------------------	---------------------	-------------------	--------------------

Bioelementos secundarios. Pueden encontrarse en las biomoléculas orgánicas o bien en otras biomoléculas. Se pueden distinguir dos tipos: los **indispensables**, que son imprescindibles para la vida de la célula y que, en mayor o menor proporción, se encuentran en todos los seres vivos; y los **variables**, que no están presentes en todos los organismos. El calcio (Ca), el sodio (Na), el potasio (K), el magnesio (Mg), el cloro (Cl), el hierro (Fe) y el yodo (I) son bioelementos **secundarios indispensables**. El bromo (Br) y el titanio (Ti) son bioelementos **secundarios variables**.

Por ejemplo, el sodio, el potasio y el cloro se encuentran disueltos en los medios internos y en el interior de las células. Mantienen el grado de salinidad dentro de las células y el equilibrio de cargas eléctricas a un lado y otro de la membrana plasmática.

12 Mg Magnesio	20 Ca Calcio	11 Na Sodio	19 K Potasio	17 Cl Cloro
----------------------	--------------------	-------------------	--------------------	-------------------

PARA SABER MÁS

Bioquímica de la vida

Los seres vivos obtienen del medio en el que se encuentran los elementos químicos que constituyen las moléculas que forman sus propios organismos. El oxígeno y el nitrógeno son elementos que se disuelven bien en el agua y pueden reaccionar entre sí. Debido a esto, los procesos bioquímicos que ocurren en los seres vivos se llevan a cabo en un medio acuoso.

Bioelementos que componen a los seres vivos

Elementos	Ser humano (% de cada elemento)	Plantas (% de cada elemento)	Levaduras (% de cada elemento)
Carbono (C)	19,37	45,00	48,30
Hidrógeno (H)	9,31	6,00	6,00
Oxígeno (O)	62,81	45,00	39,20
Nitrógeno (N)	5,14	1,50	10,60
Fósforo (P)	0,63	0,20	0,20
Azufre (S)	0,64	0,10	0,10
Total	97,9	97,80	99,50



La deficiencia en manganeso origina el color amarillo de las hojas.

Los oligoelementos

Son elementos indispensables para el correcto funcionamiento de las células. Se encuentran en proporciones inferiores a 0,1%. Algunos de ellos son el hierro (Fe), el cobre (Cu), el flúor (F), el zinc (Zn), el boro (B), el yodo (I) y el selenio (Se). El hierro forma parte de la hemoglobina, el yodo es un importante constituyente de las hormonas tiroideas y el zinc es regulador de la actividad de algunas enzimas.

26 Fe Hierro	25 Mn Manganeso	29 Cu Cobre	30 Zn Zinc	9 F Flúor	53 I Yodo	5 B Boro
14 Si Silicio	23 V Vanadio	24 Cr Cromo	27 Co Cobalto	34 Se Selenio	42 Mo Molibdeno	50 Sn Estaño

Cada oligoelemento tiene un rango óptimo de concentraciones dentro de los cuales el organismo funciona adecuadamente. Dependiendo del elemento, este rango puede ser más o menos amplio. Un organismo deja de funcionar adecuadamente por presentar alguna deficiencia o exceso en uno de estos elementos.

Las biomoléculas

La combinación de dos o más átomos de un mismo bioelemento o con otros, mediante enlaces químicos, da lugar a diferentes moléculas, que reciben el nombre de biomoléculas o principios inmediatos.

Biomoléculas	Simples. Con átomos del mismo elemento.	Oxígeno molecular (O_2) Nitrógeno molecular (N_2)	
	Compuestas. Con átomos de elementos diferentes.	Inorgánicas	Agua (H_2O) Dióxido de carbono (CO_2) Sales minerales ($NaCl$, $CaCO_3$, etc.)
		Orgánicas. Constituidas por polímeros de carbono e hidrógeno.	Glúcidos. Formados por C, H y O. Lípidos. Constituidos por C y H y un pequeño porcentaje de O. Proteínas. Formadas por C, H, O, N y S. Ácidos nucleicos. Constituidos por C, H, O, N y P.

EN LA WEB

http://www.texasheart.org/HIC/Topics_Esp/HSmart/trace_sp.cfm

Información sobre las fuentes de oligoelementos en los alimentos.

EN LA BIBLIOTECA

Para conocer más sobre los bioelementos, consulta el libro Enciclopedia de las Ciencias Naturales (págs. 80-81) de la biblioteca del Ministerio de Educación (MINEDU).

Biomoléculas inorgánicas: agua y sales minerales

Sin agua no hay vida. El agua es utilizada como medio para las reacciones químicas. En ella están disueltas muchas sustancias necesarias para nuestras células.

El agua

Es la sustancia más abundante en la materia viva. En el embrión humano representa el 94% de su masa, y en las personas adultas, el 63%. Aunque este porcentaje varía según el tipo de tejido y de organismo, por ejemplo, en la dentina de los dientes representa solo el 10%, y en los huesos, el 22%; en las algas, el 95%, y en algunas semillas, el 20%.

Cuanta mayor actividad fisiológica realice un organismo, mayor es su contenido en agua. Por lo tanto, los porcentajes más bajos se dan en individuos con vida latente, por ejemplo, en las semillas.

En general, los organismos obtienen el agua directamente del exterior, pero también la pueden obtener a partir del **agua metabólica**, formada por otras biomoléculas mediante diferentes reacciones bioquímicas. Por ejemplo, a partir de la oxidación de la glucosa se forma dióxido de carbono y agua.

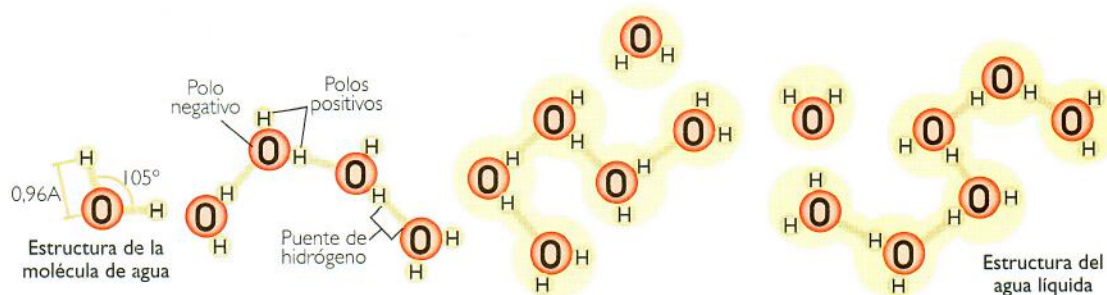
SABÍAS QUE...

Sales de rehidratación

Las sales de rehidratación oral que utilizamos cuando nos deshidratamos, están compuestas por cloruro de potasio, cloruro de sodio, bicarbonato de sodio y glucosa.

La molécula de agua

El agua en estado líquido es indicador de la vida, tal y como la conocemos, porque solo en cierto margen de temperatura y de presión atmosférica se puede observar el agua líquida. La molécula de agua está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, y es una molécula bipolar. Es decir, presenta un polo con dos cargas parcialmente negativas (en el oxígeno) y otro polo con dos cargas parcialmente positivas (en los hidrógenos). Las regiones eléctricamente positivas de una molécula de agua atraen a las regiones eléctricamente negativas de otras moléculas de agua, y forman uniones denominadas puentes de hidrógeno.

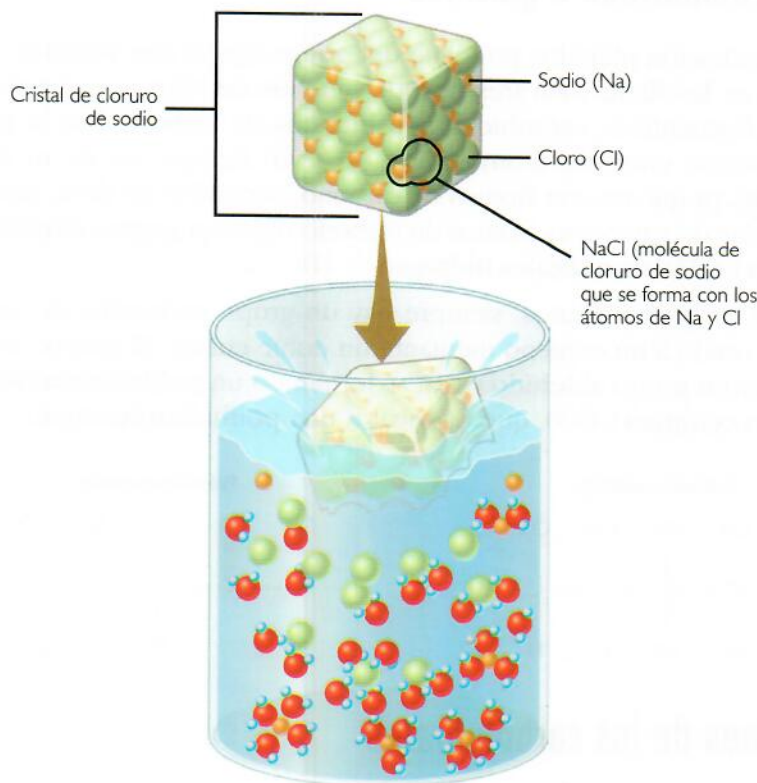


Entre los polos se establecen puentes de hidrógeno que originan polímeros de tres, cuatro y hasta poco más de nueve moléculas. Con esto se logra una molécula grande, y el agua se comporta como un líquido.

Las sales minerales

Son compuestos inorgánicos que se disuelven fácilmente en agua. Cuando esto ocurre, se forman iones como el sodio (Na^+), el potasio (K^+) y el cloro (Cl^-). Muchos de ellos son fundamentales para la vida.

La falta de algunos de estos iones puede alterar el metabolismo e, incluso, causar la muerte celular. En el ser humano, por ejemplo, los iones calcio (Ca^{2+}) participan en la coagulación de la sangre y en la contracción muscular, además de ser componentes fundamentales de los huesos. Los iones magnesio (Mg^{2+}) y zinc (Zn^{2+}), entre otros, participan en reacciones químicas vitales para las células. Los iones sodio (Na^+) y potasio (K^+) son responsables del funcionamiento de las células nerviosas. También mantienen el grado de salinidad del organismo y regulan la absorción de glucosa en el sistema digestivo, entre otras funciones.



En los seres vivos, las sales minerales aparecen precipitadas, disueltas o asociadas a moléculas orgánicas.

- Las sales minerales **precipitadas** forman cuerpos sólidos y realizan funciones estructurales de sostén o protección. Entre ellas encontramos el calcio, que compone el endoesqueleto, las conchas de los moluscos y el caparazón de muchos organismos.
- Las sales minerales **disueltas** se encuentran en los medios celulares internos y externos, donde son necesarios en cantidades mínimas, como reguladores de las reacciones químicas. Por ejemplo, el sodio y el potasio se requieren para la transmisión del impulso nervioso y el transporte de sustancias a través de las membranas celulares.
- Las sales **asociadas** a moléculas, como el magnesio en la clorofila (pigmento fotosintético), el hierro en la hemoglobina (de glóbulos rojos) y el fósforo en los fosfolípidos y en los ácidos nucleicos.

INFORMACIÓN REGIONAL

Salineras de Maras

Ubicadas en el distrito de Maras, provincia de Urubamba. Están formadas por 3 000 pozos de diversos tamaños que pertenecen a las familias lugareñas. Los pozos se llenan en tres días con aguas subterráneas que, al evaporarse, se solidifica formando la sal.

La leyenda cuenta que Ayar Cachi, el más pequeño y fuerte de los Hermanos Ayar, fue traicionado por sus hermanos y encerrado aquí en una cueva. Según el relato, lloró tanto que sus lágrimas se convirtieron en cristales transparentes, que hoy forman las salineras.



Biomoléculas orgánicas: carbohidratos

PARA SABER MÁS

La versatilidad del átomo de carbono

La enorme variedad de moléculas orgánicas se explica en gran medida por dos características del átomo de carbono: su tamaño relativamente pequeño y su capacidad de formar cuatro enlaces covalentes con otros átomos de carbono o con otros elementos. Estas propiedades le permiten constituir una gran diversidad de moléculas, tanto en tamaño, forma y composición.

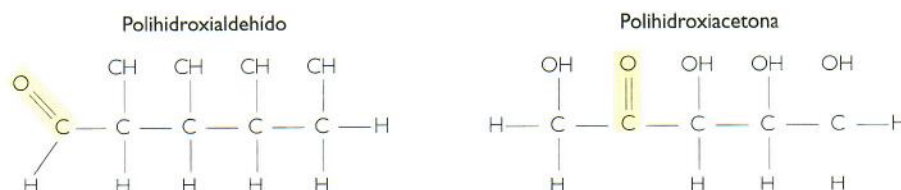
Otros elementos que constituyen estas moléculas son el hidrógeno, el oxígeno, el nitrógeno y el fósforo.

Los carbohidratos son biomoléculas constituidas por una o más cadenas formadas por carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O), en la proporción $(CH_2O)_n$.

Los carbohidratos o glúcidos

La denominación glúcidos proviene del griego *glykys* que significa 'dulce', también se les llama azúcares porque muchos de ellos son dulces. Otro nombre frecuente es carbohidratos o hidratos de carbono por la proporción existente entre los átomos de C, H y O. Aunque no es un término apropiado, ya que no son átomos de carbono hidratados, es decir, enlazados a moléculas de agua, sino átomos de carbono unidos a grupos **alcohólicos** o **hidroxilo** (-OH) y a **radicales hidrógeno** (-H).

En todos los carbohidratos, siempre hay un grupo **carbonilo**, es decir, un carbono unido a un oxígeno mediante un doble enlace. El grupo carbonilo puede ser un grupo **aldehído** (-CHO), formando un **polihidroxialdehído** o un grupo **cetónico** (-CO), que da lugar a una **polihidroxiacetona**.



Funciones de los carbohidratos

En las plantas, los carbohidratos constituyen el principal componente orgánico y se forman directamente en la fotosíntesis. La proporción de carbohidratos es mucho mayor en las plantas que en los animales.

Las principales funciones de los carbohidratos son las siguientes:

- **Energética.** La glucosa es el carbohidrato más abundante en el medio interno y, además, puede atravesar la membrana plasmática sin necesidad de ser transformada en moléculas más pequeñas. A partir de un gramo de glucosa, por la vía de la respiración celular, se pueden obtener 4,3 calorías. El almidón de los vegetales y el glucógeno de los animales son formas de almacenar centenares de glucosas, sin que ello implique un incremento de azúcar en el medio interno celular, que provocaría la entrada de agua por ósmosis.

La papa, que crece en zonas altoandinas, es un alimento abundante en carbohidratos.



- **Estructural.** El enlace b-glucosídico de los carbohidratos posibilita la formación de estructuras moleculares muy estables, porque la mayoría de los organismos carecen de enzimas capaces de romperlo. Entre ellas destacan la celulosa en los vegetales, que genera troncos de hasta 100 metros de altura y que perduran cientos de años. Asimismo, estructuras formadas por la quitina en los artrópodos, los peptidoglucanos en las bacterias, la condroitina en huesos y cartílagos, y los polímeros de ribosa y de desoxirribosa en los ácidos nucleicos.
- **Especificidad en la membrana plasmática.** Las glucoproteínas y los glucolípidos de la membrana plasmática contribuyen a seleccionar qué sustancias pueden entrar o salir de la célula.
- **Principios activos de plantas medicinales.** Son moléculas en las que los carbohidratos están unidos a moléculas como alcohol, fenol, etc. La investigación actual demuestra que estas moléculas tienen varios efectos benéficos, por ejemplo, como antiinflamatorios, cicatrizantes, antioxidantes, analgésicos, antibióticos, entre otros. Se utilizan con frecuencia para elaborar medicamentos, pero si se consumen en dosis inadecuadas pueden resultar tóxicas y provocar la muerte. Algunos de estos son los siguientes:

Flavonoides

Se encuentran en plantas de color amarillo, naranja, rojo y violeta.

Perú Foto Stock



Racimo de manzanilla

Mucílagos

Proporcionan una consistencia gelatinosa a ciertos fármacos.

Diomedea



Planta de sábila

Saponinas

Tienen propiedades parecidas a las del jabón.

Shutterstock



Quinoa

Taninos

Son sustancias astringentes y de sabor amargo, algunas pueden ser tóxicas.

Luis Yipanguí



Planta de tara

Alcaloides

Son los principios activos más utilizados en medicina.

Shutterstock



Hojas de coca

Aceites esenciales

Son sustancias volátiles muy concentradas.

Carlos Sala



Planta de molle

- **Otras funciones específicas.** Los carbohidratos unidos a otras biomoléculas pueden realizar otras muchas funciones como la de antibiótico, por ejemplo, la estreptomicina; la de vitamina, como la vitamina C; la de anticoagulante, como la heparina; la hormonal como la hormona hipofisaria; la inmunológica: por un lado, las glucoproteínas de la membrana constituyen antígenos y, por otro lado, las inmunoglobulinas forman anticuerpos; y la enzimática, como las ribonucleasas que se forman con proteínas.



Los artrópodos tienen un exoesqueleto formado por quitina.

PARA SABER MÁS**Principios activos**

Son **sustancias con actividad biológica** que interactúan con nuestro organismo y sus distintos sistemas. Muchos **principios activos** están siendo ampliamente estudiados y utilizados por la industria farmacéutica.

Los carbohidratos y sus tipos

EN LA BIBLIOTECA

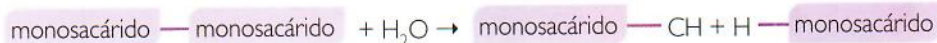
Para conocer más sobre los carbohidratos y sus tipos, consulta el libro *Enciclopedia de las Ciencias Naturales* (págs. 82-83) de la biblioteca del Ministerio de Educación (MINEDU).

Los carbohidratos más conocidos son la glucosa (azúcar de la miel) y la sacarosa (azúcar de mesa). Así como el almidón y la celulosa que forman parte de las paredes de las células vegetales.

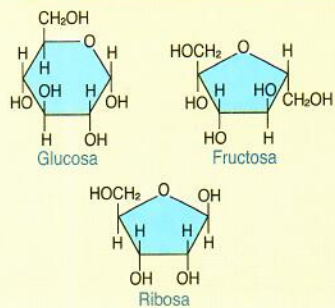
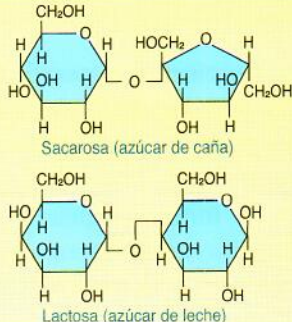
Clasificación de los carbohidratos

Atendiendo al número de cadenas que contienen, los carbohidratos se clasifican en los siguientes tipos:

- **Monosacáridos.** Son los carbohidratos que están constituidos por una sola cadena.
- **Oligosacáridos.** Están formados por la unión de 2 a 10 monosacáridos. Entre ellos destacan los **disacáridos** (constituidos por la unión de dos monosacáridos).
- **Polisacáridos.** Son los carbohidratos formados por la unión de más de 10 monosacáridos. Generalmente presentan centenares de monosacáridos. Los oligosacáridos y los polisacáridos, ya sea por la acción de las enzimas hidrolasas, como son algunas enzimas digestivas, o por la acción de un ácido, pueden hidrolizarse, es decir, desdoblarse en monosacáridos. En cambio, los monosacáridos no se pueden hidrolizar.



Además de los anteriores, existen compuestos formados por la unión de carbohidratos y otras sustancias no glucídicas, como lípidos que forman los **glucolípidos** o proteínas que forman las **glucoproteínas**.

Tipos de carbohidrato	Se encuentran en	Estructuras moleculares
Monosacárido Son los carbohidratos más simples. Están compuestos por una sola unidad de azúcar y de 3 a 7 carbonos. Se les puede denominar triosas (3C); tetrasas (4C), como la eritrosa; pentosas (5C), como la ribosa; y hexosas (6C), como la glucosa.	Miel, frutas, entre otros 	 Glucosa Fructosa Ribosa
Oligosacárido Están formados por la unión de 2 a 10 monosacáridos. Los más importantes son los disacáridos, compuestos por la unión de 2 monosacáridos iguales o diferentes. Los oligosacáridos más comunes son la sacarosa, la lactosa y la maltosa.	Azúcar; leche, entre otros 	 Sacarosa (azúcar de caña) Lactosa (azúcar de leche)

Tipos de carbohidrato

Se encuentran en

Polisacárido

Son carbohidratos formados por más de 10 monosacáridos. Por ejemplo, el almidón es un polisacárido constituido por monómeros de glucosa y se encuentra en órganos de reserva, como la papa. La celulosa es un polisacárido propio de las plantas, y el glucógeno, de los animales.

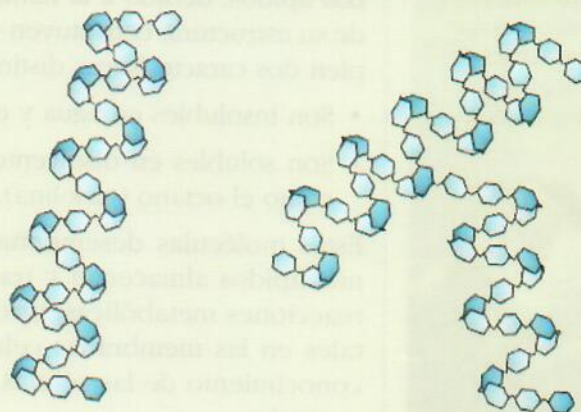
Paredes vegetales, corteza de los árboles, exoesqueleto de invertebrados, entre otros



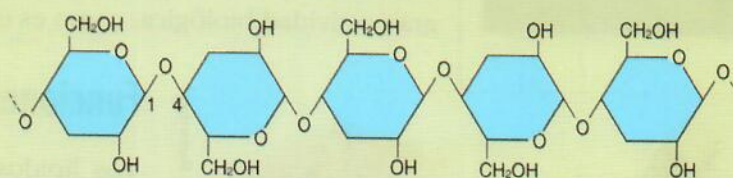
Estructura molecular de algunos polisacáridos

Almidón

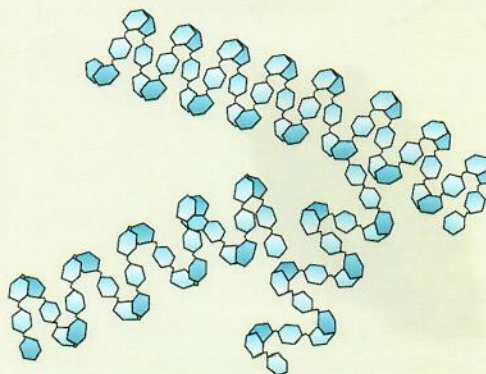
Está formado por miles de moléculas de glucosa. Las células vegetales almacenan los azúcares que producen durante la fotosíntesis en forma de almidón. Es abundante en las semillas (trigo, maíz, arroz) y en los tubérculos (papa).

**Celulosa**

Es el principal componente de la pared celular en las plantas y es un polímero de glucosa que forma el almidón y el glucógeno. Es insoluble en agua.

**Glicógeno o glucógeno**

La mayoría de los animales, incluidos los seres humanos, producen en sus células el polisacárido llamado glicógeno. La función de esta macromolécula es equivalente a la del almidón en las plantas. El glicógeno se considera la sustancia de reserva propia de los animales. En los vertebrados se almacena en el hígado y en los músculos esquelético y cardíaco.



Biomoléculas orgánicas:

Lípidos

SABÍAS QUE...

La obesidad

Se debe a la acumulación excesiva de grasa localizada. El tejido adiposo está formado por células llamadas adipocitos que son las responsables de almacenar la grasa en forma de triglicéridos.

Getty Images



Los lípidos constituyen un grupo muy heterogéneo de sustancias químicas, tanto desde el punto de vista estructural como de las funciones que realizan.

Los lípidos

Están compuestos, básicamente, por carbono e hidrógeno, y la mayoría también presenta oxígeno, pero en proporciones muy bajas. Además, algunos lípidos contienen fósforo, nitrógeno y azufre.

Los lípidos, debido a la naturaleza hidrocarbonada de la porción principal de su estructura, constituyen un grupo de biomoléculas orgánicas que cumplen dos características distintivas:

- Son insolubles en agua y en otros disolventes polares.
- Son solubles en disolventes orgánicos, es decir, disolventes no polares, como el octano (gasolina), el éter o el benceno.

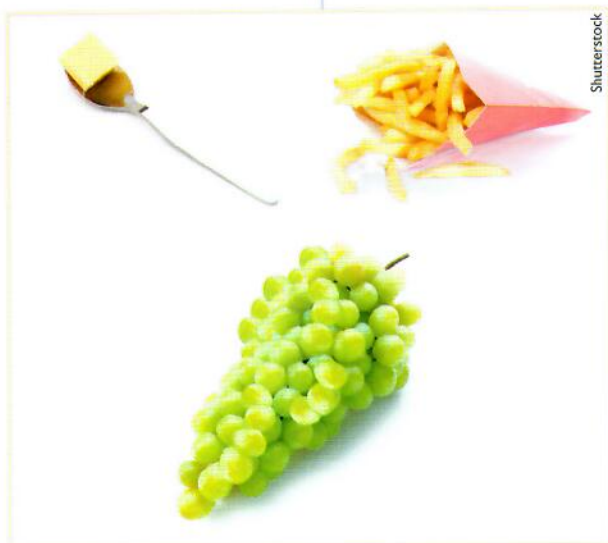
Estas moléculas desempeñan funciones biológicas muy variadas. Algunos lípidos almacenan y transportan el «combustible» necesario para las reacciones metabólicas; otros son componentes estructurales fundamentales en las membranas celulares, relacionados, por ejemplo, con el reconocimiento de las células, o también forman cubiertas externas en los vegetales.

Además, hay otros lípidos que, aun en pequeñas cantidades, tienen una gran actividad biológica, como es el caso de algunas hormonas y vitaminas.

Funciones de los lípidos

Los lípidos ejercen, principalmente, las siguientes funciones:

- **Reserva energética.** Los lípidos son la principal reserva energética del organismo. Por ejemplo, un gramo de grasa produce 9,4 kilocalorías en las reacciones metabólicas de oxidación, mientras que las proteínas y los carbohidratos tan solo producen 4,1 kcal/g. La gran cantidad de energía que desprenden las grasas se debe, en gran parte, a la oxidación de los ácidos grasos en las mitocondrias. Esta función la realizan, básicamente, los acilglicéridos y los ácidos grasos. Si la energía solo se pudiera almacenar en forma de carbohidratos o de proteínas, los organismos pesarían mucho más.

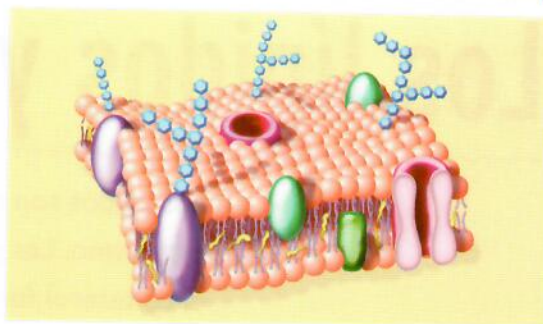


En 73 gramos de papas fritas hay 200 calorías, en 28 gramos de mantequilla hay 200 calorías y en 290 gramos de uvas hay 200 calorías.

Shutterstock

- **Estructural.** En la célula, los lípidos forman las bicapas lipídicas de la membrana celular y de las membranas de los organelos celulares. Cumplen esta función los fosfoglicéridos, los fosfoesfingolípidos y el colesterol.
- **Protectora.** En los órganos, recubren estructuras y los protegen mecánicamente de golpes, por ejemplo, las grasas que rodean los riñones. Otros protegen la superficie del organismo, por ejemplo, las ceras de los cabellos y de los frutos. Algunos otros también tienen función de protección térmica, como los acilglicéridos, que se almacenan en el tejido adiposo de los animales que viven en climas fríos.
- **Biocatalizadora.** Los lípidos por sí mismos no son biocatalizadores, pero algunos intervienen en su síntesis o actúan conjuntamente con ellos. Cumplen esta función las vitaminas lipídicas (A, D, E, K1 y K2), las hormonas lipídicas y las prostaglandinas.
- **Transportadora.** El transporte de los lípidos desde el intestino hasta el lugar donde se utilizan o hasta el tejido adiposo, donde se almacenan, se hace mediante la emulsión de los lípidos por los ácidos biliares y los proteolípidos, que son asociaciones de proteínas específicas con triacilglicéridos, colesterol y fosfoglicéridos; esta acción permite su transporte por la sangre y la linfa.

Otra función de los lípidos es la protección mecánica, como la de los tejidos adiposos que están situados en la planta del pie y en la palma de la mano de las personas.



Los lípidos son el 50% de las moléculas de las membranas en la mayoría de las células.



Los osos polares tienen una gruesa capa de grasa subcutánea que los ayuda a mantener su temperatura.



Shutterstock

La espinaca y la palta son fuentes importantes de vitamina E.

PARA SABER MÁS

¿Cómo actúan los jabones?

Los ácidos grasos son insolubles en agua, sin embargo, los jabones, aunque no son verdaderamente solubles, sí son dispersables y, gracias a ello, permiten dispersar los lípidos en el agua. La gran cantidad de radicales ionizados hace que los jabones sean buenas sustancias emulsionantes.



El aceite es insoluble en agua. Al agitarlo se forma una emulsión inestable.

Si se añade jabón se forma una membrana en la superficie de las gotas de grasa.

Finalmente, se forma una emulsión estable entre el aceite, el agua y el jabón.

EN LA BIBLIOTECA

Para conocer más sobre los lípidos, consulta el libro Enciclopedia de las Ciencias Naturales (pág. 18) de la biblioteca del Ministerio de Educación (MINEDU).

Los lípidos y sus tipos

GLOSARIO

Grasas. Nombre genérico de sustancias orgánicas, muy difundidas en ciertos tejidos de plantas y animales, que están formadas por la combinación de ácidos grasos con la glicerina.



Ácido esteárico (saturado)



Ácido oleico (insaturado)

Los lípidos son muy variados y desempeñan diversas funciones en el organismo. Las grasas sirven como reserva de energía. Los fofolípidos y el colesterol forman parte de la membrana celular. Y algunas vitaminas, como la A y la D, son lípidos.

Clasificación de los lípidos

Los lípidos se pueden clasificar atendiendo a diversos criterios. De acuerdo a su estructura molecular, se clasifican según lo indica el siguiente cuadro:

Lípidos	Ácidos grasos	Saturados	
		Insaturados	
	Lípidos con ácidos grasos o saponificables	Simples	Acilglicéridos
			Céridos
		Complejos	Fosfoglicéridos
			Fosfoesfingolípidos
	Lípidos sin ácidos grasos o insaponificables	Glucoesfingolípidos	
Terpenos y terpenoides o isoprenoides			
Esteroides			
Prostaglandinas			

Los ácidos grasos

Son moléculas formadas por una larga cadena de carbonos e hidrógenos, de forma lineal, con un número par de átomos de carbono. Estas macromoléculas son poco abundantes en estado libre, pero son uno de los principales constituyentes de ciertos lípidos, como las grasas. Se conocen unos cien tipos diferentes de ácidos grasos procedentes de animales, vegetales y microorganismos. Se diferencian por la longitud de su cadena y por el número y posición de los dobles enlaces. Se pueden clasificar en dos grupos:

- **Ácidos grasos saturados.** Son los ácidos grasos que solo tienen enlaces simples entre los átomos de carbono. Debido a ello, las cadenas hidrocarbonadas son rectilíneas. Por ejemplo, el ácido palmítico y el ácido esteárico.
- **Ácidos grasos insaturados.** Son los que tienen uno o más dobles enlaces entre los carbonos de su cadena y, por ello, sus moléculas presentan codos en los lugares donde están los dobles enlaces.

SABÍAS QUE...

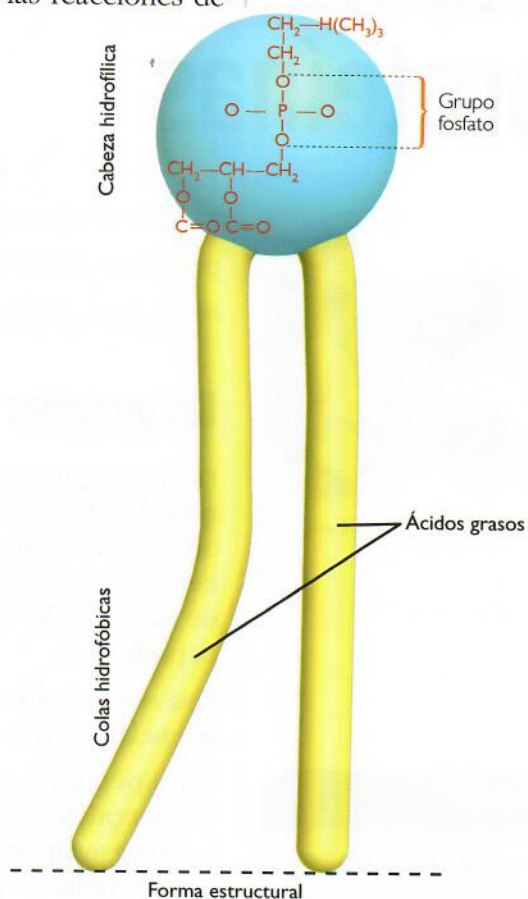
Ácidos grasos a temperatura ambiente

Los ácidos grasos saturados tienden a ser sólidos a temperatura ambiente, ya que las moléculas pueden apilarse. Por el contrario, las moléculas de los ácidos grasos insaturados suelen ser líquidas a temperatura ambiente, pues las moléculas no se agrupan tan estrechamente.

Lípidos con ácidos grasos o saponificables

Contienen en su molécula ácidos grasos. Intervienen en las reacciones de saponificación o hidrólisis alcalina y forman jabones.

- **Acilglicéridos.** Estos lípidos están conformados por una molécula de glicerol unida a uno, dos o tres ácidos grasos (saturados o insaturados). Estos últimos, los llamados triglicéridos, son los lípidos más abundantes en el organismo, y dentro de sus funciones se cuenta la de servir como reserva energética.
- **Céridos.** Son altamente insolubles en agua, por lo que pueden actuar como impermeabilizantes de otras estructuras. Las hojas de muchas plantas tienen la superficie cubierta de cera, lo que reduce la pérdida de agua por transpiración. Algunos organismos como las abejas la utilizan para la construcción de las colmenas y algunas aves secretan ceras para impermeabilizar sus plumas.
- **Fosfolípidos.** Son los principales componentes de las membranas celulares o biológicas. Desde el punto de vista químico, un fosfolípido es un glicérido combinado con un grupo fosfato. Los fosfolípidos son moléculas anfipáticas, es decir, tienen una región polar (hidrofílica, que puede estar en contacto con el agua) y otra apolar (hidrofóbica, que repele el agua).



En el fosfolípido, se distinguen la cabeza hidrofílica y las dos colas hidrofóbicas, formadas por ácidos grasos. Esto le permite formar bicapas lipídicas en medios acuosos.

Lípidos sin ácidos grasos o insaponificables

No contienen ácidos grasos, sino que derivan de los hidrocarburos lineales o cíclicos insaturados (con dobles enlaces) que forman asociaciones moleculares diversas. No tienen ácidos grasos y, por lo tanto, no dan reacciones de saponificación y no forman jabones.

Los principales son los terpenoides (vitaminas A, K y E, entre otras), los esteroides (colesterol, los ácidos biliares, vitaminas D y las hormonas esteroideas) y las prostaglandinas (intervienen en la contracción muscular del útero al momento del parto, en el proceso inflamatorio y en la coagulación de la sangre).

PARA SABER MÁS

Las prostaglandinas y el parto

De forma natural, una mujer embarazada en el momento del parto produce prostaglandinas que preparan el útero y estimulan las contracciones. Cuando el embarazo plantea un riesgo importante para la madre o para el bebé no nacido, se puede inducir el parto con prostaglandina intravenosa.



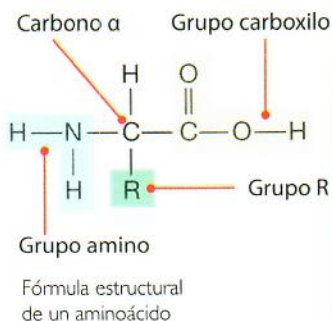
Biomoléculas orgánicas: proteínas



Alimentos ricos en proteínas

GLOSARIO

Aminoácido. Sustancia química orgánica en cuya composición molecular entran un grupo amino y otro carboxilo. Son los componentes fundamentales de las proteínas.



Más de la mitad del peso seco de tu cuerpo está compuesto por proteínas. Estas biomoléculas orgánicas están formadas por carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y otros elementos.

Las proteínas

Están compuestas por largas cadenas conformadas por monómeros, denominados aminoácidos. Cada aminoácido posee un grupo amino ($-\text{NH}_2$) en un extremo y un grupo carboxílico ($-\text{COOH}$) en el otro. Estos grupos pueden formar enlaces que unen los aminoácidos, lo que permite la formación de largas cadenas. Estos enlaces son covalentes y se denominan enlaces peptídicos.

Todos los aminoácidos tienen una estructura química similar, pero se diferencian en una región de la molécula conocida como radical o grupo R.

Un dipéptido se forma por la unión de 2 aminoácidos mediante un enlace peptídico. Si se une un tercer aminoácido se forma un tripéptido, y así sucesivamente hasta formar un polipéptido. Cuando un polipéptido está compuesto por más de 50 moléculas de aminoácidos, se denomina proteína.

Si bien en la naturaleza existen muchos tipos de aminoácidos, los seres vivos solo utilizan 20 de ellos para formar todas las proteínas del organismo. Estos 20 aminoácidos se combinan para dar origen a proteínas que desempeñan funciones muy diversas. Se ha estimado que en el organismo humano se sintetizan alrededor de 500 000 proteínas diferentes.

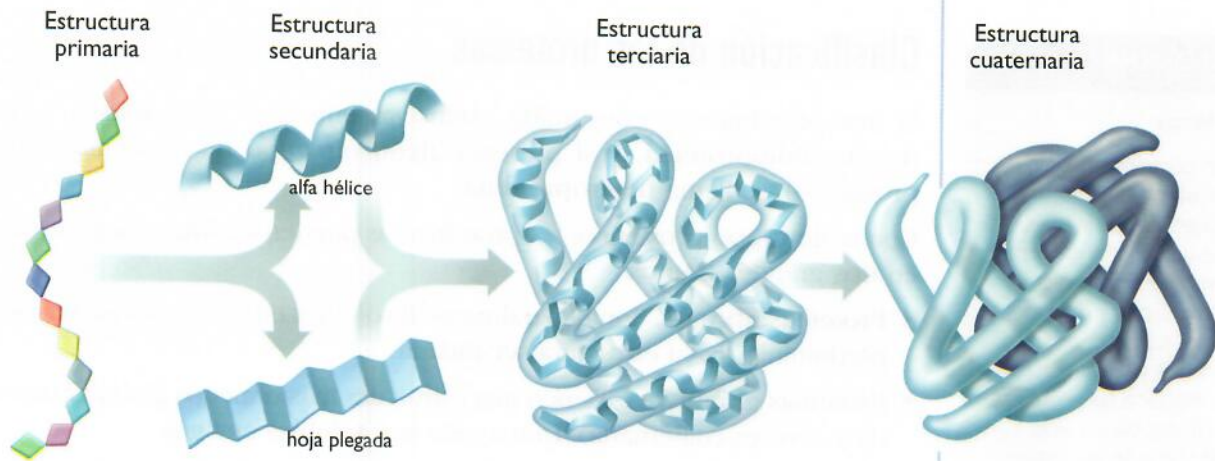
Como el ser humano no sintetiza naturalmente 10 de los 20 aminoácidos que requiere, es importante que los incorpore en la dieta.

Estructura de las proteínas

La organización de una proteína viene determinada por cuatro niveles estructurales: la **estructura primaria**, la **estructura secundaria**, la **estructura terciaria** y la **estructura cuaternaria**. Cada una de estas estructuras corresponde a la disposición de la anterior en el espacio.

- **Estructura primaria.** Es la secuencia lineal de aminoácidos en una cadena de polipéptidos. La sustitución de un solo aminoácido puede causar la pérdida de su función.
- **Estructura secundaria.** Es el enrollamiento de ciertas partes del polipéptido gracias a la formación de puentes de hidrógeno entre los grupos R de aminoácidos cercanos, dando origen a dos tipos de estructuras: alfa hélice (enrollamiento en espiral) y hoja plegada (disposición en zigzag).

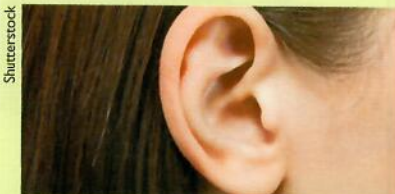
- **Estructura terciaria.** Se origina cuando la estructura secundaria adopta una disposición tridimensional debido a la atracción entre aminoácidos lejanos que forman parte de un alfa hélice u hoja plegada, haciendo que la molécula se enrolle sobre sí misma.
- **Estructura cuaternaria.** Ciertas proteínas están constituidas por una sola cadena polipeptídica, mientras que otras están compuestas de dos o más cadenas polipeptídicas químicamente unidas que dan lugar a la estructura cuaternaria. Solo algunas proteínas, como la hemoglobina, tienen esta configuración.



Funciones de las proteínas

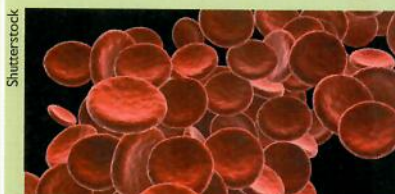
Las proteínas son moléculas muy diversas que llevan a cabo numerosas funciones, entre las que destacan las siguientes:

Estructural. Constituyen parte de la membrana celular; forman los cilios y flagelos, y sirven de soporte al ADN. Integran los tejidos cartilaginoso, conjuntivo y óseo (colágeno).



Cartilago de la oreja

Transporte. Algunas proteínas, como las permeasas, regulan el paso de moléculas a través de la membrana celular; otras, transportan sustancias, como la hemoglobina que transporta el oxígeno.



Los glóbulos rojos tienen hemoglobina.

Hormonal. Las hormonas son proteínas que llegan a determinadas células para acelerar el inicio de ciertas reacciones. Por ejemplo, la insulina producida por el páncreas estimula la degradación de la glucosa.



El páncreas regula la insulina en la sangre.

Contráctil. La flagelina conforma los flagelos bacterianos. La actina y la miosina provocan la contracción y la relajación de los músculos.



Bacteria con cilios y flagelo

Enzimática. Las enzimas son proteínas que participan en las reacciones bioquímicas. Aumentan la rapidez y disminuyen la cantidad de energía necesaria para la reacción.



La papaína de la papaya ablanda la carne.

Reserva. La ovoalbúmina de la clara de huevo, la caseína de la leche, la zeína del maíz y el gluten del trigo almacenan energía.



El trigo contiene gluten.

Las proteínas y sus tipos

PARA SABER MÁS

Priones

Son proteínas con la misma o casi la misma secuencia de aminoácidos que una proteína normal, pero que tienen una forma espacial distinta, es decir, un plegamiento anormal, y son capaces de inducir a las proteínas normales de la célula a adoptar la forma espacial del prion. Generalmente, los priones son proteínas de membrana de las neuronas, por lo que suelen provocar enfermedades neurodegenerativas.

Las proteínas están en todas partes. En el colágeno de la piel, la hemoglobina de la sangre, los anticuerpos del sistema inmune y las enzimas de las reacciones químicas celulares.

Clasificación de las proteínas

Si una proteína está constituida exclusivamente por aminoácidos, se denomina **holoproteína**, y si presenta algún otro tipo de molécula (grupo prostético), se llama **heteroproteína**.

Con o sin grupo prostético, las proteínas se pueden clasificar por su forma en dos grandes grupos:

- **Proteínas fibrosas.** Son generalmente insolubles en agua, elongadas y con predominio de su estructura secundaria.
- **Proteínas globulares.** Tienen una estructura más o menos globular (terciaria y a veces cuaternaria). La mayoría son solubles en agua.

Las holoproteínas

Algunos ejemplos de holoproteínas fibrosas son:

Colágenos

Responsables de la cohesión de tejidos y de órganos, e hidratación, resistencia, elasticidad y flexibilidad de los tejidos. Se encuentran en el tejido conjuntivo, cartilaginoso, tegumentario y óseo.



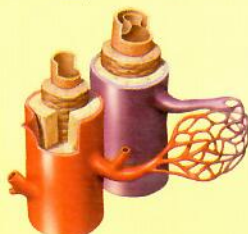
Miosinas

Responsables de la contracción de los músculos. Conforman la proteína más abundante del músculo esquelético, y entre el 60 y 70% del total de proteínas del cuerpo humano.



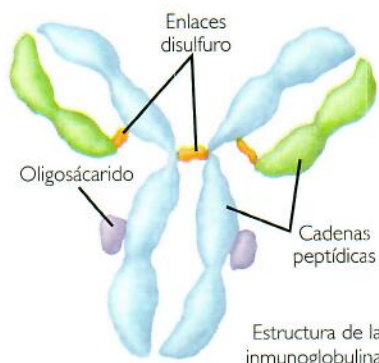
Elastinas

Confieren elasticidad a los tejidos y se encuentran en todos los vertebrados. Conforman tendones, vasos sanguíneos y órganos, como los pulmones o la dermis.



Queratinas

Fortalecen la piel, pelos y uñas. Se encuentran en las células de la epidermis y forman el cabello, las uñas, la lana, los cuernos, las pezuñas, las plumas, etc.



Algunos ejemplos de holoproteínas globulares son: gluteninas (maíz y trigo), albúmina (sangre y huevo) y las inmunoglobulinas.

Las heteroproteínas

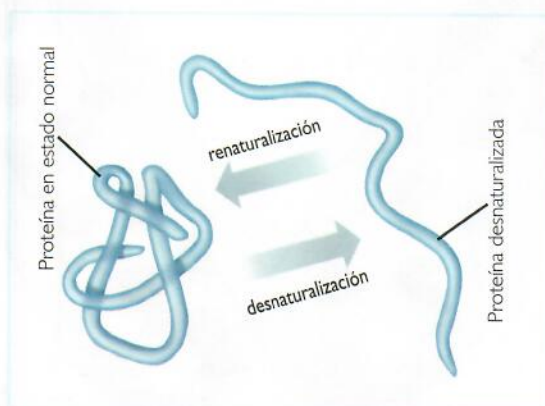
Tienen un grupo prostético fuertemente unido, que es indispensable para su función. Existen varios tipos de grupos prostéticos, como por ejemplo los que se encuentran en:

- **Cromoproteínas.** Su grupo prostético es una sustancia con color, por lo que también se denominan a estas proteínas como **pigmentos**. Según la naturaleza del grupo prostético se dividen en los siguientes pigmentos:
 - **Pigmentos porfirínicos.** Tienen como grupo prostético una porfirina. Pertenecen a este grupo la hemoglobina, encargada de transportar el oxígeno en la sangre, y la mioglobina, que ejerce la misma función en los músculos.
 - **Pigmentos no porfirínicos.** Son los pigmentos que tienen un grupo prostético diferente a la porfirina. Por ejemplo, la hemocianina, pigmento respiratorio de crustáceos y moluscos, y la hemeritina en bivalvos y anélidos marinos. También la rodopsina, característica de las células de la retina.
- **Glucoproteínas.** Su grupo prostético es un **glúcido** y realizan gran variedad de funciones. Pertenecen a este grupo la hormona estimulante del folículo (FSH) y la hormona luteinizante (LH); proteoglucanos del líquido sinovial de los tendones, huesos y cartílagos; glucoproteínas sanguíneas, como la protrombina, etc.
- **Lipoproteínas.** Tienen **ácidos grasos** como grupo prostético. Transportan lípidos insolubles, como el colesterol y los triglicéridos entre el intestino, el hígado y los tejidos adiposos.
- **Fosfoproteínas.** Presentan como grupo prostético el **ácido fosfórico**. Pertenecen a este grupo la caseína de la leche y la vitelina de la yema de huevo.
- **Nucleoproteínas.** Tienen un **ácido nucleico** como grupo prostético. Por ejemplo, las asociaciones de histonas con las moléculas de ADN que forman la cromatina del núcleo celular.

Propiedades de las proteínas

Dependen de sus grupos R libres y de la capacidad que estos tengan de reaccionar con otras moléculas. Las principales son las siguientes:

- **Solubilidad.** Se debe a la elevada proporción de aminoácidos con grupos R polares, es decir, sustancias que establecen puentes de hidrógeno con las moléculas de agua.
- **Desnaturalización.** Es la pérdida de la estructura secundaria, terciaria o cuaternaria, como consecuencia de la ruptura de las uniones o enlaces que la mantienen. Esta ruptura puede deberse a cambios de pH, variaciones de temperatura o por simple agitación molecular.



SABÍAS QUE...

De sangre azul

La hemocianina es un pigmento azulado porque lleva cobre. Se encuentra en la hemolinfa de crustáceos y moluscos.



Heinz Plenge

EN LA BIBLIOTECA

Para conocer más sobre las proteínas, consulta el libro Enciclopedia de las Ciencias Naturales (págs. 84-85) de la biblioteca del Ministerio de Educación (MINEDU).

GLOSARIO

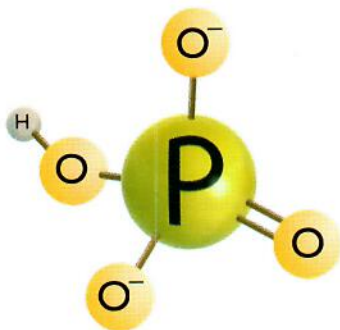
Perfinina. Molécula constituyente de sustancias de interés biológico, como hemoglobinas o clorofilas.

SABÍAS QUE...

Desnaturalización de la leche y del huevo

La leche cortada se debe a la desnaturalización de la caseína. La precipitación de la clara del huevo se produce por la desnaturalización de la ovoalbúmina debido al efecto del calor.

Biomoléculas orgánicas: ácidos nucleicos



Grupo fosfato

Los ácidos nucleicos son biomoléculas orgánicas de carácter ácido que se descubrieron en el interior del núcleo de las células eucariotas.

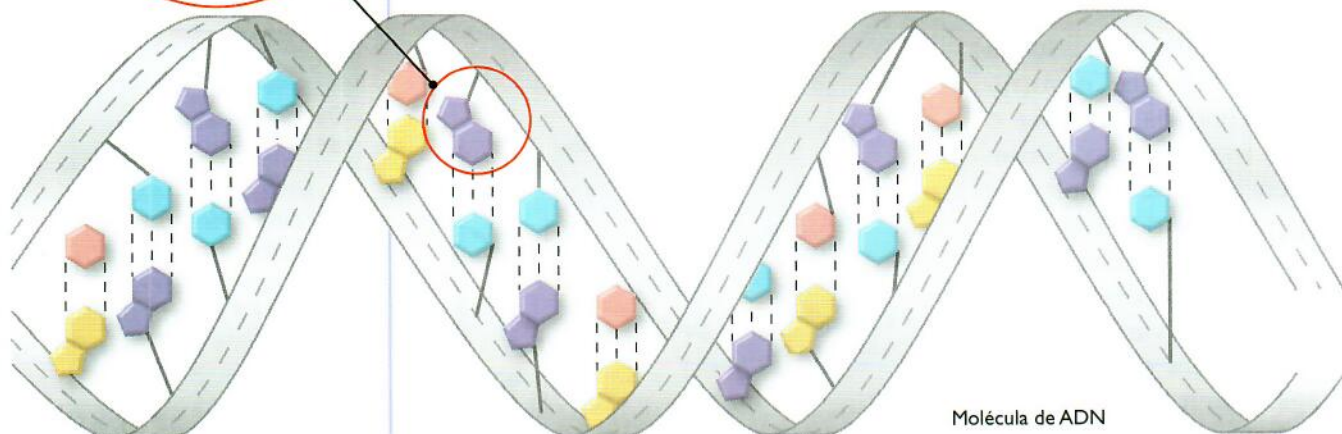
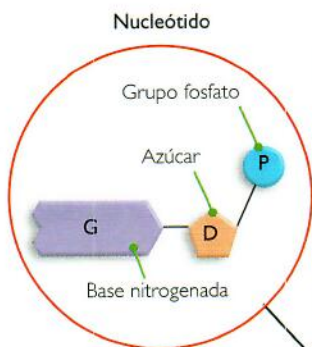
Los ácidos nucleicos

Están compuestos por carbono, hidrógeno, oxígeno y fósforo. Hay dos tipos de ácidos nucleicos: el ácido desoxirribonucleico, conocido por las siglas ADN, y el ácido ribonucleico, representado por las siglas ARN. Estos nombres se relacionan con el monosacárido presente en sus moléculas (desoxirribosa y ribosa, respectivamente).

Composición química

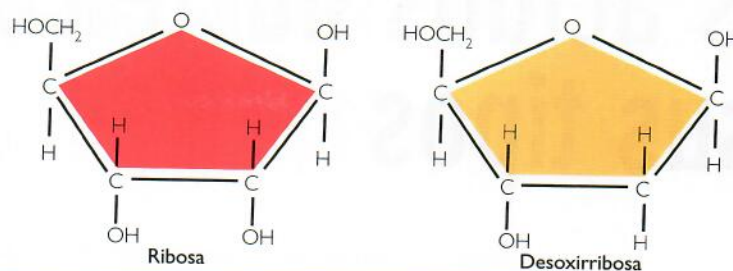
Los ácidos nucleicos son polímeros formados por la unión de **nucleótidos**, los cuales son las unidades sencillas que se van repitiendo a lo largo de una cadena. Cada una de estas unidades está constituida por la siguiente asociación: un grupo fosfato, un azúcar simple y una base nitrogenada.

- **Grupo fosfato.** Se encuentra en los nucleótidos en forma de ion fosfato.
- **Azúcar simple.** Puede ser de dos tipos: la **ribosa**, que es la que se encuentra en los nucleótidos del ácido ribonucleico (ARN), o la **2-desoxirribosa**, que forma parte del ácido desoxirribonucleico (ADN). En ningún caso se encuentran los dos tipos de pentosas en la misma cadena.
- **Base nitrogenada.** Según su estructura existen dos tipos de bases:
 - **Púricas.** Derivan de una molécula de purina y son la **adenina** (A) y la **guanina** (G).
 - **Pirimidínicas.** Derivan de una molécula de pirimidina y son la **citosa** (C), la **timina** (T), que es exclusiva del ADN, y el **uracilo** (U), que es exclusivo del ARN.

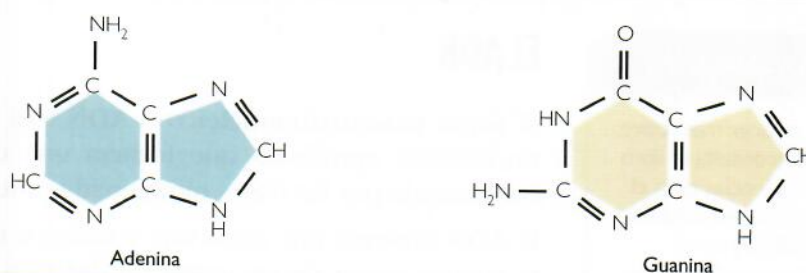


Molécula de ADN

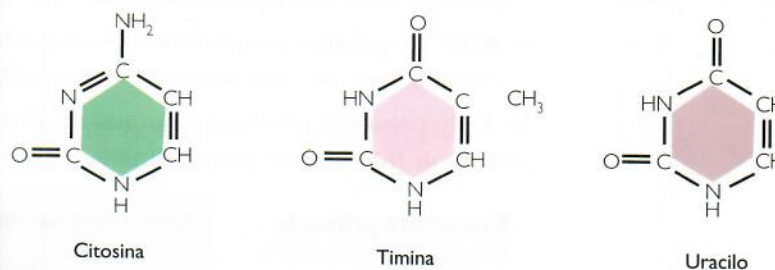
Pentosas



Bases nitrogenadas púricas

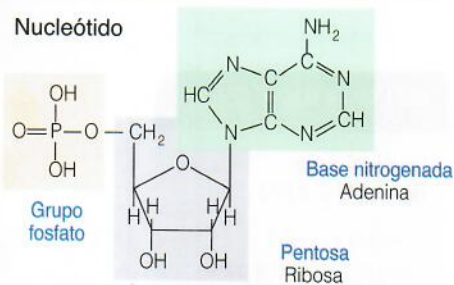


Bases nitrogenadas pirimídicas



Los nucleótidos

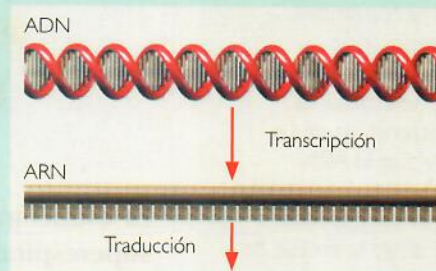
Los tres componentes de los ácidos nucleicos se organizan de modo que forman un trío molecular denominado nucleótido. Este está constituido por una pentosa unida a un grupo fosfato y a una base nitrogenada.



PARA SABER MÁS

Función de los ácidos nucleicos

El ADN es portador de la información genética que se transmite de los progenitores a la descendencia. Las moléculas de ARN intervienen en la síntesis de las proteínas, proceso por el cual se expresa la información genética contenida en el ADN. Dicho proceso consta de dos etapas: la transcripción de la molécula de ADN en ARN y la traducción del ARN en proteínas. Así se fabrican las características y funciones dentro del organismo.



Los ácidos nucleicos y sus tipos

EN LA BIBLIOTECA

Para conocer más sobre el ADN consulta el libro *Nexus, Ciencias para el mundo contemporáneo* (págs. 88-89) de la biblioteca del Ministerio de Educación (MINEDU).

PARA SABER MÁS

Importancia del ADN y ARN

El ADN es una molécula esencial para la vida, porque en su secuencia se almacena la información genética que se transmitirá de generación en generación y que determina las características de un individuo. El ARN también es fundamental, pues es la molécula que dirige la síntesis de proteínas.

Hay dos tipos de ácidos nucleicos: el ácido desoxirribonucleico (ADN) y el ácido ribonucleico (ARN). El ADN contiene la información genética, que tiene codificadas todas las características que posee un ser vivo.

EL ADN

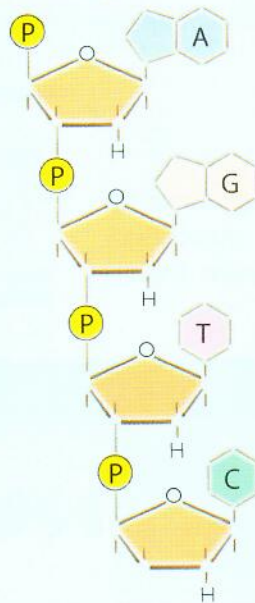
El ácido desoxirribonucleico o ADN está constituido por dos cadenas de nucleótidos enrolladas que forman una doble hélice. Cada cadena está conformada por las bases nitrogenadas adenina, guanina, citosina y timina.

El ADN presenta una estructura común en todas las células. Según el modelo celular, se puede encontrar en distintos lugares de la célula y presentar distintas características:

- **ADN de células eucariotas.** Se encuentra principalmente en el núcleo, pero también en las mitocondrias y en los cloroplastos.
- **ADN de células procariotas.** Forma una condensación denominada nucleóide, que no está delimitado por ninguna membrana envolvente.

El ADN presenta diferentes rangos de complejidad estructural y se pueden distinguir tres niveles estructurales:

Estructura primaria o secuencia de nucleótidos.



Estructura secundaria o doble hélice.



Estructura terciaria o ADN superenrollado, que surge de la torsión de la doble hélice sobre sí misma.



La estructura terciaria del ADN puede condensarse más hasta llegar a una **superespiralización** cuando se inicia la mitosis, momento en el que la fibra de cromatina se compacta para formar los **cromosomas**.

EL ARN

El ácido ribonucleico o ARN está constituido por nucleótidos de ribosa y cuatro de las bases nitrogenadas: adenina, guanina, citosina y uracilo. No hay timina, como en el ADN. Estos ribonucleótidos se unen entre sí mediante enlaces fosfodiéster (dos enlaces éster seguidos).

El ARN es casi siempre **monocatenario**, excepto en algunos casos como en los retrovirus en que es **bicatenario**. Se encuentra en muchos tipos de virus y en las células procariotas y eucariotas. En estas últimas hay de 5 a 10 veces más ARN que ADN.

Existen varios ARN diferentes, con la misma composición química, pero que presentan distinta estructura y función.

PARA SABER MÁS

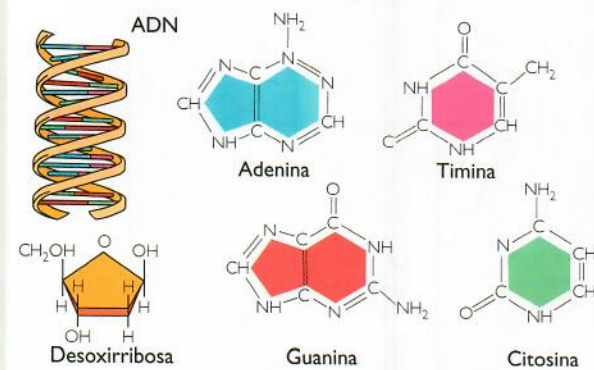
El ARNi

El ARN de interferencia suprime la expresión de genes específicos. Fue descubierto en 1998 y se usa para el tratamiento de infecciones víricas, cáncer y enfermedades hereditarias.

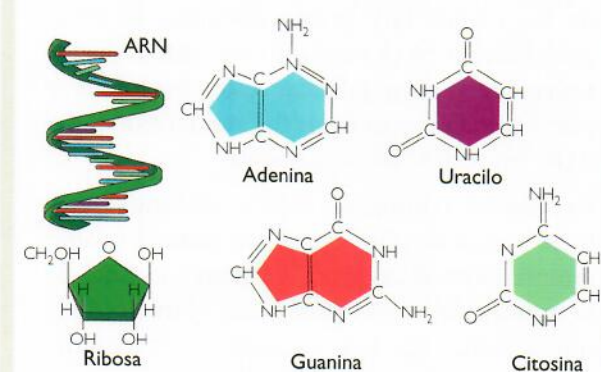
TIPOS DE ARN		
ARN mensajero (ARNm)	ARN ribosómico (ARNr)	ARN de transferencia (ARNt)
		
Copia la información del ADN nuclear y la transporta hasta los ribosomas.	Se asocia a proteínas y forma los ribosomas, donde se sintetizan las proteínas.	Se une a aminoácidos y los transporta hasta el ribosoma para formar las proteínas.

También se conoce el **ARN nucleolar (ARNn)**, el **ARN pequeño nuclear (ARNpn)** y el **ARN de interferencia (ARNi)**.

ADN. Posee una pentosa, la desoxirribosa, y como bases nitrogenadas la adenina, la guanina, la citosina y la timina).

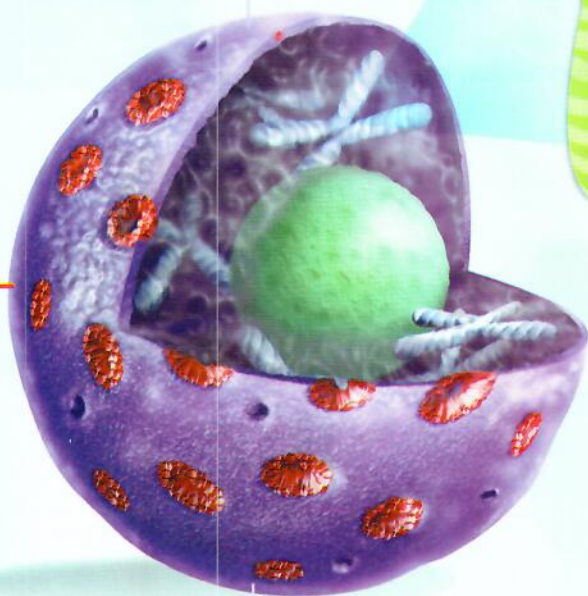


ARN. Posee una pentosa, la ribosa, y como bases nitrogenadas la adenina, la guanina, la citosina y el uracilo.





La importancia del ADN



Cromosomas

El número de genes que existe en cada célula humana no se conoce con precisión, aunque se estima que oscila entre 30 000 y 120 000. Todos ellos, junto con el material genético no codificante, se distribuyen en especies de "cápsulas" llamadas cromosomas. Cada ser humano cuenta con 23 pares de cromosomas, provenientes del padre y de la madre.

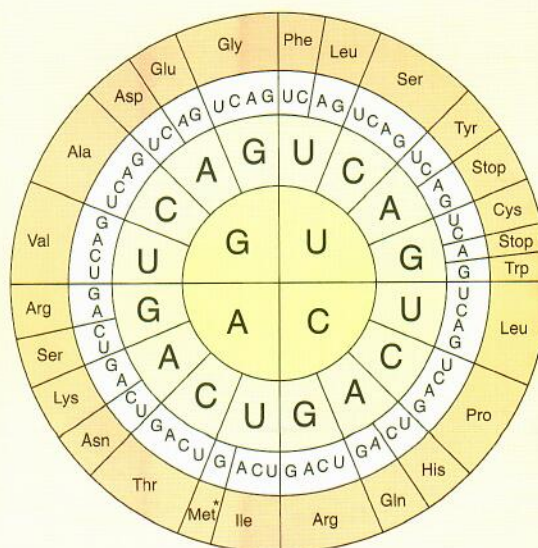
Núcleo celular

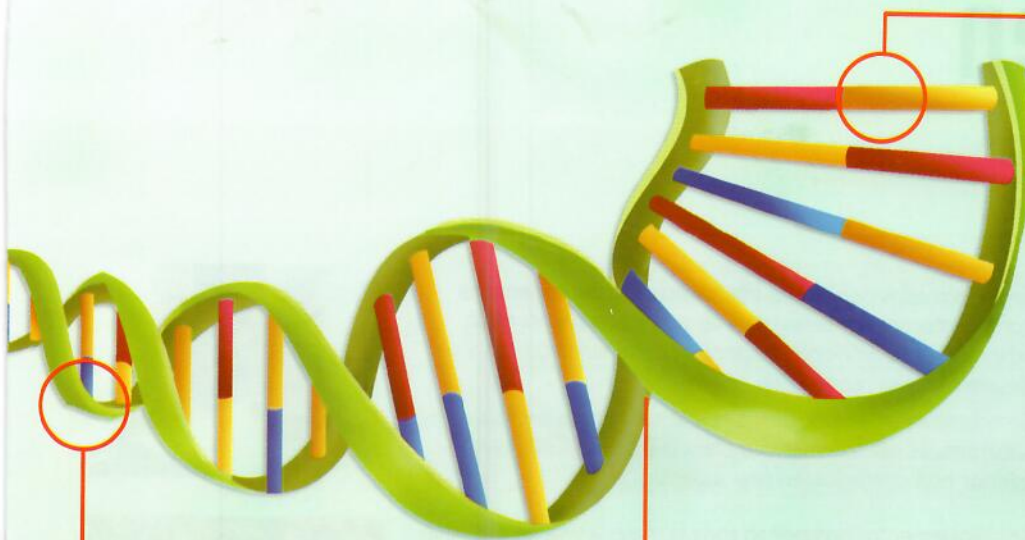
El cuerpo humano está integrado por un total de 100 billones (millón de millones) de células. Cada una con un núcleo de 46 cromosomas (excepto en las células reproductoras, que tienen la mitad). De esta forma, la mayoría de las células contiene toda la información para crear un ser humano.

El código genético

Las células están formadas básicamente por proteínas, que son cadenas de aminoácidos, de las cuales hay veinte distintas. El código genético es el conjunto de instrucciones universales para fabricar esas proteínas a partir de la secuencia de nucleótidos del ADN en todos los organismos.

Existen 64 combinaciones o codones posibles. Varios de ellos codifican para el mismo aminoácido. El codón UAA marca el final de la traducción y el codón AUG, el inicio de la traducción. Una vez iniciada la traducción, el AUG codifica para la metionina.





Cuatro bases

Todo el código genético se transcribe con tan solo cuatro letras químicas o bases: la adenina (A), que hace par con la timina (T), y la citosina (C), que hace par con la guanina (G). El genoma humano tiene entre 2,8 y 3,5 millones de pares de bases.

Genes

Solo el 3% del genoma humano está compuesto por genes; el resto es material no codificante con funciones que no se terminan de conocer. Los genes son secuencias especiales de cientos o miles de pares de bases que constituyen la matriz para la fabricación de todas las proteínas que el cuerpo necesita, y determinan las características hereditarias de la célula u organismo.

Doble hélice de ADN

Los pares de bases A-T y C-G constituyen los escalones de la espiral de ADN, elemento básico de todo ser vivo conocido. Al recorrer "de arriba abajo" la doble hélice, se puede "leer" el código de la vida. De ser posible desarrollar el ADN de una célula humana, mediría 2 metros.

Aplicaciones del ADN

El conocimiento de la biomolécula de ADN, puede ser aplicado en muchísimas actividades de interés para la ciencia y la sociedad, tales como:

- Diagnóstico de enfermedades con microchips de ADN. En el microchip se encuentra una hebra de ADN que se une con la muestra de ADN a diagnosticar. Si las dos hebras se juntan perfectamente se emite una luz fluorescente; pero si el ADN contiene genes alterados, la luz no se emite, como en las células cancerosas.
- Mejoramiento genético de cultivos y animales. Las técnicas de manipulación de ADN en las plantas y en los animales consiguen mejorar la calidad del producto.
- Identificación de personas. Las huellas genéticas permiten identificar personas y determinar los vínculos genéticos, mediante el análisis de las bandas de ADN. Esto sirve en la resolución de crímenes o de conflictos familiares.

EN LA WEB

<http://www.biologia.edu.ar/adn/index.htm>

Página de la Universidad Nacional del Nordeste de Argentina donde podrás ampliar información sobre el ADN y la síntesis de proteínas.

Resumen

Ideas principales

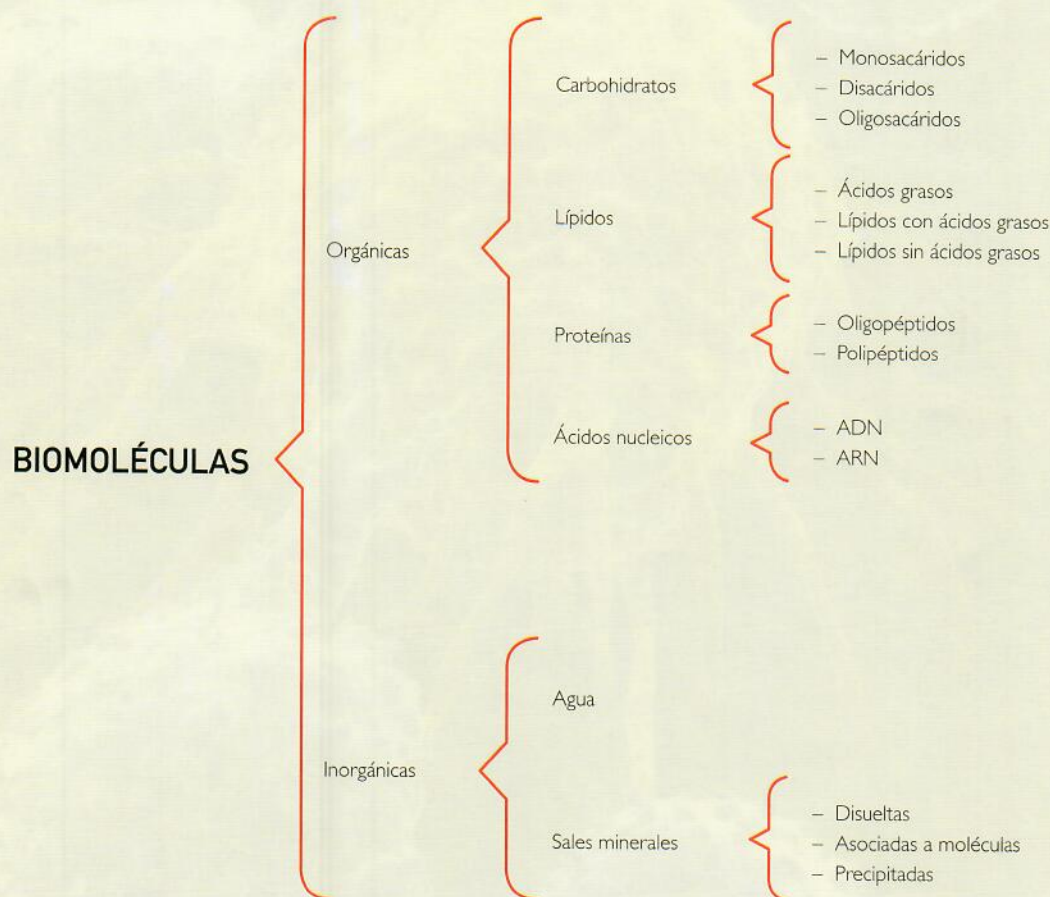
Bioelementos y biomoléculas

Seres vivos	- Están formados por células, intercambian materia y energía con el entorno, mantienen estable su medio interno, están adaptados a su ambiente, responden a estímulos, crecen y se desarrollan, y se reproducen. - Se organizan en niveles, desde el más sencillo, las partículas subatómicas, hasta el más complejo, la biósfera. Cada nivel inferior está contenido en uno superior:
Bioelementos	- Los bioelementos componen toda la materia viva. Se clasifican en primarios, secundarios y oligoelementos. - Los bioelementos primarios son indispensables para la formación de moléculas. Estos son: C, H, O, N, S, P. - Los bioelementos secundarios son de dos tipos indispensables (necesarios en la célula) y variables (ausentes en algunos organismos). - Los oligoelementos son indispensables para el funcionamiento de la célula. Se encuentran en pequeñas proporciones.
Biomoléculas inorgánicas	- El agua es la molécula más abundante. Forma puentes de hidrógeno entre sus moléculas. - Las sales minerales se disuelven fácilmente en agua. Se encuentran como sales minerales precipitadas, disueltas o asociadas a moléculas.
Biomoléculas orgánicas	- Carbohidratos o glúcidos. Funciones: energética, estructural, especificidad (membrana plasmática), principio activo en plantas, entre otras. Clasificación: monosacáridos, oligosacáridos y polisacáridos. - Lípidos. Son insolubles en agua y algunos disolventes polares, pero solubles en disolventes orgánicos. Funciones: reserva energética, estructural, protectora, biocatalizadora y transportadora. Clasificación: ácidos grasos (saturados e insaturados), lípidos con ácidos grasos o saponificables (simples y complejos), lípidos sin ácidos grasos o insaponificables. Fosfolípidos: conforman la membrana plasmática. - Proteínas. Formadas por cadenas de aminoácidos. Funciones: estructural, transporte, hormonal, contráctil, enzimática y reserva. Si pierden su estructura, pierden la función. Clasificación: proteínas fibrosas y globulares, holoproteínas y heteroproteínas. - Ácidos nucleicos. Formados por la unión de nucleótidos (grupo fosfato+azúcar simple+base nitrogenada). - ADN. Azúcar: desoxirribosa. Bases nitrogenadas: adenina, guanina, timina y citosina. Contiene la información genética del organismo. - ARN. Azúcar: ribosa. Bases nitrogenadas: adenina, guanina, citosina y uracilo. Son de tres tipos: ARNn, ARNpn y ARNi. Participan en la síntesis de proteínas.



Shutterstock

Organizador visual: cuadro sinóptico



Opciones de consulta

Para reforzar

En este sitio web encontrarás información acerca de los bioelementos y las biomoléculas que reforzarán lo aprendido.

- http://www.juntadeandalucia.es/avemoes/manuales/materiales_tic/biomoleculas/mapa_conceptual.swf

Con este libro de la biblioteca del Ministerio de Educación, podrás complementar tus conocimientos sobre el tema desarrollado en esta unidad.

- Gispert, C., Miller, G., Gay, J., Vidal, J. (Eds.). (2003). *Enciclopedia didáctica de las Ciencias Naturales*. Barcelona, España: Océano.

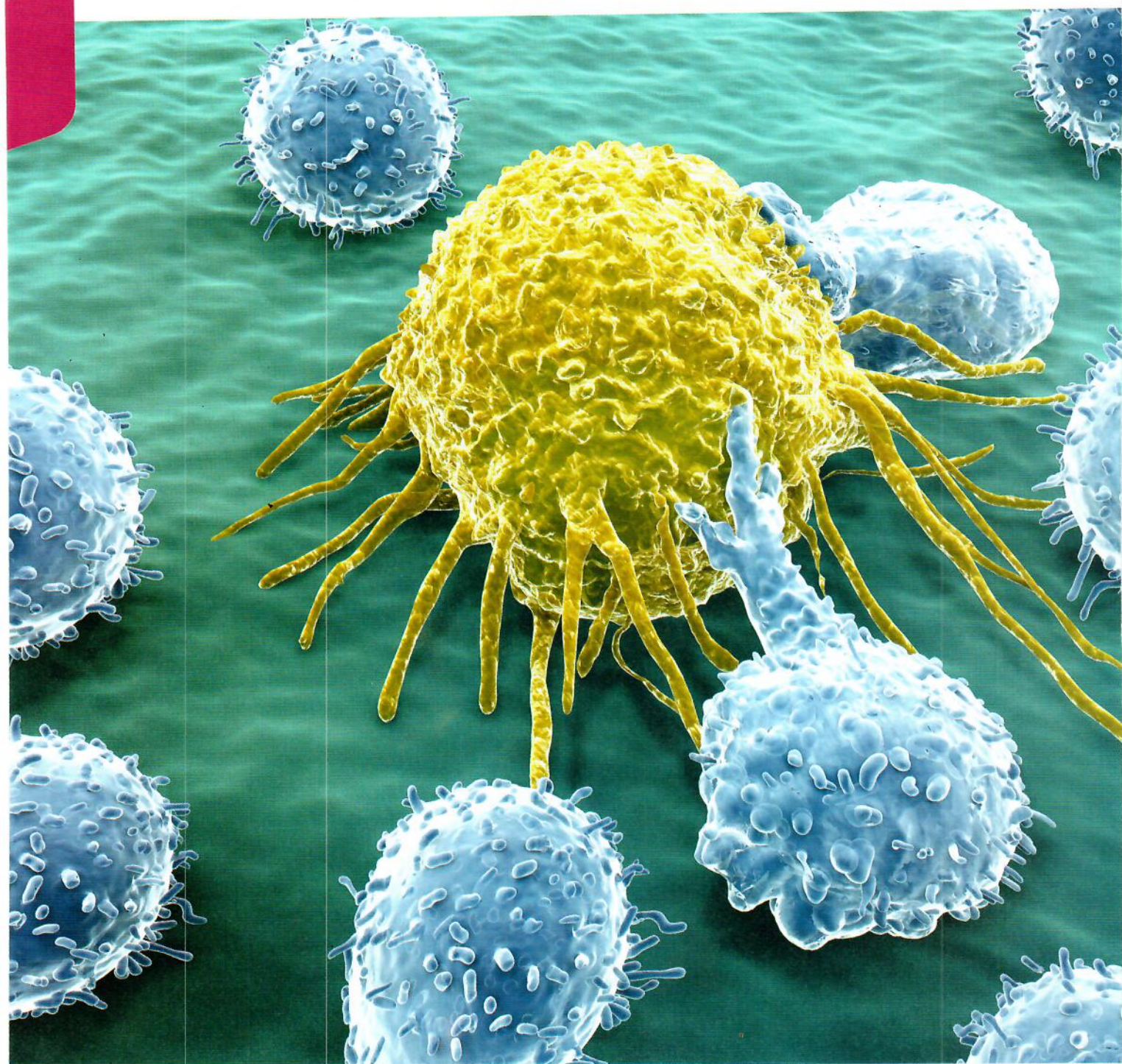
Para ampliar

George Miller (Dir., 1992), *El aceite de Lorenzo*, Estados Unidos.

- <http://gloria.tv/media/HrMPLu8Kjw9>

Película basada en un caso real. Lorenzo, un niño de 5 años, se enferma de una extraña enfermedad llamada adrenoleucodistrofia (ADL), y los médicos le dan un año de esperanza de vida.

Los padres se niegan a aceptar el diagnóstico y se abocan en una lucha contra el tiempo y la medicina tradicional para encontrar una cura para la enfermedad que afecta a Lorenzo.



Célula cancerosa
siendo atacada por
glóbulos blancos

IDEAS CLAVE

- La teoría celular
- La célula
- Tipos de células: procariotas y eucariotas
- Forma y tamaño de las células
- Los organelos citoplasmáticos
- La membrana celular
- Las células animales
- Las células vegetales
- Los tejidos vegetales
- Los tejidos animales
- Las funciones vitales de la célula

2

La célula

LEEMOS

Los secretos de la célula

En 1951, a la señora Henrietta Lacks se le diagnosticó un tumor en el cuello del útero. Para obtener un diagnóstico concluyente, los médicos le realizaron una biopsia y enviaron las muestras para su análisis. El doctor George Otto Gey, quien en ese momento intentaba hallar una cura para el cáncer, también recibió una pequeña muestra. Sus trabajos se centraban en la posibilidad de hacer crecer células humanas en el laboratorio. Hasta ese momento se había visto que una célula humana normal, en un medio de cultivo adecuado, se dividía unas 50 veces y posteriormente moría. Cuando Gey analizó la muestra celular de la señora Lacks, se quedó sorprendido al observar que sus células crecían y se dividían continuamente en el interior de una probeta. Descubrió así una línea celular inmortal.

Henrietta falleció en octubre del año 1951, después de luchar contra la enfermedad. Ese mismo día, el doctor Gey, sin permiso de Henrietta ni de su familia, mostró a los medios de comunicación su maravilloso avance en la investigación contra el cáncer, llamando por primera vez a esas células HeLa. Desde entonces, las células HeLa han continuado dividiéndose y se han estudiado en laboratorios de todo el mundo. Gracias a ellas, se han llevado a cabo miles de investigaciones y se han conseguido grandes adelantos científicos en la lucha contra el cáncer.

¿Cómo funcionan las células? ¿Todas las células de los organismos son iguales? ¿Qué crees que podría haber fallado en las células de Henrietta Lacks? ¿Podrían las células ser utilizadas en el tratamiento de enfermedades? ¿Es correcto usar nuestras células humanas sin autorización de la persona o su familia?

LO QUE DEBEMOS APRENDER

Al finalizar esta unidad, lograrás comprender los conocimientos científicos sobre la célula como unidad mínima de vida, tipos, formas y organelos más importantes. Asimismo, podrás aplicar tus conocimientos sobre organización celular en la resolución de problemas actuales, relacionados con la ética y la biotecnología, que requieran una argumentación sólida y tomar una posición crítica al respecto.



Introducción a la unidad

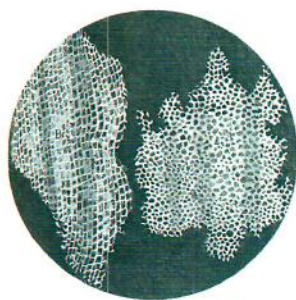
Todos los seres vivos estamos formados por una unidad estructural y funcional llamada célula, la cual está conformada por estructuras especializadas, como los organelos y la membrana plasmática, y funciones específicas. Cualquier falla en estas estructuras puede ocasionar alteraciones en los tejidos, en los órganos y en los sistemas de los cuales forman parte. Cuando se observaron por

primera vez las células, nadie podía sospechar lo que esto significaría para la humanidad. El descubrimiento de las células ha sido uno de los hechos más influyentes en el avance científico y tecnológico de nuestro tiempo, el cual se aplica en infinitad de campos como la agricultura, la medicina, la nutrición y la conservación de alimentos.

La célula al microscopio

Todos los seres vivos estamos conformados por células. La gran mayoría no son visibles a simple vista, por lo que su descubrimiento y su estudio han dependido del desarrollo de las técnicas de observación.

Descubrimiento de la célula

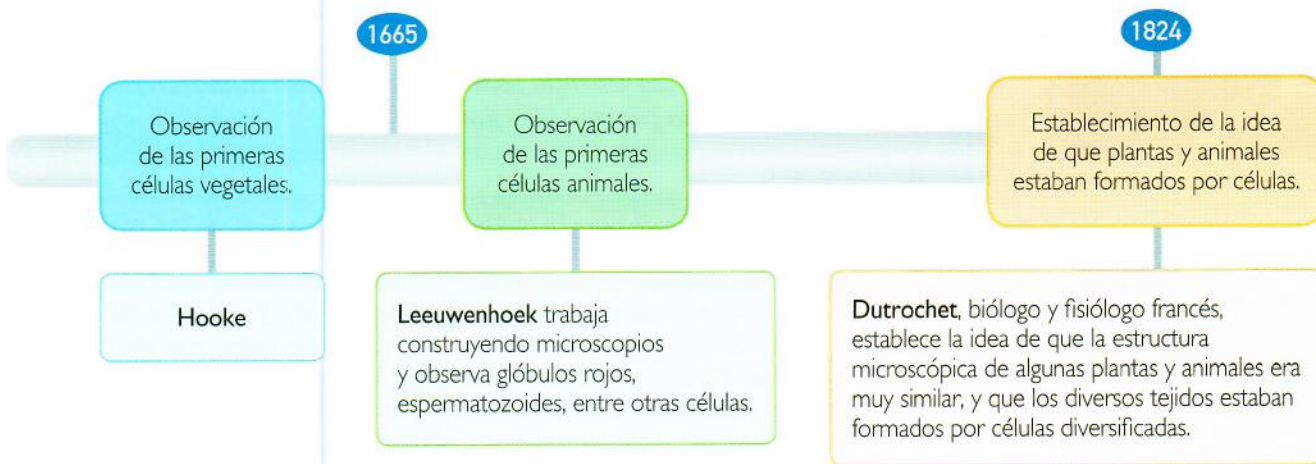


Representación, realizada por Robert Hooke, de las celdillas que observó al microscopio en un corte de corcho

Robert Hooke describió sus observaciones al microscopio de 50 aumentos, construido por él mismo. En su obra *Micrographia*, en el año 1665, describió que los tejidos vegetales estaban constituidos por pequeñas celdas, a las que denominó **células**. Su contemporáneo, Anton van Leeuwenhoek, construyó microscopios de 200 aumentos. Pudo ver por primera vez protozoarios, levaduras, espermatozoides, glóbulos rojos e, incluso, bacterias.

En el siglo XIX, gracias al perfeccionamiento de los microscopios, se pudo estudiar las células con más detalle. En 1831, Robert Brown descubrió en las células vegetales, un corpúsculo al que denominó **núcleo**.

En 1839, el zoólogo Theodor Schwann estableció el paralelismo entre los tejidos animales y los vegetales. También estudió que la célula presentaba un funcionamiento particular, al que denominó **metabolismo** celular.



La teoría celular

Con el desarrollo de la microscopía, los avances en el descubrimiento de las estructuras celulares comenzaron a producirse paralelamente, generándose así los postulados de la teoría celular.

Basándose en estudios sobre la estructura microscópica de la materia viva, dos científicos alemanes, Matthias Jakob Schleiden (1804-1881) y Theodor Schwann (1810-1882), lanzaron la idea de que todos los seres vivos están formados por células. La afirmación anterior fue la base de la teoría celular, que se desarrolló en los años siguientes.

Importantes biólogos de la época, como el fisiólogo francés Claude Bernard (1813-1878) y el patólogo alemán Rudolph Virchow (1821-1902), apoyaron desde el inicio las ideas de Schleiden y Schwann, lo que facilitó su aceptación por parte de la comunidad científica.

Postulados de la teoría celular

A partir de los postulados enunciados por el botánico Matthias Jakob Schleiden, en 1838, y el zoólogo Theodor Schwann, en 1839, se inició el desarrollo de la llamada teoría celular, con los siguientes principios:

1. La célula es la unidad morfológica o estructural de todos los seres vivos, es decir, todos los seres vivos están constituidos por una o más células.
2. La célula es la unidad fisiológica o funcional de los organismos. La célula, como unidad, es capaz de realizar todos los procesos metabólicos necesarios para permanecer con vida.
3. La célula es la estructura de origen y de herencia de los seres vivos, es decir, toda célula proviene, por división, de otra célula y solo pueden surgir a partir de otras ya existentes.

A partir de lo anterior, se pueden afirmar los siguientes hechos que complementan la teoría celular:

- Las células son similares en cuanto a su composición química.
- La actividad de un organismo depende de la actividad total de sus células.
- Las células contienen información hereditaria que se transmite a las células hijas.



A partir de sus observaciones, Schleiden y Schwann propusieron una base celular para toda forma de vida.



PARA REFLEXIONAR

Llegada del microscopio electrónico

El perfeccionamiento del microscopio electrónico, en 1952, permitió que fuera utilizado en microbiología, lo que significó una auténtica revolución en la citología. Permitió establecer la estructura interna de los organelos celulares y también la estructura de la membrana celular.

- Reflexiona sobre la importancia de este avance tecnológico y su repercusión en la biología y la medicina.

1838

Establecimiento del primer y segundo postulado de la teoría celular.

Matthias Schleiden y Theodor Schwann, científicos alemanes, basándose en estudios previos, proponen la idea de que todos los seres vivos están formados por células. Esta propuesta inicial, complementada por nuevos descubrimientos, pasó a constituir los **dos primeros postulados** de la teoría celular.

1855

Establecimiento del tercer postulado de la teoría celular.

Rudolf Virchow, médico patólogo alemán, luego de estudiar el origen de diversas enfermedades, propone que estas se debían, en primera instancia, al mal funcionamiento de las células. Postula también que las células provienen de una preexistente, contribuyendo así al **tercer postulado** de la teoría celular.



Morfología celular

SABÍAS QUE...

La forma de las células

Es muy variada, pueden ser cilíndricas, esféricas, estrelladas, de disco, etc. Siempre tienen volumen, solo unas pocas son planas. En el ser humano se cree que hay más de 100 billones de células. Sin embargo, no todas poseen la misma forma. Se calcula que existen hasta 250 tipos de células diferentes en el cuerpo humano.

Salvo contadas excepciones, las células son diminutas. Su forma es muy variada: unas son esféricas; algunas, prismáticas; y otras tienen forma cilíndrica.

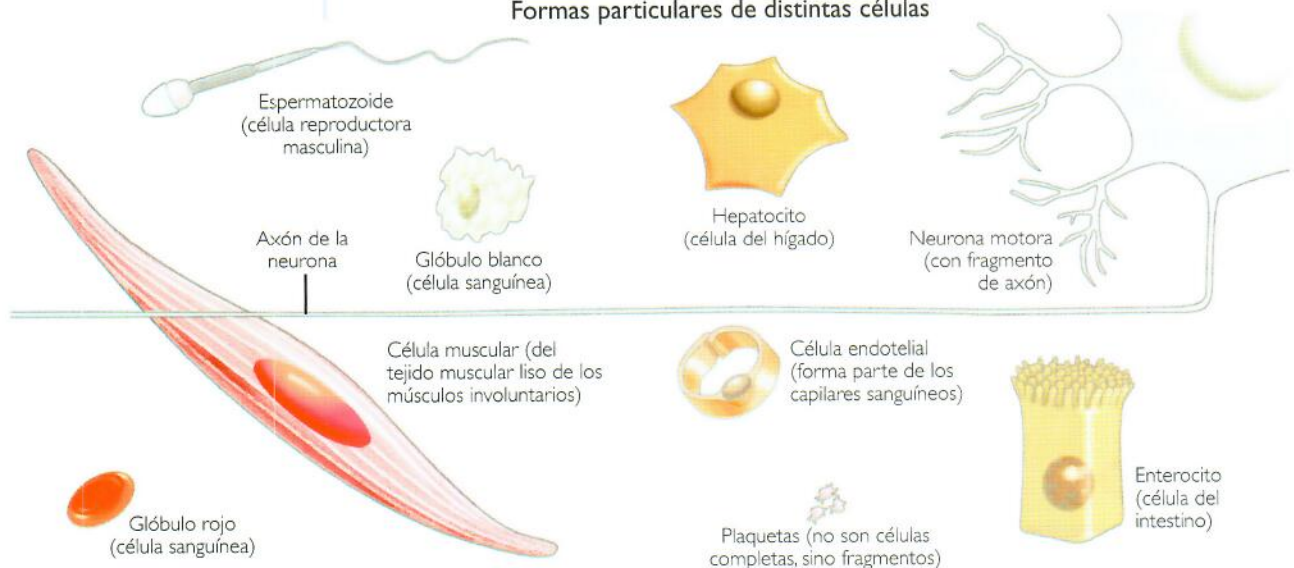
Formas de las células

La célula está constituida por tres elementos básicos: membrana plasmática, citoplasma y material genético (ADN).

Las células presentan una gran variedad de formas que dependen de la estirpe celular a la que pertenezcan, de su edad y de su momento funcional. También están condicionadas por su situación, es decir, si se encuentran libres o en tejidos. Algunas no presentan una forma fija, por ejemplo, las amebas y los leucocitos, cuya membrana plasmática es fácilmente deformable y están constantemente cambiando de forma al emitir prolongaciones citoplasmáticas (pseudópodos) para desplazarse y para fagocitar partículas.

Los osteocitos del tejido óseo y las células provistas de pared de secreción rígida, por ejemplo, las bacterias y la mayor parte de las células vegetales presentan una forma muy estable.

Formas particulares de distintas células

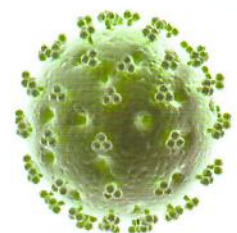


PARA SABER MÁS

Los virus, el límite de la vida

Los virus no son células, puesto que no tienen estructura celular; es decir, carecen de un citoplasma con un conjunto de enzimas capaces de realizar el metabolismo, pero sí son capaces de reproducirse, aunque precisan invadir una célula viva para conseguirlo.

Los virus presentan una estructura muy sencilla y no pertenecen al nivel celular sino a un nivel de organización más sencillo, al nivel macromolecular.



Shutterstock

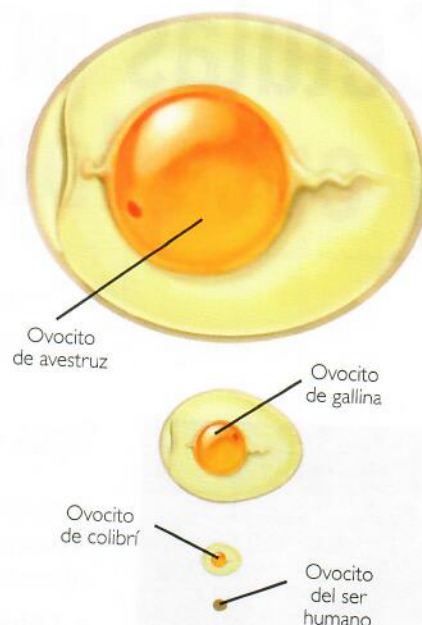
© Santillana S.A.

Tamaños de las células

El tamaño de las células es extremadamente variable. Pueden ser muy pequeñas, como las bacterias, o más grandes, con más de un metro de longitud, como las células nerviosas de algunos pulpos y calamares. Las bacterias suelen medir entre 1 y 2 μm de longitud, y la mayoría de las células humanas, entre 5 y 20 μm ; por ejemplo, los glóbulos rojos miden 7 μm de diámetro y las células del hígado alrededor de 20 μm de diámetro.

Los espermatozoides miden 53 μm de longitud. Aunque las células con mayor longitud son las neuronas, cuyas prolongaciones axonales pueden alcanzar hasta varios metros de longitud, como en el caso de los cetáceos.

El gameto (célula reproductiva) más grande conocido hasta hoy es el ovocito de avestruz. El extraordinario tamaño del huevo se debe a la gran acumulación de sustancias nutritivas en el vitelo (clara), como elementos de reserva.



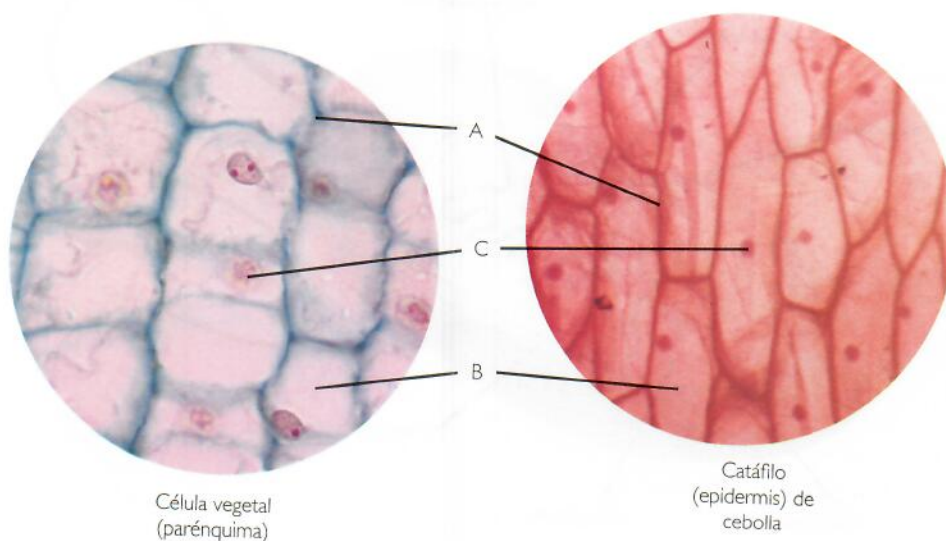
Ovocito de avestruz. El gameto más grande conocido mide 7 centímetros de diámetro. Es unas tres veces mayor que el de gallina, unas 13 veces mayor que el del colibrí y unas 40 veces mayor que el ovocito humano.

Estructura de las células

Las células son estructuras complejas que constituyen el mínimo nivel de vida. Los seres vivos pueden ser unicelulares, si están formados por una sola célula, como una bacteria o una ameba; o pluricelulares, si están formados por muchas células como una hormiga o un árbol, constituidos por millones de células.

A continuación, observa las estructuras que presentan en común todos los tipos celulares.

- Tienen una **membrana plasmática** que aísla el contenido celular del medio externo.
- Contienen el **citoplasma**, formado por un líquido viscoso y por las estructuras y las sustancias que permiten el metabolismo celular.
- Poseen **material genético** (ADN y ARN), en el que se encuentra codificada la información que determina las características del organismo.



Célula vegetal (parénquima)

Catáfilo (epidermis) de cebolla

EN LA WEB

<http://www.ibiblio.org/virtualcell/indexsp.htm>
Visita virtual a la célula.

PARA SABER MÁS

Unidad celular

La célula es la estructura más simple conocida con capacidad para realizar las tres funciones vitales básicas: nutrición, relación y reproducción, por sí misma, es decir, sin necesidad de otros seres vivos.



Células procariotas y eucariotas



En la actualidad, se ha comprobado que los mesosomas, en realidad, no son estructuras de las células vivas, sino artefactos producidos por las técnicas de microscopía.

Los organismos unicelulares pueden ser procariotas (eubacterias y arqueobacterias) o eucariotas (protistas y algunos hongos).

Tipos de células

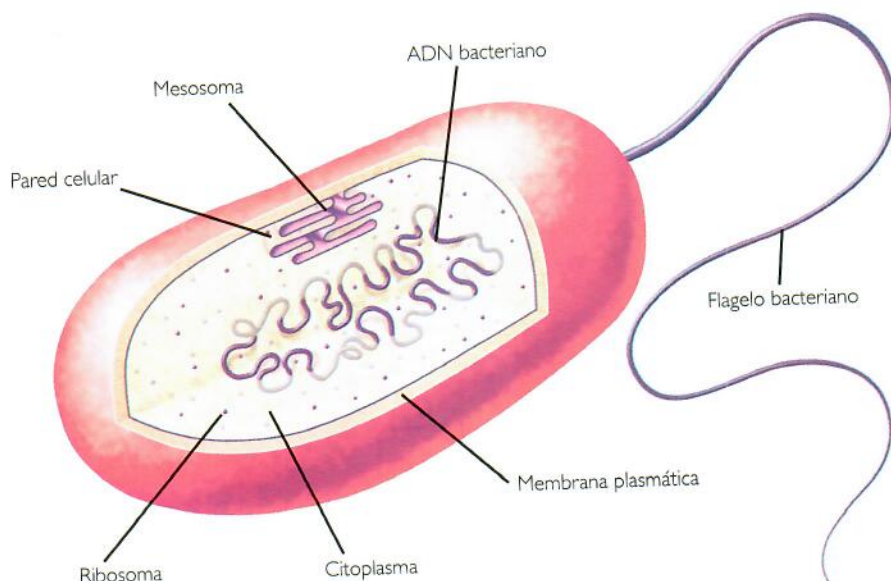
Podemos reconocer entre todos los seres vivos dos tipos de células: las procariotas y las eucariotas, que se diferencian en su nivel de compartimentalización (delimitación de espacios) que existe al interior de ellas.

- **Células eucariotas.** Presentan núcleo. Las células animales, las vegetales, las de los hongos y las de protistas (algas y protozoarios) son eucariotas.
- **Células procariotas.** Tienen un nucleóide que no está rodeado de membrana. Las eubacterias y las arqueobacterias son células procariotas.

Estructura de la célula procariota

Las células procariotas se caracterizan por presentar lo siguiente:

- **Pared bacteriana.** Es una estructura gruesa y rígida.
- **Membrana celular.** A diferencia de las eucariotas, no contiene colesterol.
- **Citoplasma.** Exceptuando las cianobacterias, carecen de organelos delimitados por membranas, solo tienen ribosomas.
- **Material genético.** Condensado en una región denominada nucleóide. Puede presentar pequeños fragmentos de ADN denominados plásmidos.



EN LA WEB

http://biologia.uab.es/biocomputacio/treballs02-03/s_serrano/index.htm

Información sobre la teoría endosimbiótica.

Estructura de la célula eucariota

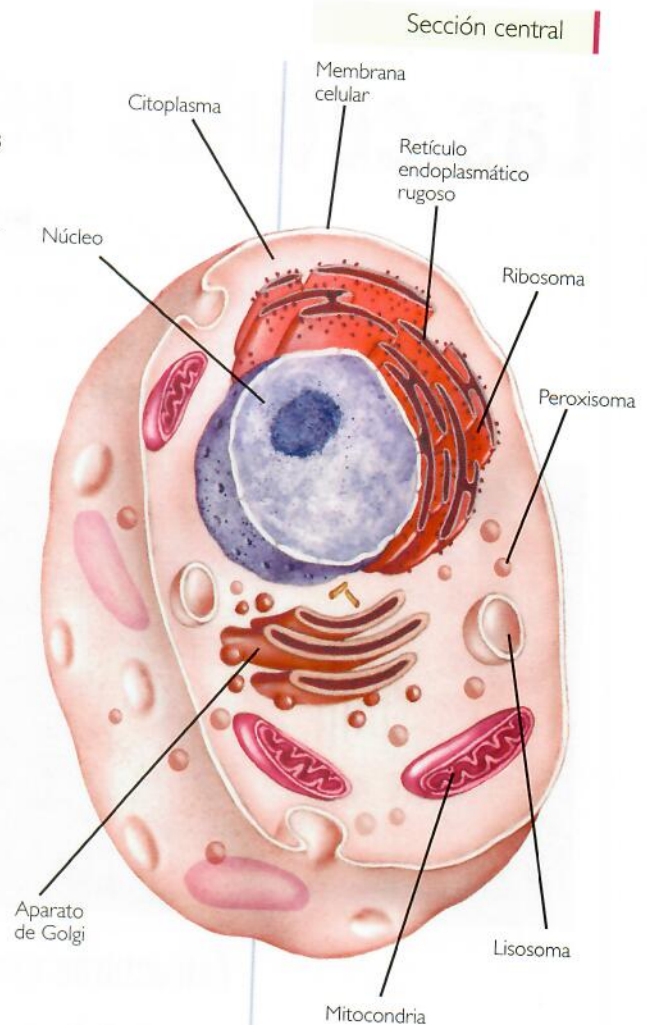
La mayoría de las células eucariotas tienen tres partes principales: la membrana, el citoplasma y el núcleo.

- La **membrana celular** separa la célula del exterior, la protege y regula la entrada y salida de sustancias.
- El **citoplasma** es el interior celular. En él se encuentran los organelos, que desempeñan diferentes funciones celulares (respiración, elaboración o almacenamiento de sustancias, etc.).
- El **núcleo celular** es el centro de control de la célula. Se encuentra separado del citoplasma por una envoltura nuclear.

En el interior de la célula eucariota se distinguen otros tipos de estructuras diferentes:

- Estructuras carentes de membrana (ribosomas, centrosomas y citoesqueleto).
- Sistema endomembranoso (retículo endoplasmático, aparato de Golgi, vacuolas y lisosomas).
- Organelos transductores de energía (mitocondrias y cloroplastos).

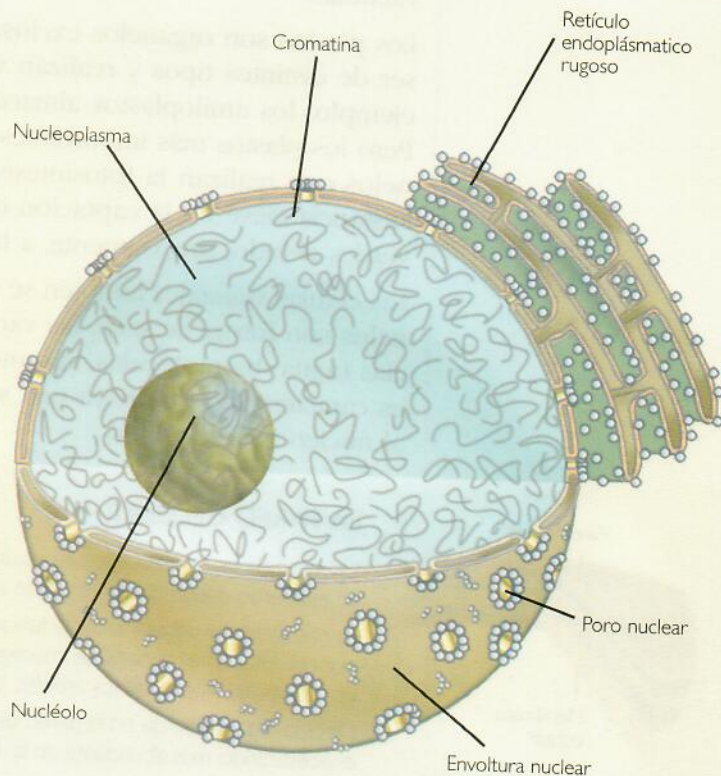
Algunas células eucariotas pueden tener, además, una membrana de secreción en el exterior de la membrana plasmática. La célula animal no suele presentarla, pero si la posee, está constituida por mucopolisacáridos y se llama matriz extracelular.



EL NÚCLEO

El núcleo celular es una estructura de forma esférica. Su función es conservar y transmitir la información genética en la reproducción celular y regular el funcionamiento de la célula. El núcleo está delimitado por la envoltura nuclear, estructura semejante a la membrana celular, que se encuentra en contacto directo con el retículo endoplasmático. La envoltura posee poros nucleares que permiten el intercambio de sustancias entre el citoplasma y el núcleo.

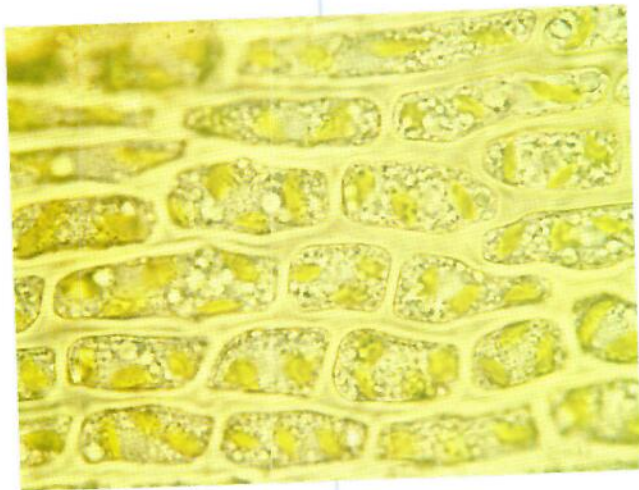
El medio interno del núcleo se denomina nucleoplasma, y es fluido. En él se encuentra la cromatina, formada por largos filamentos de ADN asociados a proteínas. Cuando la célula se va a dividir, la cromatina se organiza y condensa, y forma los cromosomas, que se reparten por igual entre las dos células hijas. Por último, el núcleo alberga al nucléolo, una estructura esférica formada por ARN (ácido ribonucleico) y por proteínas, donde se forman los ribosomas.





Las células vegetales

Las células vegetales conforman las algas y las plantas. Tienen una pared celular que recubre a la célula proporcionándole protección y resistencia. En su citoplasma albergan unos organelos exclusivos de ellas, los cloroplastos, que realizan la fotosíntesis.

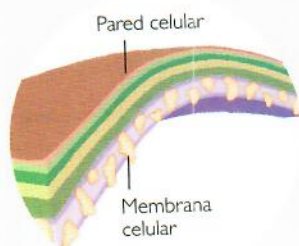


Estructuras exclusivas de las células vegetales

Además de la pared celular, las células vegetales se caracterizan por la presencia de unos organelos llamados plastos y por la existencia de grandes vacuolas.

Los plastos son organelos exclusivos de las células vegetales, que pueden ser de distintos tipos y realizan varias funciones. Son muy relevantes, por ejemplo, los amiloplastos almacenan almidón como sustancia de reserva. Pero los plastos más importantes son los cloroplastos: se trata de los organelos que realizan la fotosíntesis. Poseen un pigmento verde, la clorofila, sustancia clave en la captación de energía de la luz solar. Las plantas son verdes debido, precisamente, a la presencia de este pigmento.

Las células vegetales también se diferencian de las animales por unos organelos con forma de saco, las vacuolas. Son sáculos que almacenan sustancias (agua, biomoléculas, sustancias de desecho, etc.). En la célula vegetal es característico que haya una sola vacuola de gran tamaño que desplaza al núcleo hacia un lado.



LA PARED CELULAR

La pared de las células vegetales es una parte esencial de las mismas, además de ser un elemento diferenciador respecto a las células animales.

La pared celular vegetal cumple funciones de protección y sostén. Aunque está formada por celulosa, en ocasiones, se impregna de una sustancia más dura, la lignina. Esto es así en las células del tronco de los árboles, que forman la madera.

Debido a su presencia en la pared de las células vegetales, la celulosa es, sin duda, el polisacárido más abundante en la Tierra.

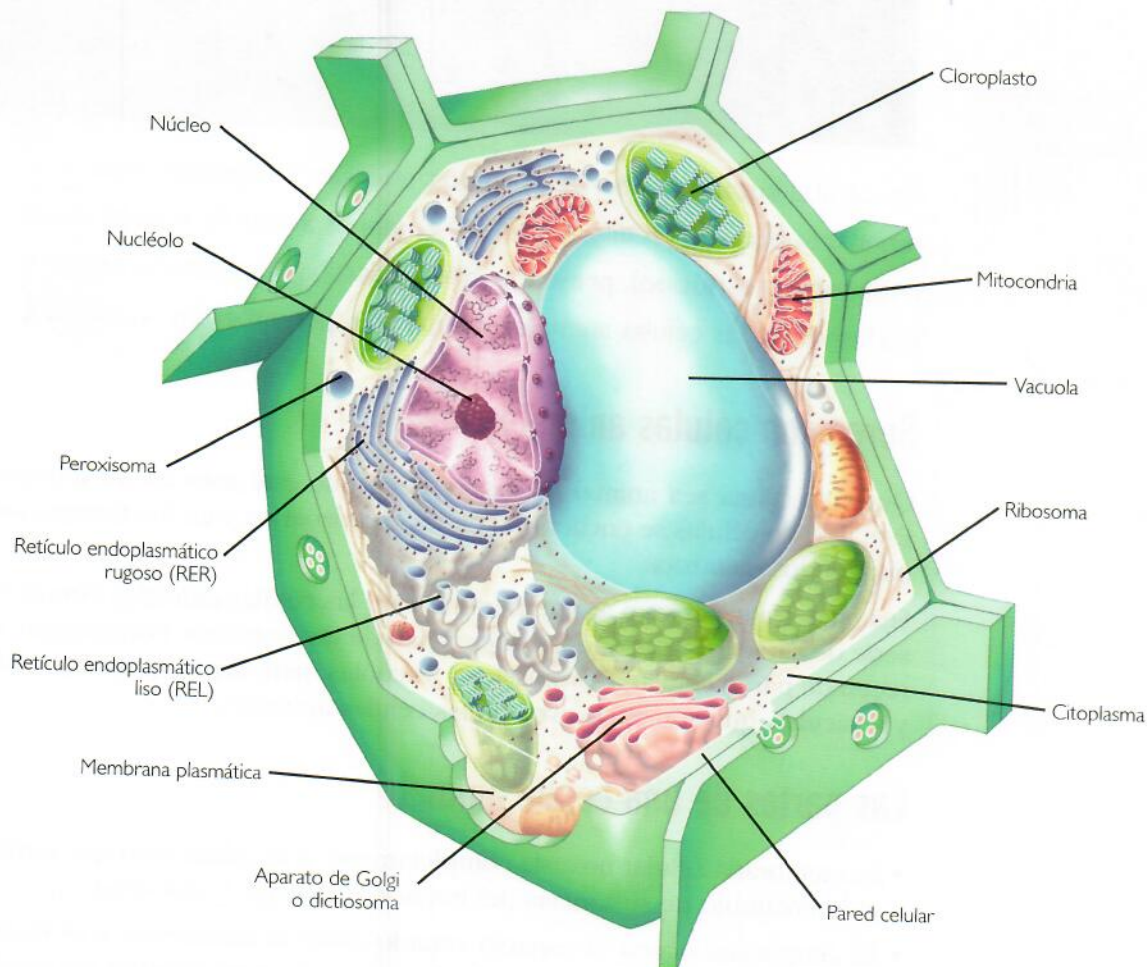
Las partes de una célula vegetal

Al igual que en las células animales, en las vegetales podemos distinguir tres partes:

- La membrana es igual que la de las células animales, aunque no contiene colesterol, y está recubierta por la pared celular. La rigidez e impermeabilidad de esta cubierta compleja exige que existan sistemas de unión y comunicación entre las células vegetales que forman parte de un tejido.
- El citoplasma contiene los organelos y está compuesto por un fluido llamado hialoplasma.
- En el interior celular se encuentra el núcleo, que realiza exactamente las mismas funciones que en la célula animal.

EN LA WEB

http://www.correodelmaestro.com/multimedia/originales/celulas/celula_vegetal.swf
Célula vegetal interactiva.



SABÍAS QUE...

A todos nos hace llorar

¿Te ha sucedido que cuando picas cebolla comienzas a llorar? Esto se produce porque al cortar la cebolla se rompen las células y las vacuolas dentro de ella. Estas vacuolas provocan la salida de compuestos químicos que al entrar en contacto con la humedad de los ojos producen ardor.

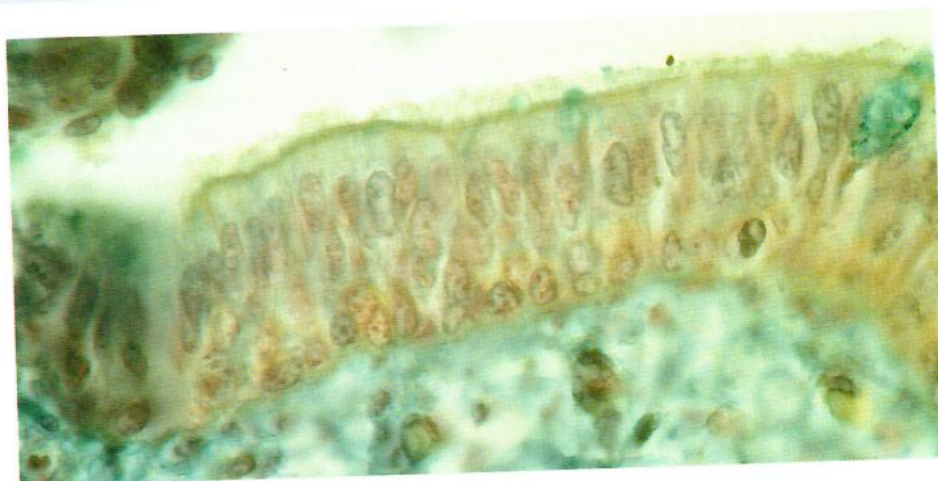
Las células de la cebolla no poseen cloroplastos, pues al crecer bajo tierra, no captan la energía lumínica.





Las células animales

Células del epitelio
de la tráquea, vistas
al microscopio electrónico



Las células eucariotas son de dos tipos: animales y vegetales. Pese a tener tres partes bien diferenciadas y comunes a ellas (la membrana, el citoplasma y el núcleo), presentan diferencias: hay estructuras celulares exclusivas de las células animales y otras solo presentes en las vegetales.

Seres con células animales

Que una célula sea animal no quiere decir que esté solo en los animales. Este tipo de células se encuentran en los protozoarios y en los hongos, además, en los metazoos.

Sea cual sea el ser vivo al que pertenezcan, las células animales tienen una serie de características que las diferencian de las vegetales. Por ejemplo, carecen de pared celular, cloroplastos y vacuolas, pero sí presentan centriolos y vesículas, que son exclusivos de las células animales.

Las partes de una célula animal

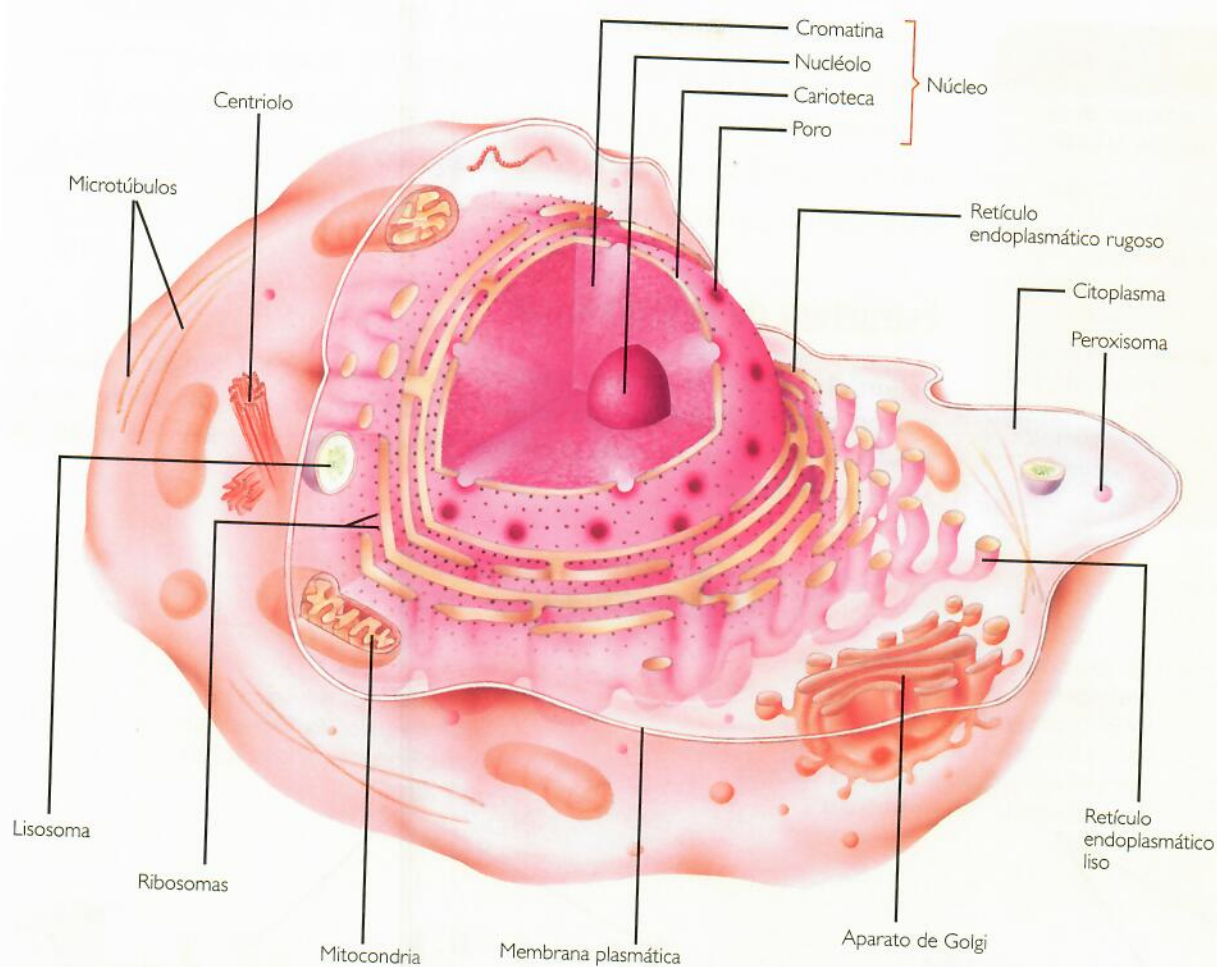
- La membrana celular no aísla completamente a la célula, sino que permite el intercambio de sustancias del interior al exterior y viceversa.
- El citoplasma ocupa el espacio situado entre la membrana y el núcleo. También es conocido como hialoplasma, en él se encuentran los organelos celulares o citoplasmáticos y el citoesqueleto (una serie de microfilamentos y microtúbulos que dan forma a la célula).
- El núcleo es una estructura más o menos esférica que se encuentra en el interior de la célula, delimitado por una membrana doble (la envoltura nuclear). Como en el caso de la membrana plasmática, esta envoltura permite el intercambio de determinadas sustancias entre el núcleo y el citoplasma.

La célula, en sí, es una unidad biológica de funcionamiento: realiza las tres funciones vitales (nutrición, relación y reproducción), aunque, si pertenece a un ser pluricelular, puede especializarse en una función concreta.

EN LA WEB

<http://www.johnkyrk.com/index.esp.html>

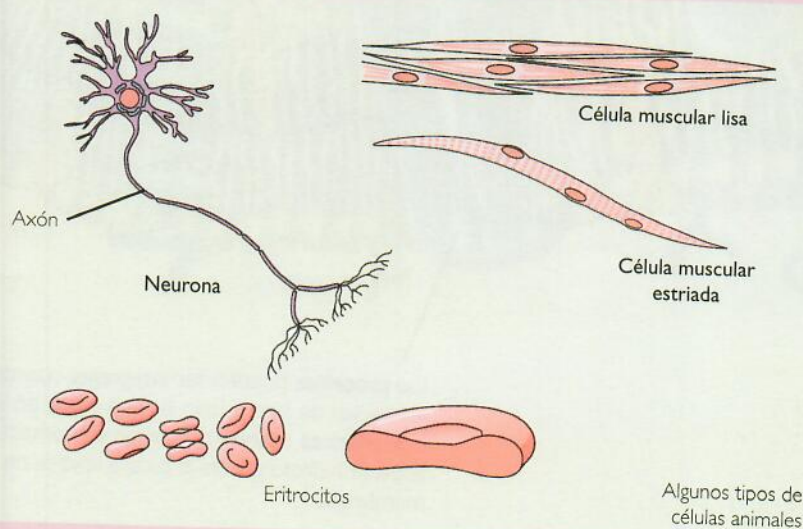
Célula animal interactiva para visualizar anatomía y fisiología.



PARA SABER MÁS

Células humanas

En el cuerpo humano podemos observar muchos ejemplos de células especializadas. Veamos algunos de ellos, los glóbulos rojos de la sangre están especializados en transportar oxígeno y llevarlo a las demás células del cuerpo. Las células musculares del corazón se han especializado en el movimiento: se contraen y se relajan continuamente, de manera que el latido cardíaco se mantiene durante toda nuestra vida. Las neuronas o células nerviosas transmiten y almacenan información.



La membrana celular

PARA SABER MÁS

Las funciones de la membrana celular

Las más importantes son las siguientes:

- **Transporte** de sustancias hacia dentro y fuera de la célula.
- **Comunicación** celular para la integración de los tejidos y para el reconocimiento de los mensajes que vienen del exterior.

Es una fina película, 100 000 veces más delgada que un cabello, que rodea la célula y la separa del medio externo. Es una estructura que continuamente intercambia materiales y energía con el entorno. Es selectiva, por ello, impide el paso de algunas moléculas y permite el de otras, garantizando la integridad y la estabilidad del medio interno.

Estructura de la membrana

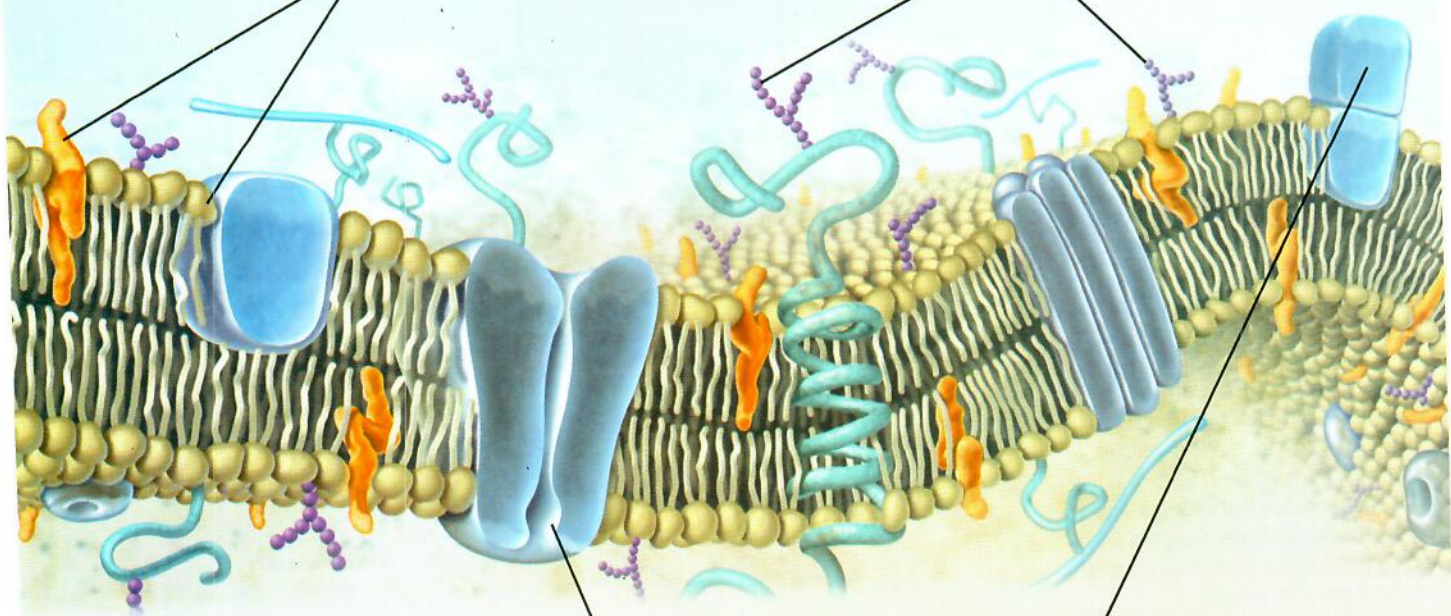
Según el modelo del mosaico fluido, propuesto por S.J. Singer y Garth Nicolson en 1972, la membrana celular está constituida por una doble capa de lípidos a la cual se asocian proteínas. En este modelo, todas las moléculas se pueden mover.

Membrana celular

La doble capa está formada por los **fosfolípidos** y el **colesterol**. Ambos anfipáticos tienen una zona **hidrofílica** (afín a los medios acuosos) y otra zona **hidrofóbica** (reacia a los medios acuosos) hacia el interior de la membrana.

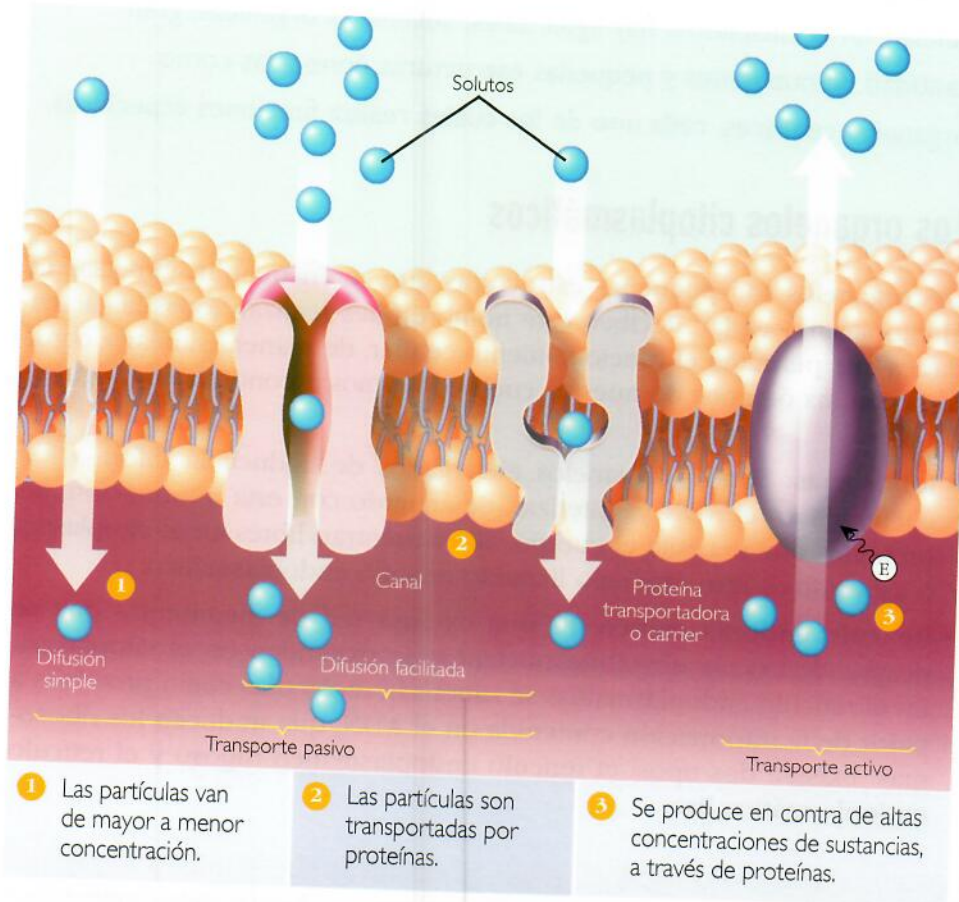
En el exterior hay una región llamada **glicocáliz** formada por carbohidratos unidos a lípidos y proteínas.

Las **proteínas** pueden ser **integrales**, cuando atraviesan de lado a lado las dos capas de lípidos, o **periféricas**, cuando no entran en contacto con la parte hidrofóbica de la bicapa lipídica de la membrana.



Transporte a través de la membrana

El transporte de sustancias a través de la membrana depende de la estructura de la membrana y del tamaño y la solubilidad de las partículas. Puede ser de dos tipos: transporte pasivo, que no necesita energía, o transporte activo, con gasto de energía.



La ósmosis

Es un proceso de difusión simple en el cual la sustancia que se transporta es el agua. En dicho proceso, el agua pasa a través de una membrana semipermeable, como la membrana celular, de un medio de menor concentración de solutos a otro de mayor concentración de los mismos. Las soluciones que rodean a la célula pueden ser de tres tipos.

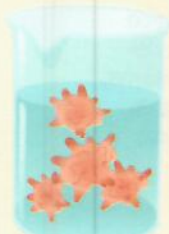
Isotónicas

Tienen la misma concentración y el agua no entra ni sale de la célula.



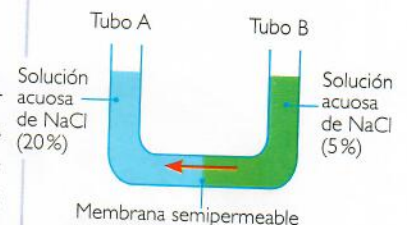
Hipertónicas

Tienen mayor concentración, por ello, el agua sale de la célula y esta se deshidrata.



Hipotónicas

Tienen menor concentración, por esa razón, el agua ingresa a la célula, hinchándola.



El agua pasa del tubo B al A, equilibrando la concentración.

PARA SABER MÁS

Antígenos y anticuerpos

Las células poseen pequeñas moléculas (proteínas o carbohidratos) adheridas a su membrana celular llamadas antígenos. Cuando un organismo extraño (bacteria, virus, hongo, protozooario o parásito) ingresa a nuestro cuerpo, el sistema inmune reconoce estas moléculas como extrañas, lo que causa la fabricación de anticuerpos específicos contra ellos. Los anticuerpos son glucoproteínas que impiden que los patógenos se manifiesten. En casos de trasplante, si no son suprimidos, los antígenos pueden causar rechazo del órgano o tejido trasplantado.

PARA SABER MÁS

El soluto

Es la sustancia que se encuentra en una concentración menor en una solución.

El citoplasma y los organelos

El citoplasma incluye todo lo que hay entre la membrana y el núcleo celular. En el citoplasma hay agua, sales, sustancias orgánicas, gran cantidad de nutrientes y pequeñas estructuras conocidas como organelos celulares, cada uno de los cuales realiza funciones específicas.

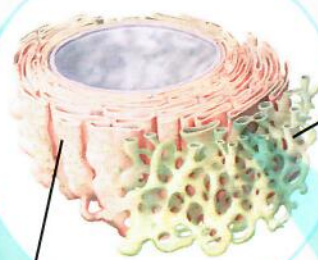
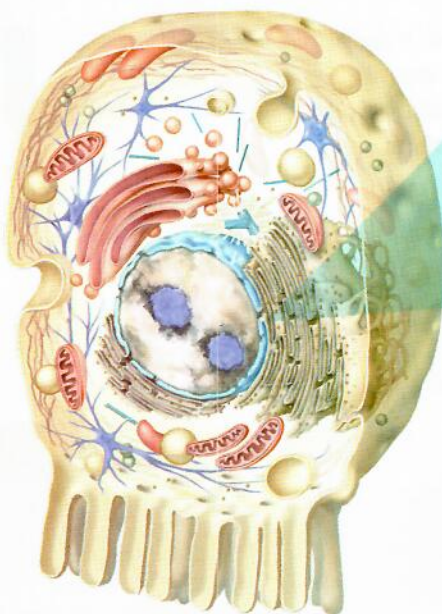
EN LA BIBLIOTECA

Para conocer más sobre el citoplasma y los organelos consulta el libro La Biblia de las Ciencias Naturales de la biblioteca del Ministerio de Educación (MINEDU).

Los organelos citoplasmáticos

Los organelos son pequeñas estructuras que se encuentran inmersas en el citoplasma celular. Reciben este nombre pues realizan todas las actividades que permiten el funcionamiento celular, de manera similar a como lo hacen los órganos de nuestro cuerpo. Veamos a continuación algunos de ellos.

- **Ribosomas.** Son los organelos encargados de traducir la información contenida en el ADN y sintetizar, de acuerdo con esta información, las proteínas que necesita el cuerpo. Se encuentran libres en el citoplasma o asociados a otro organelo llamado retículo endoplasmático.
- **Retículo endoplasmático.** Es una extensa red de membranas que se desprenden de la envoltura nuclear y se extienden en el citoplasma. En el retículo endoplasmático se sintetizan moléculas como proteínas a partir de la información contenida en el ADN, que traducen los ribosomas. Existen dos tipos: el retículo endoplasmático rugoso y el retículo endoplasmático liso.



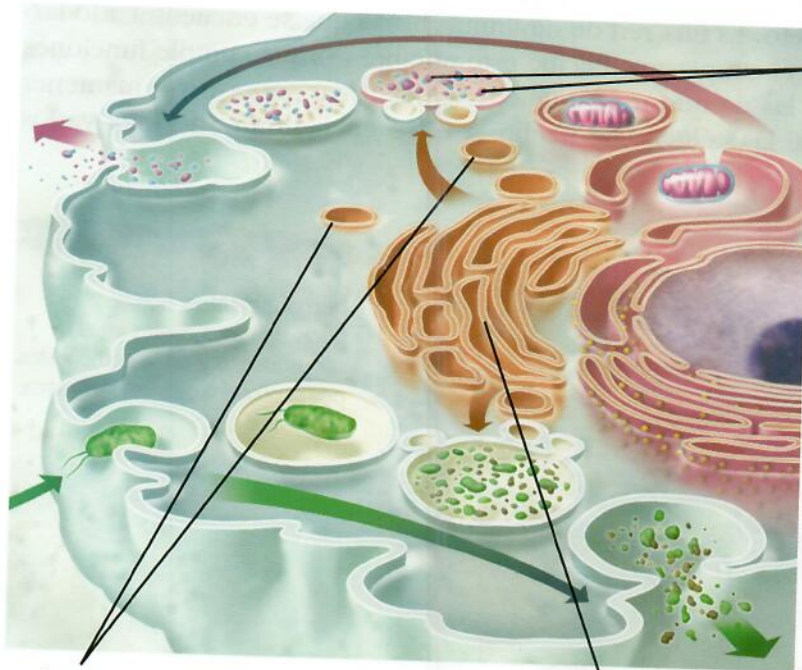
Retículo endoplasmático rugoso. Se diferencia del liso porque tiene ribosomas adheridos. Se encarga de transportar las proteínas sintetizadas por los ribosomas.

Retículo endoplasmático liso. Sintetiza los lípidos, neutraliza las toxinas y captura el calcio, entre otras funciones.



Ribosoma. Se encarga de la síntesis de proteínas.

- **Aparato de Golgi.** Está compuesto por un conjunto de estructuras parecidas a sacos, que se encuentran apilados unos cerca de otros. Recibe el contenido de las vesículas producidas por el retículo endoplasmático, lo almacena y, generalmente, lo modifica para luego enviarlo hacia un nuevo destino dentro o fuera de la célula. Además, es el encargado de la producción de nuevos organelos llamados lisosomas.
- **Lisosomas.** Son organelos que funcionan como un sistema digestivo celular. En su interior se encuentran las enzimas necesarias para que la célula pueda romper o fragmentar los alimentos. Se unen a las vacuolas digestivas que almacenan y transportan el alimento, o se adhieren a organelos viejos para destruirlos y fomentar así su renovación.



Lisosomas. Se forman a partir del aparato de Golgi. Contienen un conjunto de más de 80 enzimas digestivas que transforman moléculas complejas en otras sencillas.

Peroxisomas. Se originan en el retículo endoplasmático. Su función es degradar el peróxido de hidrógeno (H_2O_2) producido durante el metabolismo celular.

Aparato de Golgi. Es un sistema de membranas que parecen bolsas aplanadas. Procesa y transporta proteínas hacia el exterior de la célula.

- **Vesículas.** Son sacos formados por membranas que cumplen diversas funciones entre las que se incluyen el almacenamiento, el transporte y la excreción o eliminación de sustancias. En pequeños organismos acuáticos, vesículas llamadas vacuolas se encargan de bombear continuamente agua fuera de la célula. En las plantas, las vacuolas, además, sirven para almacenar nutrientes y sustancias de desecho; adicionalmente, son esenciales para su crecimiento, pues las células se alargan a medida que las vacuolas almacenan agua.

SABÍAS QUE...

Cómo digiere la célula

Cuando los lisosomas y las vesículas se encuentran, sus membranas se fusionan de manera que el alimento entra en contacto directo con las enzimas. Las enzimas rompen las moléculas que componen los alimentos y así dejan libres los nutrientes. Con ellos se fabrican o sintetizan nuevas sustancias necesarias para el funcionamiento celular.

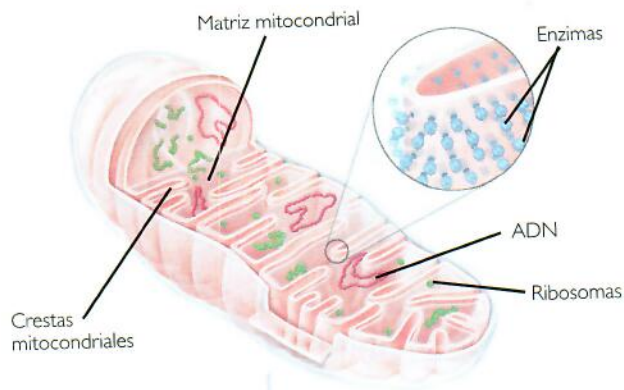
PARA SABER MÁS

Los glóbulos blancos

Son células que forman parte de la sangre y se encargan de la defensa de nuestro organismo. Cuentan, en su membrana, con estructuras que les permiten identificar las células infecciosas que entran a nuestro cuerpo. Cuando los glóbulos blancos detectan una de estas células invasoras, la envuelven completamente atrapándola en su interior; luego la transportan en vacuolas hasta los lisosomas.

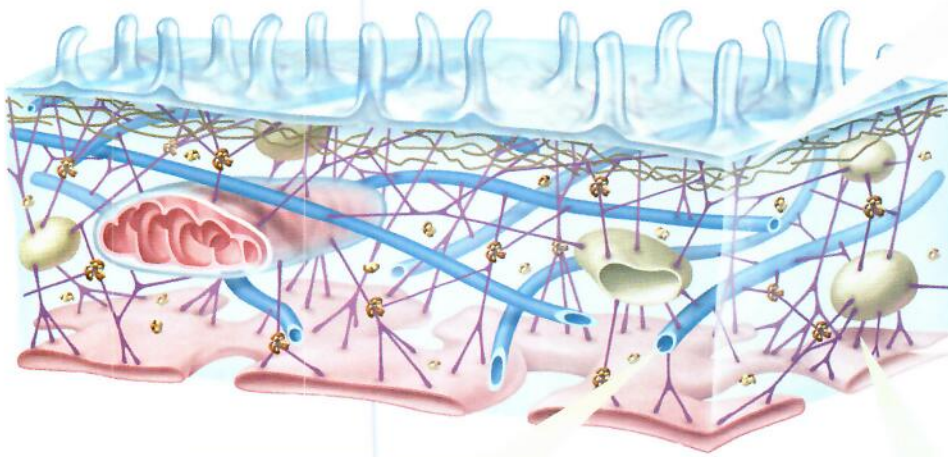
GLOSARIO

Ameba. Protozoario cuyas especies pueden ser parásitos de animales, otras viven en las aguas dulces o marinas y algunas en la tierra húmeda.

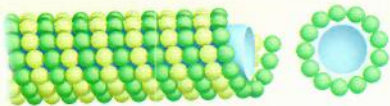


• **Mitocondrias.** Son las centrales energéticas de las células. En ellas se lleva a cabo el proceso de la respiración celular. Allí, la energía química contenida en los carbohidratos y los lípidos es liberada y transformada en energía biológica, de manera que pueda ser usada por las células para realizar sus funciones vitales. Las mitocondrias se encuentran en casi todas las células de plantas, animales, hongos y otros pequeños seres microscópicos llamados protistas.

• **Citoesqueleto.** Es una red de diminutas fibras que se encuentra a lo largo de todo el citoplasma. Recibe este nombre porque cumple funciones similares a las de nuestro esqueleto: ayuda a dar soporte y a mantener la forma de las células; de hecho, a él se encuentran anclados varios organelos.



Microfilamentos. Son las fibras más abundantes en el citoesqueleto y están compuestos por la proteína actina. Dan forma a la célula.

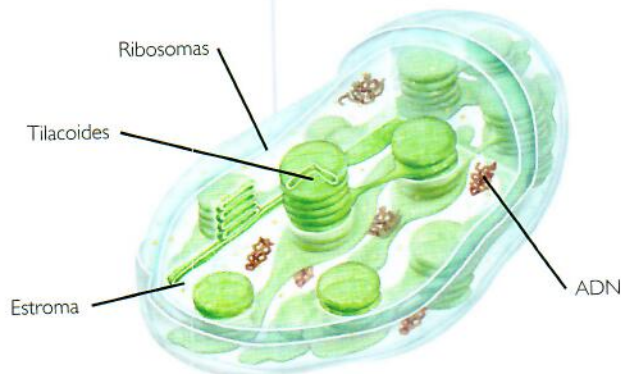


Microtúbulos. Están formados por la proteína tubulina. Participan en la división celular a partir de los centriolos.



Filamentos intermedios. Contribuyen a mantener la forma de la célula.

• **Centrosomas.** Son pequeñas estructuras que se encuentran cerca al núcleo, a partir de las cuales crecen los microtúbulos que forman el citoesqueleto.



• **Cloroplastos.** Son organelos exclusivos de las células vegetales. Contienen clorofila, pigmento que participa en el proceso de fotosíntesis. En este proceso que consiste en la síntesis de materia orgánica (glucosa) a partir de materia inorgánica (agua y dióxido de carbono), la energía luminosa se transforma en energía química.

Diferencias entre las células vegetales y las células animales

Las células vegetales y las animales son eucariotas. Ambas presentan un núcleo y todos los organelos estudiados hasta el momento. Sin embargo, hay enormes diferencias entre estos tipos de células. Esto se debe a la presencia de algunos organelos que son exclusivos de las células vegetales, como son la pared celular y los plastos.

- **Pared celular.** Es una capa que rodea la membrana celular de las células vegetales.

La pared celular es más gruesa que la membrana celular; es muy dura y resistente. Así, ayuda a dar soporte y protección a las células y evita que las células vegetales absorban demasiada agua y lleguen a reventar.

La pared celular es en parte responsable de que los grandes árboles se mantengan erguidos y resistan la fuerza de la gravedad y los vientos.

La composición de la pared celular cambia entre las diferentes especies de plantas. Sin embargo, en términos generales, todas las paredes celulares vegetales están hechas de fibras de celulosa.

Las fibras de celulosa se disponen en la misma forma que estructuras extremadamente resistentes como el concreto reforzado.

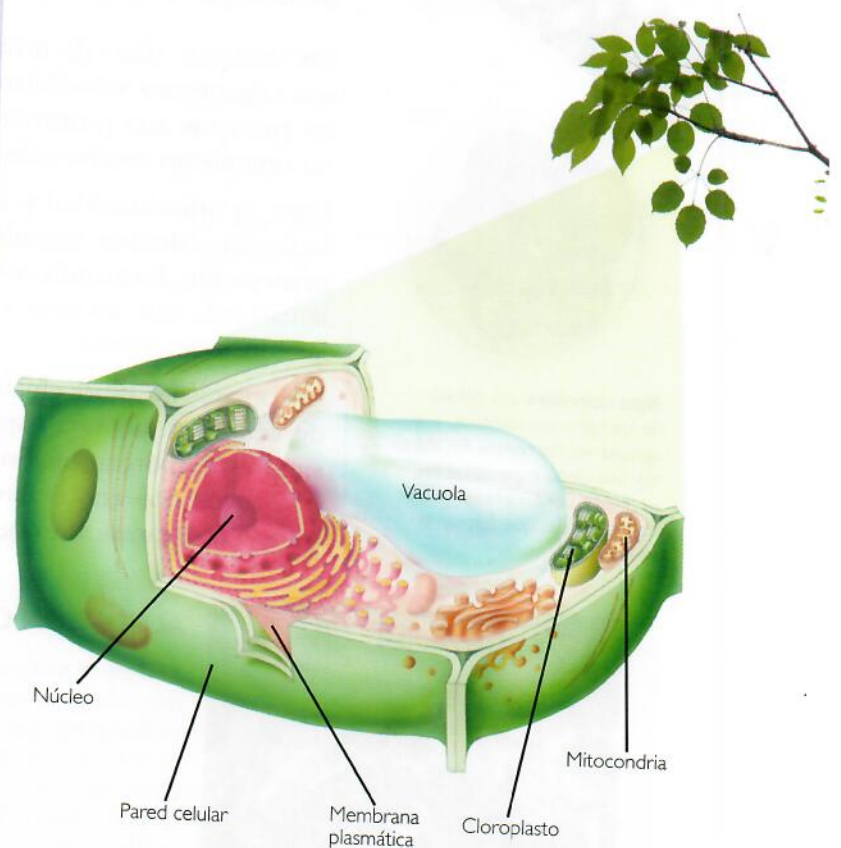
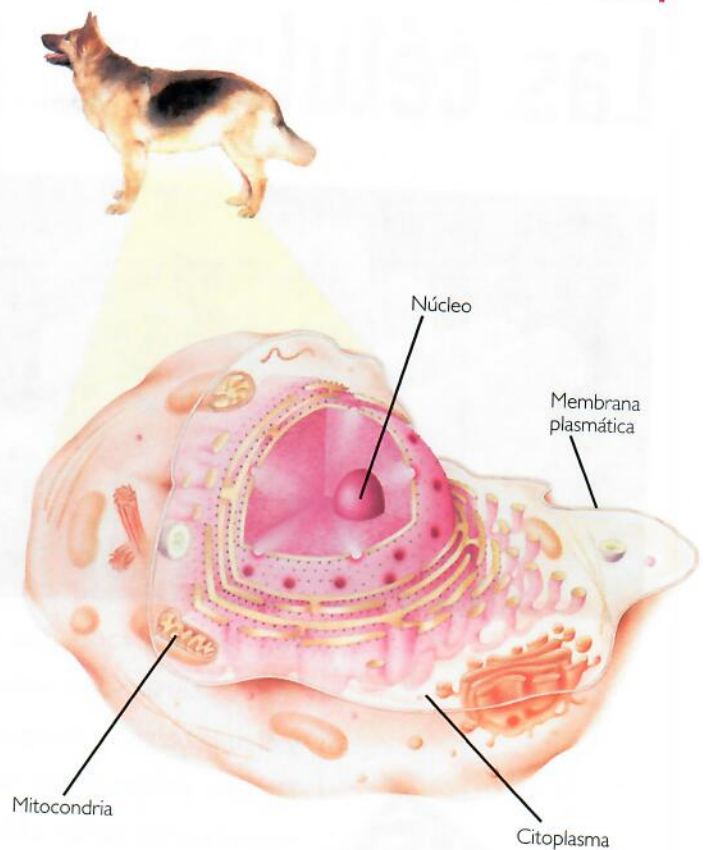
- **Plastos.** Son organelos exclusivos de las células vegetales. Se clasifican en cloroplastos, leucoplastos y cromoplastos según lo que contienen.

– Los **cloroplastos** son los organelos responsables de realizar el proceso de fotosíntesis. Contienen clorofila, el pigmento que da el color verde a las plantas.

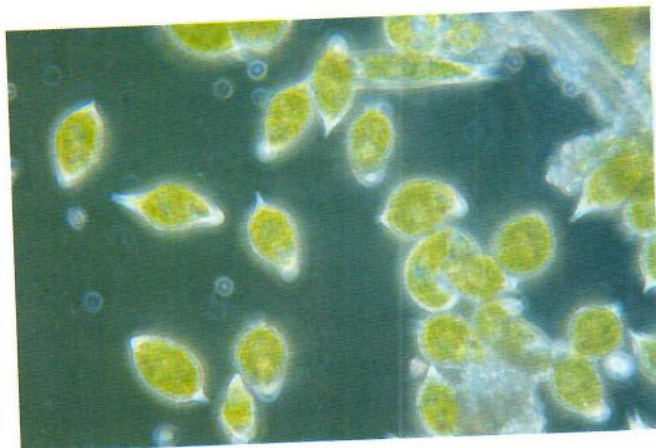
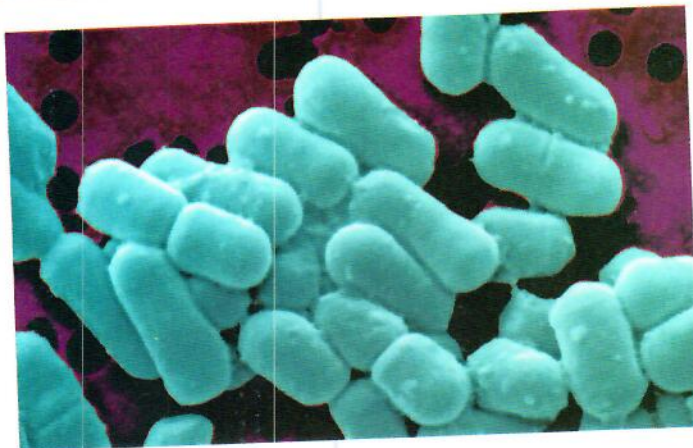
– Los **leucoplastos** son organelos de color blanco en los que se almacenan diferentes sustancias de reserva como el almidón.

– En los **cromoplastos** se producen los diferentes pigmentos responsables de dar color a las flores y a los frutos maduros de las plantas.

Estos incluyen las xantofilas que son de color naranja, y los carotenos, de color rojo.



Las células se agrupan



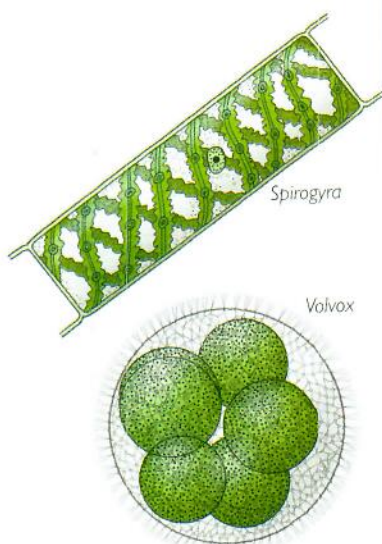
Hay muchos seres que están formados únicamente por una célula, son los seres vivos unicelulares, es decir, las bacterias, los protozoarios, y algunas algas y hongos. El resto de los seres vivos son pluricelulares. Dentro del grupo de los pluricelulares, existen diferentes formas de organización de las células.

Unicelulares, coloniales y pluricelulares

Las bacterias (foto de arriba, a la izquierda) y los protozoarios (derecha) son organismos unicelulares. Pero esto es lo único que tienen en común: las primeras son procariotas; los segundos, eucariotas. Un protozoario es un organismo mucho más complejo que una bacteria.

Entre la unicelularidad y la pluricelularidad, hay muchas posibilidades intermedias. Muchos organismos unicelulares se asocian, temporal o permanentemente, formando colonias. Estas no son consideradas seres pluricelulares, dado que en ellos cada célula es capaz por sí sola de realizar todas las funciones vitales.

Un organismo pluricelular, en cambio, está formado por un gran número de células y hay una especialización celular. Los seres pluricelulares más simples, con organización tipo talo, tienen todas las células iguales. Los más complejos poseen células muy especializadas que se agrupan en tejidos; estos, en órganos; los órganos, en aparatos, etc.



Algas coloniales. Las células de *Spirogyra* son idénticas, y se agrupan en filamentos. En *Volvox* hay una cierta especialización, ya que las células interiores son distintas de las que forman la envoltura.



ALGAS CON ORGANIZACIÓN TIPO TALO

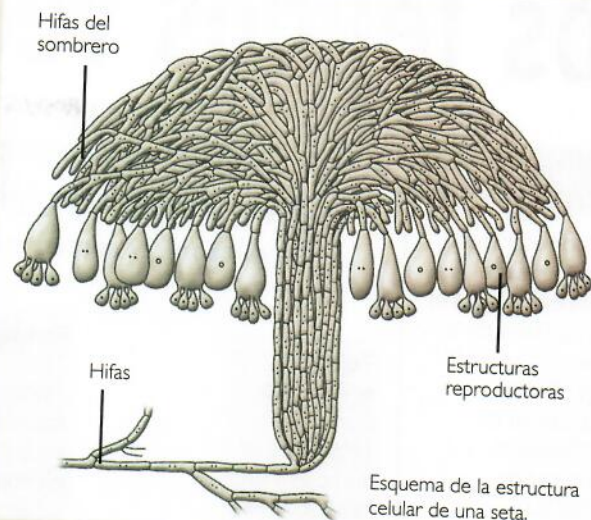
Aunque se parezcan, las grandes algas marinas son muy distintas de las plantas. Su organización es tipo talo, es decir, tienen un gran número de células organizadas en filamentos que, a su vez, se unen entre sí entrecruzándose, de manera que constituyen una estructura semejante a un tejido. Las algas superiores, como *Laminaria* y *Fucus*, poseen estructuras similares a hojas, tallos y raíces, y alcanzan un gran tamaño. Pero sus estructuras no están formadas por una agrupación de tejidos distintos, como sucede en las plantas. Por ello, se llaman filoides (falsas hojas), cauloides (falsos tallos) y rizoides (falsas raíces).

LOS HONGOS

No son vegetales: no tienen células vegetales ni cloroplastos (son heterótrofos), y sus paredes celulares están compuestas por el polisacárido quitina. Pero tampoco son animales. No tienen tejidos. Las células de los hongos se agrupan en filamentos llamados hifas; estas a su vez forman el micelio, el auténtico "cuerpo" del hongo.

En las setas, que son las estructuras reproductoras de algunos hongos, las hifas están tan apretadas que constituyen un falso tejido. Pero, como en el caso de las algas, internamente no presentan células especializadas que formen un tejido conductor.

Las algas, al carecer de un tejido epidérmico impermeable, no pueden vivir fuera del agua. En cambio, los hongos superiores, gracias a que la quitina es impermeable y bastante rígida, han colonizado lugares húmedos.



Los tejidos

La organización con tejidos, o tisular, aparece en seres pluricelulares con diversos tipos de células, de manera que cada tipo se especializa en una función. Son ejemplos de estos seres los animales y las plantas.

Definimos tejido como un conjunto de células de estructura muy parecida, que realizan un mismo tipo de actividad y que tienen un mismo origen embriológico.

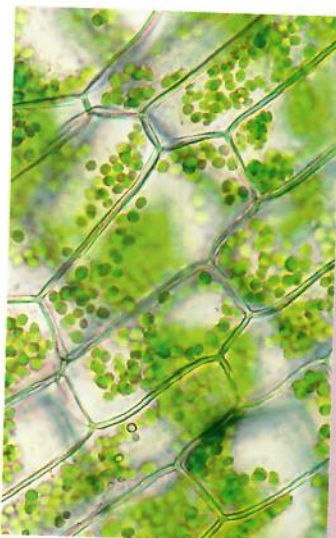
Esta diferenciación proporciona una mayor eficacia al organismo, ya que conlleva una división del trabajo y una pérdida de independencia, las células especializadas ya no pueden vivir aisladas del organismo. Por ejemplo, en la piel de un animal hay un tejido cuya función es proteger su superficie. Este tejido no puede alimentarse por sí solo, ni tampoco participa en la reproducción. Por lo tanto, debe haber tejidos encargados de alimentar al resto y otros especializados en la función de reproducción.

Al igual que con las células, es posible distinguir entre tejidos vegetales (que aparecen en las plantas) y animales (correspondientes a los seres vivos de este reino).

PARA SABER MÁS

Las células de las esponjas

Las esponjas son animales y poseen diferentes tipos de células, como los coanocitos, que captan alimento; los pinacocitos, que revisten exteriormente el cuerpo del animal, etc. Pero estas células no forman verdaderos tejidos, puesto que las uniones que hay entre ellas son muy débiles y se pueden separar fácilmente.

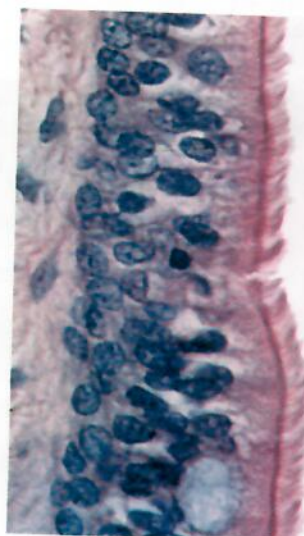


Tejidos vegetales

Al microscopio, estos tejidos muestran una organización generalmente prismática.

Las uniones de las células se realizan por las paredes celulares. Solo las partes verdes de las plantas tienen tejidos con cloroplastos; es decir, clorofílicos.

Vista microscópica de la planta Elodea.



Tejidos animales

Su apariencia microscópica es de gran complejidad, por su estructura y el número de células distintas. Las células están unidas por varios tipos de conexiones, como las uniones estrechas, los desmosomas y las uniones de comunicación.

Endotelio de las vías respiratorias.

Los tejidos vegetales

EN LA BIBLIOTECA

Para conocer más sobre los tejidos vegetales, consulta el libro La Biblia de las Ciencias Naturales (págs. 39-44) de la biblioteca del Ministerio de Educación (MINEDU).

Si clasificamos los tejidos vegetales según su función, tendremos seis grupos: protectores, embrionarios, fundamentales, esqueléticos, conductores y secretores.

Tejido epidérmico.
Función protectora de las hojas y los tallos jóvenes.

Parénquima.
Tejido fundamental fotosintético o de almacén, en hojas, tubérculos.

Súber. En tallos y raíces viejas, su función es protectora.

Meristemo.
Tejido de crecimiento, en los ápices de raíces y tallos.

Tejido conductor.
Interior de los troncos y los tallos, nervios de las hojas.

UNA RAMA DE ÁRBOL

En una rama de árbol podemos encontrar casi todos los tipos existentes de tejidos vegetales. Cada uno de los tejidos está especializado en una función concreta y la realiza con la máxima eficacia.

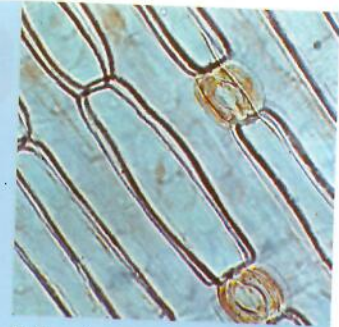
Clasificación de los tejidos vegetales		
Grupos	Tipos	Funciones
Tejidos protectores	Tejido epidérmico y tejido suberoso o súber	Protección e impermeabilización
Tejidos embrionarios	Tejido meristemático o meristemo	Desarrollo de la planta y crecimiento
Tejidos fundamentales	Tejido parenquimático o parénquima	Fabricación y almacenamiento de alimento
Tejidos esqueléticos	Tejidos colenquimático y esclerenquimático	Sostén
Tejidos conductores	Tejidos leñoso (xilema) y liberiano (floema)	Transporte de agua y nutrientes
Tejidos secretores	Tejido glandular	Secreción

Tejidos protectores

El **tejido epidérmico** recubre las hojas y los tallos y raíces jóvenes. Protege la parte aérea de la planta de la desecación y permite la absorción de agua y de sales minerales a través de la parte subterránea. Está formado por una única capa de células vivas, sin cloroplastos, muy unidas entre sí. Intercalados entre las células epidérmicas aparecen los estomas, estructuras formadas por dos células que dejan entre ellas un orificio por donde pasan los gases y se produce la transpiración.

El **tejido suberoso** o súber protege a la planta contra la pérdida de agua y contra las temperaturas extremas. Se encuentra en tallos y raíces viejas. El corcho del alcornoque es tejido suberoso.

Este tejido está formado por células muertas cuyas paredes se han engrosado, proporcionando resistencia y protección.



Epidermis con estomas en sección longitudinal

Tejidos embrionarios

El **tejido meristemático** o **meristemo** es el responsable del crecimiento y desarrollo de las plantas. Está constituido por células vivas, pequeñas, con grandes núcleos, sin vacuolas y con una pared celular fina, que permite su crecimiento y su división.

Se localizan en las semillas, en los ápices de las raíces y los tallos, en las yemas y también en el interior del tallo o tronco. Frecuentemente, cuando se observa al microscopio, se puede ver que algunas (o muchas) de sus células se encuentran en división.

Este es el caso de la imagen de la derecha, que es la parte en crecimiento de la raíz de la cebolla.

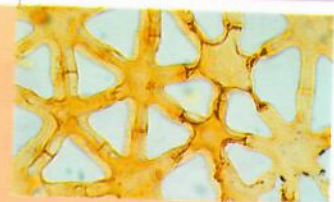


Raíz vista al microscopio

Tejidos fundamentales

Son los **parénquimas** o **tejidos parenquimáticos**. Tienen diversas funciones: realizar la fotosíntesis (parénquima clorofílico), almacenar sustancias como almidón, grasas, etc. (parénquima de reserva), acumular agua (parénquima acuífero) o aire (parénquima aerífero).

El tejido que forma el interior de una hoja es un parénquima clorofílico.



Parénquima estrellado de un tallo de junco

Tejidos esqueléticos

Son el **colénquima** y el **esclerénquima**.

- El **colénquima** o **tejido colenquimático**, formado por células vivas, mantiene erguidos los tallos jóvenes y los peciolo de las hojas.
- El **esclerénquima**, constituido por células muertas con paredes gruesas, aparece en órganos protectores, como el "hueso" del melocotón, cubierta protectora de la semilla.



Colénquima de un peciolo de geranio

Tejidos secretores

Es el llamado **tejido glandular**. Su función es la secreción de sustancias. La clave de este tejido son las células secretoras, capaces de producir algunas sustancias o concentrar y almacenar otras. Las secreciones pueden ser expulsadas al exterior o al interior de la planta.

Hay varios tipos de órganos glandulares en las plantas: algunos son pelos, otros son tubos que contienen látex, etc.

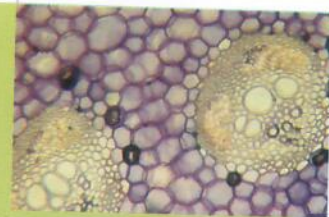


Pelos glandulares de una hoja

Tejidos conductores

Son los que transportan sustancias por el interior de las plantas. Existen dos tipos básicos, el **xilema** y el **floema**.

- El **xilema** o tejido leñoso transporta la savia bruta de la raíz a las hojas.
- El **floema** o tejido liberiano transporta la savia elaborada, que se produce en las hojas, al resto de los órganos de la planta.



Sección transversal de un haz liberiano leñoso

Los tejidos animales

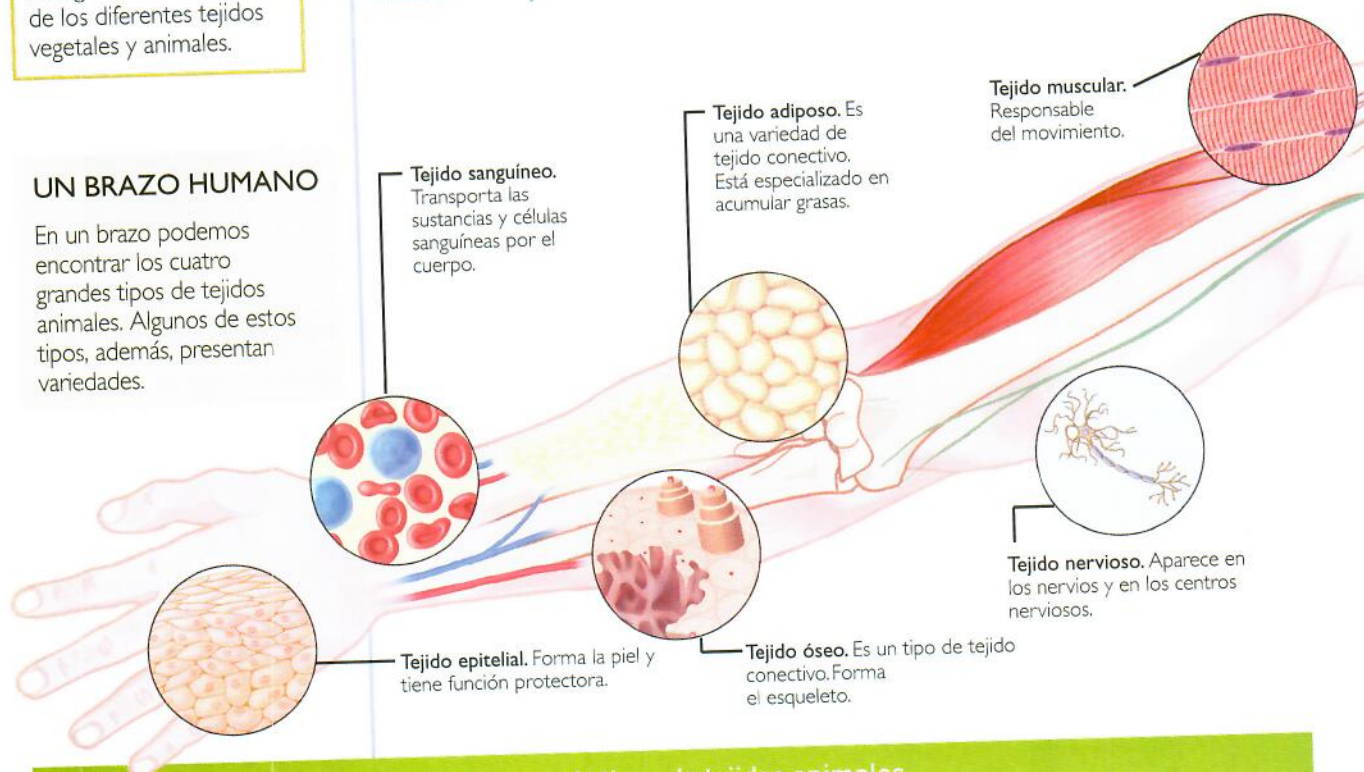
EN LA WEB

<http://mmegias.webs.uvigo.es/>

Fotografías microscópicas de los diferentes tejidos vegetales y animales.

UN BRAZO HUMANO

En un brazo podemos encontrar los cuatro grandes tipos de tejidos animales. Algunos de estos tipos, además, presentan variedades.



Resumen de tipos de tejidos animales

Tipos	Tejidos	Función	Localización
Epiteliales	Revestimiento	Recubrimiento y protección	Piel, vasos sanguíneos, interior de órganos, etc.
	Glandular	Secreción de sustancias	Glándulas, epitelio glandular del intestino
Conectivos	Conjuntivo	Conexión de tejidos y órganos	Todo el cuerpo
	Adiposo	Reserva y aislante	Debajo de la piel y en la médula amarilla (tuétano) de los huesos
	Cartilaginoso	Sostén	Orejas, discos intervertebrales, anillos traqueales, etc.
	Óseo	Sostén	Huesos del esqueleto
Musculares	Liso	Movimiento de músculos	Órganos internos
	Estriado	Movimiento	Músculos esqueléticos
	Cardíaco	Movimiento cardíaco	Corazón
Nerviosos	Nervioso	Información y respuestas	Sistema nervioso
Sanguíneos	Sanguíneo	Transporte de sustancias y regulación térmica	Interior de los vasos sanguíneos

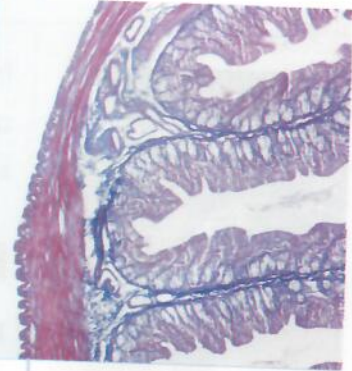
Tejidos epiteliales

Los **tejidos epiteliales** de revestimiento están formados por células que cubren superficies externas y revisten cavidades y conductos de los animales. Así, se encuentran en la piel, las mucosas que forman el interior del tubo digestivo, los vasos sanguíneos, los conductos excretores, etc.

El **tejido glandular** está compuesto por células secretoras que pueden intercalarse entre otras células epiteliales o agruparse formando glándulas.

La **tiroides** y el **páncreas**, son ejemplos de glándulas.

Imagen microscópica de un tejido epitelial de la mucosa que tapiza el interior del intestino.



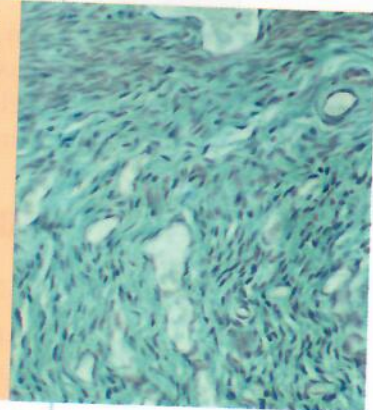
Tejidos conectivos

Como su nombre indica, estos tejidos "conectan" otros tejidos. Son un grupo muy variado. Entre los tejidos conectivos se encuentran los siguientes:

- El **tejido conjuntivo**, que forma los tendones y los ligamentos, y une determinados órganos y tejidos.
- El **tejido cartilaginoso**, que se encuentra en los cartílagos y tiene función de sostén.
- El **tejido óseo**, que forma los huesos de los vertebrados y se mineralizan con sales, aumentando su resistencia.
- El **tejido adiposo**, formado por células que acumulan grasas.

Imagen microscópica de tejido conjuntivo.

En este tipo de tejidos se observan células que no están completamente unidas, sino que se encuentran en una "matriz".

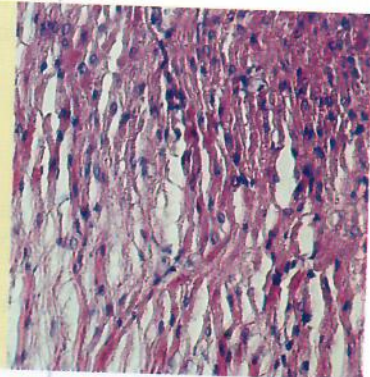


Tejidos musculares

La función de estos tejidos es el movimiento, y lo realizan mediante la contracción y relajación de sus células alargadas (denominadas fibras musculares). Existen tres tipos.

- El **tejido muscular estriado**, forma los músculos que mueven el esqueleto. Su contracción es rápida y voluntaria.
- El **tejido muscular liso**, forma parte de la pared de las vísceras, los vasos sanguíneos, etc. Su contracción es lenta, duradera e involuntaria.
- El **tejido muscular cardíaco**, forma la pared muscular del corazón; su contracción es rápida pero involuntaria.

Tejido muscular liso. Está formado por células alargadas y fusiformes, generalmente, con un solo núcleo.

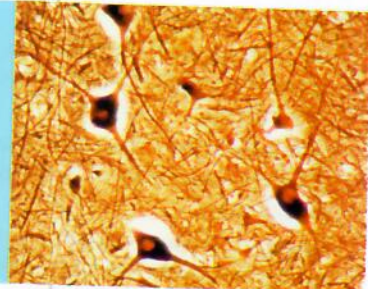


Tejido nervioso

Este tejido recoge la información de los órganos de los sentidos, la transmite a través de los nervios y elabora respuestas en los centros nerviosos.

Está formado por dos tipos de células, las neuronas, que son las células que transmiten los impulsos nerviosos, y las **células de glía**, que protegen, alimentan y aíslan a las anteriores.

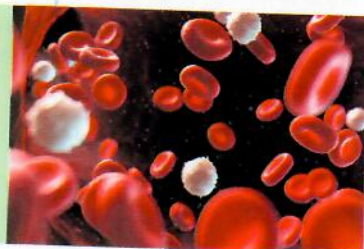
Imagen del tejido nervioso. Las neuronas no están conectadas como en una red, sino de forma más independiente.



Tejido sanguíneo

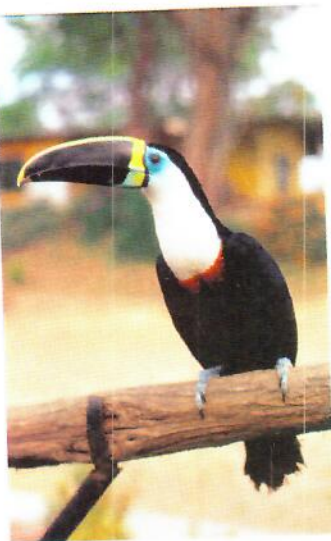
La sangre es un tejido líquido viscoso, de color rojo, que circula por el interior de los vasos sanguíneos de los vertebrados. Está conformada por dos componentes principales: un líquido llamado plasma, y por células sanguíneas: glóbulos rojos o eritrocitos, glóbulos blancos o leucocitos y plaquetas o trombocitos.

Tejido sanguíneo humano. Formado por eritrocitos, leucocitos y plaquetas.



Las funciones vitales

Mylene d'Auriol



El tucán de Cuvier, que vive en la Amazonía peruana, se alimenta de frutos, larvas, huevos y algunos animales pequeños.

Nutrición, relación y reproducción son los tres procesos que mantienen la vida. Los llevan a cabo todos los seres vivos, sean unicelulares o pluricelulares.

Funciones básicas de la vida

Las células están vivas, y llevan a cabo las tres funciones vitales: nutrición, relación y reproducción.

En un ser vivo unicelular, la única célula que lo forma realiza las tres funciones de forma independiente. En cambio, en un ser vivo pluricelular, las células se reparten el trabajo para que el ser vivo en conjunto realice las tres funciones vitales. Se dice, entonces, que sus células están especializadas.

Las tres funciones vitales

- **Nutrición.** Para la obtención de materia y energía.
- **Relación.** Comprende los procesos relacionados con el control del organismo y la relación con el entorno.
- **Reproducción.** Conjunto de mecanismos relacionados con la creación de nuevos individuos.

FUNCIONES EN EL NIVEL CELULAR

Las células necesitan obtener materia y energía para fabricar su propia materia y para realizar todas sus funciones.

La **nutrición** celular puede ser autótrofa o heterótrofa.

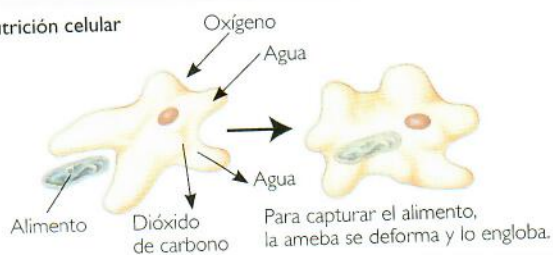
La función de **relación** celular es muy simple, ya que las células reaccionan con acciones sencillas ante los estímulos externos.

No obstante, estas reacciones nos indican que son capaces de percibir diversos estímulos y actuar en consecuencia.

La **reproducción** celular es un proceso mediante el cual se obtienen dos o más células hijas a partir de una célula madre.

Este proceso puede realizarse de forma asexual (las células hijas son idénticas entre sí e iguales a la célula madre) o, en algunos casos (como en algas y protozoarios), mediante un intercambio sexual previo, con lo cual los descendientes tendrán cierta variabilidad.

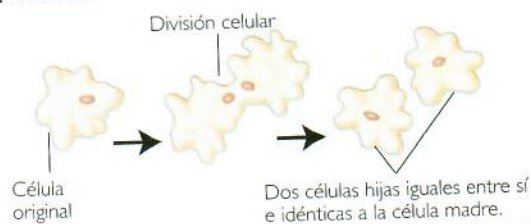
Nutrición celular



Relación



Reproducción celular

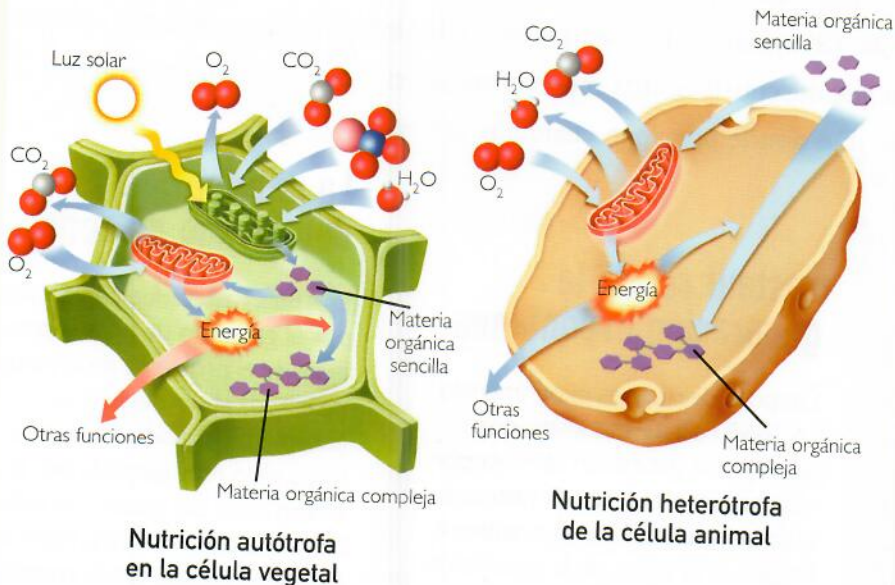


MODALIDADES DE NUTRICIÓN

Existen dos tipos de nutrición: autótrofa y heterótrofa.

La nutrición autótrofa consiste en fabricar materia orgánica a partir de compuestos inorgánicos sencillos, como el dióxido de carbono, el agua y las sales minerales. Si para esta transformación se utiliza la energía solar, se habla de fotosíntesis. Este es el proceso que realizan las plantas.

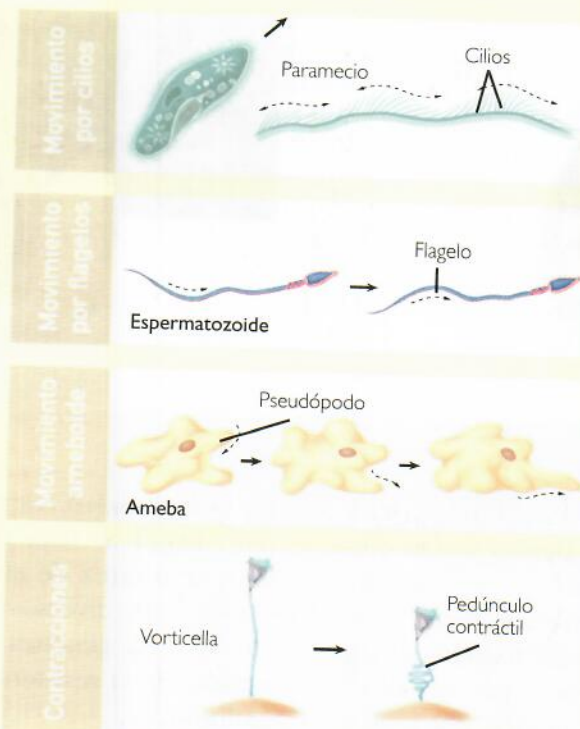
La nutrición heterótrofa consiste en fabricar la materia propia a partir de materia orgánica elaborada previamente por otra célula u organismo. Las células heterótrofas ingieren los alimentos elaborados, los digieren y los reducen a moléculas simples.



LA RELACIÓN, EN SU FORMA MÁS BÁSICA

A las variaciones del medio, en general, se las llama estímulos, y a las reacciones de las células y de los seres vivos, en general, respuestas. Las respuestas más básicas suelen ser movimientos hacia el estímulo (respuesta positiva) o en dirección opuesta al mismo (respuesta negativa). Estos movimientos reciben el nombre de tactismos o taxias.

En el caso de las células, el movimiento se consigue mediante mecanismos diversos, como los cilios, los flagelos, la emisión de pseudópodos y los movimientos contráctiles.



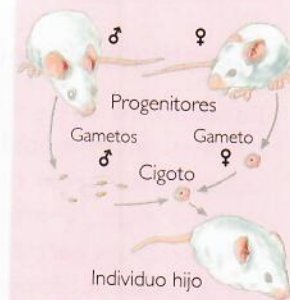
PARA SABER MÁS

Las variaciones en la reproducción

En la reproducción asexual interviene un solo organismo y se producen descendientes iguales entre sí e idénticos al progenitor. Las células se dividen por mitosis, y las hijas son idénticas a la madre.



En la reproducción sexual intervienen dos organismos que producen descendientes parecidos a los progenitores y parecidos entre sí, pero no exactamente iguales. Se produce por células sexuales o gametos, cada una de un individuo, que se unen para formar un cigoto que dará lugar a un nuevo individuo. Previamente a la formación de estas células, se produce una división celular especial, la meiosis, la cual concluye después de la unión de los gametos.





Monumento a Pasteur

Pasteur y la teoría de los gérmenes

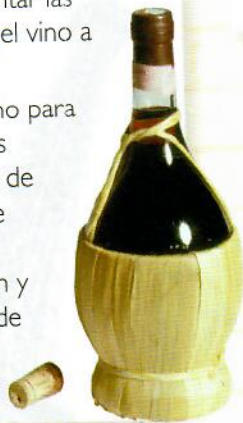
Los científicos son incansables en sus investigaciones, y muchas de ellas llegan en el momento apropiado. Tal es el caso de Louis Pasteur (1822-1895), un infatigable químico y biólogo francés que logró aclarar con sus descubrimientos muchas incógnitas, pero fundamentalmente una: ¿De dónde proviene cualquier ser vivo?

La pasteurización

La acidificación del vino y la cerveza producto de la fermentación era un grave problema económico en Francia.

En 1864, Pasteur resolvió el problema eliminando los microorganismos causantes de la fermentación al calentar las soluciones iniciales del vino a altas temperaturas.

Pasteur hizo lo mismo para conservar productos como la leche antes de su embotellado. Este proceso se conoce como pasteurización y garantiza la calidad de muchos productos actuales.



Pasteur refuta la generación espontánea

Después de muchos experimentos, en 1864, Pasteur demostró que para que se genere un ser vivo, por más pequeño que sea, es necesaria la presencia de un ser vivo anterior. Refutó así la teoría de la generación espontánea, dando un gran impulso a la mejora de las técnicas experimentales en microbiología.

Shutterstock



La pebrina del gusano de seda

En 1865, Pasteur fue contactado por el gobierno de Francia para resolver el problema de la industria de la seda al sur del país. La enorme producción de seda se había visto muy afectada por la enfermedad del gusano de seda, conocida como pebrina. Pasteur experimentó con la cría controlada y demostró que la pebrina era causada por un parásito. Llegó a la conclusión de que la causa de

la enfermedad solo sobrevivía en los huevos enfermos vivos, por tanto, la solución era la selección de huevos libres de la enfermedad. Al utilizar este método, la industria de la seda se salvó del desastre.

El Instituto Pasteur

Fundado en su honor en 1888. Fue dirigido hasta su muerte en 1895, cuando ya era considerado un héroe nacional.

Se creó para desarrollar investigaciones sobre enfermedades infecciosas, sobre todo en el campo de la microbiología, ciencia que investiga a los microorganismos y sus efectos, entre ellos, varias enfermedades.

En la actualidad, es una de las organizaciones científicas más prestigiosas del mundo, ya que la tarea de sus investigadores abarca campos tan diversos como el sida, la tuberculosis y la genética molecular, así como el estudio de la resistencia de las bacterias a los antibióticos.



Por sus trabajos, Louis Pasteur es considerado el pionero de la microbiología moderna, iniciando la llamada Edad de Oro de la Microbiología.

Teoría de los gérmenes

Pasteur creía que el origen y evolución de las enfermedades infecciosas eran análogos a la fermentación. Esta surgiría por el ataque de gérmenes microscópicos procedentes del exterior del organismo capaces de propagarse entre la gente, del mismo modo que los microorganismos no deseados invaden la leche y causan su fermentación.

Este concepto, llamado teoría de los gérmenes o teoría germinal de las enfermedades infecciosas, fue muy debatido por médicos y científicos de todo el mundo. Para muchos resultaba ridículo pensar que algo tan pequeño pudiese ocasionar la muerte de seres mucho más fuertes.

Los estudios de Pasteur mostraban que estaba en lo cierto, y con esto explicó la causa de muchas enfermedades.

La vacunación

En 1880, Pasteur experimentaba con pollos para solucionar el cólera aviar. Por descuido, su ayudante inoculó a los pollos con bacterias debilitadas y estos presentaron algunos síntomas pero no murieron.

Pasteur recordó que en 1796, Edward Jenner había hecho algo parecido. Expuso a los pollos de nuevo al cólera y sobrevivieron. Llamó a esta técnica vacunación.

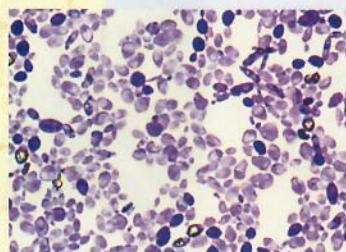
Pasteur puso este descubrimiento en práctica en otras enfermedades causadas por bacterias.

En 1881, demostró la eficacia de su vacuna contra el carbunco, inoculando la mitad de un rebaño de ovejas mientras inyectaba la enfermedad a la otra mitad. Las inoculadas con la vacuna sobrevivieron, el resto, murió.

La vacuna contra rabia

En 1885 un niño pastor de 9 años, Joseph Meister, fue mordido numerosas veces por un perro rabioso. Pasteur sólo había probado su vacuna contra la rabia con unos cuantos perros. El sabía que el niño moriría al manifestarse la enfermedad.

Después de consultar con sus colegas, pues al no ser médico podía meterse en un problema legal, el químico inoculó la vacuna a Joseph. El tratamiento fue todo un éxito. El niño se recuperó de las heridas y nunca desarrolló la rabia. Durante los meses siguientes, unas 2500 personas fueron curadas de la rabia por Pasteur con el mismo tratamiento. Sobrevivieron todas menos diez. Pasteur nuevamente fue alabado como héroe.



La historia de Pasteur y sus investigaciones es un ejemplo claro de cómo funciona la ciencia y el proceso del conocimiento: un descubrimiento lleva a otro, a veces en forma casual, pero siempre a través del análisis, el trabajo organizado y la creatividad.

Te invitamos a seguir estudiando sobre este gran científico y averiguar qué otros logros realizó para la ciencia, que mejoraron en forma importante la vida en el planeta.

Resumen

Ideas principales

La célula

Teoría celular

La teoría celular se rige por los siguientes principios:

- La célula es la unidad morfológica o estructural de todos los seres vivos.
- La célula es la unidad fisiológica o funcional de los organismos.
- La célula es la estructura de origen y de herencia de los seres vivos.

Tipos de células

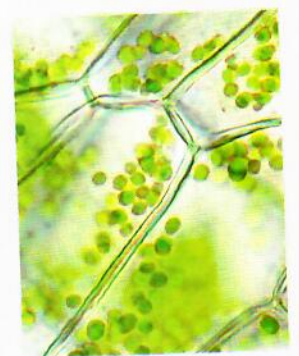
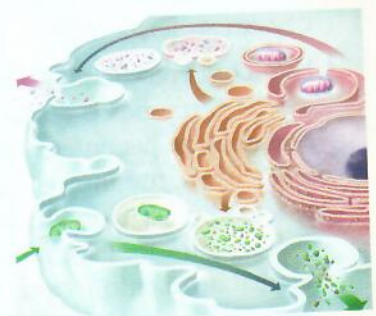
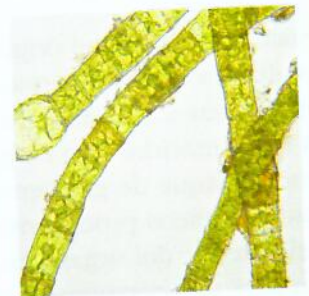
- Todas las células poseen como mínimo una membrana celular, citoplasma y material genético (ADN y ARN).
- Hay dos tipos de células: procariota y eucariota. Procariota: nucleóide sin membrana nuclear y pared bacteriana. Eucariota: material genético rodeado por una membrana (núcleo).
- Núcleo. Estructura esférica delimitada por la envoltura celular. Función: conservar y transmitir la información genética en la reproducción celular, y regular el funcionamiento de la célula.
- Dos tipos de células eucariotas: vegetal y animal. Estructuras exclusivas de la célula vegetal: pared celular vegetal, plastos y una vacuola grande. Estructuras exclusivas de la célula animal: centriolos y vesículas.

Membrana celular y organelos

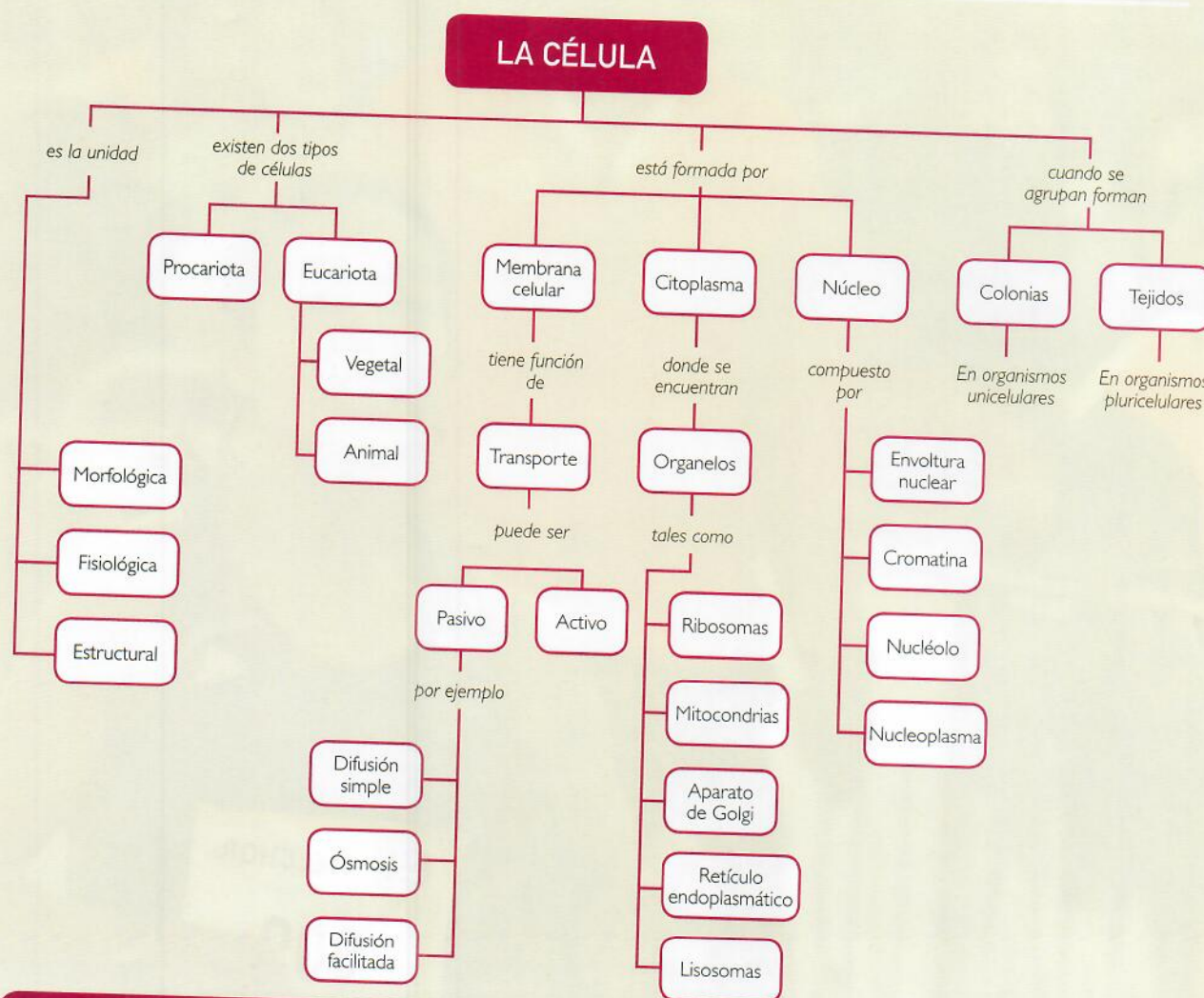
- Funciones: transporte y comunicación.
- Modelo mosaico fluido: membrana formada por una bicapa de lípidos asociados a proteínas.
- Transporte: pasivo y activo. Ósmosis: transporta agua de un medio de menor concentración de solutos a otro de mayor concentración.
- Organelos. Son estructuras ubicadas en el citoplasma. Tienen funciones específicas. Ribosoma y retículo endoplasmático: síntesis de proteínas. Aparato de Golgi: almacena y distribuye contenidos de vesículas. Lisosoma: digestión y destrucción de organelos. Vesículas: almacenamiento, transporte y excreción o eliminación de sustancias. Mitocondria: respiración celular. Citoesqueleto: soporte y forma para la célula. Centrosoma: producción de microtúbulos (citoesqueleto). Cloroplasto: fotosíntesis.

Agrupaciones celulares

- Unicelulares: colonias. Pluricelulares: tejidos.
- Tejidos vegetales. Uniones por las paredes celulares. Según sus funciones: protectores (epidérmico y suberoso), embrionarios (meristemático), fundamentales (parenquimático), esqueléticos (colenquimático y esclerenquimático), conductores (xilema y floema) y secretores (glandular).
- Tejidos animales. Unidos por varios tipos de conexiones, como uniones estrechas, desmosomas y uniones de comunicación. Cuatro tipos: epiteliales (revestimiento y glandular), conectivo (conjuntivo, adiposo, cartilaginoso y óseo), musculares (liso, estriado y cardíaco) y nervioso.



Organizador visual: mapa conceptual



Opciones de consulta

Para reforzar

En los siguientes sitios web encontrarás información sobre las células animales, vegetales y los tipos de tejido que reforzarán lo aprendido.

- http://www.biologia.edu.ar/plantas/cell_vegetal.htm
- http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/1bachillerato/organizacion_sv/contenidos10.htm

Con este libro de la biblioteca del Ministerio de Educación, podrás complementar tus conocimientos sobre el tema desarrollado en esta unidad.

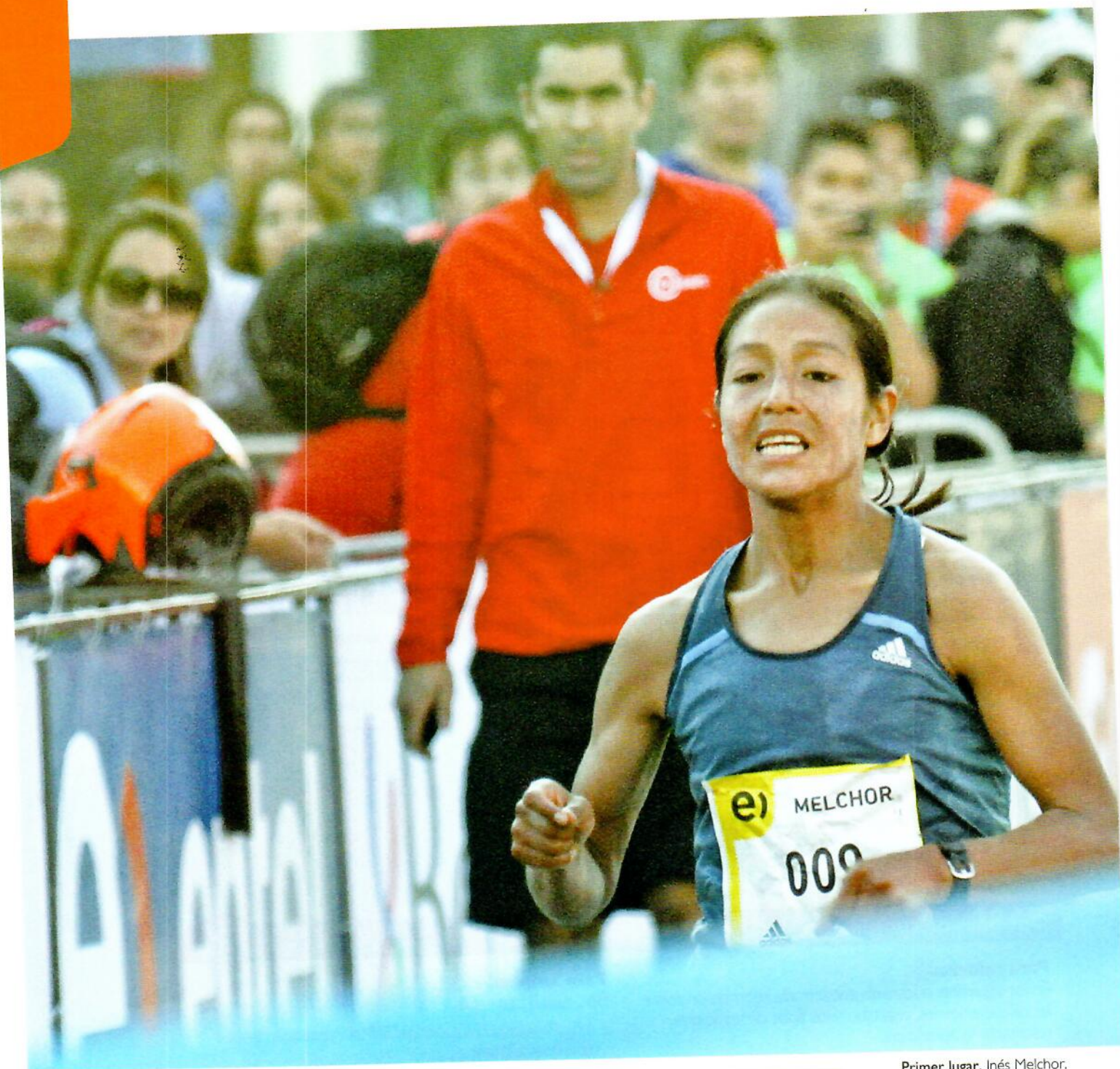
- Gispert, C., Miller, G., Gay, J., Vidal, J. (Eds.). (2003). *Enciclopedia didáctica de las Ciencias Naturales*. Barcelona, España: Océano.

Para ampliar

BBC (2009), *La célula*.

- <http://abelgalois.blogspot.pe/2010/07/documental-bbc-la-celula-cell.html>

En esta fascinante serie, el Dr. Adam Rutherford regresa en el tiempo para explorar las primeras observaciones de la estructura celular de las plantas, la búsqueda por el secreto de la vida que conllevó investigaciones sobre el funcionamiento interno de la célula y el avance de la biología sintética moderna cuyo objetivo es utilizar la biotecnología para generar materiales y sistemas biológicos útiles.



IDEAS CLAVE

- Nutrición celular
- Nutrición en plantas
- Nutrición en animales
- Nutrición en humanos
- Alimentación saludable
- Enfermedades relacionadas a la nutrición

Primer lugar. Inés Melchor, fondista peruana, fue la ganadora de la maratón 42 kilómetros en Santiago de Chile, en abril 2015.

3

La función de nutrición

LEEMOS

La importancia de la alimentación

En Huancayo, nuestros fondistas cuentan con el Centro de Alto Rendimiento (CEAR) en el Coliseo Wanka. El objetivo del CEAR es mejorar las condiciones para albergar y realizar concentraciones para los atletas peruanos destacados, lo que mejorará el desempeño de nuestros deportistas en las diferentes disciplinas. Además, se les provee todos los recursos necesarios para su adecuada preparación, como servicios de nutrición, psicología, evaluación física, desarrollo muscular, medicina y rehabilitación.

La alimentación especializada y el deporte deben ir de la mano para alcanzar el mejor rendimiento. No todos los deportes requieren el mismo tipo de alimentación. Se deben hacer diferencias según el tipo, por ejemplo, si es aeróbico o no, características del deportista, etc.

La alimentación del deportista no solo debe nutrir las células del organismo para que este se desarrolle y mantenga, sino que, además, debe cubrir el gasto derivado del esfuerzo extra.

¿Qué función cumplen la nutrición y la alimentación? ¿Cómo afecta la alimentación nuestro rendimiento físico? ¿Por qué es importante la alimentación balanceada para un deportista? ¿Cuáles son los sistemas del cuerpo humano involucrados en el gasto energético de un deportista? ¿Cómo crees que debería ser la alimentación de un atleta? ¿Cómo se diferencia de la tuya? ¿Cómo se realiza la nutrición en las plantas?

LO QUE DEBEMOS APRENDER

Al concluir la unidad, podrás reconocer la importancia del proceso de la nutrición en los seres vivos como el mecanismo de obtención de energía común a todos. Podrás comparar la nutrición autótrofa y heterótrofa según la estrategia utilizada por el organismo.

Asimismo comprenderás y podrás justificar la importancia de una dieta balanceada para el mantenimiento de la salud.

Introducción a la unidad

Esta unidad inicia el estudio del metabolismo celular, su relación con la nutrición autótrofa y heterótrofa, las características básicas de la fotosíntesis y la respiración celular, para comprender cómo las células, y finalmente los organismos vivos, producen, almacenan y utilizan la energía. Conocerás también cómo los sistemas digestivo, respiratorio, circulatorio y excretor

trabajan de manera conjunta para mantener el suministro de energía en todas las células del organismo. Encontrarás la importancia de llevar una alimentación balanceada, rica en alimentos tradicionales y baja en alimentos artificiales, con químicos y preservantes. Podrás relacionar la nutrición y el deporte, no solo para deportistas profesionales, sino también para aficionados.

La nutrición celular

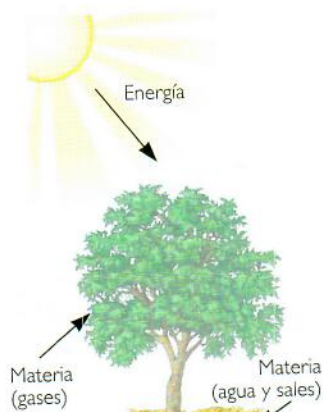
La nutrición permite que los seres vivos obtengan materia y energía del entorno en el que viven para mantener sus funciones vitales.

La nutrición

Es el conjunto de procesos que realizan los organismos para incorporar energía y materia. Lo hacen a partir de los nutrientes presentes en los alimentos, con el fin de cumplir las diversas funciones vitales que les permiten crecer, desarrollarse, regenerarse o reproducirse. La última parte ocurre en la célula y se llama nutrición celular. Los materiales que no se pueden utilizar, así como los restos que resultan de su degradación, son expulsados al exterior.

Se diferencian dos tipos de nutrición:

- **Autótrofa.** Produce moléculas complejas a partir de moléculas inorgánicas sencillas (dióxido de carbono, agua y sales minerales) que toman del medio. Puede emplear la energía química (quimiosíntesis) o la energía luminosa (fotosíntesis). Se presenta en plantas, algas y algunas bacterias.
- **Heterótrofa.** Incorpora materia orgánica elaborada por otros organismos, ya que son incapaces de fabricarla por sí mismos. Utilizan la energía química almacenada en los enlaces de las moléculas complejas. Se presenta en animales, protozoarios, hongos y muchas bacterias.



Las plantas son seres autótrofos. Obtienen materia del medio y energía de la luz solar.



Los animales son seres heterótrofos. Obtienen materia y energía del alimento que consumen.

El metabolismo celular

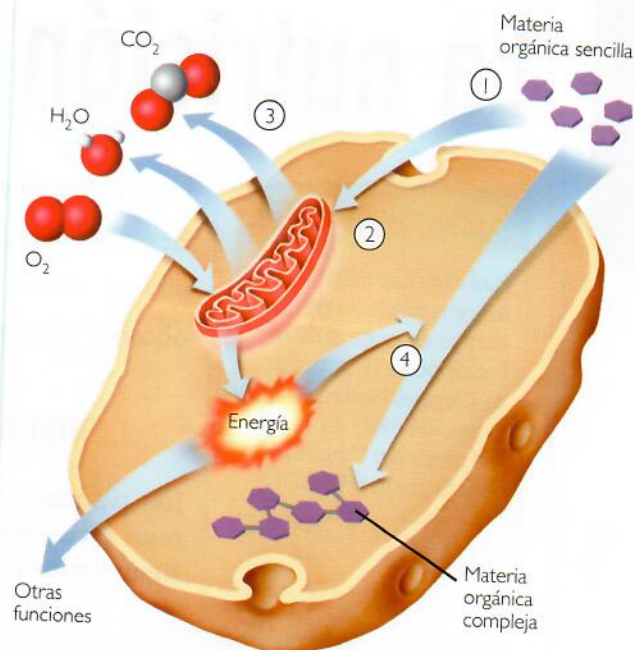
Es el conjunto de reacciones, controladas por enzimas, que sufren la materia y la energía en las células. El metabolismo celular tiene dos fases:

- **Catabolismo.** Reacciones químicas, realizadas durante la respiración celular, mediante las cuales se degradan moléculas complejas en otras más simples, liberando energía útil.
- **Anabolismo.** Reacciones químicas mediante las cuales las células sintetizan sus propios componentes o cualquier otra sustancia a partir de moléculas sencillas. Requiere consumir energía química.

El metabolismo en las células heterótrofas

Consta de los siguientes pasos:

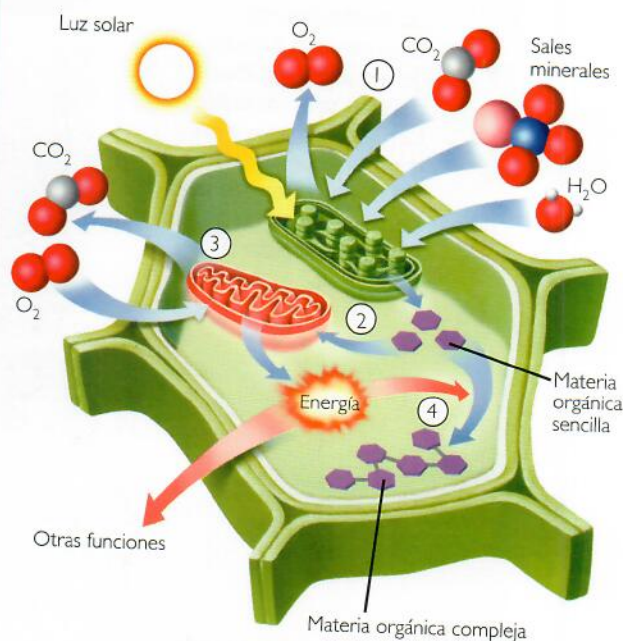
1. Los nutrientes orgánicos, elaborados por otros organismos, son tomados del medio e incorporados en la célula.
2. Una parte de esa materia orgánica es utilizada en las mitocondrias, donde se produce el catabolismo. A partir del oxígeno, se obtiene energía y sustancias inorgánicas (H_2O y CO_2). La energía obtenida se invierte en producir una sustancia, el ATP (adenosín trifosfato). Esta molécula almacena energía en sus enlaces, de tal forma que se puede descomponer en ADP (adenosín difosfato) y ácido fosfórico (H_3PO_4), liberando dicha energía.
3. Como resultado del catabolismo, se produce dióxido de carbono, que se expulsa fuera de la célula.
4. Con la energía procedente del catabolismo y las sustancias orgánicas sencillas, se sintetizan grandes moléculas orgánicas (anabolismo); por lo que la célula produce sus propios componentes. El proceso anabólico más importante es la síntesis de proteínas.



El metabolismo en las células fotoautótrofas

Se puede resumir en los siguientes pasos:

1. Las células fotoautótrofas pueden transformar la energía luminosa en energía química (ATP). Este proceso del anabolismo tiene lugar en el cloroplasto. La energía obtenida es utilizada para sintetizar materia orgánica a partir de sustancias inorgánicas (H_2O , CO_2 y sales minerales). Este proceso se denomina fotosíntesis.
2. Parte de la materia orgánica obtenida es utilizada en las mitocondrias, donde se produce el catabolismo. Mediante la respiración celular esta materia orgánica es oxidada, obteniéndose energía y sustancias inorgánicas.
3. Como resultado del catabolismo se produce dióxido de carbono, que es expulsado.
4. Con la energía y las moléculas sencillas se sintetizan grandes moléculas orgánicas (anabolismo).



PARA SABER MÁS

Bacterias quimiosintéticas

Existen bacterias quimioautótrofas que, en vez de la luz, utilizan la energía química de algunas sustancias inorgánicas, como el sulfuro de hidrógeno (H_2S) que se produce en las emanaciones volcánicas.

A partir de estas bacterias, pueden surgir pequeños ecosistemas, basados en la quimiosíntesis, en vez de que aparezcan en la fotosíntesis. Es lo que ocurre en las chimeneas hidrotermales de algunos fondos marinos, a través de las cuales salen materiales volcánicos.



La nutrición en las plantas

EN LA BIBLIOTECA

Para conocer más sobre la nutrición de las plantas, consulta el libro Enciclopedia didáctica de las Ciencias Naturales (págs. 184-189) de la biblioteca del Ministerio de Educación (MINEDU).

La más humilde de las plantas lleva en el interior de sus hojas una factoría química que los seres humanos aún no podemos emular. Las plantas, en sus microscópicas fábricas, emplean la luz del Sol para obtener glucosa a partir de dióxido de carbono y agua.

Panorama de la nutrición de las plantas

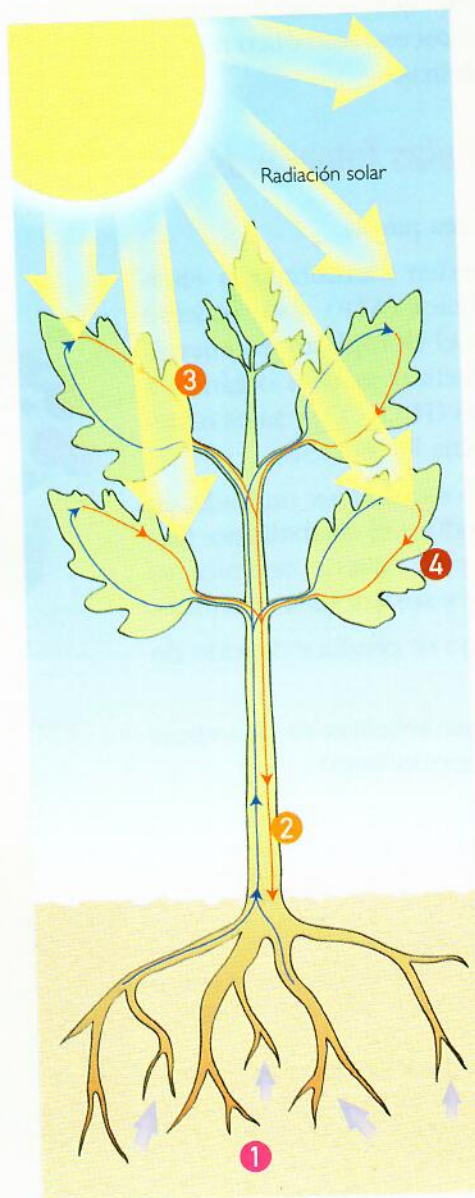
Las plantas, a diferencia de los animales, no necesitan tomar alimentos, pues ellas mismas fabrican su propia materia orgánica. El proceso general sigue varios pasos.

1 Las plantas toman agua y sales del suelo

Las plantas necesitan absorber agua a través de la raíz. El agua lleva disueltas sales minerales. La mezcla de agua y sales minerales que ingresa a la planta es llamada savia bruta, y sirve como materia prima para realizar la fotosíntesis.

2 El tallo transporta la savia bruta a las hojas

La savia bruta asciende y pasa de la raíz al tallo de la planta. A continuación, asciende por los vasos conductores (denominados xilema) que recorren el interior del tallo, hasta que llega a las hojas y otras partes verdes de la planta.



3 En las hojas, la savia bruta se transforma en savia elaborada

Las hojas realizan el proceso fundamental de la nutrición de las plantas: la fotosíntesis. Por este proceso, la savia bruta se convierte en savia elaborada, que es una mezcla de agua y sustancias orgánicas, principalmente glucosa. Para llevar a cabo esta transformación, las plantas necesitan tomar dióxido de carbono del aire a través de las hojas. También necesitan la luz del Sol, que le aporta la energía suficiente para realizar el proceso.

4 La savia elaborada se reparte por toda la planta

Por último, la savia elaborada, con las sustancias que contiene, se reparte a todas las partes de la planta gracias a los vasos conductores (denominados floema). Así llega a todas las células del vegetal. Estas utilizan la glucosa en su metabolismo y realizan la respiración celular.

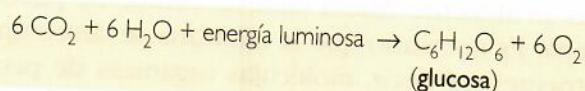
La fotosíntesis

La energía luminosa del Sol es captada en los cloroplastos por los pigmentos fotosintéticos, capaces de transformar la energía luminosa en energía química, es decir, en la energía de los enlaces químicos del ATP. El pigmento más importante es la clorofila, a la que deben su color verde las plantas.

La fotosíntesis se divide en dos fases: luminosa y oscura. En la fase luminosa se precisa luz y consiste en la transformación de la energía de la luz en energía química (ATP). En la fase oscura no se necesita luz y se emplea la energía obtenida en la fase luminosa para la síntesis de biomoléculas orgánicas. Ambas fases ocurren simultáneamente.

En las plantas, las biomoléculas orgánicas más abundantes son los carbohidratos. Todas sus estructuras (raíz, tallo y hojas) contienen celulosa y la mayor parte de sus reservas energéticas son de almidón. Por lo tanto, el producto de la fotosíntesis es, principalmente, glucosa.

La reacción química global que ocurre en la fotosíntesis es la siguiente:

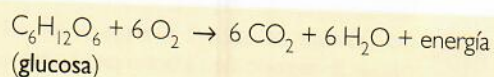


La respiración celular

Muchas células de las plantas, como las células de la raíz o del tronco, no disponen de pigmentos fotosintéticos para aprovechar la luz. Incluso, aunque los tuvieran, no podrían realizar la fotosíntesis por la noche.

Cuando no hay luz, toda la energía se obtiene a partir de las reservas energéticas que, básicamente, son de almidón. Para utilizar la energía almacenada en el almidón, este se debe descomponer en moléculas de glucosa, las cuales pasan al interior de la célula y se separan en moléculas orgánicas aún más pequeñas que entran en las mitocondrias, donde ocurre la respiración celular. Este proceso consiste en la oxidación total de las pequeñas moléculas orgánicas con oxígeno. En él se produce CO_2 y energía química en forma de ATP, que las células pueden emplear.

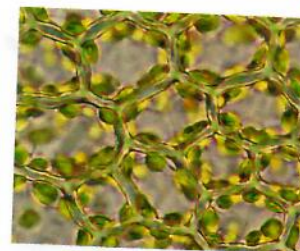
La reacción química global que ocurre en la respiración celular es la siguiente:



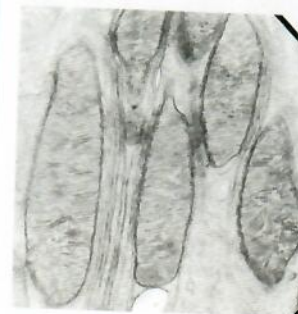
El intercambio de gases

Tanto en la fotosíntesis como en la respiración celular, las plantas intercambian gases con el medio. Durante la fotosíntesis, la planta toma dióxido de carbono y desprende oxígeno. En la respiración celular toma oxígeno y desprende dióxido de carbono.

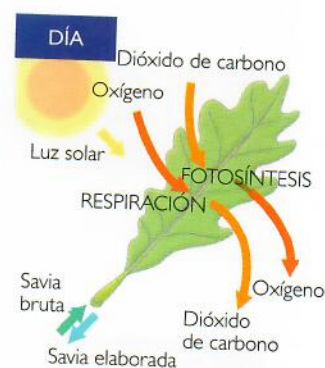
Durante el día, la planta realiza la respiración celular y la fotosíntesis, pero predomina esta última. Por lo tanto, la planta, en su conjunto, toma dióxido de carbono y desprende oxígeno. Durante la noche, solo realiza la respiración celular, por lo que toma oxígeno y desprende dióxido de carbono.



Fotografía de células vegetales tomada con un microscopio óptico. Los pequeños discos verdes que se observan son los cloroplastos.



Fotografía de mitocondrias tomadas con un microscopio electrónico. Son mucho menores que un cloroplasto y cada célula contiene cientos de ellas.



Las plantas realizan la fotosíntesis solo de día, cuando hay luz solar, y respiran de día y de noche.

La nutrición en los animales

Carlos Sala



Las cuculíes se alimentan principalmente de semillas.

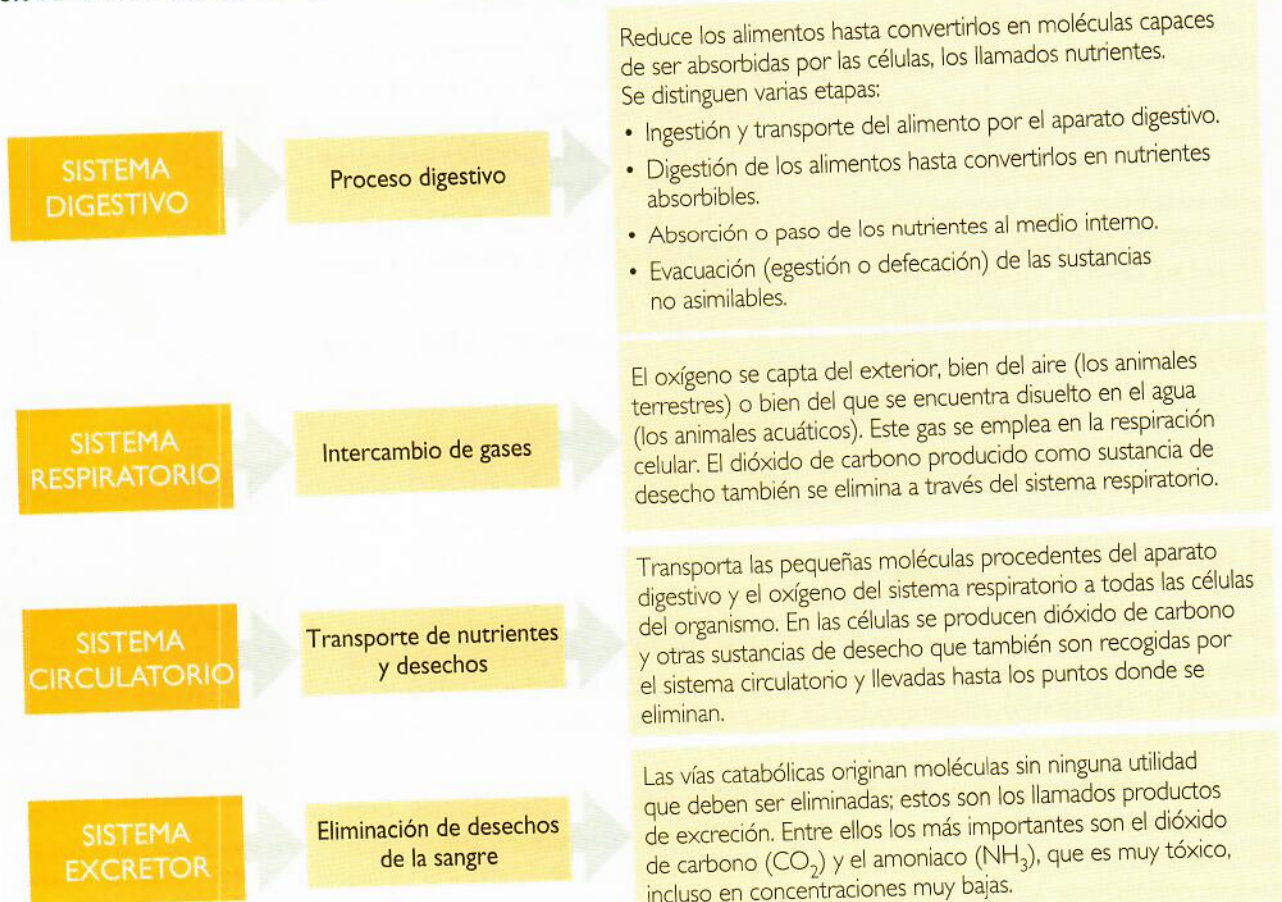
Los animales son seres heterótrofos; es decir, se alimentan de moléculas orgánicas ya elaboradas por otros seres vivos, de los que dependen. Los animales son incapaces de transformar la materia inorgánica en orgánica, como hacen los seres autótrofos.

Panorama de la nutrición de los animales

Como los animales no fabrican materia orgánica, como lo hacen las plantas, deben tomar alimentos que la contengan.

Llamamos alimento a todo aquello que ingieren los animales. Por ejemplo, una manzana es un alimento. Ahora bien, las células no pueden hacer nada con una manzana. Es necesario que la manzana se descomponga y se extraigan sus nutrientes, es decir, moléculas orgánicas de pequeño tamaño que pueden ser aprovechadas por las células. Además, los nutrientes han de llegar hasta todas las células del cuerpo, que también deben recibir oxígeno para realizar la respiración celular. Por último, debe haber un sistema para eliminar todas las sustancias tóxicas que se produzcan en este proceso.

SISTEMAS Y PROCESOS QUE INTERVIENEN EN LA NUTRICIÓN



La alimentación de los animales

Cada especie animal presenta particularidades en su forma de alimentarse. Ahora bien, existen dos tipos básicos en función del tamaño de las partículas de alimento y el modo en que lo consiguen: los animales micrófagos y los macrófagos:

- Los **animales micrófagos** consumen alimentos de tamaño pequeño respecto a ellos mismos. Apenas seleccionan su alimento, que consumen casi continuamente.
- Los **animales macrófagos** consumen alimentos de tamaño grande. Son selectivos con respecto al alimento que consumen.

ANIMALES MICRÓFAGOS

Filtradores

Se alimentan de partículas orgánicas o seres vivos de pequeño tamaño que viven suspendidos en el agua. Presentan diversas estructuras, como filtros, que retienen el alimento. Se da en esponjas, bivalvos y ballenas.



Sedimentívoros

Se alimentan de partículas orgánicas que se hallan en los sedimentos. Para ello, ingieren continuamente sedimentos, en los que se encuentran partículas alimenticias. Se da, por ejemplo, en las lombrices de tierra.



Micrófagos de superficie

Se alimentan desprendiendo pequeños organismos o fragmentos de organismos de una superficie, o bien arrancando trozos del alimento sobre el que viven. En este grupo se encuentran las ovejas y los erizos de mar.



Consumidores de líquidos nutritivos

En este grupo existe mucha variedad. Hay hematófagos, que se alimentan de sangre; nectarívoros, que se alimentan de néctar. En este grupo se incluyen muchos organismos parásitos.



ANIMALES MACRÓFAGOS

Depredadores

Se alimentan de presas vivas a las que primero han de cazar. Estos tienen mecanismos para matar a las presas, como veneno, colmillos, aguijones, etc. Ocurre en arácnidos, moluscos, muchos insectos, gasterópodos marinos, estrellas de mar, peces y la mayoría de vertebrados.



Necrófagos

Se alimentan de cadáveres de otros animales, que deben encontrar.

Es muy común entre los insectos, pero también se da en aves, como los buitres, o en mamíferos, como las hienas.



VIREO

El proceso digestivo en los **invertebrados**



Las células no pueden aprovechar los alimentos tal cual se encuentran. Primero han de digerirlos, para obtener sus nutrientes, y que puedan acceder al interior de las células.

Una vez que han conseguido el alimento, los animales realizan el proceso digestivo. En los invertebrados existe una gran variedad de formas de conseguirlo, tantas como tipos diferentes de invertebrados.

Digestión del alimento

La mayor parte de los alimentos deben ser transformados antes de poder ser utilizados por el animal, bien sea como fuente de energía o para elaborar sus propios compuestos orgánicos. En la digestión se distinguen dos tipos de procesos:

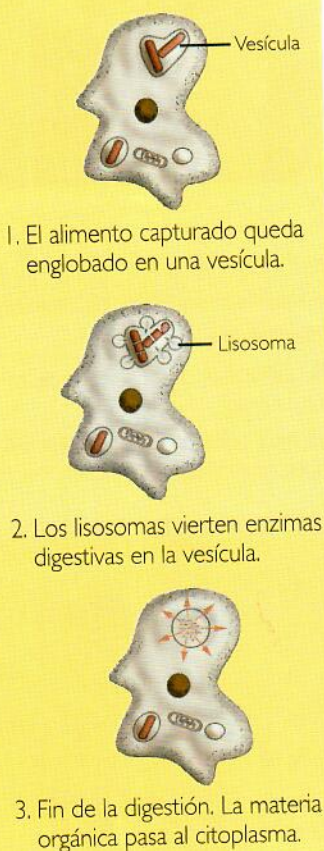
- **Digestión mecánica.** Consiste en trocear y triturar los alimentos con ayuda de órganos especializados.
- **Digestión química.** Consiste en la secreción de enzimas, que actúan sobre las moléculas orgánicas complejas de los alimentos y las transforman en otras más simples, capaces de atravesar las membranas plasmáticas de las células.

DIGESTIÓN INTRACELULAR

Se realiza en el interior de las células y es propia de esponjas y de organismos unicelulares, como los protozoarios.

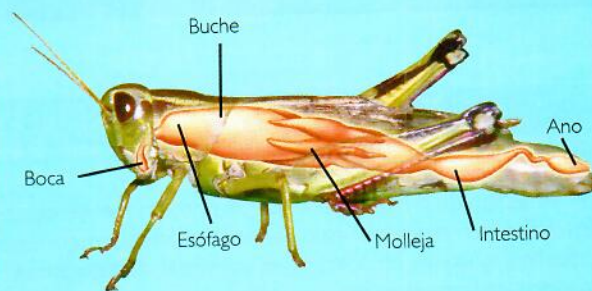
El alimento entra en la célula y luego a una vesícula digestiva, en la que los lisosomas vierten su contenido enzimático.

Tras la digestión, los productos pasan al citoplasma.



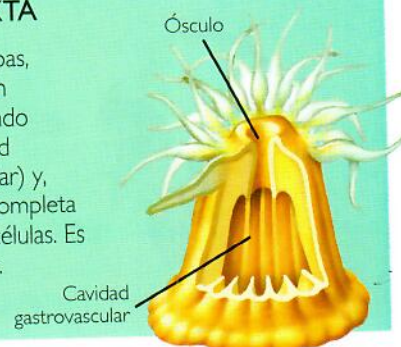
DIGESTIÓN EXTRACELULAR

Se realiza fuera de las células. Es propia de animales con tubo digestivo. Las enzimas digestivas son vertidas al interior del sistema digestivo. A veces es necesaria una trituration previa.



DIGESTIÓN MIXTA

Se realiza en dos etapas, primero una digestión extracelular, segregando enzimas a una cavidad (cavidad gastrovascular) y, posteriormente, se completa en el interior de las células. Es típica de celentéreos.

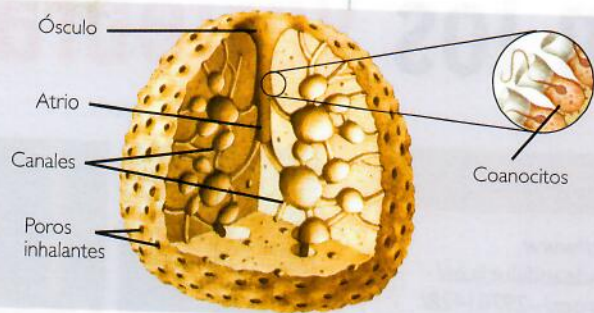


El proceso digestivo en algunos invertebrados

Los invertebrados son un grupo tan variado que se pueden distinguir muchas formas diferentes en el proceso digestivo.

Las **esponjas** son animales micrófagos, y no tienen sistema digestivo. Poseen unas células especializadas, los coanocitos, que crean corrientes, filtran el agua y retienen pequeñas partículas de alimento.

Realizan una digestión intracelular; puesto que las partículas pasan al interior de los coanocitos, donde se digieren para liberar sus nutrientes. Posteriormente, estos se repartirán al resto de las células.



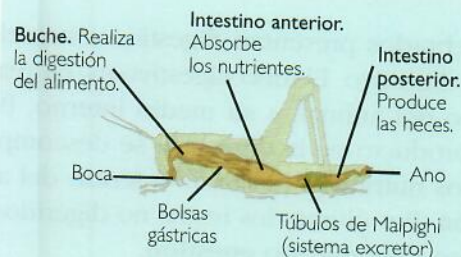
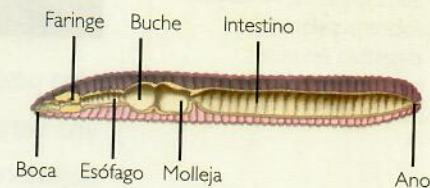
Las **medusas** y las **anémonas** son macrófagos: capturan presas vivas.

Poseen en sus tentáculos unas células, los cnidoblastos, que inyectan una sustancia paralizante en las presas. A continuación, con ayuda de los tentáculos, introducen la presa en la cavidad digestiva. Esta tiene un solo orificio, que funciona como boca y como ano.

La digestión es mixta. Los restos no digeridos del alimento se expulsan en la egestión.



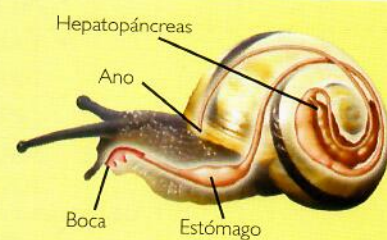
Muchos **anélidos**, como la lombriz de tierra, son micrófagos y su digestión es extracelular. Tienen un tubo digestivo completo formado por boca, faringe, esófago, buche, molleja, intestino y ano. En su recorrido por el tubo digestivo, se digiere y absorbe la materia orgánica. En el buche, se almacena el alimento, y en la molleja, se tritura.



Los **artrópodos** suelen ser macrófagos. Su digestión es extracelular y ocurre en un tubo digestivo con dos orificios.

La boca está adaptada al tipo de alimentación de cada animal, y dotada de apéndices (mandíbulas, trompa, etc.) que ayudan a capturar e ingerir el alimento. El tubo digestivo tiene diferentes zonas, cada una con una función.

Los **moluscos** poseen digestión extracelular. Esta tiene lugar en un tubo digestivo provisto de boca y ano. Los gasterópodos presentan una glándula, llamada hepatopáncreas, que segrega enzimas que colaboran en el proceso digestivo. Los bivalvos son filtradores.



SABÍAS QUE...

¡Cómo comen!

Los invertebrados emplean todo tipo de estrategias para llevar a cabo la alimentación y la digestión.

Las arañas no tienen mandíbulas con las que masticar; así que inyectan

jugos digestivos en sus presas y, prácticamente, licúan el interior de la víctima. Luego, la araña sorbe el jugo que ha quedado de la presa.

Algunas estrellas de mar son capaces de "dar la vuelta",

como si fuera un guante, al tubo digestivo. De este modo, expulsan el estómago por la boca. Este realiza una digestión externa rápida del alimento y vuelve a introducirse en el interior de la estrella.



El proceso digestivo en los vertebrados

EN LA WEB

<http://www.juntadeandalucia.es/averroes/~29701428/salud/digesti.htm>

Materiales didácticos de la Junta de Andalucía sobre el proceso digestivo en el ser humano.



Una pez carpa parece totalmente distinto de un ave, una rana, una jirafa o una serpiente. Sin embargo, todos son animales vertebrados y sus sistemas digestivos son muy similares, aunque presentan algunas peculiaridades.

Características generales

Los vertebrados presentan digestión extracelular, que se realiza a lo largo del tubo digestivo. El tubo digestivo es, en realidad, una superficie «exterior» al cuerpo del animal, a su medio interno. Por él pasan los alimentos, los cuales, producto de la **digestión** se descomponen y liberan sus nutrientes. Luego, los nutrientes pasan al «interior» del animal en un proceso llamado **absorción**. Por último, los restos no digeridos son eliminados al exterior en el proceso denominado **egestión**.

Para realizar su función, el tubo digestivo tiene una serie de características:

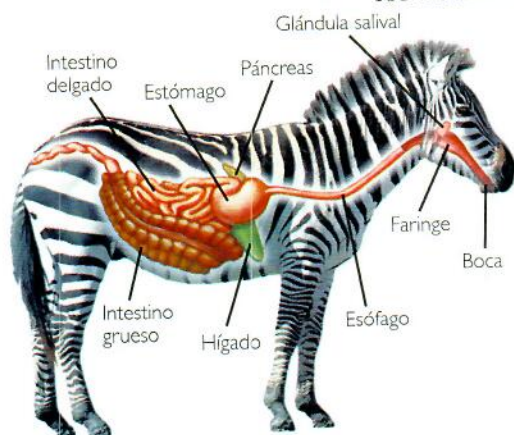
- Su pared es muscular, para hacer que los alimentos avancen por él.
- Está dividido en partes o compartimentos, cada uno de ellos, con una función específica. En general, consta de boca (donde el alimento es triturado y mezclado con la saliva), faringe, esófago, estómago (que realiza la digestión gástrica), intestino delgado (que finaliza la digestión y absorbe los nutrientes) e intestino grueso (donde se produce la egestión).

- Es muy largo. El alimento tarda bastante en circular por él y hay tiempo suficiente para que se digiera y para que se absorban los nutrientes. El tubo digestivo es muy contorneado, lo que aumenta su longitud.

Además, a lo largo del tubo digestivo, existen glándulas anexas, que son las salivales, el hígado y el páncreas.

Estas glándulas vierten enzimas y otras sustancias al interior del tubo digestivo para realizar la digestión o para facilitarla.

Hay otras glándulas, muy numerosas, que se encuentran dentro de las paredes del propio tubo. Abundan en la pared del estómago y del intestino delgado.



Esquema del sistema digestivo de un vertebrado, la cebra

El proceso digestivo en los vertebrados

PECES

Tienen mandíbulas con dientes. La faringe presenta unas hendiduras, las cuales comunican las hendiduras branquiales con el exterior.

En algunos peces, a partir del esófago, se forma la vejiga natatoria, una vesícula llena de gas con la que controlan su flotabilidad.

Hendiduras
branquiales



ANFIBIOS

En ellos aparecen las glándulas salivales. En los anuros, la lengua se puede proyectar para capturar insectos.



REPTILES

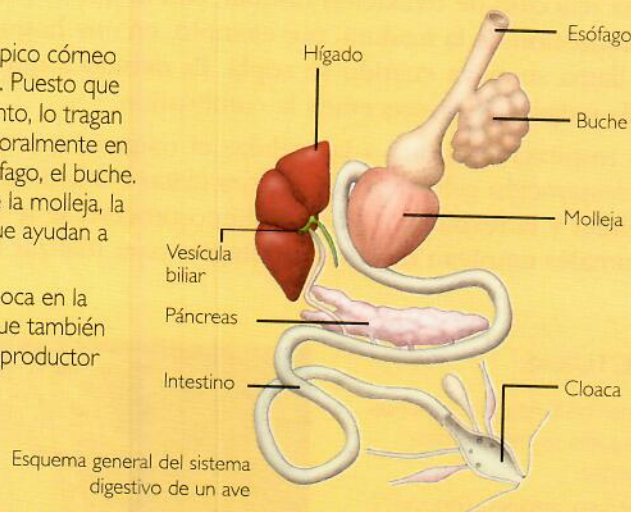
Los cocodrilos tienen dientes que se implantan individualmente en un alveolo dental.



AVES

No tienen dientes, sino un pico córneo adaptado a su alimentación. Puesto que no pueden triturar el alimento, lo tragan entero y se almacena temporalmente en un ensanchamiento del esófago, el buche. En el estómago se distingue la molleja, la cual contiene piedrecillas que ayudan a triturar el alimento.

El sistema digestivo desemboca en la cloaca, una abertura en la que también desembocan los sistemas reproductor y excretor.



Esquema general del sistema digestivo de un ave

En algunos ofidios las glándulas salivales producen veneno, que inyectan con unos colmillos especiales. La boca y el esófago son muy dilatables.



MAMÍFEROS

Tienen labios, lo que les permite mamar, y diversos tipos de dientes, en función de su alimentación.

La longitud y complejidad del sistema digestivo varía según el tipo de alimentación.

Así, los animales carnívoros tienen tubos digestivos más cortos y sencillos, puesto que la carne es un producto fácil de digerir, en comparación con las plantas.

Los animales herbívoros se alimentan de plantas, cuyo componente fundamental es la celulosa. Como los animales no tienen las enzimas necesarias para digerir la celulosa, en su estómago existen compartimentos en los que residen microorganismos simbióticos que sí son capaces de digerirla. Es el caso de los rumiantes, incorporan varias cámaras: la panza, la redecilla o bonete, el libro y el cuajar.



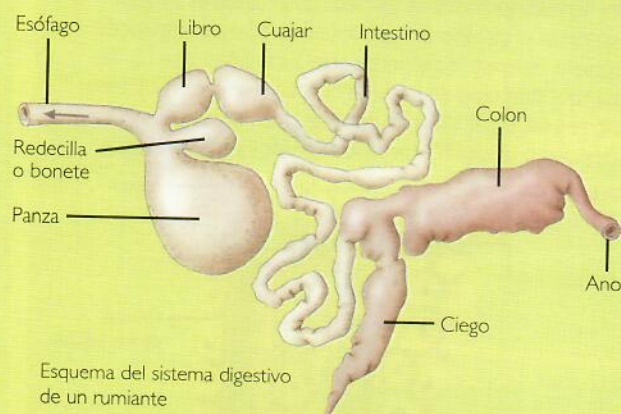
Dentadura de herbívoro



Dentadura de carnívoro



Dentadura de omnívoro



Esquema del sistema digestivo de un rumiante

La respiración en los animales



Los guacamayos, como todas las aves, tienen sacos aéreos que los ayudan a respirar más eficientemente y los mantienen en vuelo.

Los animales deben conseguir oxígeno, además de nutrientes, para realizar la respiración celular. Por otra parte, han de expulsar el dióxido de carbono. Lo consiguen mediante la respiración.

El oxígeno y la vida

La respiración celular es una reacción de oxidación. En ella, la materia orgánica se combina con oxígeno y se transforma en dióxido de carbono y agua en una reacción en la que se produce energía. Por ello, es imprescindible para los animales tomar oxígeno.

Una reacción de oxidación distinta, con la que estarás familiarizado, es la combustión de la madera, por ejemplo, en una hoguera. Habrás visto que la llama se aviva cuando se sopla. Es debido a que, al soplar, enviamos más oxígeno y favorecemos la combustión.

La respiración aporta a las células el oxígeno que precisan para realizar la respiración celular. A veces, para evitar confusiones entre la respiración celular y la respiración, a este último proceso se le llama ventilación. Los animales emplean diversas estrategias para realizar la respiración.

RESPIRACIÓN SIN ESTRUCTURAS

Los animales más sencillos, como los cnidarios y las esponjas, no tienen sistema respiratorio; los gases se intercambian a través de toda la superficie del cuerpo.

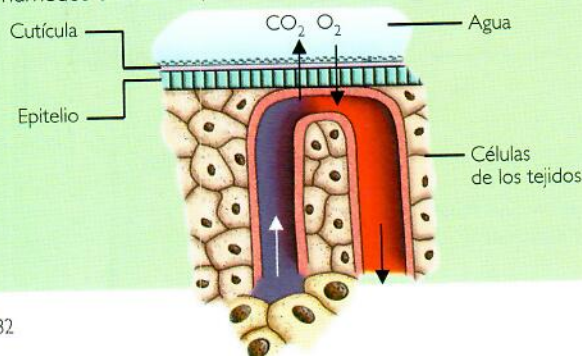
El oxígeno, que está disuelto en el agua, atraviesa libremente el cuerpo del animal y va pasando de unas células a otras. Esto solo funciona en animales sencillos, en los cuales todas las células están cerca de la superficie del cuerpo. Se da en las esponjas, los cnidarios y algunos gusanos.



Los cnidarios carecen de un sistema respiratorio especializado.

RESPIRACIÓN CUTÁNEA

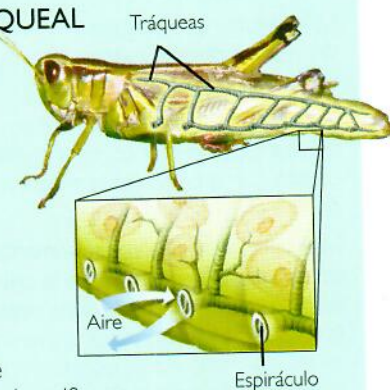
Se produce a través de la piel. En este caso, cerca del epitelio hay numerosos vasos sanguíneos que captan el oxígeno y eliminan el dióxido de carbono. Este tipo de respiración requiere una piel fina y permeable a los gases, que ha de estar constantemente humedecida. La respiración cutánea solo resulta eficaz en animales que viven en ambientes muy húmedos o acuáticos, como los anélidos y los anfibios.



RESPIRACIÓN TRAQUEAL

Es el tipo de respiración que presentan los artrópodos terrestres (insectos, arácnidos y miriápodos).

Las tráqueas son tubos que se abren al exterior por unos orificios denominados espiráculos, situados a lo largo de la superficie del cuerpo. Las tráqueas al ramificarse van disminuyendo su diámetro a la vez que sus paredes se hacen más delgadas. Así, el oxígeno las atraviesa y llega a las células, al tiempo que el dióxido de carbono sale de ellas.



RESPIRACIÓN BRANQUIAL

Es el mecanismo más general de respiración en los animales acuáticos. Las branquias son órganos con paredes muy delgadas que, por el exterior, están en contacto con el agua, y por el interior, con multitud de capilares, que son los que realizan el intercambio: toman el oxígeno disuelto en el agua y ceden el dióxido de carbono.

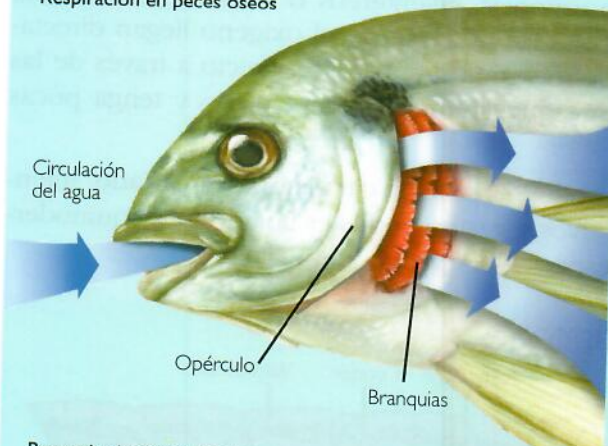
Existen branquias en muchos tipos de animales acuáticos, con diferentes estructuras. Las encontramos en muchos anélidos marinos, en los moluscos acuáticos, en los crustáceos, en los peces y en las larvas de los anfibios.

Las branquias pueden ser proyectadas fuera del animal (branquias externas) o estar alojadas en una cavidad comunicada con el exterior (branquias internas). El agua que baña las branquias debe circular y renovarse continuamente. Las condiciones que deben cumplir las branquias para ser efectivas en el intercambio de gases son poseer una amplia superficie, una epidermis fina y estar muy vascularizadas.



Branquias externas. Son propias de algunos anélidos marinos, ciertos crustáceos, larvas acuáticas de insectos, peces y en algunos anfibios, como el ajolote. Las branquias son expansiones del cuerpo proyectadas fuera de este, carentes de protección. No disponen de mecanismos de ventilación, lo que obliga al animal a moverse continuamente. Además tienen el inconveniente de entorpecer la locomoción del animal y sufrir lesiones fácilmente.

Respiración en peces óseos



Branquias internas. Las poseen numerosos moluscos, algunos crustáceos y peces. Se alojan en el interior del animal, en una cavidad comunicada con el exterior. En los peces cartilaginosos, las branquias comunican directamente con el exterior mediante cinco hendiduras branquiales, mientras que en los peces óseos poseen estas hendiduras cubiertas por una placa ósea, denominada opérculo.

RESPIRACIÓN PULMONAR

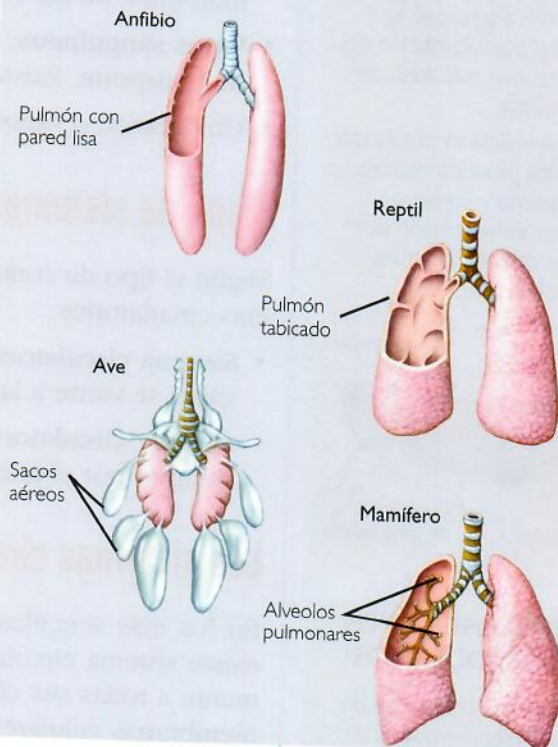
Es típica de algunos vertebrados, anfibios, aves, reptiles y mamíferos, aunque también de algunos invertebrados, como los caracoles terrestres.

El intercambio de gases se realiza a través de unas cavidades internas de finas paredes y muy vascularizadas, denominadas pulmones.

Los anfibios presentan los pulmones más simples, en forma de saco. En los reptiles están tabicados, con lo que disponen de una mayor superficie de intercambio de gases.

En las aves, los pulmones son pequeños y se comunican con los sacos aéreos, que actúan como reserva de aire y aumentan la eficacia de la respiración.

En los mamíferos, la superficie de intercambio de gases es mayor, debido a la presencia de numerosos sacos (alveolos) rodeados de vasos sanguíneos.



SABÍAS QUE...

La evolución de los pulmones

En las primeras etapas de la evolución de la respiración, algunos peces que vivían en zonas de escasa profundidad y con aguas pobres en oxígeno, desarrollaron expansiones laterales de las paredes de la faringe. Esto les permitía tomar y almacenar aire del exterior, pasando posteriormente a la sangre.

Tras el aumento de la vascularización de sus paredes, aparecieron los pulmones. En un principio se compaginó la respiración branquial con la pulmonar; como ocurre en los actuales peces pulmonados (dipnoos), y después aparecieron formas exclusivamente pulmonadas, como los actuales anfibios.

La circulación en los animales

La circulación reparte los nutrientes a todas las células del cuerpo, al tiempo que retira las sustancias de desecho que estas producen.

Componentes de los sistemas circulatorios

Un sistema circulatorio consta de los siguientes elementos:

- Un **líquido circulatorio**, que transporta las sustancias. Formado por agua, sales minerales, células y diversos pigmentos encargados de transportar gases. En los vertebrados, es la sangre. En los invertebrados, son otros líquidos, como la hemolinfa de anélidos, moluscos y artrópodos, o la hidrolinfa, de los equinodermos.
- **Vasos sanguíneos**, de distinto diámetro, por donde circulan los líquidos de transporte. Existen básicamente tres tipos: arterias, venas y capilares.
- Un **corazón** o varios, que actúan como una bomba e impulsan el líquido.

Tipos de sistemas circulatorios

Según el tipo de conexión entre los vasos, se distinguen dos tipos de sistemas circulatorios:

- **Sistema circulatorio abierto.** En este caso, el líquido que circula por los vasos se vierte a lagunas y espacios intercelulares.
- **Sistema circulatorio cerrado.** En este tipo de sistema, la sangre circula siempre por el interior de los vasos.

Los sistemas circulatorios de invertebrados

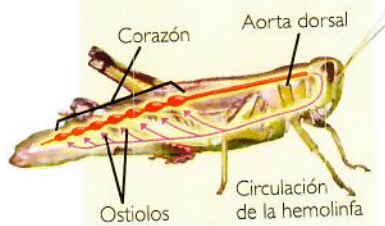
En los más sencillos, como esponjas, celentéreos o algunos gusanos, no existe sistema circulatorio, pues los nutrientes y el oxígeno llegan directamente a todas sus células. Se trata de un transporte directo a través de las membranas celulares, siempre que el animal sea pequeño y tenga pocas capas de células.

En los anélidos y los cefalópodos, el sistema circulatorio es cerrado, mientras que en los insectos, bivalvos y gasterópodos es abierto. Los equinodermos presentan un sistema especial, el aparato ambulacral.

CIRCULACIÓN EN INSECTOS

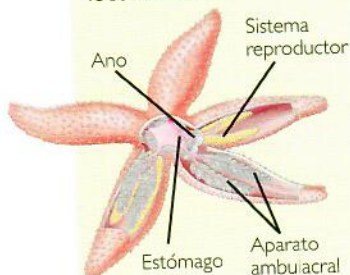
Tienen un corazón tubular en la parte dorsal. De él sale una arteria que se abre al espacio interno del animal, que está lleno de hemolinfa.

La hemolinfa va circulando por los espacios internos del animal y vuelve a entrar en el corazón por unos orificios llamados ostiolos.



CIRCULACIÓN EN EQUINODERMOS

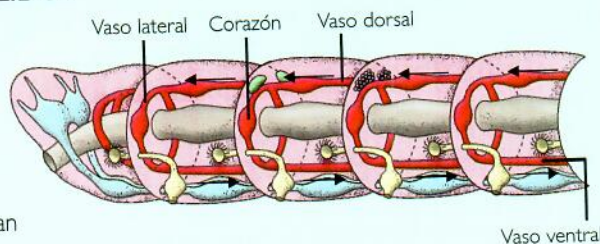
El aparato ambulacral de los equinodermos es un conjunto de conductos rellenos de líquido. De él, salen unos pies con los que se desplaza el animal. Este sistema interviene en la circulación, en la respiración y en la locomoción.



CIRCULACIÓN EN ANÉLIDOS

Los anélidos tienen un vaso dorsal y otro ventral, comunicados por vasos laterales.

En los vasos laterales de los segmentos anteriores, tienen unos engrosamientos que actúan como corazones.

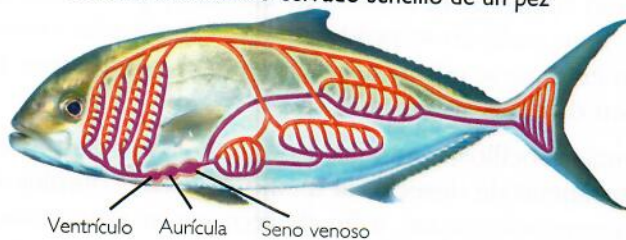


Los sistemas circulatorios de vertebrados

En los vertebrados, la sangre circula por un sistema de vasos sanguíneos, sin salir nunca de ellos. Los vasos que salen del corazón son las arterias, de paredes gruesas y musculosas. Se reparten por todo el cuerpo, y van perdiendo grosor hasta convertirse en capilares sanguíneos, a través de las cuales se produce el intercambio gaseoso. La sangre cede a las células oxígeno y nutrientes, y recoge dióxido de carbono y otras sustancias de desecho. Los capilares se reúnen para formar las venas, que se hacen cada vez más gruesas, hasta regresar al corazón. Hay dos tipos de sistemas circulatorios cerrados:

- **Sistema circulatorio cerrado sencillo.** Se encuentra en los peces. Se denomina sencillo porque la sangre solo realiza un circuito: del corazón va a las branquias, donde se carga de oxígeno y descarga el dióxido de carbono. De ellas va al resto del cuerpo del pez. El corazón consta de dos cámaras: una aurícula, cavidad que recibe la sangre, y un ventrículo, que impulsa la sangre hacia las branquias.

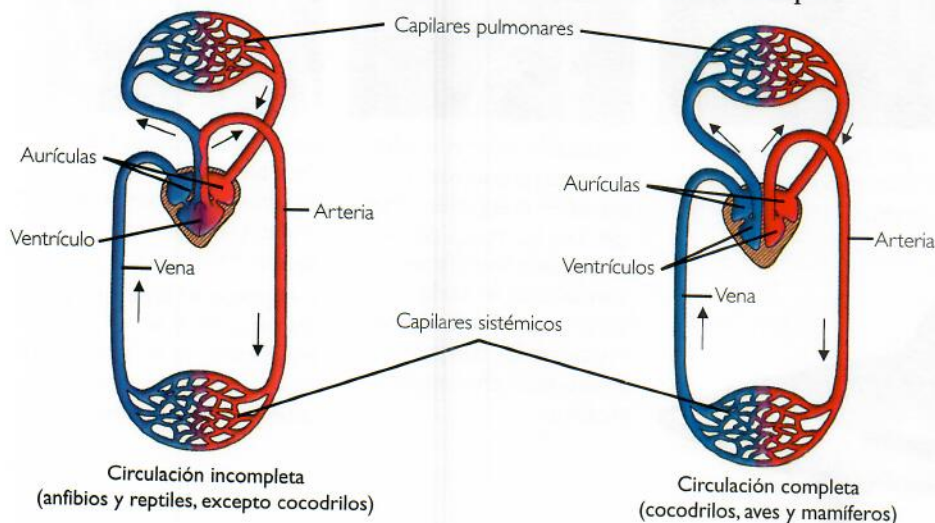
Sistema circulatorio cerrado sencillo de un pez



- **Sistema circulatorio cerrado doble.** Se encuentra en el resto de los vertebrados. La sangre pasa dos veces por el corazón, creándose dos circuitos: la circulación menor, entre el corazón y los pulmones, y la circulación mayor, entre el corazón y los demás órganos.

El corazón de los anfibios y los reptiles, excepto los cocodrilos, tiene dos aurículas y un ventrículo. La aurícula izquierda recibe la sangre rica en oxígeno desde los pulmones, y la derecha recibe sangre pobre en oxígeno de los demás órganos. En el ventrículo se mezclan ambos tipos de sangre. A este tipo de circulación se le llama **incompleta**.

En los cocodrilos, las aves y los mamíferos existen dos aurículas y dos ventrículos, de modo que no se mezclan la sangre rica en oxígeno y la sangre pobre en oxígeno. A este tipo de circulación, se le llama **completa**.



SABÍAS QUE...

Un poco de historia: Servet y Harvey

El médico y teólogo español Miguel Servet describió la circulación pulmonar en 1546. Descubrió que la sangre sale del ventrículo derecho del corazón, entra en los pulmones y regresa a la parte izquierda del corazón. Las observaciones de Servet fueron ampliadas por el médico William Harvey, quien publicó en 1628 su obra sobre el movimiento del corazón y la sangre en los animales. En su libro, Harvey explicaba que existen dos circuitos en la circulación sanguínea.



Retrato de Miguel Servet.

EN LA WEB

<http://www.aula365.com/EditorContenidos/Infografias/Contenido/sistemaCirculatorio.swf>

Animación del funcionamiento del sistema circulatorio humano.

La excreción en los animales

Como resultado del metabolismo celular, los animales obtienen energía y fabrican su materia orgánica. Pero también se producen sustancias de desecho que pueden resultar tóxicas si no se eliminan.

La excreción

Consiste en la expulsión al exterior de los productos perjudiciales que hay en el medio interno de los organismos. Uno de los productos de desecho de la respiración celular es el dióxido de carbono, que se elimina mediante la ventilación. Pero también se producen otras sustancias, como el amoníaco, que deben eliminarse porque, si se acumulan, son tóxicas. Para ello, los animales tienen diversos sistemas.

Los animales más sencillos, como las esponjas y los cnidarios, vierten directamente las sustancias de desecho al medio. Los más complejos deben usar sistemas excretores adecuados, a fin de recoger las sustancias de desecho de todo el cuerpo y expulsarlas al exterior. Además, en los animales hay determinadas estructuras que también realizan funciones excretoras, aunque su función principal sea otra distinta.

Podemos comparar la célula con una factoría química. Como en ella, se producen residuos no deseados que se han de eliminar.

EN LA BIBLIOTECA

Para conocer más sobre la excreción consulta el libro La Biblia de las Ciencias Naturales de la biblioteca del Ministerio de Educación (MINEDU).

ESTRUCTURAS EXCRETORAS NO ESPECIALIZADAS



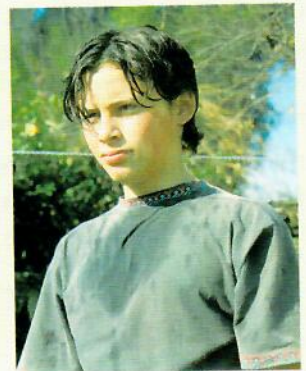
Los pulmones de los vertebrados y las tráqueas de los insectos expulsan dióxido de carbono.



La piel húmeda de los anfibios expulsa dióxido de carbono.



Algunas estructuras sólidas contienen productos de excreción precipitados. Por ejemplo, las mudas de los artrópodos; las escamas blancas, ricas en ácido úrico, de las alas de algunas mariposas; los cuerpos grasos de muchos insectos; etcétera.



Las glándulas sudoríparas de la piel producen un líquido con una composición similar a la de la orina, aunque más diluida. El hígado es el órgano responsable de la transformación de la mayoría de las sustancias tóxicas antes de su excreción.



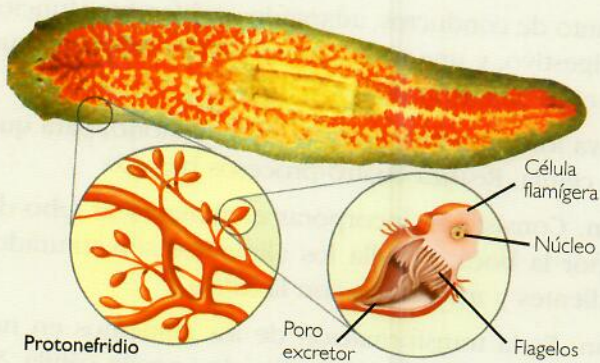
Las branquias expulsan dióxido de carbono y amoníaco.

ESTRUCTURAS EXCRETORAS ESPECIALIZADAS

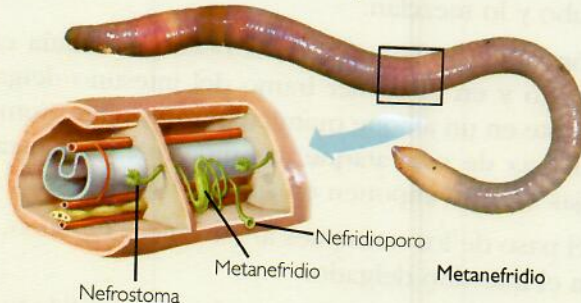
Nefridios

Los nefridios de los platelmintos y de los anélidos son unos tubos simples o ramificados que desembocan en orificios excretores situados en la superficie del animal. Podemos distinguir dos tipos:

- **Los protonefridios.** Se encuentran en los platelmintos. Son tubos ramificados, con un extremo cerrado, en cuyo interior hay una célula flagelada o ciliada, que impulsa el líquido que hay en el tubo hacia el exterior. Este líquido contiene los productos de excreción, que han ido entrando por simple difusión.

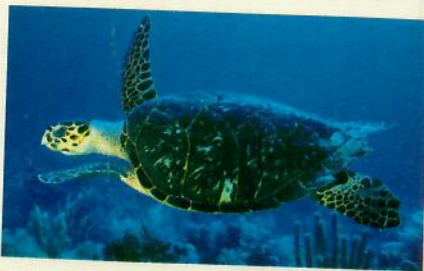


- **Los metanefridios.** Se encuentran en los anélidos y en los moluscos. Son tubos simples enrollados con los dos extremos abiertos. El extremo interior, denominado nefrostoma, presenta forma de embudo ciliado; capta los productos de excreción que hay en la cavidad interna del anélido. Luego, sigue el túbulo, donde se reabsorben las sustancias útiles (agua, sales y glucosa), y que desemboca en el orificio excretor o nefridioporo.



Glándulas secretoras de sal

Las glándulas secretoras de sal se encuentran en algunos reptiles y aves marinas. Desembocan en la cavidad nasal, en la cavidad bucal o junto a las órbitas de los ojos.



Las tortugas marinas presentan glándulas de sal.

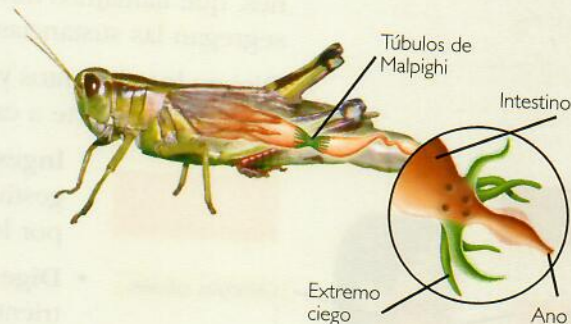
Los tiburones tienen una glándula similar; la glándula rectal, que desemboca en el recto intestinal y que segrega un líquido más salado que el agua de mar. Todas estas glándulas sirven para eliminar el exceso de sal que aportan los alimentos marinos y el agua de mar.

Tubos de Malpighi

Los insectos emplean este tipo de sistema excretor. Se trata de unos tubos sinuosos con uno de sus extremos cerrado. El otro extremo se abre al intestino. Los tubos se encuentran en las cavidades del cuerpo, en contacto con la hemolinfa.

Las células vierten sus productos de desecho a la hemolinfa, y de aquí pasan a los tubos de Malpighi. De este modo, las sustancias de desecho van a parar al intestino.

Al final, en el último tramo del intestino, se absorben de nuevo las sustancias útiles y el agua de la hemolinfa, para que no se pierdan.

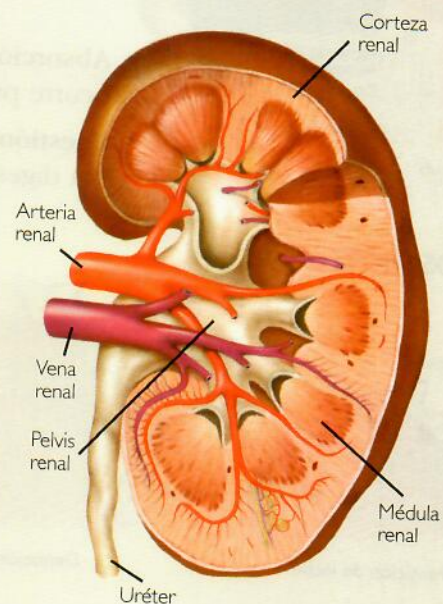


Riñones

Son órganos exclusivos de los vertebrados, formados por numerosos conductos excretores llamados túbulos renales.

Las células vierten las sustancias de desecho a la sangre. A su vez, la sangre pasa por los riñones, que funcionan como filtro: retienen todas las sustancias de desecho que contiene la sangre, pero dejan que se escapen las sustancias útiles.

Además, aunque siempre se pierde agua con la orina, los riñones evitan que se pierda demasiada. La orina elaborada por los riñones se almacena en la vejiga urinaria. De allí sale por la uretra, un conducto que se abre al exterior.



El proceso digestivo humano



El ser humano es omnívoro y consume alimentos que no son difíciles de digerir. Su sistema digestivo se asemeja al de otros vertebrados de características similares.

El sistema digestivo

Está formado por un conjunto de conductos, adaptados a diferentes funciones, que llamamos tubo digestivo, y una serie de glándulas digestivas, que segregan las sustancias para la digestión de los alimentos.

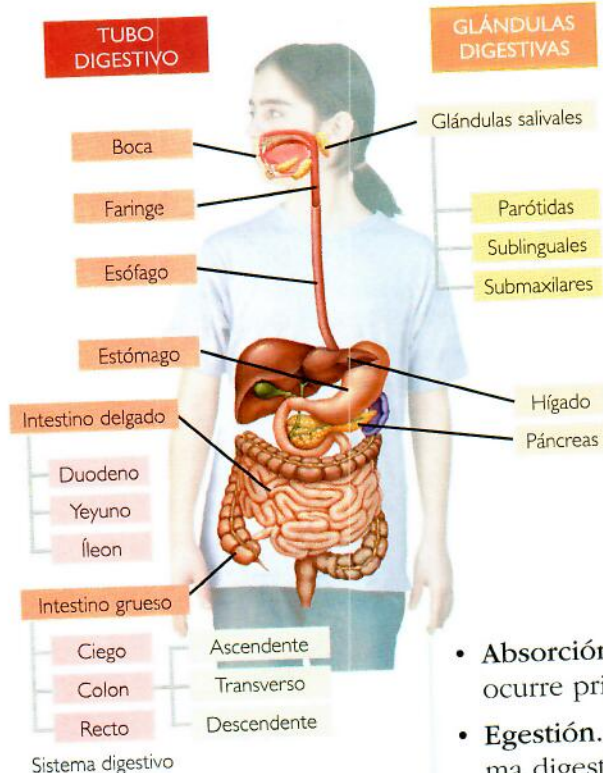
Digiere los alimentos y lleva los nutrientes al torrente circulatorio, para que este los transporte a cada célula. Realiza cuatro procesos básicos:

- **Ingestión.** Consiste en incorporar el alimento al tubo digestivo por la boca. En ella los alimentos son triturados por los dientes y mezclados con la saliva.
- **Digestión.** Es la transformación de los alimentos en nutrientes, para que puedan ser utilizados por la célula. Se inicia en la boca y termina en el intestino delgado.

Hay dos tipos de digestión:

- **Digestión mecánica.** Consiste en la masticación de los alimentos en la boca para facilitar la digestión química. En el resto del tubo digestivo, se producen los movimientos peristálticos, que hacen avanzar el alimento por el tubo y lo mezclan.
- **Digestión química.** Se inicia en la boca y continúa en el estómago y en el primer tramo del intestino delgado. Consiste en un ataque químico, por enzimas. Como consecuencia de este ataque, las moléculas orgánicas complejas se descomponen en sus unidades básicas.

- **Absorción.** Consiste en el paso de los nutrientes al torrente sanguíneo, y ocurre principalmente en el intestino delgado.
- **Egestión.** Es la expulsión de sustancias no digeridas al exterior del sistema digestivo, en forma de heces.



LOS DIENTES



Son formaciones duras implantadas en los alveolos de los huesos maxilares. Existen cuatro tipos de dientes: los incisivos (cortan), los caninos (desgarran), los premolares (cortan y trituran) y los molares (trituran y muelen). En todos ellos se distinguen tres capas: corona, cuello y raíz.

En las personas, la dentición definitiva está formada por 32 piezas dentarias, 18 en cada maxilar: 4 incisivos, 2 caninos, 4 premolares y 6 molares.

La primera dentición (dentición de leche) se desarrolla antes de cumplir los tres años y está constituida por 10 piezas en cada maxilar: 4 incisivos, 2 caninos y 4 molares.

Etapas de la digestión

La digestión bucal

La digestión se inicia en la boca con la trituración mecánica del alimento (masticación), con su humedecimiento por la saliva (insalivación) y con el comienzo de la digestión química. Los alimentos, masticados y empapados de saliva, forman el bolo alimenticio, que es desplazado por la lengua hacia la faringe en el proceso de deglución.

La digestión gástrica

El bolo alimenticio recorre el esófago impulsado por movimientos peristálticos de contracción de los músculos de sus paredes. Entra en el estómago a través del cardias. En el estómago, el alimento se mezcla con los jugos gástricos, ricos en ácido clorhídrico y enzimas digestivas, que lo degradan, hasta formar una papilla blanquecina llamada quimo.

La digestión intestinal

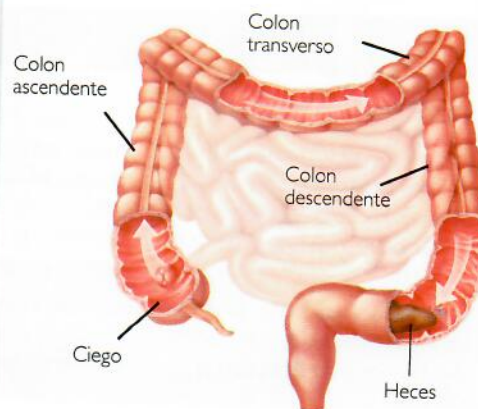
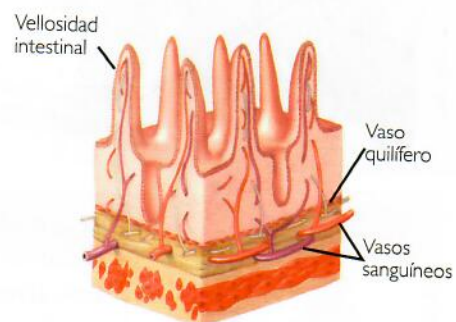
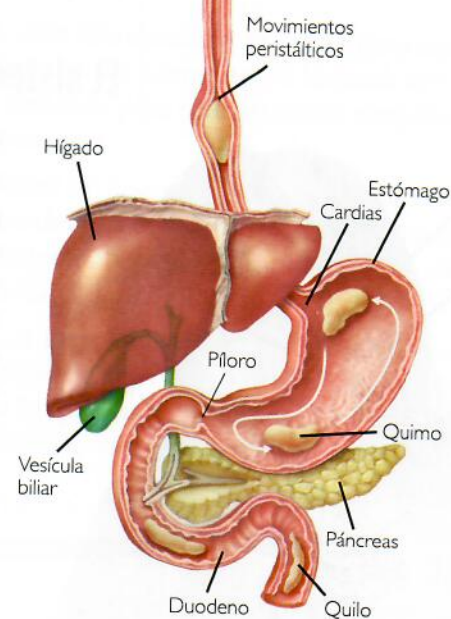
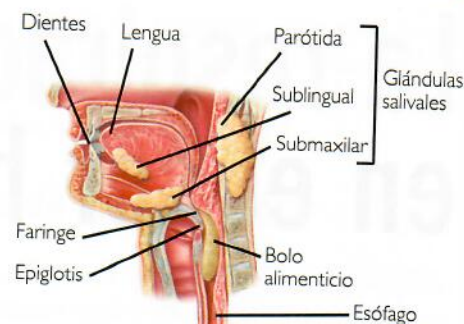
El quimo va pasando poco a poco desde el estómago al primer tramo del intestino delgado, el duodeno, a través del píloro. El alimento, ya bastante degradado, es atacado por los jugos intestinales y por el jugo pancreático, rico en enzimas, y por la bilis, que contiene sales biliares, unas moléculas que hacen que las grasas se emulsionen, de modo que las enzimas pueden actuar sobre ellas. La digestión química que se realiza en el primer tramo del intestino completa la digestión de todas las moléculas orgánicas de los alimentos. Se forma una papilla llamada quilo, en la que ya se encuentran todas las unidades básicas que serán absorbidas.

La absorción

Es la incorporación de los nutrientes a la sangre. Se produce en los tramos del intestino delgado, llamados yeyuno e íleon. Las paredes del intestino aquí están muy replegadas (tienen vellosidades) para aumentar la superficie de intercambio y así absorber la mayor cantidad posible de nutrientes. Cada vellosidad intestinal presenta internamente una red de capilares sanguíneos y vasos quilíferos (capilares linfáticos) que recogen los nutrientes para incorporarlos al torrente sanguíneo.

La egestión

Consiste en concentrar y expulsar los restos no digeridos. Los residuos de la digestión, procedentes del íleon, llegan al intestino grueso (al tramo llamado ciego), en el que se producen las heces fecales. En el intestino grueso existen bacterias simbióticas que fermentan y descomponen los restos no absorbidos. Además, sintetizan algunas vitaminas, producen gases intestinales y son las causantes del mal olor. Los restos no digeridos suben por el colon ascendente, donde tiene lugar la reabsorción de agua y de algunos elementos, como el sodio. Los restos continúan por el colon transversal y bajan por el colon descendente donde se almacenan en forma de heces fecales. Finalmente, llegan al recto, que se abre al exterior por el ano. El acto de expulsión de las heces se denomina defecación.



La circulación en el ser humano

Gracias a la circulación, la sangre recorre todo nuestro cuerpo repartiendo nutrientes y oxígeno a todas las células del cuerpo.

Componentes del sistema circulatorio

El sistema circulatorio comprende el sistema circulatorio sanguíneo y el sistema linfático. El primero está formado por un medio líquido, la sangre; un órgano impulsor, el corazón; y un sistema de vasos sanguíneos, que transportan la sangre por todo el cuerpo.

La sangre

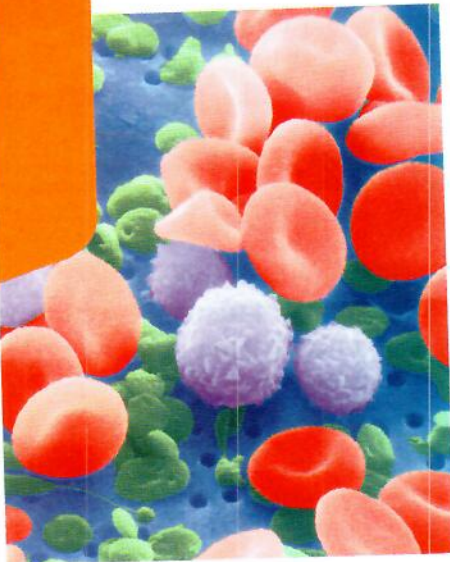
Está compuesta por una parte líquida, el plasma, donde se encuentran diferentes células sanguíneas. El plasma es una disolución acuosa que contiene diversos tipos de sustancias orgánicas e inorgánicas. Transporta nutrientes y otras sustancias por todo el cuerpo y contiene proteínas, que son indispensables para que la sangre se coagule en caso de que se produzca una herida. Hay varios tipos de células sanguíneas:

- **Glóbulos rojos o eritrocitos.** Tienen forma de disco y no tienen núcleo. Su citoplasma está repleto de hemoglobina. Transportan oxígeno a las diferentes células del organismo y eliminan el dióxido de carbono producido por dichas células.
- **Glóbulos blancos o leucocitos.** Intervienen en la defensa frente a las infecciones, pues son capaces de eliminar gérmenes patógenos. Pueden ser de cinco tipos: neutrófilos, eosinófilos, basófilos, monocitos y linfocitos.
- **Plaquetas.** En realidad, son fragmentos celulares sin núcleo. Participan en la coagulación de la sangre.

Los vasos sanguíneos

Existen tres tipos de vasos sanguíneos:

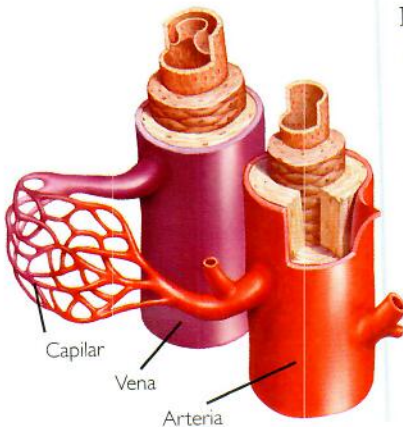
- **Arterias.** Conducen la sangre desde el corazón hasta los diferentes órganos del cuerpo. Sus paredes son gruesas y elásticas, soportan la presión de la sangre cuando es expulsada del corazón.
- **Venas.** Conducen la sangre desde los diferentes órganos al corazón. Sus paredes son más delgadas y tienen válvulas en su interior, que evitan que la sangre retorne en la dirección contraria.
- **Capilares.** Pequeños vasos que comunican las terminaciones de las arterias con el comienzo de las venas. A través de sus finas paredes se filtra hacia las células el plasma sanguíneo y los nutrientes, y hacia los vasos, los productos de desecho.



Células sanguíneas vistas al microscopio electrónico de barrido

EN LA BIBLIOTECA

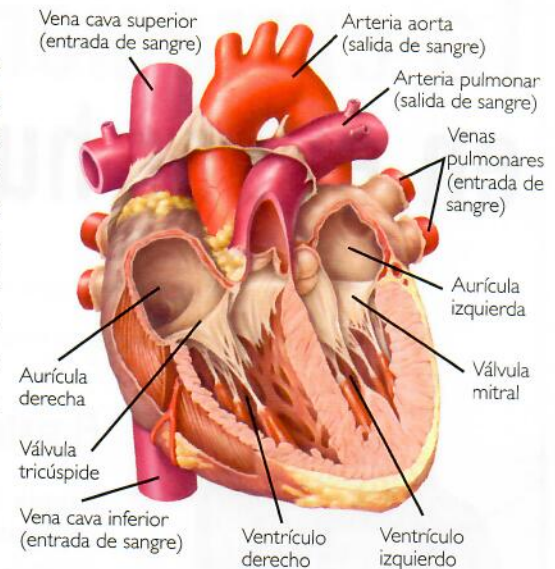
Para conocer más sobre la circulación en el ser humano, consulta el libro *La Biblia de las Ciencias Naturales* (págs. 901-910) de la biblioteca del Ministerio de Educación (MINEDU).



El corazón

Es un órgano musculoso con cuatro cavidades: dos aurículas y dos ventrículos. Las aurículas reciben sangre de las venas cavas y pulmonares, y los ventrículos la impulsan a través de las arterias aorta y pulmonar. Las cavidades se pueden contraer, con lo que expulsan la sangre, y relajar, con lo que permiten que la sangre ingrese. La contracción recibe el nombre de sístole, y la relajación, el de diástole. La pared del corazón está irrigada por las arterias y venas coronarias.

La sangre llega por las venas, pasa a las aurículas, y de estas a los ventrículos. Entre las aurículas y los ventrículos existen válvulas que impiden el retroceso de la sangre.



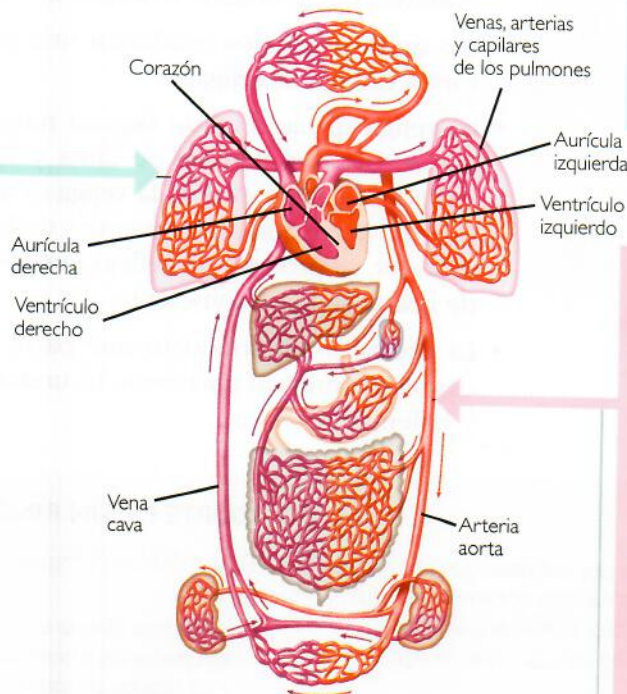
La circulación sanguínea

En el ser humano, la circulación es doble, pues la sangre realiza dos circuitos, y completa, pues no hay mezcla de sangre rica en oxígeno con sangre rica en dióxido de carbono.

Circulación pulmonar. Es la que se establece entre el corazón y los pulmones. La sangre cargada de dióxido de carbono, procedente de todos los órganos del cuerpo, llega a la aurícula derecha por las venas cavas.

De ellas, pasa al ventrículo derecho, que la impulsa a los pulmones por las arterias pulmonares.

En los pulmones, la sangre libera dióxido de carbono y se carga de oxígeno. Vuelve a la aurícula izquierda del corazón por las venas pulmonares.



En ambos circuitos, la sangre reparte nutrientes y recoge sustancias de desecho.

Circulación general. Es la que se establece entre el corazón y los diferentes órganos. La sangre, cargada de oxígeno procedente de los pulmones, llega a la aurícula izquierda; de ella, pasa al ventrículo izquierdo, que se contrae con fuerza y la impulsa por todo el cuerpo.

En los capilares, cede el oxígeno y recoge el dióxido de carbono que se produce en la respiración celular. Vuelve a la aurícula derecha a través de las venas cavas.

La circulación linfática

La linfa recoge el exceso de líquido intersticial que se produce. Este líquido pasa al interior de los capilares linfáticos, y se desplaza gracias a los movimientos de los músculos del cuerpo, combinados con unas válvulas que impiden que el líquido retorne. Al final, unos conductos linfáticos y otros se van uniendo y forman unos conductos comunes que desembocan en el sistema sanguíneo.

En el sistema linfático existen unos abultamientos, los ganglios linfáticos, en los que se producen linfocitos, un tipo especial de glóbulos blancos. Otra función del sistema linfático es la absorción de las grasas en el intestino delgado, mediante los vasos quilíferos.

EN LA WEB

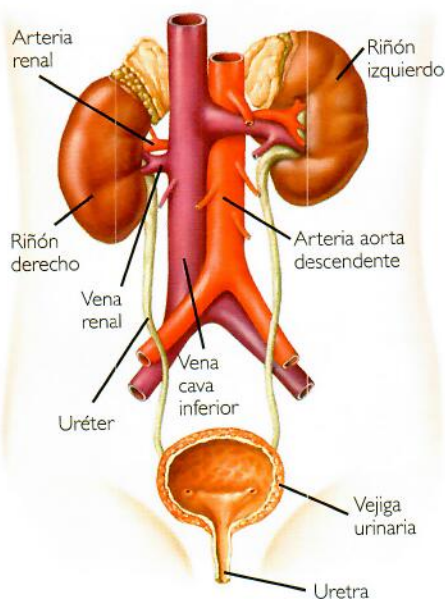
<https://www.youtube.com/watch?v=Np4TayZrnSU>

Video narrado sobre el sistema linfático.

La excreción en el ser humano

La excreción es el último proceso de la función de nutrición. La realiza el sistema excretor, aunque también intervienen otros órganos.

El sistema excretor

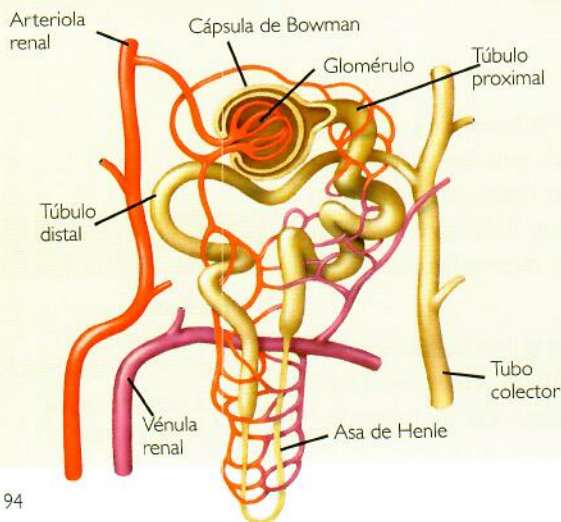


Limpia la sangre de los productos de desecho que esta ha ido recogiendo en cada tejido y órgano del cuerpo. Está formado por los riñones, los uréteres, la vejiga urinaria y la uretra.

- Los **riñones** son los órganos que limpian la sangre de desechos, formando la orina como producto final. Se disponen en la parte posterior del abdomen, a ambos lados de la columna vertebral.
- Los **uréteres** son los conductos que parten de la pelvis renal y llevan la orina a la vejiga.
- La **vejiga urinaria** es un órgano musculoso, con forma de globo, que se dilata al llenarse de orina y se comprime en el acto de la micción. La capacidad de la vejiga es aproximadamente de 350 cm^3 . Cuando la tensión de las paredes de la vejiga supera un determinado valor, se produce un reflejo nervioso de micción, y la necesidad de orinar se hace consciente.
- La **uretra** es un conducto que parte de la vejiga y por el que se expulsa la orina al miccionar. La uretra masculina mide unos 20 cm, y la femenina, 4 cm.

LA NEFRONA

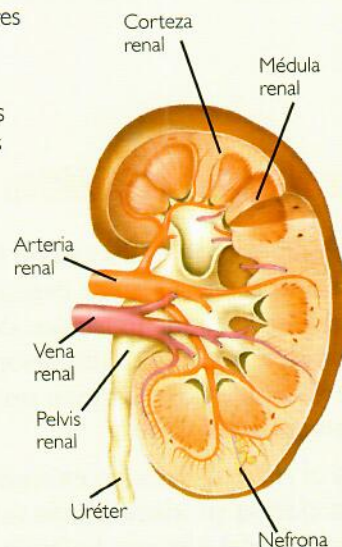
Los riñones están formados por nefronas, que se encargan de producir la orina. En una nefrona podemos distinguir las siguientes partes: glomérulo, túbulo proximal, asa de Henle, túbulo distal y tubo colector, que recoge la orina.



CORTE DE UN RIÑÓN

En un riñón se distinguen tres partes:

- La corteza, donde están agrupados los glomérulos y los túbulos de todas las nefronas. Tiene aspecto granuloso.
- La médula, donde están agrupados los tubos colectores y las asas de Henle. Tiene aspecto estriado.
- La pelvis renal, que recoge la orina que se va formando y la conduce hacia las vías urinarias.



La formación de la orina

El proceso más importante que ocurre en el riñón es la formación de la orina. Comienza cuando la arteria renal penetra en el riñón por la pelvis renal. Su sangre lleva las sustancias de desecho que recoge por el cuerpo. La arteria se ramifica y se dirige hacia la zona de la corteza renal. Allí da lugar a multitud de glomérulos, estructuras con numerosos capilares.

Parte del plasma sanguíneo sale del glomérulo y penetra en la nefrona. El plasma va recorriendo los túbulos que forman la nefrona y las sustancias útiles que han pasado a su interior son devueltas a la sangre. Las sustancias de desecho quedan en el interior de la nefrona y dan lugar a la orina. La orina de cada nefrona llega al tubo colector y se dirige a la pelvis renal, de donde sale a través del uréter hacia la vejiga y hacia el exterior. La mayor parte de la orina es agua. Además, contiene sales minerales y úrea.

El riñón es capaz de controlar la concentración de la orina. De este modo, regula la concentración de los líquidos internos. Cuando el organismo está bien hidratado, la orina es diluida. En cambio, cuando el organismo dispone de poca agua, la orina está muy concentrada, pues la nefrona devuelve a la sangre buena parte del agua que entra en su interior, para no perderla.

No obstante, la orina no se puede concentrar indefinidamente; por ejemplo, no puede ser más concentrada que el agua de mar. Es por ello por lo que no podemos beber esta agua, pues para expulsar la sal que contiene, perderíamos más agua de la que hubiéramos tomado.

PARA SABER MÁS

Los productos de excreción nitrogenados

El nitrógeno presente en las proteínas y en los ácidos nucleicos, tras su catabolismo, da lugar a amoníaco (NH_3). Dado que este compuesto es muy tóxico, muchos organismos lo transforman en urea o ácido úrico. Según la sustancia excretada, los animales se clasifican en tres tipos:

- **Amoniotéticos.** Excretan amoníaco directamente al exterior. A pesar de su toxicidad, el amoníaco se diluye con rapidez en el agua. Presentan este tipo de excreción los animales acuáticos como peces óseos, crustáceos, moluscos y larvas de anfibios.
- **Uricotéticos.** Excretan el nitrógeno en forma de ácido úrico, una sustancia poco soluble y menos tóxica que el amoníaco. Excretan ácido úrico animales adaptados a vivir en ambientes secos, como los insectos, los caracoles terrestres, los reptiles terrestres y las aves.
- **Ureotéticos.** Excretan los restos nitrogenados en forma de urea, una sustancia muy soluble que requiere poca cantidad de agua para eliminarla, y menos tóxica que el amoníaco. Son ureotéticos los anfibios adultos, los mamíferos, los peces cartilaginosos y los reptiles acuáticos como las tortugas.



Para los peces óseos, el amoníaco no supone ningún problema, pues lo eliminan continuamente por sus branquias.



Los reptiles terrestres excretan ácido úrico, una sustancia poco tóxica, de modo que pueden producir una orina muy concentrada, casi sólida, y apenas gastan agua.



Los mamíferos excretan el amoníaco en forma de úrea, menos tóxica, lo que permite que se pueda almacenar hasta que se elimina a través de la orina.

SABÍAS QUE...

Otros órganos excretores

En la excreción también participan:

- **Pulmones.** Eliminan el dióxido de carbono producido en la respiración celular.
- **Glándulas sudoríparas.** Estas glándulas se reparten por toda la piel y elaboran el sudor, que vierten por la superficie corporal. El sudor tiene una composición semejante a la orina, aunque es más diluido.
- **Hígado.** A través de la bilis elimina sustancias como pigmentos biliares y los restos de medicamentos, alcohol y sustancias tóxicas ingeridas que llegan hasta él.

EN LA WEB

<http://www.perueduca.pe/web/21402554/blog/-/blogs/video-del-sistema-excretor>

Información sobre el sistema excretor.

Alimentos y dieta

INFORMACIÓN REGIONAL

La quinua

Es una planta andina que se originó en los alrededores del lago Titicaca del Perú y Bolivia. Fue uno de los principales alimentos de los pueblos andinos preincaicos. Lo que caracteriza a la quinua es su elevado valor proteico en comparación con los cereales; este contenido de proteínas fluctúa entre 12,5 a 16,7 %. El 37 % de las proteínas que posee la quinua está formado por aminoácidos esenciales.

Es un alimento rico en fibra, vitaminas, minerales y antioxidantes. También disminuye los niveles de colesterol dañino.

Fuente: FAO, <http://www.fao.org/quinua-2013/es/>

La dieta no tiene que ver con "estar a dieta". Llamamos dieta a todos los alimentos que tomamos. Una dieta completa y equilibrada es fuente de salud, en tanto que numerosas enfermedades tienen su origen en una dieta inapropiada.

Los nutrientes y sus tipos

Son nutrientes todas aquellas sustancias que conseguimos a partir de los alimentos y que son necesarias para el correcto funcionamiento del organismo. Los empleamos para obtener energía, construir nuestra propia materia y participar en la regulación de algunos procesos del organismo. Los nutrientes no son alimentos, sino componentes de los alimentos.

Los nutrientes son sustancias muy variadas, algunas muy complejas, y otras, muy sencillas. En función de su abundancia en los alimentos, distinguimos dos tipos de nutrientes: los macronutrientes y los micronutrientes.

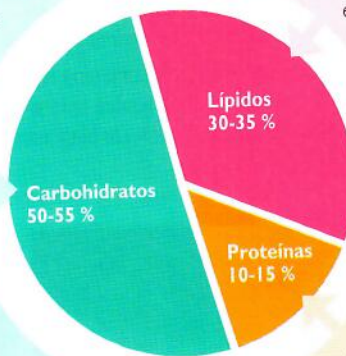
- **Macronutrientes.** Son los componentes mayoritarios de los alimentos. Son las proteínas, los carbohidratos y los lípidos. El agua y la fibra se incluyen en este tipo, porque son muy abundantes en los alimentos.
- **Micronutrientes.** Son sustancias que necesitamos en pequeñas cantidades. Son componentes minoritarios de los alimentos, como las vitaminas (A, B1, B6, C, D, etc.) y los minerales (sodio, magnesio, cloro, etc.). Su carencia en nuestra dieta produce graves enfermedades. El sodio y el potasio intervienen en procesos importantes, como en el funcionamiento del sistema nervioso o el control del latido cardíaco.

Porcentajes de los macronutrientes en una dieta equilibrada.

Los **carbohidratos** son macronutrientes que proporcionan energía a nuestras células. Los carbohidratos más abundantes en la dieta son las féculas, los azúcares y la fibra.

- Las **féculas** (almidones) se encuentran en las menestras y las papas.
- Los **azúcares** son carbohidratos simples que aparecen en muchos alimentos: la glucosa está en la miel y en la fruta; la lactosa, en la leche; la sacarosa, en el azúcar común, etc.
- La **fibra** es una sustancia abundante en las verduras. No es energética. Facilita el tránsito de los alimentos por el intestino.

Los **lípidos** cumplen numerosas funciones en nuestro organismo, pero la más importante es la de suministrar energía. Los más destacados son las grasas. Las grasas de origen vegetal son líquidas y se conocen como aceites (oliva, girasol, etc.). Las grasas de origen animal son sólidas y se conocen como sebos (tocino, manteca, etc.).



Las **proteínas** son necesarias para que nuestras células puedan construir su propia materia. Podemos obtener proteínas de alimentos de origen animal (carne, pescado, huevos, etc.) y de origen vegetal (menestras, quinua, etc.); aunque si se prescinde de las proteínas animales, se necesitaría más cantidad en masa de vegetales, para obtener el mismo aporte proteico.

El agua es un macronutriente imprescindible como componente de la materia viva y para mantener nuestro medio interno líquido. Necesitamos ingerir diariamente al menos 3 litros de agua. De ellos, 1,5 litros provienen de los alimentos; el resto debemos beberlo cada día.

La clasificación de los alimentos

Según la función que cumplen en el organismo, los alimentos se clasifican en tres tipos: plásticos, energéticos y reguladores.

Alimentos plásticos o formadores	Alimentos energéticos	Alimentos reguladores o protectores
Son aquellos que nos aportan sustancias para la formación de células, tejidos y órganos de nuestro cuerpo. Esta función la realizan alimentos ricos en proteínas y sales minerales. Entre ellos destacan carnes, pescados, huevos, leche y derivados lácteos.	Son los que nos aportan energía, con la que nuestro organismo puede llevar a cabo las funciones vitales. Tienen función energética los alimentos ricos en carbohidratos y lípidos. Entre ellos destacan los cereales, el azúcar, los dulces, los aceites, la mantequilla, etc.	Contienen sustancias imprescindibles para que tengan lugar muchas reacciones químicas que suceden en nuestras células. Tienen función reguladora los alimentos ricos en vitaminas y sales minerales. Entre ellos destacan las frutas y las hortalizas.
		

La dieta, completa y equilibrada

La dieta correcta depende de la constitución de cada persona, de su actividad física diaria, etc. Por ello, puede ser muy variable, pero siempre ha de ser completa y equilibrada.

- La dieta es **completa** si proporciona todos los tipos de alimentos.
- La dieta es **equilibrada** si los alimentos se encuentran en las proporciones adecuadas, es decir, debe aportar, diariamente, las cantidades suficientes de nutrientes y energía para que el organismo cubra su gasto energético.

Para tomar todos los nutrientes que nuestro organismo necesita, es necesario que estos estén repartidos entre los diferentes tipos de alimentos. Pero no se trata de comer mucho de cada uno, sino de comer lo que necesitamos.

Las autoridades sanitarias nos proporcionan orientaciones para elaborar una dieta completa y equilibrada, como el rombo de la alimentación.



SABÍAS QUE...

El valor energético de los alimentos

Para expresar el valor energético de un alimento, se utiliza la cantidad de kilocalorías que proporciona una ración de 100 gramos de ese alimento. Así, decimos que la carne de vacuno proporciona 240 calorías por cada 100 gramos.

Cada nutriente posee un valor energético diferente. Así, un gramo de carbohidrato o de proteínas produce 4 calorías, mientras que un gramo de lípidos aporta 9 calorías.



Enfermedades de la nutrición



Legales, pero venenos. El alcohol y el tabaco son productos que causan una gran cantidad de enfermedades de las vías respiratorias y del aparato digestivo, algunas de ellas muy graves.

SABÍAS QUE...

Inflamaciones

Muchas enfermedades que tienen un nombre que termina con el sufijo -itis se deben a la inflamación de un órgano o de alguna de sus partes. Así, la apendicitis es la inflamación del apéndice, la amigdalitis es la inflamación de las amígdalas, etc.

Numerosas enfermedades, algunas muy graves, se deben a malos hábitos, vicios, falta de actividad física y mala nutrición. Si los tenemos en cuenta en nuestro día a día, podremos gozar de mejor calidad de vida y una buena salud.

Enfermedades del sistema digestivo humano

Son muchas las enfermedades relacionadas con el sistema digestivo. Las más comunes son las siguientes:

- **Apendicitis.** Inflamación del apéndice, debido a una infección.
- **Cálculos biliares.** Depósitos en la vesícula biliar.
- **Carcinoma gástrico o intestinal.** Tumor maligno de la pared del estómago o del intestino.
- **Gastritis.** Inflamación de la mucosa del estómago; suele deberse a un exceso de ácido clorhídrico en el estómago.
- **Gastroenteritis.** Enfermedad producida por un virus, una bacteria o por comida en mal estado; se manifiesta con diarrea y vómitos.
- **Hepatitis.** Degeneración de las células hepáticas, causada por una infección vírica. La forma aguda de la enfermedad remite al cabo de unas semanas o meses de reposo. En algunos casos puede derivar en hepatitis crónica; es decir, dura toda la vida.
- **Peritonitis.** Es la inflamación del peritoneo (membrana que envuelve todo el sistema digestivo).
- **Úlceras.** Heridas en la pared del tubo digestivo, sobre todo en el estómago y en el duodeno. En muchos casos están causadas por la bacteria *Helicobacter pylori*.

PARA REFLEXIONAR

Los efectos del alcohol

El alcohol afecta al hígado produciendo una grave enfermedad, la cirrosis hepática. El hígado es una de las glándulas anexas del tubo digestivo que interviene en el proceso de digestión segregando la bilis; pero, además, desempeña un papel muy importante en el almacenamiento temporal de los nutrientes absorbidos tras la digestión y en su distribución a las distintas partes del organismo según las necesidades de cada órgano y estructura.

El alcohol llega al hígado, donde va dañando las células hepáticas cada vez que se comete un exceso. Los bebedores ocasionales de grandes cantidades dañan el hígado en cada borrachera. Los bebedores habituales, que consumen alcohol a diario, deterioran grandes regiones del hígado y producen la temida y mortal cirrosis hepática.

- ¿Qué consecuencias trae el consumo indiscriminado de alcohol? Discutan en clase las medidas necesarias para evitar estas consecuencias.



Shutterstock

© Santillana S.A.

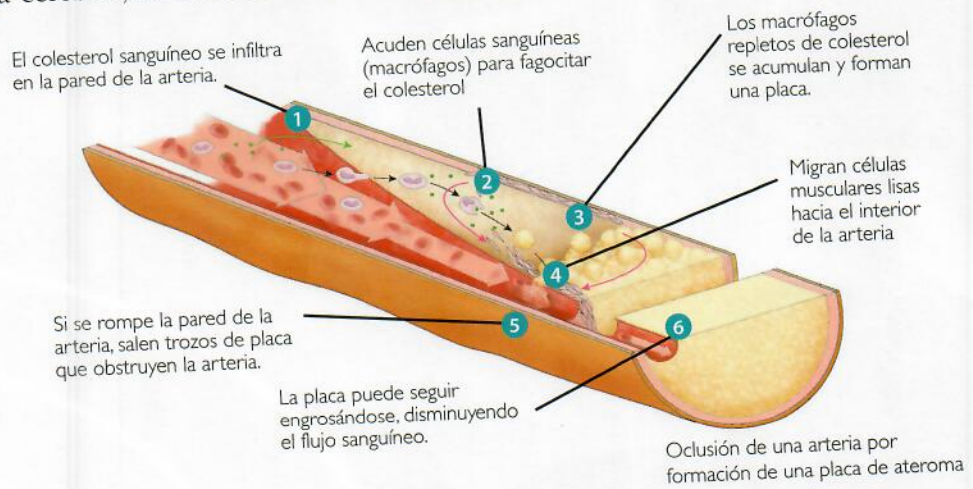
Enfermedades cardiovasculares

Son aquellas que afectan al sistema circulatorio, tanto al corazón como a las venas y arterias. Aunque algunas de ellas tienen un origen hereditario, la mayoría están relacionadas con hábitos nocivos. Las enfermedades del sistema circulatorio son muy variadas. Pueden afectar al corazón, a los vasos sanguíneos o al sistema linfático.

Enfermedades de los vasos sanguíneos

Son las que afectan a las venas y arterias. Destacan tres:

- La **embolia** es la obstrucción de un vaso sanguíneo causada, generalmente, en una vena. Si el coágulo se traslada hasta obstruir una arteria pulmonar, hablamos de una embolia pulmonar, mientras que si el coágulo obstruye una arteria cerebral, se denomina embolia cerebral.
- Las **várices** son hinchazones en las venas de las extremidades inferiores.
- La **aterosclerosis** es el depósito de placas de colesterol sobre las paredes internas de las arterias, que dificultan la circulación y provocan un aumento de la presión arterial.



RADIOGRAFÍA DEL ASESINO: AUTOPSIA DE UN FUMADOR

Fumar es un hábito que se suele adquirir en la adolescencia. Puede parecer que no tiene efectos secundarios, pero el tabaco es un asesino en potencia. Mira sus "amas" y las "heridas" que causa.



Algunas de las sustancias que se inhalan con el humo del cigarrillo y son dañinas para el organismo.

Principales efectos adversos del tabaco. Continuamente se descubren otros efectos.

El menú del murciélago

El murciélago es un verdadero acróbata al cazar a sus presas. Emite sonidos y percibe el eco cuando estos rebotan en las superficies, objetos y seres vivos. Así sabe la ubicación de sus presas y de lo que se encuentra en su entorno. Esta manera de orientarse se conoce como ecolocalización.

Los oídos detectan el eco y determinan la localización exacta de su presa.

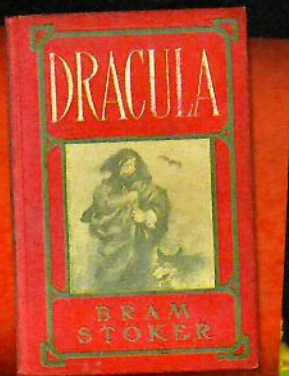
Los huesos de las manos son muy largos y están unidos por una membrana, lo que les permite volar.

Alcanzan alturas de hasta 3 000 metros y vuelan a casi 90 km/h.

¡El ultrasonido para ecolocalizar es emitido hasta quinientas veces por segundo!

Mala reputación

El murciélago que ha dado origen a tantos mitos y leyendas, sin duda es el vampiro. De las más de las ciento sesenta especies de murciélagos que viven en el Perú sólo tres se alimentan de sangre, pero hay una creencia generalizada de que todos los murciélagos lo hacen.



Somos lo que comemos

La cabeza de los murciélagos tienen una forma determinada según sus hábitos alimentarios.



Hematófago (vampiro)

Posee dientes incisivos largos y filosos que usan para abrir la piel de su víctima, hacer brotar la sangre y lamerla.



Insectívoro

La mayoría cuenta con una hoja nasal pronunciada que le permite localizar mejor sus presas, estas pueden ser insectos de todo tipo, entre otros artrópodos.



Polinívoro

Se le observa en vuelo suspendido para alcanzar el fondo de las flores con su hocico afinado y lengua alargada.



Shutterstock



Frugívoro

Arranca la fruta con sus fuertes dientes y gran mandíbula, después vuela a un lugar fijo donde deja caer las cáscaras y semillas que no se come.



Piscívoro

Desde el aire localiza a su presa y la atrapa con sus fuertes garras. Sus alas son muy fuertes y en las mejillas tiene bolsas para almacenar el alimento.



En 1938, Donald Griffin (1915-2003) fue el primero en demostrar la ecolocación de los murciélagos.

¿Qué haríamos sin los murciélagos?

El murciélago frugívoro, al alimentarse con frutas, dispersa las semillas y contribuye a su germinación en el hábitat donde vuela. El murciélago insectívoro consume grandes cantidades de insectos cada noche y, de esta manera, ayuda a controlar las plagas en los cultivos. Los murciélagos polinívoros y nectarívoros se alimentan del polen y el néctar de las flores que se abren en la oscuridad, y participan en el proceso de polinización.



Archivo diario El Comercio

Influencia prehispánica

Según el Lic. Antonio Wong, de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, el personaje principal en la famosa Estela de Raimondi, de la cultura Chavín, es un murciélago.



Resumen

Ideas principales

La nutrición

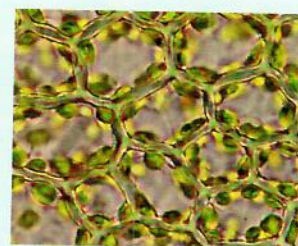
Celular

- Nutrición: autótrofa (construye moléculas complejas a partir de moléculas simples y utiliza la energía química de las reacciones) y heterótrofa (incorpora moléculas complejas elaboradas por otros y utiliza la energía química de los enlaces).
- Metabolismo: anabolismo (consume energía) y catabolismo (libera energía).



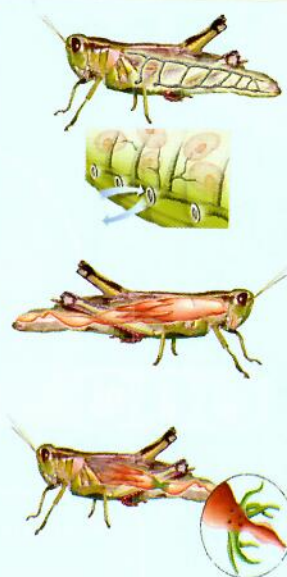
Vegetal

- Absorción y transporte de nutrientes: xilema (savia bruta) y floema (savia elaborada).
- Fotosíntesis: transforma energía luminosa en química. Productos: glucosa y oxígeno.
- Respiración celular: oxidación de glucosa. Productos: dióxido de carbono, agua y energía (ATP).
- Intercambio de gases: fotosíntesis (absorbe CO_2 y libera O_2) y respiración (absorbe O_2 y libera CO_2).



Animal

- Digestión: intracelular (dentro de las células), extracelular (dentro del tubo digestivo) y mixta (digestión extracelular que se termina dentro de las células).
- Digestión en vertebrados: extracelular. Tres etapas: digestión (liberación de nutrientes), absorción (asimilación de nutrientes) y egestión (eliminación de desechos).
- Respiración. Sin estructuras: cnidarios, esponjas y gusanos. Cutánea (piel): anélidos y anfibios. Traqueal (tráqueas): artrópodos. Branquial (branquias): mayoría de animales acuáticos excepto por los mamíferos. Pulmonar (pulmones): vertebrados excepto los peces, y caracoles terrestres.
- Circulación. Componentes: líquidos circulantes, vasos conductores y corazón. Sistemas circulatorios: abierto y cerrado (simple o sencillo y doble).
- Excreción. Expulsión de sustancias de desecho a través de estructuras no especializadas (pulmones, piel, glándulas sudoríparas, branquias y otros) y estructuras especializadas (nefridios, túbulos de Malpighi, riñones, glándulas secretoras de sal).

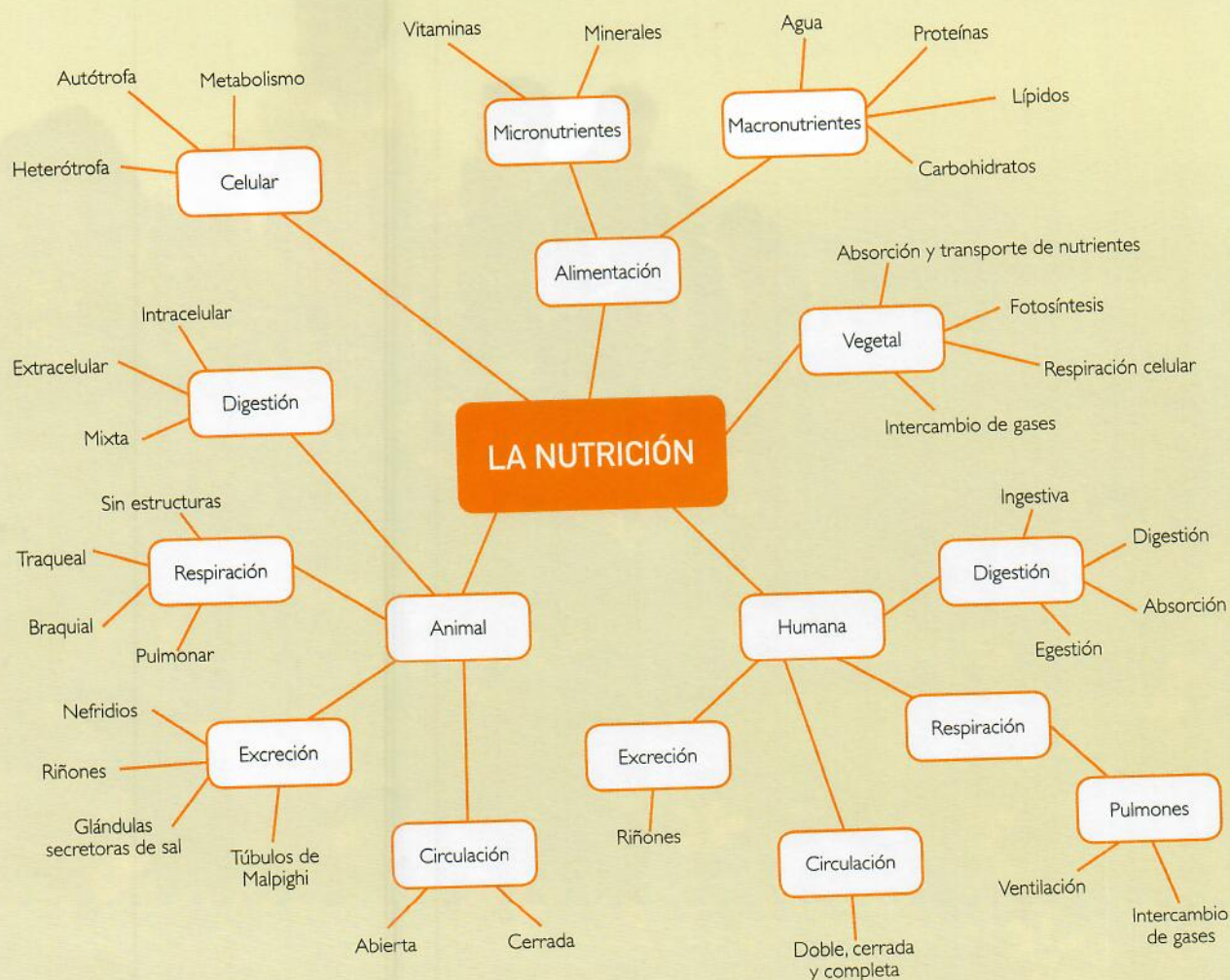


Humana

- Digestión extracelular: Empieza en la boca y termina en el intestino. Cuatro etapas: ingestión, digestión (mecánica y química: bucal, gástrica e intestinal), absorción y egestión.
- Respiración a través de pulmones. Dos etapas: ventilación pulmonar e intercambio de gases a través de los alveolos pulmonares.
- Circulación. Sangre: glóbulos rojos, glóbulos blancos y plaquetas. Vasos sanguíneos: arterias, venas y capilares. Circulación sanguínea doble y completa. Corazón: cuatro cavidades (2 aurículas y 2 ventrículos). Se complementa con la circulación linfática.
- Excreción. Sistema excretor formado por riñones, uréteres, vejiga urinaria y uretra.



Organizador visual: mapa de ideas



Opciones de consulta

Para reforzar:

En estos sitios web encontrarás información acerca de la función de nutrición que reforzarán lo aprendido.

- <http://ntic.educacion.es/w3/eos/MaterialesEducativos/mem/nutricion/indice.htm>
- <http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/2ESO/Funciones/contenido2.htm>

Con este libro de la biblioteca del Ministerio de Educación, podrás complementar tus conocimientos sobre el tema desarrollado en esta unidad.

- Medillust. (2007). *Atlas del cuerpo humano*. Barcelona, España: ARS XXI, V&D SAC.

Para ampliar:

Morgan Spurlock (Dir., 2004), *Super size me*, Estados Unidos.

- <https://vimeo.com/22750521>

Morgan Spurlock realiza un experimento: se alimenta durante 30 días de comida chatarra. El documental muestra los cambios que va pasando el protagonista, quien llegó a consumir un promedio de 5 000 kilocalorías diarias.

En este documental se pueden comprobar los efectos físicos y psicológicos que conlleva ese estilo de vida en la salud.



IDEAS CLAVE

- La función de relación
- La función de relación en las plantas
- La función de relación en los animales
- El sistema nervioso
- El sistema endocrino
- La coordinación en el ser humano
- El sistema nervioso humano
- El sistema endocrino humano

La ortiga negra se caracteriza por sus pelos urticantes y flores amarillas.

4

La relación y la coordinación

LEEMOS

La relación con el entorno

José y sus compañeros de clase se encuentran de paseo en la reserva nacional de Lachay, como parte de una excursión para su curso de Biología. De repente, divisan un zorro deambulando por las lomas. José y sus amigos se inquietan e intentan ver al animal. En el alboroto, José cae al suelo hacia la vegetación. Se levanta de inmediato, casi como un reflejo, y empieza a quejarse porque tiene una sensación extraña en la piel. José había caído sobre una planta de ortiga.

Continúan con el paseo, pero al poco rato, los chicos observan que José luce un poco extraño. Una picazón se extiende por todo su cuerpo, y le empiezan a salir manchas rojizas en el cuello y rostro. Además, no puede respirar bien. Su profesor, compañeros y compañeras se apresuran a prestarle ayuda pero no saben qué hacer. Por suerte, el guardaparques que los acompañaba, se percató de lo que está sucediendo y ya que contaba con entrenamiento y un botiquín de primeros auxilios, le administra una dosis de adrenalina intramuscular. José es trasladado al hospital, donde se recupera. Los padres de José acuden muy asustados al hospital, pues saben que su hijo es muy alérgico y algo grave podría haber pasado.

¿Qué le sucedió a José? ¿Por qué de repente parece sentirse enfermo? ¿Por qué creen que el guardaparques le colocó una inyección de adrenalina a José? ¿Cómo se relacionan los estímulos y las respuestas? ¿Cómo responden las plantas ante los estímulos? ¿Y los animales? ¿Qué sistemas del cuerpo entran en funcionamiento para dar respuesta a un estímulo?

LO QUE DEBEMOS APRENDER

A concluir la unidad, podrás reconocer la importancia de la función de relación en los seres vivos, como el mecanismo que nos permite relacionarnos con el entorno de la forma más eficiente. Podrás comparar la función de relación en plantas y animales, incluyendo al ser humano.

También comprenderás qué sustancias son las responsables de los cambios que ocurren en el organismo a lo largo de la vida.

La relación en seres pluricelulares



Fotografía microscópica de la lengua de un gato. Las papilas gustativas de la lengua son los receptores del gusto de los mamíferos.

Se trata de receptores químicos que captan algunas sustancias presentes en los alimentos e informan de su sabor. Pero esta información es inseparable de la que, al mismo tiempo, capta el olfato.

Los organismos pluricelulares desarrollan funciones más complicadas y variadas que los unicelulares. Presentan sistemas de coordinación más complejos, con células y tejidos especializados.

Los componentes de la relación

En los organismos pluricelulares, las células están organizadas formando tejidos. El control de las funciones de todos estos se logra mediante complejos sistemas de coordinación e integración, donde a su vez intervienen varios órganos y sistemas. Además, así como se tiene una gran diversidad de seres vivos, también se presentan distintos sistemas de comunicación con el entorno y de coordinación interna.

En la función de relación intervienen varios elementos:

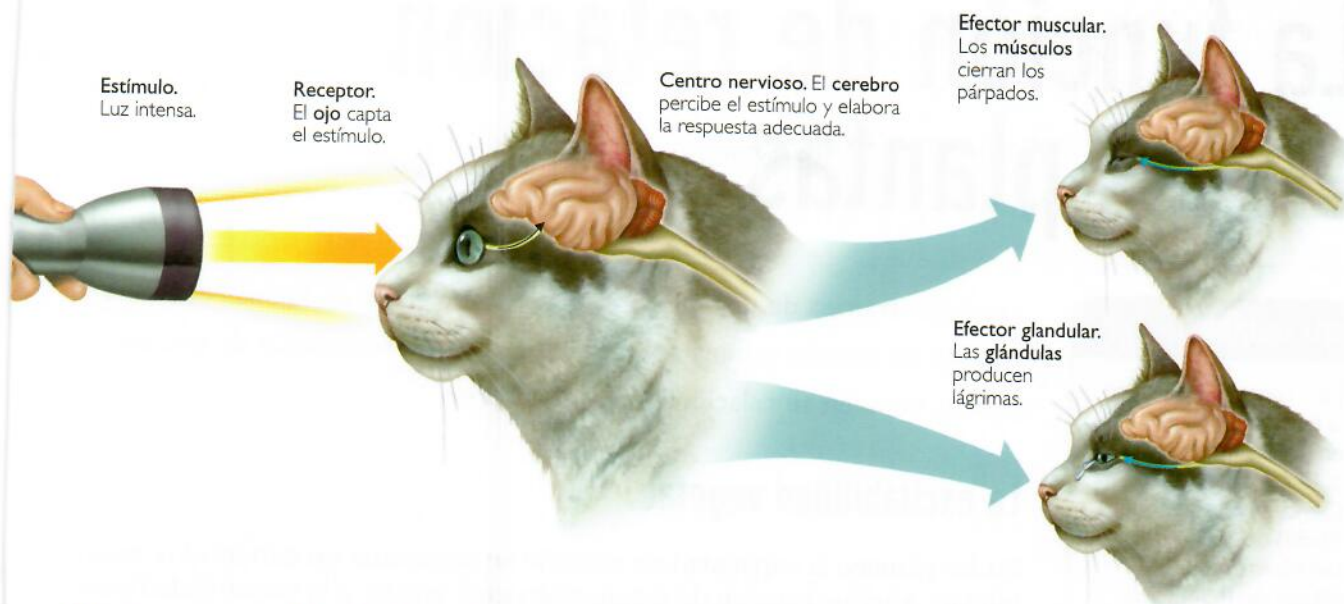
- **Estímulo.** Son aquellas variaciones del medio, tanto externo como interno, capaces de desencadenar una respuesta.
- **Receptores.** Son estructuras que captan estímulos. Los órganos de los sentidos son receptores que captan estímulos del exterior del cuerpo. Dicha información se transmite a los centros nerviosos. Existen también receptores internos, que no están asociados a los órganos de los sentidos. Estos captan, por ejemplo, la posición en la que se encuentra el cuerpo y sus diferentes partes, el dolor interno y visceral, etc. Están repartidos por todo el organismo y son necesarios para el control de sus numerosas funciones involuntarias.
- **Sistemas de coordinación.** Los seres vivos llevan a cabo actividades muy variadas y simultáneas que están coordinadas por el sistema nervioso y el

sistema endocrino. El sistema nervioso recibe la información percibida por los receptores y elabora y transmite una serie de respuestas que serán ejecutadas por los efectores. Su actuación es rápida y efectiva. El sistema endocrino produce sustancias denominadas hormonas, que actúan sobre determinados órganos provocando respuestas no tan instantáneas, pero más duraderas.

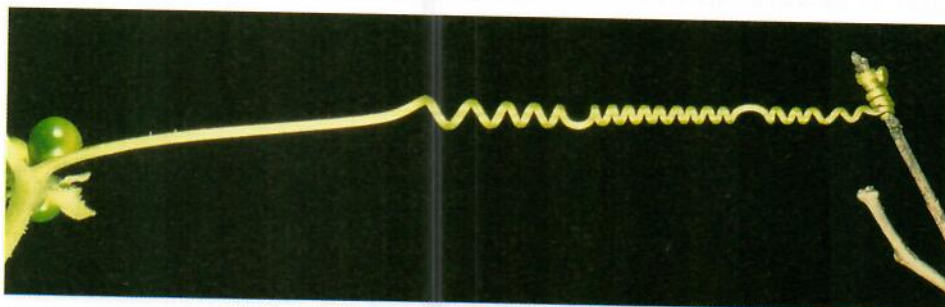
- **Efectores.** Son los órganos encargados de llevar a cabo la respuesta a las variaciones del medio (estímulos), bajo el control de los sistemas de coordinación. Los conjuntos de órganos efectores son el aparato locomotor (huesos y músculos) y el sistema endocrino.

COMPARACIÓN ENTRE EL SISTEMA NERVIOSO Y EL SISTEMA ENDOCRINO

CARACTERÍSTICAS	SISTEMA NERVIOSO	SISTEMA ENDOCRINO
Vía utilizada	Nervios	Sangre
Sistema de transmisión	Impulsos nerviosos	Hormonas
Velocidad de la respuesta	Rápida	Lenta
Duración de la respuesta	Breve	Duradera
Funciones que regula y coordina	Las que exigen respuestas rápidas como la locomoción.	Las que exigen respuestas lentas, como el crecimiento, desarrollo, metabolismo, etc.



El caso especial de las plantas



El zarcillo de una planta que se enrolla en una rama de otra planta distinta es una evidencia de que las plantas también perciben su medio.

Los zarcillos permiten, por ejemplo, a las plantas trepadoras de un bosque, alcanzar mayores alturas donde captar la luz solar. Para ello, también necesitan disponer de sistemas de coordinación.

Pero en las plantas no se puede decir que existan aparatos ni sistemas destinados específicamente a llevar a cabo esta función. Los efectores, centros nerviosos, etc., son exclusivos de los animales.

No obstante, las plantas tienen otros tipos de mecanismos específicos que les permiten obtener información del entorno, modificar su crecimiento y producir respuestas. En muchos casos, la percepción de los cambios del medio se realiza a nivel celular y molecular, mediante complejos mecanismos bioquímicos.

Aunque no tienen sistema endocrino, las plantas producen hormonas que controlan procesos como el crecimiento y la floración. Y, aunque no tienen aparato locomotor, mueven ciertas partes mediante mecanismos como la absorción o liberación de agua en determinadas células.

SABÍAS QUE...

La relación en los hongos

Los hongos son bastante más complejos de lo que parece y responden de forma compleja a los cambios en su medio.

Por ejemplo, las setas aparecen solo en el momento adecuado: cuando hay suficiente humedad y las temperaturas son suaves.

Momento preciso para que las esporas encuentren el medio más propicio para su germinación.



EN LA WEB

<http://www.botanical-online.com/lasplantasmovimientosvegetales.htm>

Los movimientos vegetales.

La función de relación en las plantas

EN LA BIBLIOTECA

Para conocer más sobre la función de relación en las plantas, consulta el libro *La Biblia de las Ciencias Naturales* (págs. 86-88) de la biblioteca del Ministerio de Educación (MINEDU).

Las hojas trampa de una planta carnívora se cierran de forma repentina cuando un insecto camina sobre ellas. Es una demostración de que las plantas también se relacionan con el entorno.

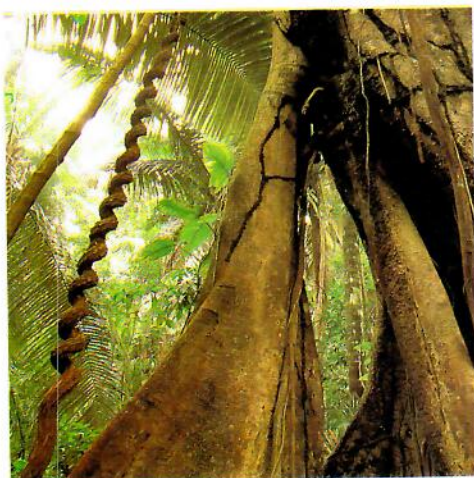
La excitabilidad vegetal

En las plantas, la capacidad de relación se denomina excitabilidad o sensibilidad. Aunque carecen de sistema nervioso, gracias a la excitabilidad pueden percibir estímulos externos y reaccionar produciendo respuestas; entre ellas, el movimiento y ciertas sustancias químicas, denominadas hormonas vegetales, que regulan la actividad de la planta.



Dos ejemplos de la función de relación en las plantas. Arriba, una planta carnívora del género *Dionaea* captura un insecto.

Abajo, las lianas de la selva utilizan el tronco de los árboles para alcanzar posiciones más elevadas en el dosel vegetal.



Estímulos y respuestas

Las plantas son capaces de percibir estímulos a través de diversos tipos de células receptoras, con sustancias específicas que captan las variaciones del medio.

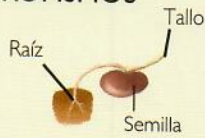
Los estímulos más comunes son los luminosos, como radiaciones luminosas o variaciones en intensidad de luz; los cambios en la atracción de la gravedad; las variaciones mecánicas (roce, golpes, presión, etc.); las fluctuaciones de temperatura y los cambios de humedad ambiental o del agua del suelo.

Las respuestas que se producen en las plantas ante los cambios del ambiente se pueden clasificar en tres tipos: los tropismos, las nastias y las secreciones.

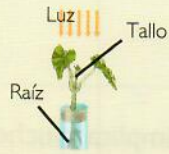
Los **tropismos** son respuestas permanentes ante un estímulo, en las que se producen cambios en la dirección del crecimiento de la planta. Un tropismo se considera positivo si va dirigido hacia el estímulo, y negativo en caso contrario.

Las **nastias**, en cambio, son movimientos de una parte del vegetal, que se producen sin orientación y son pasajeros: la planta vuelve a su posición inicial al cabo de poco tiempo.

Las **secreciones** consisten en la producción de diversas sustancias que tienen funciones muy variadas. Algunas sirven para proteger a la planta; otras, para almacenar determinados compuestos químicos de desecho, y algunas otras, las más interesantes desde el punto de vista de la función de relación, son llamadas hormonas vegetales. Estas sustancias son auténticos controladores químicos de las diversas funciones y procesos que llevan a cabo las plantas.

TROPISMOS**GEOTROPISMO**

El estímulo es la fuerza de la gravedad.
Tallo: geotropismo negativo.
Raíz: geotropismo positivo.

**FOTOTROPISMO**

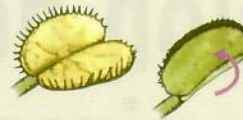
El estímulo es la luz.
Tallo: fototropismo positivo.
Raíz: fototropismo negativo.

**HIDROTROPISMO**

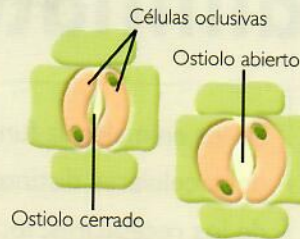
El estímulo es el agua.
Raíz: hidrotropismo positivo.
Crece en dirección al agua en lugar de hacia abajo.

**TIGMOTROPISMO**

Respuestas ante un contacto.
Los zarcillos crecen alrededor de los objetos al entrar en contacto con ellos.

NASTIAS**SISMONASTIA**

Reacción al contacto o presión. Por ejemplo, cierre de las hojas de una planta carnívora.

**QUIMIONASTIA**

Reacción ante cambios químicos. Por ejemplo, actuación de los estomas, conjuntos de células de las hojas que permiten el paso del aire al interior. Ante la pérdida de agua cuando hace mucho calor, las células oclusivas cierran el ostiolo.

**FOTONASTIA**

Reacción ante la luz. Por ejemplo, flores que se abren de día y se cierran de noche.

Hormonas vegetales

Llamadas también fitohormonas, son producidas por células de diferentes zonas de la planta, desde las que son transportadas por los vasos conductores hasta donde van a actuar. Sus funciones son muy variadas: regulación del crecimiento, inducción de la floración, maduración de los frutos, caída de las hojas, etc.

Las plantas producen una gran variedad de hormonas. Las auxinas y giberelinas son las hormonas que promueven el crecimiento de la planta. Las citoquininas estimulan la división y la diferenciación celular.

El etileno, un gas, se sintetiza en situaciones de estrés y es responsable de la caída de las hojas, flores y frutos. También provoca la maduración de los frutos. Así, cuando en un cajón de manzanas verdes una madura, todas las demás maduran.

HORMONAS	ALGUNAS DE SUS FUNCIONES
Auxinas	Estimulan el crecimiento del vegetal
Giberelinas	Inducen el alargamiento de los tallos
Citoquininas	Estimulan las divisiones celulares (citocinesis)
Ácido abscísico	Inhibe el crecimiento del vegetal
Etileno	Acelera la maduración de los frutos

Algunas hormonas vegetales

PARA REFLEXIONAR**Las ortigas y sus mecanismos de defensa**

Los pelos urticantes son uno de los mecanismos de defensa utilizados por numerosas plantas, algunas tarántulas y varias orugas de mariposas.

Urtica en latín significa ortiga y los pelos que urticar son una característica de muchas plantas en varias familias.

La forma más común de pelos urticantes en las plantas es la que se presenta en las ortigas. Estas tienen pelos como agujas huecas que se asientan sobre una glándula

que secreta una toxina, similar a la de las hormigas, que puede causar una reacción alérgica. Las puntas de estos pelos por lo general se rompen al contacto y la toxina ingresa al sistema por la herida generada.

Varias plantas no emparentadas con las ortigas poseen pelos defensivos similares.

- La sabiduría popular dice que si se toca la ortiga aguantando la respiración no se produce la molesta picadura. ¿Pero es esto cierto? Argumenta tu respuesta.



Ortiga negra. *Nasa urens* es una ortiga cubierta de pelos urticantes que se encuentra en las Lomas de Lachay, Lima.

La función de relación en los animales

En los animales, la función de relación es muy compleja e implica muchos tipos celulares distintos trabajando coordinadamente. Se realiza por medio de los receptores, los sistemas de coordinación y los efectores.



Órganos de los sentidos en diferentes animales. De izquierda a derecha, ojos simples de una araña, ojos compuestos de un tábano, ojo humano, línea lateral de un pez y antenas plumosas de una polilla.

Las tres primeras fotos corresponden a fotorreceptores. La línea lateral de los peces es un órgano mecanorreceptor.

Las antenas plumosas de los lepidópteros contienen quimiorreceptores que reaccionan ante sustancias químicas presentes en el aire.



Células especializadas en obtener y transmitir información

El procesamiento de la información en los animales implica la existencia de células receptoras de estímulos, células conductoras de la información a distancia y células efectoras especializadas en generar una respuesta. Los dos primeros tipos celulares suelen ser células epiteliales o neuronas; el efector puede ser una célula muscular o una glandular. Las neuronas y las células musculares son células exclusivas de los animales.

Los receptores

En los animales, los receptores son células especializadas distribuidas por el cuerpo y encargadas de recoger la información del medio y enviarla a los centros nerviosos.

Existen diversos tipos de receptores. Los quimiorreceptores son estimulados por distintas sustancias químicas disueltas en agua o gaseosas: constituyen el sentido del gusto y del olfato. Los mecanorreceptores responden a la presión mecánica y detectan movimiento, tacto, presión y sonido. Los termorreceptores detectan cambios de temperatura y reaccionan ante el calor y el frío. Los fotorreceptores responden ante la luz y permiten la captación de imágenes. Por último, los nociceptores o receptores de dolor responden a un exceso de calor o presión o a la presencia de sustancias químicas irritantes, produciendo una sensación desagradable conocida como dolor.

La recepción de estímulos la realizan generalmente los órganos de los sentidos. No obstante, hay receptores por todo el cuerpo que informan de las variaciones internas.

LOS CINCO SENTIDOS		
ESTÍMULOS	RECEPTORES	SENTIDOS
Luz	Ojo	Vista
Sonido	Oído	Oído
Sustancias gaseosas	Fosas nasales	Olfato
Sustancias en disolución	Lengua (papilas gustativas)	Gusto
Táctiles	Corpúsculos (piel)	Tacto

El sistema nervioso

Es exclusivo de los animales. Recibe la información percibida por los receptores y elabora y transmite una serie de respuestas que serán ejecutadas por los efectores. Su actuación es rápida y efectiva.

Está formado por unas células especializadas llamadas neuronas, a las que acompañan otros tipos celulares que contribuyen a la función del sistema. Las neuronas forman largos cordones que son los nervios.

El sistema nervioso es el encargado de coordinar el funcionamiento de todo el cuerpo, y gracias a su actividad se pueden producir todas las funciones del ser vivo.

En los animales superiores, el sistema nervioso está formado por los centros nerviosos, como el encéfalo y la médula espinal, que analizan las informaciones y deciden las respuestas; y los nervios, que transportan la información.

Los centros nerviosos forman parte del sistema nervioso central y están protegidos por membranas, líquido y huesos.

Los nervios forman el sistema nervioso periférico y son de dos tipos: los que parten de los órganos receptores hasta los centros nerviosos llevando la

información de los estímulos (nervios sensitivos) y los que parten de los centros nerviosos a los órganos efectores llevando la información de las respuestas (nervios motores).

Los efectores en los animales

Las respuestas desencadenadas en los animales ante un estímulo pueden ser de dos tipos: motoras, si el resultado es un movimiento, y secretoras, si se libera una sustancia.

Los órganos efectores de las respuestas motoras se integran en el sistema locomotor, y los de las respuestas secretoras, en el sistema endocrino. Ambos sistemas necesitan recibir una orden del sistema nervioso o del sistema sanguíneo para actuar.

El sistema locomotor está formado por los sistemas óseo y muscular. Estos están integrados por los huesos y los músculos. Los efectores son las células musculares.

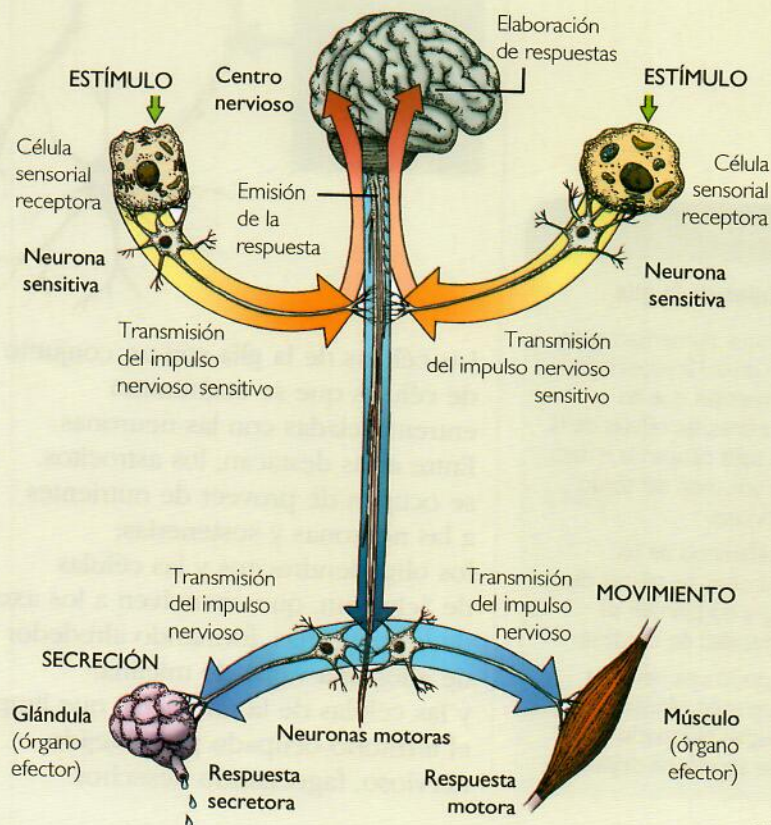
El sistema endocrino está formado por órganos dispersos que fabrican sustancias llamadas hormonas. Estas se segregan a la sangre o a la hemolinfa para que hagan su efecto en un lugar determinado del cuerpo. El efector final es la célula glandular, que segrega la hormona.

LA COORDINACIÓN NERVIOSA

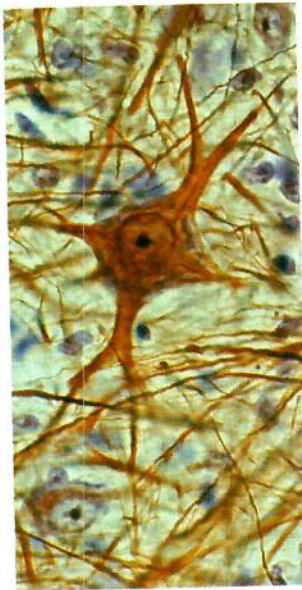
La coordinación es la regulación que llevan a cabo los sistemas endocrino y nervioso para que todas las actividades y procesos de un organismo se den simultáneamente y de forma correcta.

El sistema nervioso capta informaciones, las analiza y elabora respuestas que pueden ser de dos tipos: motoras (que comportan un cierto tipo de movimiento, realizado por músculos) y secretoras (producción de determinadas sustancias por órganos glandulares).

Los músculos y las glándulas son los órganos efectores, es decir, los encargados de dar respuesta a los estímulos. Desde los centros nerviosos y a través de los nervios les llega la información en forma de impulso nervioso. Entre la captación del estímulo y la producción de la respuesta transcurren tan solo unas milésimas de segundo: esta es, precisamente, la principal característica del sistema nervioso de los vertebrados, la gran velocidad de respuesta ante los estímulos.



La neurona



Tejido nervioso. Las neuronas, al microscopio, presentan aspecto estrellado, con prolongaciones que forman una intrincada red.

Las neuronas son las células más importantes del tejido nervioso, exclusivo de los animales. Mucho de lo que sabemos sobre ellas se debe a un científico español, Santiago Ramón y Cajal, que recibió el premio Nobel por ello.

Las células del tejido nervioso

El tejido nervioso solo aparece en los animales, y está integrado por dos tipos de células: las neuronas y las células de la glía. Estas células pueden formar diferentes estructuras, por ejemplo, fibras nerviosas, nervios, ganglios y centros nerviosos.

Las neuronas son la unidad anatómica y funcional del tejido nervioso. Son células especializadas en la recepción y transmisión de señales. Las señales son de tipo eléctrico y se denominan impulsos nerviosos. Suelen formar redes complejas por todo el organismo. Solo los animales son capaces de integrar la recepción del estímulo con la conducción de la respuesta, gracias a las neuronas.

Axón o cilindroeje. Larga prolongación que parte del cuerpo celular y se ramifica en su extremo. Transmite el impulso nervioso desde el cuerpo celular hacia otra neurona.



Cuerpo celular o soma. Parte más ensanchada de la neurona. En él se encuentran el núcleo y la mayoría de los orgánulos celulares.

Dendritas. Prolongaciones citoplasmáticas cortas, y muy ramificadas, que reciben y conducen el impulso nervioso hacia el cuerpo celular.

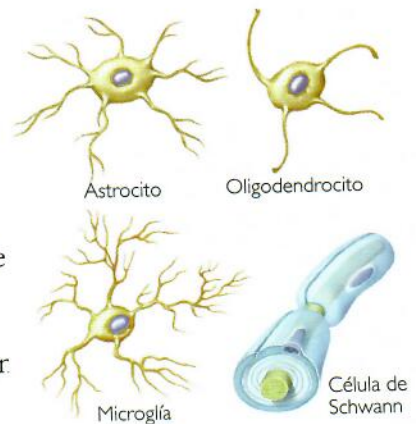
SABÍAS QUE...

Células de la glía

Aunque numéricamente son unas 10 veces más numerosas que las neuronas, las células de la glía solo ocupan la mitad del volumen del tejido nervioso.

A diferencia de las neuronas, las células de la glía no pierden su capacidad de dividirse. Cuando una neurona muere, las células de la glía ocupan el espacio que aquella ha dejado.

Las células de la glía son un conjunto de células que se encuentran entremezcladas con las neuronas. Entre estas destacan, los astrocitos, se ocupan de proveer de nutrientes a las neuronas y sostenerlas; los oligodendrocitos y las células de Schwann, que envuelven a los axones de las neuronas, formando alrededor de ellos una vaina de mielina; y las células de la microglía, que limpian el territorio ocupado por el tejido nervioso, fagocitando desechos.



BIOGRAFÍA

Santiago Ramón y Cajal (1852-1934)

Médico e investigador español. Fue catedrático de anatomía en la Universidad de Valencia (1883) y de histología en Barcelona (1887) y Madrid (1892).

Sus investigaciones se centraron en el tejido nervioso.

En 1889, presentó ante la Sociedad Anatómica de Berlín las conclusiones de sus trabajos sobre el sistema nervioso, demostrando que cada neurona es una célula independiente en cuanto a su estructura y función, y que las células nerviosas no se relacionan entre sí por continuidad (teoría del científico italiano contemporáneo Camillo Golgi), sino por contigüidad.

Para realizar este descubrimiento tuvo que vencer importantes dificultades.

El tejido nervioso, observado al microscopio óptico, aparece como una red de filamentos y cuerpos celulares, completamente enmarañados.

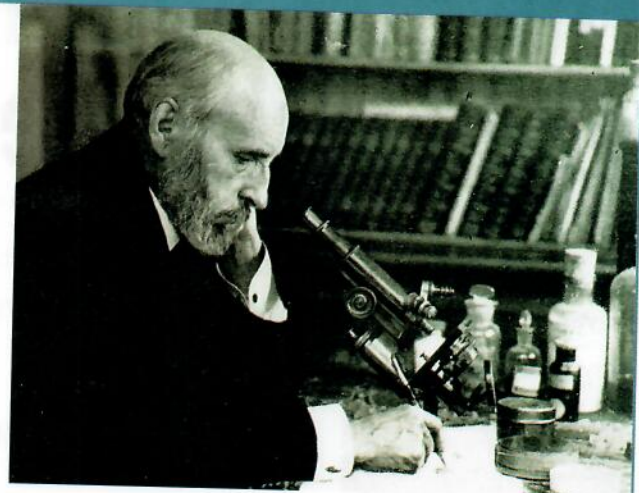
Este aspecto hace pensar en un conjunto de neuronas, interconectadas, que constituyen algo similar a una retícula.

Cajal desconfiaba de esta interpretación. A pesar de su falta de medios, encontró la forma de profundizar en el estudio de las neuronas.

Para analizar la estructura y organización del tejido nervioso, buscó la simplicidad. Comenzó a estudiar el tejido nervioso de los embriones, mucho más simple que el de los adultos.

Además, mejoró la técnica de Golgi para teñir las neuronas, consiguiendo mejores resultados.

Apreció entonces con



claridad que las neuronas no están interconectadas, sino que son independientes. Entre ellas hay un espacio, que llamó espacio sináptico.

Expuso sus descubrimientos en *Histología del sistema nervioso del hombre y de los vertebrados* (1909-1911) y *Degeneración y regeneración del sistema nervioso* (1913-1914).

En 1906, fue galardonado

con el Premio Nobel de Fisiología y Medicina, compartido con su "adversario" Camillo Golgi.

Además de sus éxitos en el campo de la neurología, Cajal destacó en otros ámbitos; por ejemplo, fue pionero en desarrollar un sistema de fotografía en color, y un magnífico dibujante.

Se conservan muchos de sus dibujos anatómicos y de histología.

PARA SABER MÁS

Fibras, nervios y ganglios

Los axones de las neuronas se asocian junto a las células de Schwann formando fibras nerviosas. En ocasiones, los axones de varias neuronas quedan recubiertos por una célula de Schwann y forman fibras amielínicas (o grises); otras veces, varias células de Schwann rodean en capas concéntricas a un solo axón y dan lugar a las fibras mielínicas (o blancas).



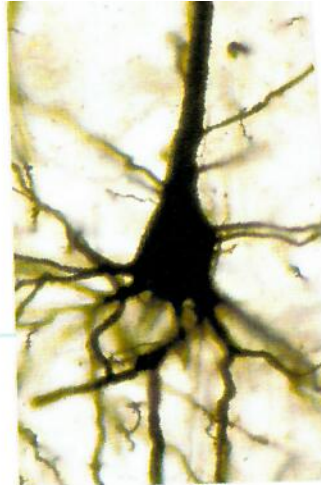
EN LA WEB

<http://www.senc.es/sites/default/files/Noviembre%202012.pdf>

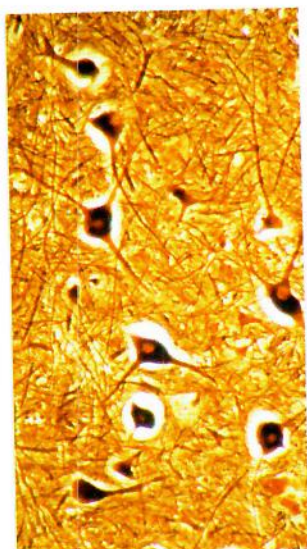
Las células gliales.

Flujo de información en el tejido nervioso

Las neuronas están continuamente recibiendo y transmitiendo mensajes. Llevan información de uno a otro punto del cuerpo. Los mensajes son de muy diversos tipos.



Neurona piramidal del cerebro, observada al microscopio óptico.



Sistema neurológico, células nerviosas

El impulso nervioso

Las neuronas se conectan entre sí mediante las dendritas y los axones. Pero esta conexión no implica que las neuronas estén unidas; de hecho, las dendritas y las ramificaciones finales del axón a las que se conectan están separadas por un pequeño espacio llamado hendidura sináptica. En los vertebrados, una neurona puede establecer 100 000 sinapsis.

Las neuronas son células capaces de generar y transmitir impulsos eléctricos mediante cambios en su membrana: se trata de débiles corrientes eléctricas que se transmiten por el axón a una velocidad que llega a los 100 m/s. Cualquier sensación, como la visión de un paisaje, un olor o el mensaje del cerebro a un músculo, son en realidad el efecto de millones y millones de neuronas que se comunican enviando estos mensajes eléctricos. Estas débiles corrientes eléctricas, que son la clave de la transmisión de la información, son lo que se denomina impulsos nerviosos.

Para que no se interrumpa la transmisión de los impulsos en las sinapsis, se necesita de la colaboración de unas sustancias especiales, los neurotransmisores. Cuando un impulso llega al extremo del axón de una neurona, este extremo libera neurotransmisores, que son captados por la neurona siguiente y hacen que se produzca otro impulso nervioso en esta.

Neurona 1: el impulso nervioso viaja desde el cuerpo celular hasta las ramificaciones del extremo del axón

Neurona 2: los neurotransmisores hacen que se produzca un impulso nervioso que va desde las dendritas hasta el axón, y llega a la siguiente sinapsis.

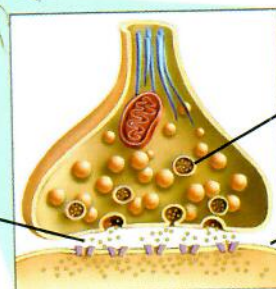
Sinapsis

Los neurotransmisores estimulan la membrana de la siguiente neurona.

Vesículas con neurotransmisores, que se liberan a la hendidura sináptica

Hendidura sináptica

Transmisión del impulso nervioso. Arriba, sinapsis entre dos neuronas. Abajo, detalle de la sinapsis y actuación de los neurotransmisores



EN LA WEB

http://www.uc.cl/sw_educ/neurociencias/

Estructura y funciones del sistema nervioso.

Los circuitos nerviosos

En el sistema nervioso más simple, únicamente interviene una neurona sensitiva que recibe el estímulo y conduce la información a una célula efectora. Así ocurre en algunos cnidarios, como la hidra. En otros invertebrados aparecen en posición intermedia una o varias neuronas conductoras conectadas finalmente con una célula muscular efectora de movimiento.

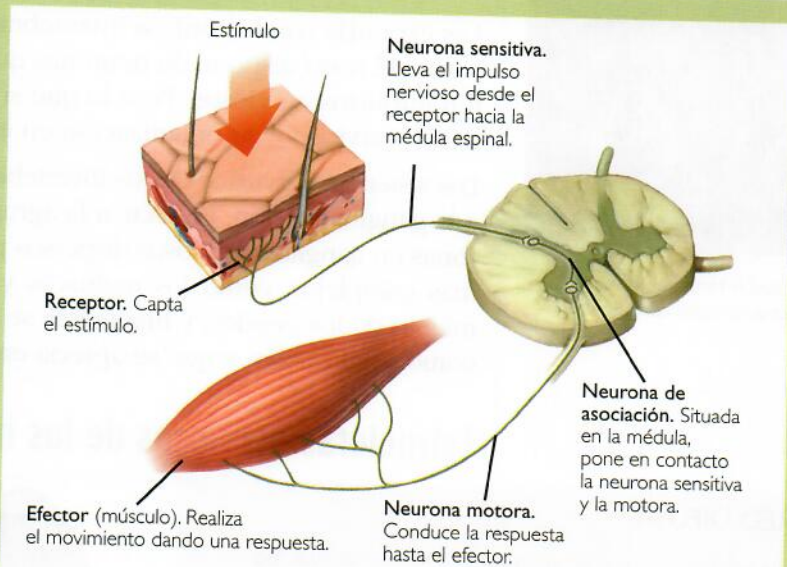
Los sistemas nerviosos se complican al aparecer órganos de procesamiento y control: los llamados centros superiores o sistema nervioso central de vertebrados. En estos sistemas, las neuronas

se agrupan formando nervios y centros nerviosos (encéfalo, médula, etc.). En estos sistemas complejos podemos distinguir tres tipos de neuronas: las sensitivas, que llevan la información de los receptores al sistema nervioso central; las motoras, que envían las órdenes del sistema nervioso central a los efectores; y las interneuronas o neuronas de asociación, que forman parte del sistema nervioso central y conectan las neuronas sensitivas con las motoras. Todo este mecanismo puede llevar a cabo respuestas simples e involuntarias, o respuestas complejas, voluntarias.

ACTOS INVOLUNTARIOS O REFLEJOS

Son aquellos en los que no interviene la voluntad y se realizan de manera inconsciente. Se producen, por ejemplo, cuando retiramos la mano al pinchamos o quemamos. En este tipo de actos no interviene el cerebro.

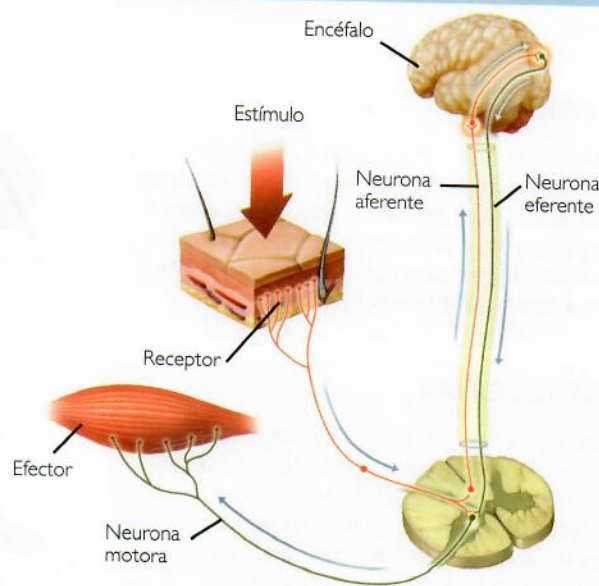
Los actos reflejos se llevan a cabo mediante una estructura nerviosa llamada arco reflejo, en el que intervienen los siguientes elementos: un receptor; una neurona sensitiva, una neurona de asociación, una neurona motora y un órgano efector.



ACTOS VOLUNTARIOS

Son acciones conscientes que se realizan bajo el control de la corteza cerebral, por ejemplo, mover la cabeza hacia el lugar de donde procede un sonido. Son actos conscientes y más elaborados que los reflejos.

Los impulsos sensitivos que llegan a la corteza cerebral se analizan. Esto genera una respuesta de las neuronas de la corteza cerebral, que se transmite mediante sus axones. Los impulsos salen por los nervios hacia los músculos adecuados. En este caso, las sensaciones se procesan, es decir, se analizan, se comparan con los recuerdos y las acciones también se examinan y se planean antes de ordenarlas; aunque, por supuesto, todo el proceso es rapidísimo.



La coordinación en los invertebrados



Las abejas tienen un complejo sistema nervioso con cefalización.

Los sistemas nerviosos y endocrinos de algunos invertebrados son bastante simples, capaces solo de controlar respuestas sencillas e inmediatas. En otros casos, son sorprendentemente complejos.

El sistema nervioso en los invertebrados

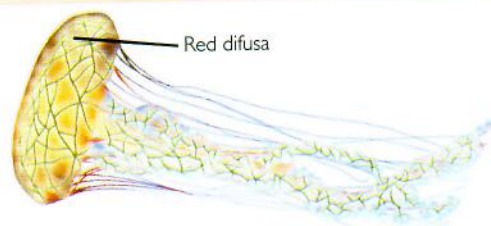
Las esponjas son los únicos invertebrados que carecen de verdaderas neuronas. El resto dispone de neuronas que, como en los vertebrados, transmiten impulsos nerviosos. Pero lo que sí varía es el grado de complejidad del tejido nervioso y su organización en estructuras más o menos sofisticadas.

Los sistemas nerviosos de los invertebrados son muy variados, pero tienden a la ganglionización, es decir, a la agrupación de las células nerviosas o neuronas en ganglios nerviosos dispersos por el organismo. En los invertebrados más complejos, como los moluscos y los artrópodos, hay un perfeccionamiento de los nervios, y finalmente se forma una “cabeza”, lo que se conoce como cefalización, y que se aprecia en muchos grupos de invertebrados.

Estructuras nerviosas de los invertebrados

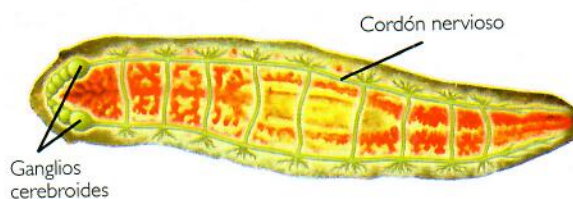
RED DIFUSA

Las células nerviosas se unen entre sí formando una red que transmite información por todo el cuerpo del animal. Les permite moverse rítmicamente, contraerse o utilizar sus tentáculos para capturar presas, siendo receptivos a estímulos en todos los puntos del cuerpo. Esto supone una ventaja para pólipos y medusas, normalmente sedentarios.



CORDÓN NERVIOSO

Las células nerviosas se reúnen en cordones que se sitúan desde la cabeza hasta la parte final del animal, de los que parten ramas nerviosas hacia el resto del cuerpo. Este sistema aparece en los gusanos planos y los equinodermos, e implica una cierta centralización de las estructuras nerviosas. Los gusanos planos tienen un sistema nervioso llamado escaleriforme.



SISTEMA GANGLIONAR

Las células nerviosas se agrupan en abultamientos llamados ganglios, unidos por cordones nerviosos en posición ventral. Los ganglios de mayor tamaño se sitúan en la cabeza formando el cerebro, que recoge información de los órganos de los sentidos allí situados. Este sistema es característico de ciertos gusanos, y de los moluscos y los artrópodos.



El sistema endocrino en los invertebrados

El sistema endocrino, al igual que el nervioso, es un medio de control del organismo. Está formado por glándulas de secreción o glándulas endocrinas que sintetizan una serie de sustancias químicas llamadas hormonas. Estas son vehículos de información que, en el caso de los invertebrados, se vierten a la hemolinfa o medio interno (líquido circulante que equivale a la sangre de los vertebrados) y, a través de ella, alcanzan una zona determinada del cuerpo del animal sobre la que tienen un efecto específico. Por lo tanto, efectúan su acción a distancia de donde se han producido y a concentraciones mínimas. Las respuestas que provocan no son inmediatas.

Muchas especies de la mayoría de los grandes grupos de invertebrados son capaces de producir hormonas, que regulan diversos procesos. Son generalmente neurohormonas, es decir, secretadas por neuronas modificadas y liberadas al fluido extracelular. Regulan la reproducción, el crecimiento, la metamorfosis, los procesos de regeneración de partes del cuerpo, la muda o el cambio de color de la piel.

En los gusanos, los ganglios cerebrales secretan determinadas neurohormonas. Estas hormonas son capaces de estimular la producción de los gametos en los órganos sexuales. En las sanguijuelas también determinan los cambios de color, actuando en distintos puntos de la piel. En los equinodermos hay igualmente neurohormonas que estimulan la maduración de los aparatos reproductores.

La producción de gametos en las gónadas también se da en los moluscos gracias a neurohormonas que inducen, asimismo, la puesta de huevos. En los cefalópodos, unas glándulas situadas sobre el nervio óptico regulan, además, la aparición de los caracteres sexuales secundarios.

PARA SABER MÁS

Un complejo control endocrino en los insectos

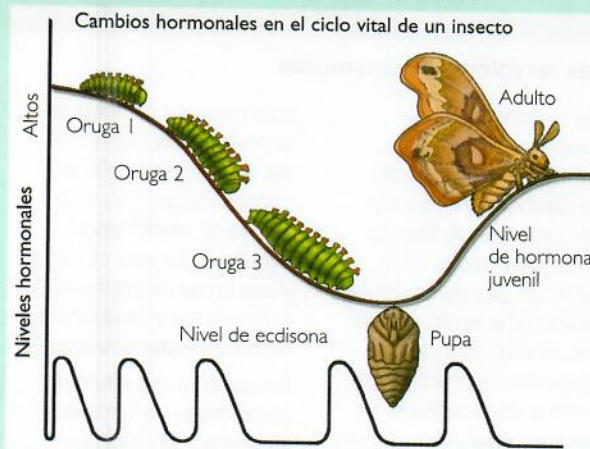
En los insectos, los procesos de muda y metamorfosis están controlados por dos hormonas antagónicas (es decir, que llevan a cabo funciones contrarias y complementarias).

En estos procesos intervienen la neurohormona juvenil (JH), que mantiene las características larvares, y la hormona de la muda o ecdisona, que acelera la muda y conduce a que la pupa se transforme en adulto.

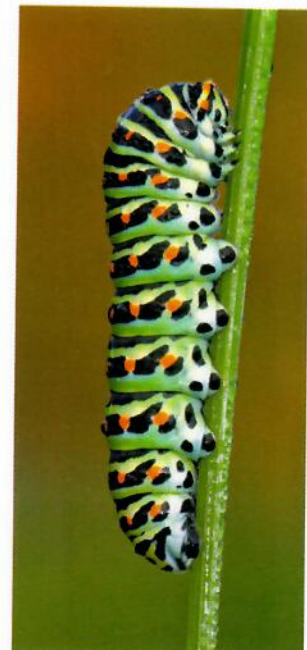
Durante la fase larvaria, se segrega gran cantidad de hormona juvenil, lo que produce un aumento de tamaño, pero mantiene las características larvares. La producción de la

hormona juvenil disminuye paulatinamente conforme la oruga crece, y su nivel es mínimo cuando se convierte en una pupa. En cambio, los niveles de ecdisona suben y bajan continuamente. Cada pico (aumento de

producción de hormona) provoca una muda, proceso imprescindible para el crecimiento en estos animales (el exoesqueleto no crece, pero el animal sí; por eso, cambia periódicamente).



El momento de la muda. Una chicharra (un insecto similar al saltamontes) muda su antiguo caparazón y comienza a usar uno nuevo más grande. Este proceso está regulado por hormonas.



Oruga de mariposa en el estado previo a la pupa

Los sentidos en los animales invertebrados



Las antenas de las mariposas están formadas por una serie de anillos donde se encuentran los receptores de los sentidos del tacto y del olfato. Además, proporcionan equilibrio y orientación en el vuelo.

Los animales invertebrados poseen diversos sistemas de detección de estímulos.

Mecanorreceptores y quimiorreceptores en los invertebrados

Los invertebrados forman un grupo increíblemente diverso y, por lo tanto, presentan una gran variedad de estructuras receptoras de estímulos. Los invertebrados más sencillos (como esponjas, medusas y corales) poseen estructuras celulares nerviosas inmersas en su tegumento, con capacidad mecanorreceptora y quimiorreceptora para detectar varios tipos de estímulos: táctiles, olfativos, gustativos y otros.

En las hidras, los mecanorreceptores generan una respuesta automática o refleja (por ejemplo, el encogimiento del tentáculo que se ha tocado). Las anémonas inyectan un líquido urticante al ser rozadas por un organismo. También se trata de una respuesta automática, en la que ni siquiera participa su primitivo sistema nervioso.

Los invertebrados son los seres más primitivos en desarrollar células nerviosas quimiorreceptoras que se proyectan hacia fuera del cuerpo; en ellos, a excepción de los artrópodos, existe una unión total entre el olfato y el gusto. Un ejemplo clásico es el de las polillas o mariposas nocturnas que tienen receptores olfativos en las antenas, que les permiten detectar el olor desprendido por la hembra a varios kilómetros. Otros artrópodos son capaces de captar determinados olores enviados como señales de alarma.

Muchos insectos tienen antenas que utilizan para producir y detectar sonidos; otros, las usan para captar los cambios de presión asociados a la transmisión del mismo.

PARA SABER MÁS

Los receptores de una mosca

Las moscas tienen un vuelo peculiar: Son los únicos insectos capaces de cambiar de dirección tan súbitamente. Esto lo consiguen gracias a los halterios, dos pares de alas modificadas en las que se encuentran abundantes mecanorreceptores. Este sistema de receptores es necesario para detectar los

más mínimos cambios en la posición, las corrientes de aire, etc. Todo ello es imprescindible para que el insecto mantenga el equilibrio durante el vuelo y sea capaz de controlar los halterios para cambiar de dirección instantáneamente. En la mosca, el sentido del gusto reside en los pelos gustativos, que están en la

parte final de las patas y en las zonas bucales (por eso, cuando se posan, realizan movimientos que parecen como si se lavasen continuamente la cabeza).

Cada uno de estos pelos sensitivos contiene cuatro pequeños órganos quimiorreceptores, uno para el dulce, otro para el agua y dos para las sales.



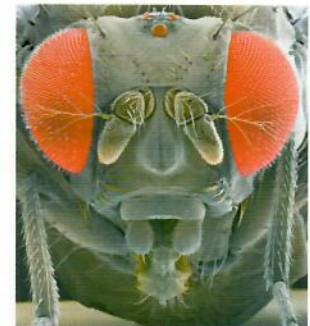
GLOSARIO

Tegumento. Membrana que cubre el cuerpo del animal o alguno de sus órganos internos.



Medusa (izquierda) y caracol (derecha). Las medusas no tienen auténticos ojos. Captan la luz mediante fotorreceptores que no les permiten distinguir imágenes.

Los moluscos, como los caracoles, sí tienen unos ojos bastante desarrollados que les permiten conocer su entorno mediante la visión.



Los insectos poseen, en general, dos ojos compuestos y varios ojos simples llamados ocelos, situados en la parte alta de la cabeza.

Receptores lumínicos en invertebrados

En los invertebrados más primitivos, no funcionan como ojos en sentido estricto: sus células fotorreceptoras no les permiten formar imágenes, sino que detectan la luz y su intensidad. Las medusas, por ejemplo, contienen agrupaciones de células, llamadas manchas oculares, sensibles a la luz.

Conforme a su complejidad, los invertebrados presentan distintos tipos de receptores de luz e imágenes; es decir, ojos. Ciertos gusanos y equinodermos tienen un esbozo de cristalino; los moluscos, en cambio, presentan órganos visuales que recuerdan a los ojos de los vertebrados. Por lo tanto, todos estos animales son capaces de ver su entorno y de captar imágenes.

Los artrópodos presentan los órganos de la vista más evolucionados; tienen dos tipos de ojos: los ocelos (ojos simples) y los ojos compuestos. Los ocelos son órganos característicos de los arácnidos; los ojos compuestos, en cambio, aparecen solo en los crustáceos y en los insectos. Los ojos simples actúan como una unidad; los compuestos forman una imagen en mosaico que permite visualizar movimientos de posibles presas o enemigos. Se ha comprobado que los insectos ven en color, aunque con unas diferencias notables respecto a la visión de los vertebrados. No aprecian el color rojo, pero sí son sensibles al ultravioleta. Son, por lo tanto, capaces de apreciar detalles que escapan al ojo humano.



La visión de los insectos. A la izquierda, una flor observada con luz visible. A la derecha, la misma flor observada con luz ultravioleta, tal como la vería un insecto con sus ojos compuestos. Los insectos, al poder captar la luz ultravioleta, son capaces de apreciar detalles que los seres humanos no vemos. Por ejemplo, muchas flores tienen unas marcas alrededor de la zona central (donde se encuentra el polen) que parecen servir para guiar a los insectos polinizadores.

EN LA WEB

<http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/2ESO/Reprodycoordinacion/contenidos11.htm>

Sistemas de detección de estímulos en los animales.

El sistema nervioso de los animales vertebrados

Monos tocón. Viven en grupos familiares de padres e hijos. Son territoriales. Tienen rituales de arreglo personal y gran comunicación entre los miembros del grupo. Son monógamos y el padre suele encargarse de la cría.

En lo relativo a sistemas nerviosos, todos los vertebrados tienen algo en común: el encéfalo, un auténtico centro de control situado en la cabeza, y protegido por los sólidos huesos del cráneo.



Mylene d'Auriol

El sistema de coordinación más complejo

El sistema de coordinación de los animales superiores controla todas las funciones vitales del organismo. Está constituido por los sistemas nervioso y endocrino, que trabajan conjuntamente.

El sistema nervioso de los vertebrados es el más complejo de todos. Procede de una estructura embrionaria, llamada tubo neural, que se mantiene en los individuos adultos. Difiere cualitativamente de los sistemas nerviosos de los invertebrados por la aparición del encéfalo. Este órgano dirige el funcionamiento de todo el sistema y controla la mayoría de las funciones vitales, tanto voluntarias como involuntarias, que se desarrollan en los animales. Este sistema recibe constantemente información procedente del medio, los llamados estímulos visuales, térmicos, táctiles, olfativos, etc.

Los estímulos son captados por células especiales del tejido epitelial, llamadas receptores sensoriales, que se encuentran en el interior de los órganos sensoriales, así como en las vísceras y en el sistema circulatorio del animal.

SABÍAS QUE...

Sistema nervioso en los vertebrados

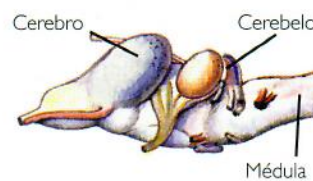
Solo en los vertebrados, gracias a su sistema nervioso tan desarrollado, es posible comprobar la existencia de comportamientos que van más allá de la mera respuesta a los estímulos y de la supervivencia.



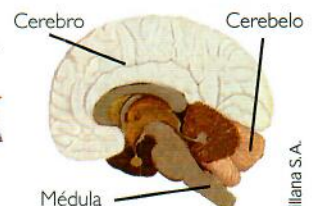
Encéfalo de pez



Encéfalo de ave



Encéfalo de rana



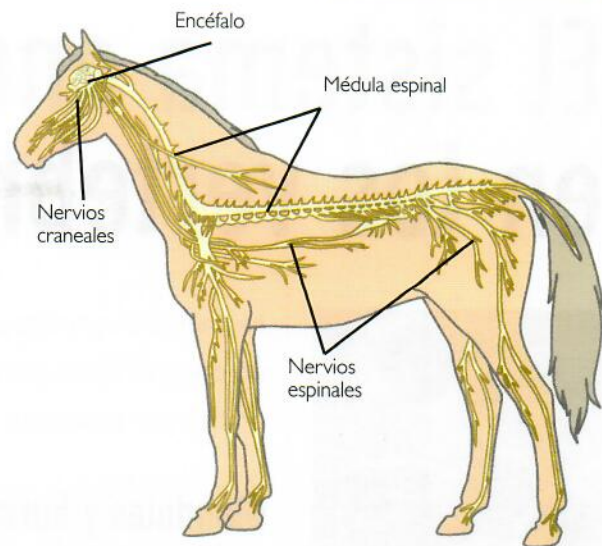
Encéfalo humano

© Santillana S.A.

Los componentes del sistema nervioso

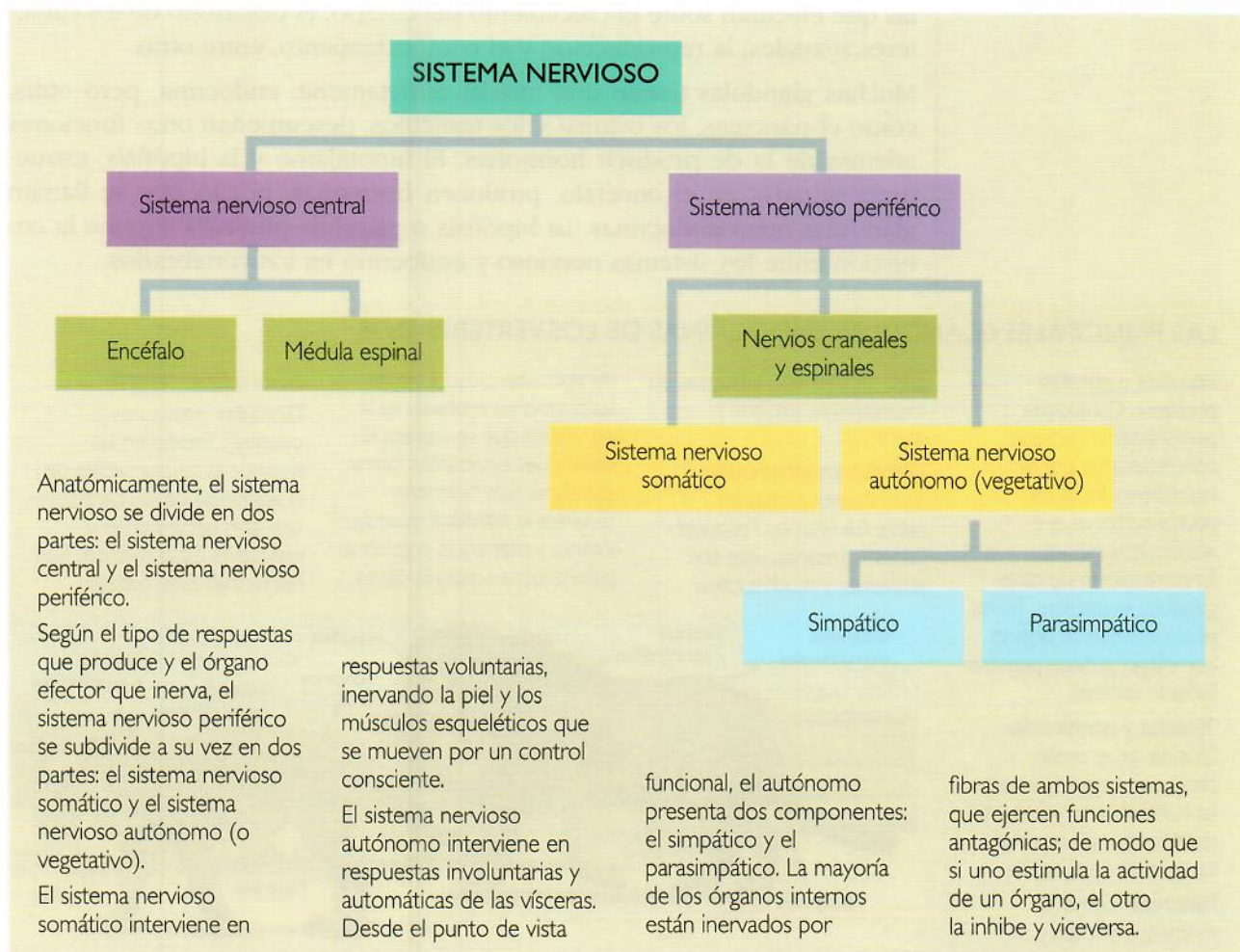
En el sistema nervioso de los vertebrados, se distinguen dos partes: el sistema nervioso periférico y el central. El primero está integrado por los nervios. Estos se encuentran conformados por las prolongaciones de las neuronas y conectan los receptores sensoriales con los centros nerviosos, y estos, con los órganos efectores. Según su origen, los nervios pueden ser de dos tipos: los craneales y los espinales. Los nervios craneales tienen su origen en el encéfalo e inervan fundamentalmente los órganos de la cabeza, órganos de los sentidos y algunos músculos de la cara. Los nervios espinales parten de la médula espinal. Son nervios formados por neuronas sensitivas y neuronas motoras, que inervan tanto receptores como efectores de diferentes órganos.

El sistema nervioso central está formado por el encéfalo y la médula espinal, que están protegidos por el cráneo y la columna vertebral, respectivamente. Estos órganos coordinan el buen funcionamiento del organismo. En ellos se recibe

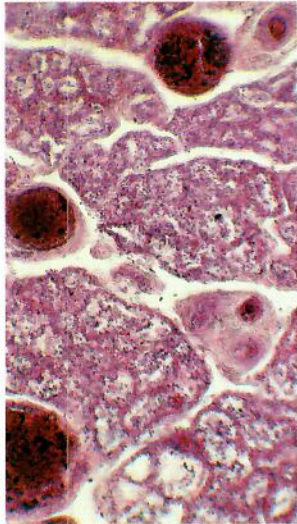


Sistema nervioso de un caballo. En él se puede distinguir el encéfalo, en situación cefálica, protegido dentro de la bóveda craneal, y la médula espinal, en situación dorsal, ubicada dentro del canal interno de la columna vertebral. Estas estructuras óseas protegen los delicados centros nerviosos.

y procesa la información que llega de los receptores sensoriales y se emite la respuesta más adecuada a las características del estímulo.



El sistema endocrino en los vertebrados



Glándula tiroidea de un perro

Numerosos procesos del organismo de los vertebrados exigen un control lento pero continuo, que se lleva a cabo por el sistema endocrino mediante mensajeros químicos, las hormonas.

Glándulas y hormonas

En respuesta a un estímulo, las glándulas de secreción interna o glándulas endocrinas vierten al medio interno (es decir, a la sangre, en los vertebrados) las sustancias químicas que sintetizan: las hormonas. En los vertebrados, las hormonas actúan a concentraciones mínimas y cabe destacar que sus acciones, a pesar de ser lentas, son duraderas.

Las funciones de las hormonas de los vertebrados son muy variadas. Destacan, en particular, la acción que ejercen sobre el metabolismo celular, la de activación o inhibición que realizan sobre determinadas enzimas, así como las que efectúan sobre el crecimiento del cuerpo, el desarrollo de los caracteres sexuales, la reproducción y el comportamiento, entre otras.

Muchas glándulas tienen una misión estrictamente endocrina, pero otras, como el páncreas, los ovarios y los testículos, desempeñan otras funciones además de la de producir hormonas. El hipotálamo y la hipófisis, estructuras situadas en el encéfalo, producen hormonas, por lo que se llaman glándulas neuroendocrinas. La hipófisis o glándula pituitaria supone la conexión entre los sistemas nervioso y endocrino en los vertebrados.

LAS PRINCIPALES GLÁNDULAS ENDOCRINAS DE LOS VERTEBRADOS

Hipófisis o glándula pituitaria. Controlada por el sistema nervioso, concretamente por el hipotálamo. Produce neurohormonas que actúan activando el funcionamiento de otras glándulas endocrinas. En los peces aparece un órgano homólogo, aunque primitivo, llamado urófisis.

Tiroides y paratiroides. Situadas en el cuello, producen, respectivamente, las hormonas tiroideas y la parathormona. Los peces carecen de paratiroides.

Páncreas. Glándula mixta que produce el

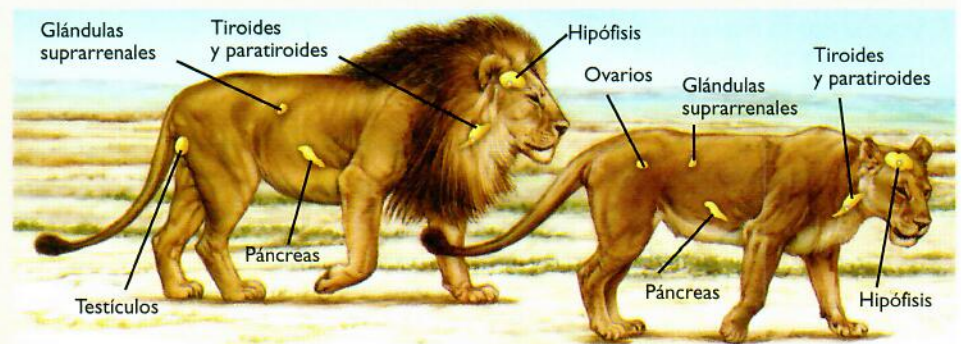
jugo pancreático y hormonas importantes: insulina y glucagón.

Glándulas suprarrenales. Se encuentran situadas sobre los riñones. Producen varias hormonas, unas son proteínas, y muchas otras

de tipo esteroideo. Una de las hormonas proteicas es la adrenalina que se segrega en situaciones estresantes, como el peligro. Esta hormona favorece la actividad muscular intensa y prepara al organismo para la lucha o para la rápida

huida ante un peligro.

Gónadas (testículos y ovarios). Producen las hormonas responsables de la aparición de los caracteres sexuales secundarios y regulan el ciclo ovárico. Son hormonas esteroideas.



Estructura de una glándula, el páncreas.

Se trata de una glándula mixta, que elabora el jugo pancreático (el que interviene en la digestión) y hormonas como la insulina y el glucagón.

Esta doble función se manifiesta claramente en la organización del tejido pancreático.



La relación entre el sistema endocrino y el sistema nervioso

El sistema endocrino y el nervioso están muy relacionados ya desde el desarrollo embrionario. En último término, la mayoría de las glándulas actúan bajo el control del sistema nervioso, ya sea directamente o por la mediación de otras glándulas, como la hipófisis.

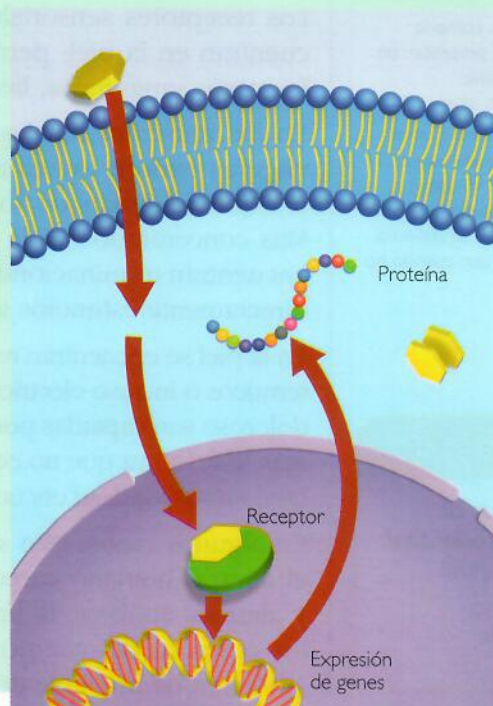
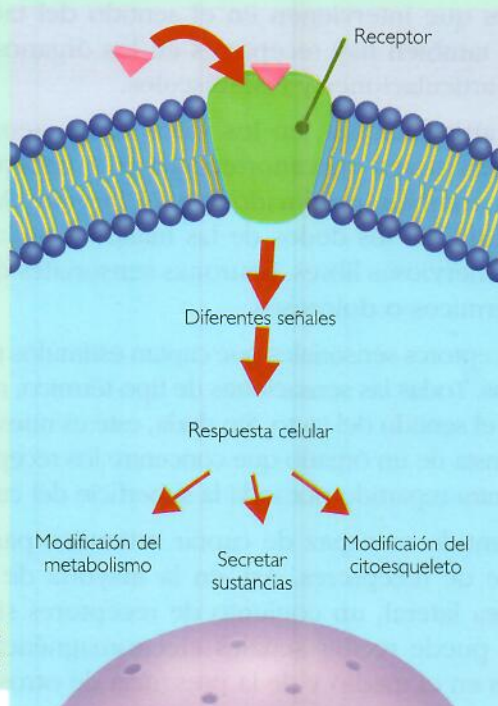
Este control no solo afecta a las glándulas. También existen células productoras de hormonas, dispersas por el organismo. Muchas de estas células glandulares secretan hormonas en respuesta a estímulos que se propagan a través del sistema nervioso.

PARA SABER MÁS

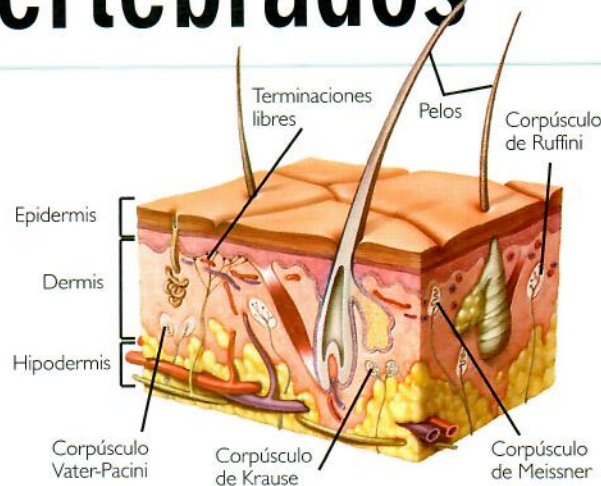
El funcionamiento de las hormonas

Las hormonas son específicas, es decir, su actuación se produce solo en aquellas células que presentan determinadas moléculas que son reconocidas por la hormona como receptores. La hormona se unirá específicamente a su receptor para iniciar su actividad en esa célula determinada, llamada célula blanco.

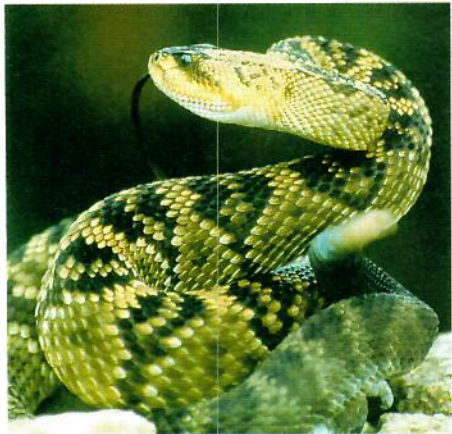
Se distinguen dos formas de actuación. Las hormonas proteicas son identificadas por receptores en la membrana de las células blanco, mientras que las hormonas esteroideas entran en la célula blanco y actúan directamente en su núcleo.



La recepción sensorial en los vertebrados



Receptores de la piel humana. Las terminaciones nerviosas libres captan estímulos térmicos o agresiones que causan dolor. Los corpúsculos de Meissner responden a la presión ligera, los corpúsculos de Vater-Pacini captan diferencias de presión sobre la piel, los corpúsculos de Krause se estimulan ante sensaciones de frío y los corpúsculos de Ruffini son sensibles al calor.



Algunas serpientes, como la serpiente cascabel, presentan un órgano termosensitivo localizado entre los ojos y la boca. En él se encuentran receptores capaces de captar radiaciones infrarrojas, es decir, el calor emitido por otros cuerpos. Esto les permite detectar la presencia de otros animales, aun cuando no pueden verlos.

Se dice que un águila podría distinguir las letras de un periódico a 100 metros de distancia. Es solo una muestra de la complejidad y la eficacia de los órganos sensoriales de los vertebrados.

Receptores para el tacto, la presión y el calor

Existen receptores sensoriales, especializados en la captación de estímulos externos e internos, repartidos por todo el cuerpo de los vertebrados. Todos ellos están formados por células capaces de captar un estímulo concreto, conectadas con neuronas sensitivas que llevan la información a los centros nerviosos, donde se procesa.

Los receptores sensoriales que intervienen en el sentido del tacto se encuentran en la piel; pero también hay receptores en los órganos internos, los vasos sanguíneos, las articulaciones y los músculos.

En los músculos, en las articulaciones, en los vasos sanguíneos y en las vísceras existen quimiorreceptores, mecanorreceptores y viscerorreceptores que informan de los cambios producidos en el interior del cuerpo. Más concentrados en la cara, en los dedos de las manos y de los pies, se encuentran terminaciones nerviosas libres, neuronas sensoriales que captan directamente estímulos térmicos o dolorosos.

En la piel se encuentran receptores sensoriales que captan estímulos mecánicos, térmicos o incluso eléctricos. Todas las sensaciones de tipo térmico, mecánico y doloroso son captadas por el sentido del tacto. Sin duda, este es nuestro sentido más "difuso", ya que no consta de un órgano que concentre los receptores, sino que, en realidad, se encuentra repartido por toda la superficie del cuerpo.

En algunos casos, este sentido es capaz de captar estímulos para los que el cuerpo humano carece de receptores. Así, en la mayoría de los peces y algunos anfibios, la línea lateral, un conjunto de receptores situados en los costados del cuerpo, puede recibir señales electromagnéticas que les advierten de movimientos en el medio y de la presencia de otros animales.

EN LA WEB

http://www7.uc.cl/sw_educ/neurociencias/html/frame04.html

Funcionamiento de los sistemas sensoriales.



Heinz Pflüge



Sentidos en los vertebrados. A la izquierda, arriba, un caimán. Sus ojos tienen un tercer párpado que se cierra durante la inmersión.

Arriba, a la derecha, un venado colorado. Estos animales pueden orientar sus orejas en diferentes direcciones para captar sonidos procedentes de posibles amenazas.

Abajo, a la izquierda, una ardilla. El sentido del olfato es crucial para muchos animales, y en muchos casos es más importante incluso que el de la vista.

Abajo, a la derecha, un pez marino brillantemente coloreado. En sus costados se encuentra uno de sus órganos sensoriales más importantes, la línea lateral.



EN LA BIBLIOTECA

Para conocer más sobre los sistemas sensoriales consulta el libro *la Biblia de las Ciencias Naturales* (págs. 939-948) de la biblioteca del Ministerio de Educación (MINEDU).

La vista

Los ojos, que captan estímulos luminosos y regulan el enfoque de las imágenes, son los órganos de la visión en los vertebrados. Contienen lentes que enfocan la luz sobre los fotorreceptores, células situadas en la retina: los conos y los bastones.

La retina de los vertebrados está protegida por muchas capas de células y alojada en el globo ocular, relleno de un humor (fluido) transparente. Además, muchas otras estructuras accesorias lo protegen (párpados, cejas, pestañas, glándulas lacrimales, etc.).

Los peces, anfibios y reptiles tienen párpados transparentes. Algunos reptiles y aves poseen un tercer párpado, denominado membrana nictitante, que protege el ojo cuando están sumergidos en el agua.

La mayoría de los vertebrados ve en color, pero los mamíferos primates presentan, además, mayor agudeza visual y están mejor preparados para ver en relieve y valorar las distancias a los objetos.

El gusto y el olfato

El sentido del olfato se localiza en las fosas nasales, donde se encuentran los quimiorreceptores, que reconocen moléculas transportadas por el aire. Son neuronas sensoriales modificadas.

El sentido del olfato está relacionado con el gusto. En los anfibios, las fosas y la boca se comunican mediante unos orificios llamados coanas. Los peces y muchos mamíferos depredadores presentan una capacidad olfativa muy superior a la del ser humano.

En los vertebrados terrestres los quimiorreceptores del gusto se agrupan en las papilas gustativas de la lengua, que permiten reconocer moléculas disueltas en agua. En algunos anfibios y peces aparecen receptores del gusto en la piel.

El oído

Los oídos captan los estímulos sonoros, variaciones de presión en el aire, que se perciben gracias a mecanorreceptores conectados con neuronas. Los peces no tienen oído, pero sí un órgano especializado, la línea lateral (un canal longitudinal repleto de células y terminales sensoriales) que cumple con estas funciones.

La audición es exclusiva de anfibios, reptiles, aves y mamíferos. Las aves no poseen orejas, pero su capacidad auditiva es mayor que la del ser humano.

Los oídos también participan en el equilibrio. En todos los vertebrados existen los canales semicirculares dentro del oído, que informan sobre la posición del cuerpo.

La coordinación en el ser humano

GLOSARIO

Hormona. Producto de secreción de ciertas glándulas que, transportado por el sistema circulatorio, excita, inhibe o regula la actividad de otros órganos o sistemas.

Coordinar las funciones del cuerpo humano requiere la participación de dos sistemas: el nervioso, que realiza una coordinación instantánea, y el endocrino, que controla procesos progresivos y continuos.

La coordinación

Nuestro cuerpo realiza funciones muy diversas: movernos, leer, crecer, respirar, digerir los alimentos, etc. Muchas de ellas son conscientes; otras, en cambio, se hacen de forma involuntaria, inconsciente y automática. Todas estas funciones se realizan a la vez. Los sistemas de coordinación aseguran que todas las tareas se llevan a cabo correctamente y en el tiempo preciso. Estos sistemas son la coordinación nerviosa y la coordinación hormonal.

La coordinación nerviosa es realizada por el sistema nervioso. La coordinación hormonal, en cambio, la efectúa el sistema endocrino.

El sistema nervioso es el que procesa toda la información que recibimos del entorno y de nuestro cuerpo, y ordena respuestas adecuadas. Estas respuestas son siempre inmediatas, y normalmente de corta duración (por ejemplo, un movimiento, la dilatación de las pupilas, etc.). El sistema endocrino se encarga también de coordinar algunas respuestas, por medio de las hormonas. En este caso, la coordinación es más lenta y duradera.

La coordinación nerviosa

La coordinación que realiza el sistema nervioso se caracteriza porque es instantánea. Es decir, este sistema capta información en todo momento y elabora respuestas que se ejecutan inmediatamente. Es, por lo tanto, un sistema de control continuo, siempre en alerta, y rápido.

En la elaboración de respuestas intervienen los llamados centros nerviosos, que son el **encéfalo** y la **médula espinal**. Ambos centros nerviosos se diferencian, además de por cuestiones anatómicas obvias, por cómo llevan a cabo el control de las actividades en las que intervienen.

El encéfalo realiza un control voluntario de muchos actos, y un control involuntario de numerosas funciones. Ejemplos de funciones involuntarias controladas por determinadas partes del encéfalo son, por ejemplo, el latido cardíaco, la deglución, etc.

La médula espinal, en cambio, solo realiza un control involuntario de ciertos reflejos. En general, se trata de procesos que suponen la respuesta a un peligro inmediato, como sucede cuando, sin darnos cuenta, nos acercamos a una llama. El cuerpo reacciona ante el dolor inmediatamente, retirándonos del peligro.



El sistema nervioso humano



La coordinación hormonal

En el cuerpo humano se producen cambios que no son instantáneos, sino que tienen lugar en periodos de tiempo más o menos largos e implican la actuación coordinada de muchos órganos distintos. Ejemplos de estos cambios son el crecimiento o los que se producen durante la adolescencia, y que conducen a la madurez sexual.

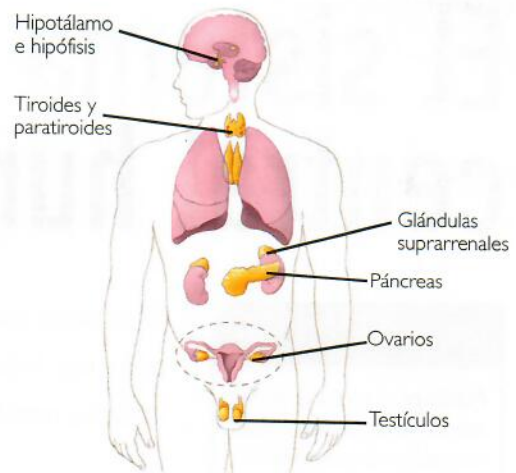
El sistema endocrino es el que se ocupa de controlar la realización de estos cambios no instantáneos. Está especializado en producir hormonas que influyen en el funcionamiento de otros órganos.

Las acciones de las hormonas provocan una respuesta instantánea, pero solo en órganos o células concretas, de manera que la respuesta final, la que se aprecia en el conjunto del organismo, se realiza de una forma paulatina: así, la acción del sistema endocrino se diferencia de la actuación del sistema nervioso en que produce acciones lentas, prolongadas y progresivas.

Las acciones de las hormonas son muy variadas: pueden producir cambios en el metabolismo, alteran la conducta (caso de la adrenalina), etc. Su exceso o defecto puede provocar importantes enfermedades o incluso la muerte.

Las hormonas actúan en cantidades muy pequeñas; por lo tanto, el equilibrio entre secreción y eliminación tiene que ser muy preciso, pequeñas alteraciones de su concentración en la sangre pueden producir cambios importantes en el organismo, ocasionando enfermedades.

La cantidad de una hormona en la sangre está regulada por los factores que controlan su secreción y por la eficacia con que es eliminada.



El sistema endocrino

La integración de los sistemas de coordinación

Los sistemas nervioso y endocrino deben actuar conjuntamente para dirigir las funciones del organismo. Esta integración está coordinada, a su vez, por el sistema nervioso que controla muchas de las glándulas endocrinas y es capaz de provocar la secreción de determinadas hormonas y de detenerla cuando conviene.

Ambos sistemas, el endocrino y el nervioso, controlan y coordinan todas las funciones del cuerpo para lograr el mantenimiento de un medio interno constante (homeostasis).

PARA SABER MÁS

Control de la secreción hormonal

Una glándula endocrina inicia la secreción de hormonas cuando aparece un estímulo interno o externo, que...

- Puede ser ambiental (luz), químico (concentración de alguna sustancia en sangre), emocional (miedo), etc.
- Puede ser positivo (aumenta la secreción) o negativo (disminuye la secreción).
- Puede ser de larga duración o de corta duración.

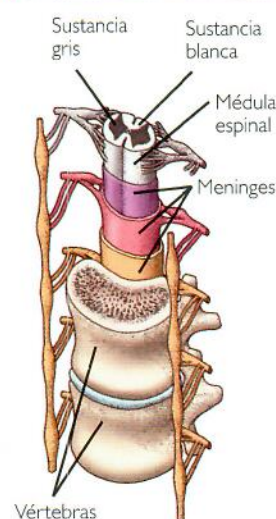
- Puede actuar directamente sobre la glándula endocrina o a través del sistema nervioso, que controlará la secreción.

Dado que una hormona no puede producirse de manera indefinida, su producción puede detenerse por acción del sistema nervioso o por control endocrino.

El sistema nervioso central humano

GLOSARIO

Meninge. Cada una de las membranas de naturaleza conjuntiva que envuelven el encéfalo y la médula espinal.



La médula espinal humana

INFORMACIÓN REGIONAL

Trepanaciones craneanas de Paracas

Esta técnica consistía en la extracción de un fragmento del cráneo afectado. Los paracas demostraron tener conocimientos quirúrgicos avanzados, pues los cráneos encontrados muestran evidencia de la regeneración del hueso. Al finalizar la operación se colocaba una lámina de oro para que se cerrara la herida.



Carlos Sala

El sistema nervioso central (SNC) reúne los órganos encargados de procesar información y ordenar respuestas. Son el “núcleo duro” del sistema nervioso, los centros de control del organismo.

Los órganos del sistema nervioso central

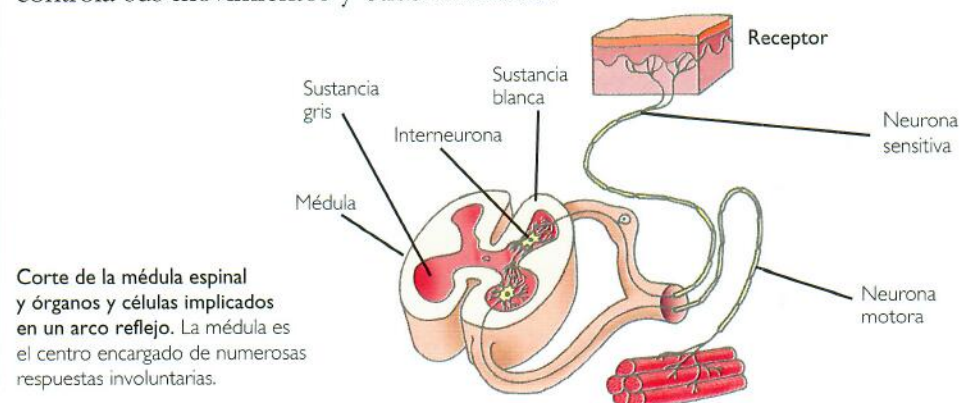
El SNC se encarga de analizar y procesar la información que llega de los receptores y de ordenar una respuesta adecuada para que la ejecuten los órganos efectores. Está formado por el encéfalo y la médula espinal, que se encuentran protegidos por la caja craneana y las vértebras, respectivamente. Además, aparecen rodeados por tres membranas, las meninges. El encéfalo se halla protegido también por el líquido cefalorraquídeo, que actúa como colchón entre el cráneo y el tejido nervioso.

La médula espinal

Es un órgano que se encuentra en el interior de la columna vertebral, protegido por las vértebras y por tres membranas, denominadas meninges.

Cumple dos funciones fundamentales. Es el centro de muchos actos reflejos. Las neuronas sensitivas entran por las raíces dorsales de la médula y hacen sinapsis dentro de la sustancia gris, con interneuronas y neuronas motoras que salen por las raíces ventrales de los nervios espinales. También, la médula es la vía de comunicación entre el cuerpo y el encéfalo, permitiendo el paso de vías ascendentes sensitivas y vías descendentes motoras.

La mayoría de las vías ascendentes, antes de llegar a su destino, cruzan al otro lado del cuerpo. Así, las sensaciones que provienen de los receptores de un lado del cuerpo van a parar a la zona contraria del cerebro. Las vías descendentes que provienen de distintas estructuras del encéfalo implicadas en el control motor también cruzan al lado contrario. Es decir, que, en general, un lado del encéfalo recibe la información del lado opuesto del cuerpo y controla sus movimientos y otras funciones.



Corte de la médula espinal y órganos y células implicados en un arco reflejo. La médula es el centro encargado de numerosas respuestas involuntarias.

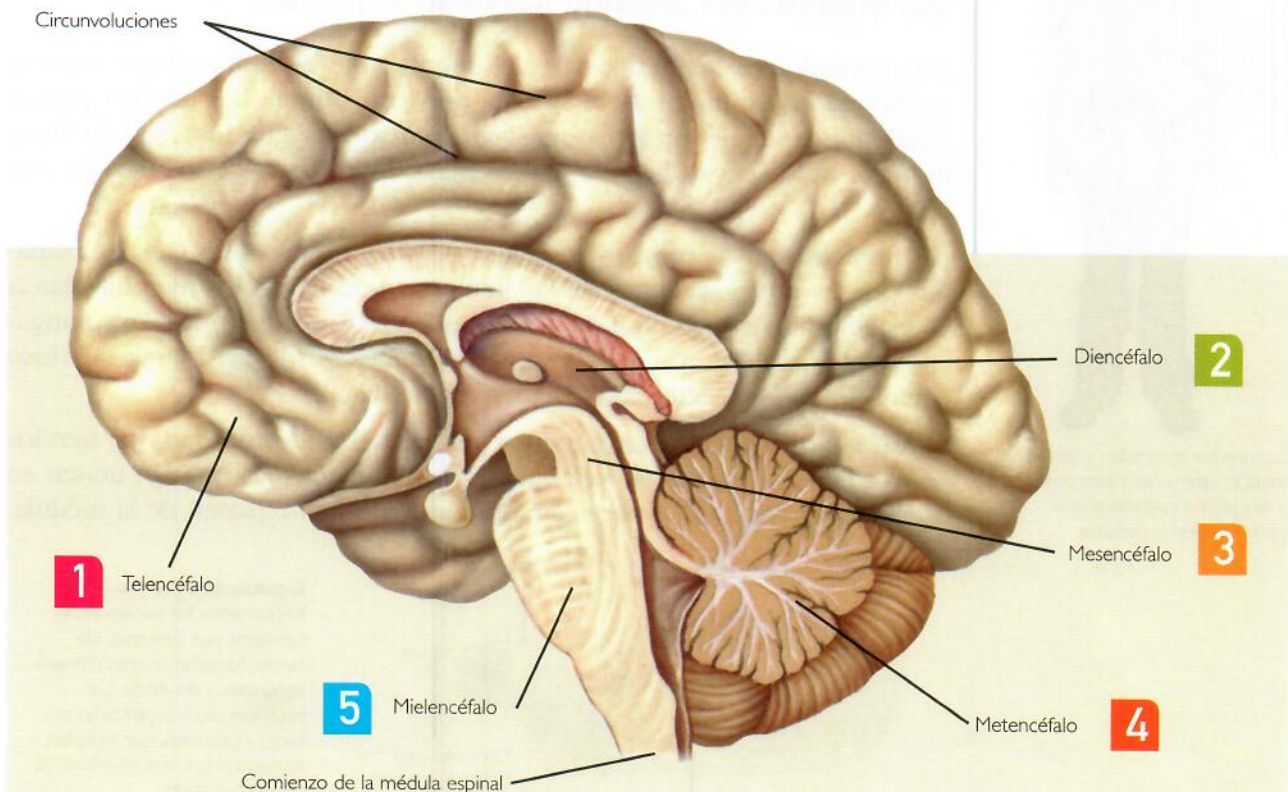
El encéfalo

El cerebro humano es un órgano complejo que controla todo nuestro cuerpo y nos permite movernos, sentir y pensar; es la base de la inteligencia y las emociones. Hace todo esto recibiendo, analizando y almacenando información mediante señales eléctricas y reacciones químicas, las cuales se distribuyen con ayuda de los nervios. Aunque mantenemos muchos aspectos involuntarios e instintos que nos permiten sobrevivir, el razonamiento y los hábitos, controlados igualmente por el cerebro, nos convierten en seres pertenecientes a una sociedad cultural.

Está situado en el interior del cráneo y formado, entre otras, por las siguientes estructuras: telencéfalo, diencefalo, mielencéfalo y metencéfalo.

EN LA BIBLIOTECA

Para conocer más sobre el cerebro consulta el libro *Atlas del cuerpo humano* (págs. 297-299) de la biblioteca del Ministerio de Educación (MINEDU).



1 Telencéfalo

Está dividido en dos zonas o hemisferios: el izquierdo y el derecho. La capa más externa o corteza cerebral está formada por la sustancia gris (cuerpos celulares y las dendritas de las neuronas). La zona más interna se denomina sustancia blanca (axones recubiertos de mielina). Participa en la coordinación de las funciones voluntarias.

2 Diencefalo: hipotálamo y tálamo

En el hipotálamo están los centros que regulan funciones involuntarias. También influye sobre el sistema

endocrino, pues produce neurohormonas que regulan las glándulas endocrinas.

3 Mesencéfalo

Está localizado en el centro del encéfalo. Conduce y controla los impulsos motores que van desde la corteza cerebral a la unión de la espina dorsal y el encéfalo. También participa en las funciones de ojos y oídos.

4 Metencéfalo

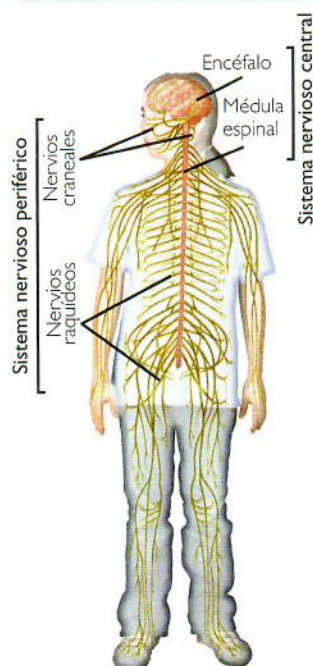
También llamado cerebelo. Se encarga del mantenimiento del

equilibrio y de la coordinación de los movimientos voluntarios. Además, participa en el control de la respiración, la postura corporal y recibe información de los ojos y los oídos.

5 Mielencéfalo

También llamado bulbo raquídeo, se encuentra en la base del cerebro. Controla numerosas funciones vitales, como el latido cardíaco, la respiración, la contracción de los vasos sanguíneos, la deglución y los reflejos vegetativos de protección (tos, vómito, hipo, estomudo).

El sistema nervioso periférico humano



Los nervios transmiten información hasta el sistema nervioso central y desde este hasta las partes periféricas del organismo.

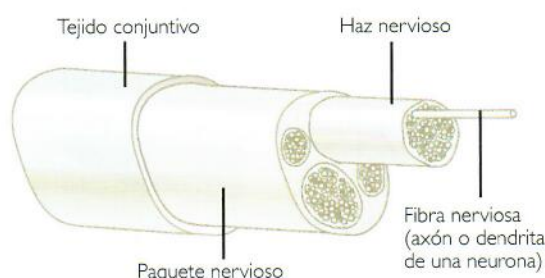
Los centros nerviosos necesitan unas vías de comunicación con el resto del organismo. Estas vías son los nervios. El conjunto de los nervios forma lo que se denomina sistema nervioso periférico.

Los órganos del sistema nervioso periférico

Está formado por los nervios y es el que permite la comunicación entre el medio externo o interno y el sistema nervioso central. Los nervios, por su función, pueden ser motores, sensitivos o mixtos, según tengan solo fibras motoras, solo sensitivas o de ambos tipos. La mayoría de los nervios son mixtos.

Las fibras sensitivas provienen de los receptores sensoriales y están formadas por las prolongaciones de las neuronas que llevan los mensajes hacia el sistema nervioso central. Las motoras están formadas por las prolongaciones de las neuronas que llevan las órdenes desde el sistema nervioso central hacia los efectores (músculos o glándulas).

Según la zona del sistema nervioso central del que procedan, los nervios se pueden clasificar, a su vez, en nervios craneales (12 pares), tienen su origen en el encéfalo; y nervios raquídeos (31 pares), parten de la médula.



Esquema de un nervio.

Básicamente, los nervios están formados por neuronas. Un nervio contiene un gran número de axones y dendritas. Las neuronas están organizadas en haces y paquetes, que se hallan protegidos por una envoltura de tejido conjuntivo.

La organización de un complejo sistema

Según el tipo de respuesta y el órgano efector que inerva, el sistema nervioso periférico puede ser somático (voluntario) o autónomo.

En el sistema nervioso somático, las vías motoras están formadas por neuronas cuyos axones van desde la médula hasta los efectores (músculos esqueléticos). Sus acciones pueden controlarse voluntariamente. El sistema nervioso somático se encarga también de recibir información de los sentidos y derivarla al SNC mediante nervios sensitivos.

El sistema nervioso autónomo funciona de manera involuntaria, inconsciente y automática. Se encarga de controlar funciones vitales como la respiración, la circulación, la digestión, la actividad cardíaca, la excreción, etc. Las vías motoras son más complejas, actúan sobre el músculo liso, el músculo cardíaco y las glándulas.

EN LA BIBLIOTECA

Para conocer más sobre el sistema nervioso, consulta el libro *La Biblia de las Ciencias Naturales* (págs. 925-936) de la biblioteca del Ministerio de Educación (MINEDU).

Nervios craneales y nervios raquídeos

En los humanos hay 12 pares de nervios craneales, los cuales salen de la superficie ventral del encéfalo e inervan la cabeza, la parte superior del tronco y ciertos órganos internos.

Los nervios raquídeos salen de la médula por los espacios intervertebrales y se forman al juntarse las raíces dorsales y ventrales, siendo así todos mixtos.

PARA SABER MÁS

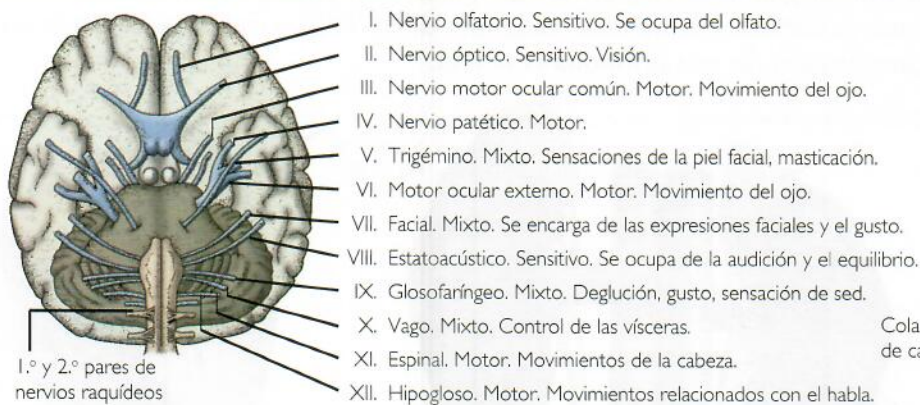
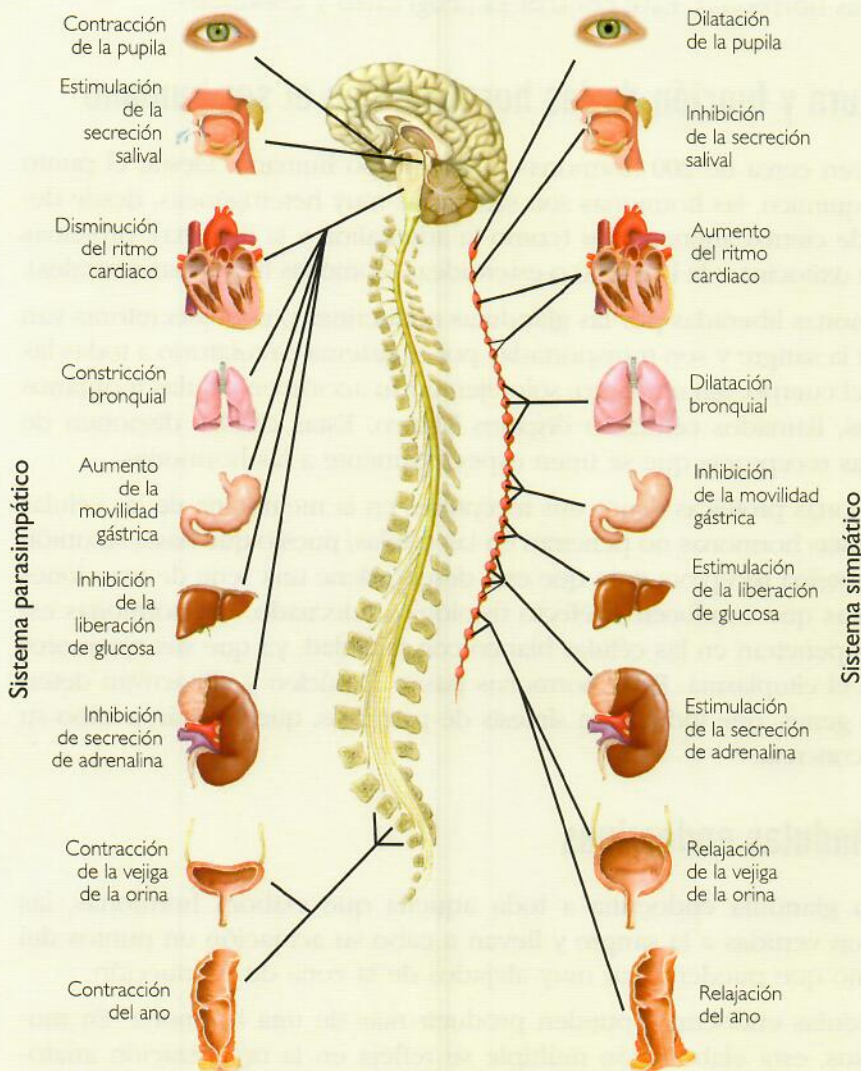
Las partes del sistema nervioso autónomo

Según la función que realice, el sistema nervioso autónomo, se divide en dos partes: simpático y parasimpático.

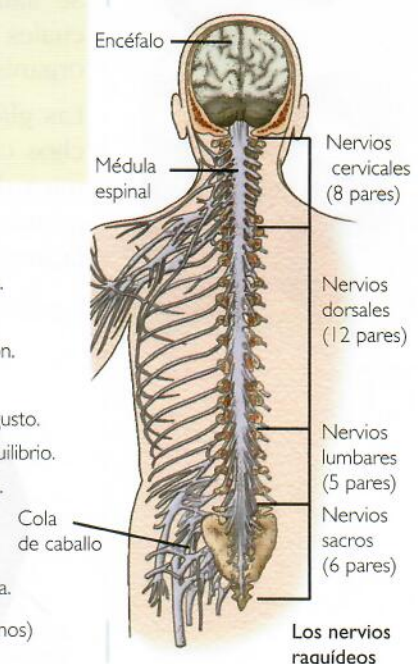
Ambos sistemas están controlados por varias estructuras del encéfalo.

En general, el sistema simpático prepara al organismo ante situaciones de actividad súbita (por ejemplo, aumento del ritmo cardiaco ante una emergencia o peligro), mientras que el parasimpático lo prepara para situaciones de reposo (por ejemplo, disminución del ritmo cardiaco).

Ambos subsistemas cumplen funciones opuestas pero complementarias.



Los nervios craneales. Cada par de nervios craneales recibe un número del I al XII (en números romanos) y un nombre propio. Sus funciones pueden ser sensitivas, motoras o mixtas.



El sistema endocrino humano

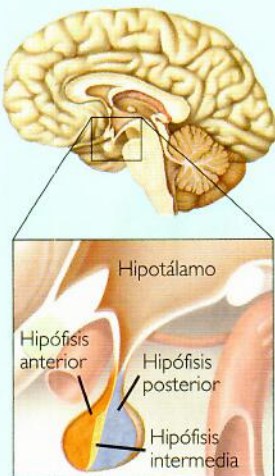
PARA SABER MÁS

Los órganos neurosecretores

Producen neurohormonas que son vertidas a la sangre y actúan sobre determinadas células.

El hipotálamo es una glándula neuroendocrina que segrega neurohormonas, llamadas factores liberadores, estos actúan sobre la hipófisis o glándula pituitaria, para que esta segregue a su vez sus hormonas.

Las hormonas de la hipófisis son, asimismo, neurohormonas, puesto que son producidas por neuronas y actúan a distancia sobre las demás glándulas endocrinas del cuerpo, activando en ellas la secreción de hormonas específicas.



El sistema endocrino coordina los diferentes órganos del cuerpo por medio de unos mensajeros químicos que se fabrican lejos de donde actúan: las hormonas. Este control es progresivo y continuo.

Estructura y función de las hormonas en el ser humano

Se conocen cerca de 200 hormonas en el cuerpo humano. Desde el punto de vista químico, las hormonas son sustancias muy heterogéneas, desde derivados de ciertos aminoácidos (como la adrenalina y la tiroxina), proteínas (como la oxitocina o la insulina) o esteroideas (como las hormonas sexuales).

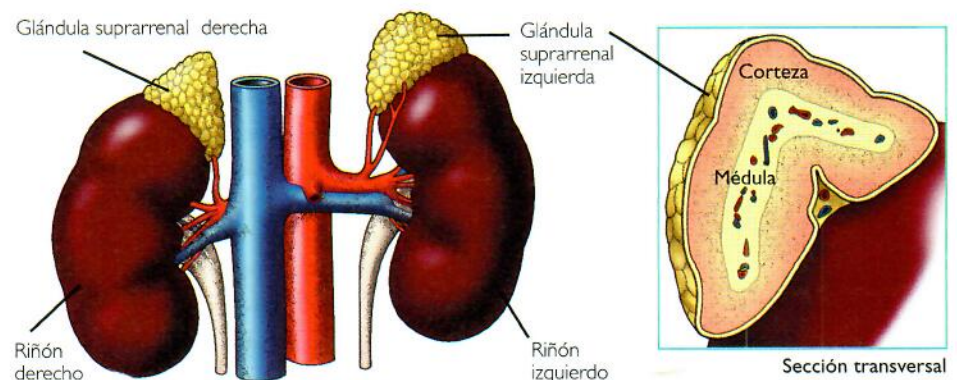
Las hormonas liberadas por las glándulas endocrinas o neurosecretores van a parar a la sangre y son transportadas por el sistema circulatorio a todas las partes del cuerpo. Sin embargo, solo ejercen su acción en células u órganos concretos, llamados células u órganos blanco. Estas células disponen de moléculas receptoras que se unen específicamente a las hormonas.

Las hormonas proteicas tienen sus receptores en la membrana de las células blanco. Estas hormonas no penetran en las células, puesto que basta su unión con la proteína receptora para que esta desencadene una serie de reacciones enzimáticas que conducen al efecto fisiológico adecuado. Las hormonas esteroideas penetran en las células blanco con facilidad, ya que sus receptores están en el citoplasma. Estas hormonas pasan al núcleo y allí activan determinados genes, que inducen la síntesis de proteínas, que llevarán a cabo su función concreta.

Las glándulas endocrinas

Se llama glándula endocrina a toda aquella que elabora hormonas, las cuales son vertidas a la sangre y llevan a cabo su actuación en puntos del organismo que pueden estar muy alejados de la zona de producción.

Las glándulas endocrinas pueden producir más de una hormona. En muchos casos, esta elaboración múltiple se refleja en la organización anatómica de la glándula. Así, en las glándulas suprarrenales se observan dos partes, la corteza y la médula, cada una de las cuales está especializada en la producción de una hormona concreta.



Las principales glándulas y sus hormonas

Hipotálamo. Glándula situada en la base del encéfalo y unida a la hipófisis. Además de las funciones nerviosas tiene también función endocrina. Recibe información de la situación general del organismo y responde a los cambios produciendo varios factores que liberan, a su vez, neurohormonas de la hipófisis.

Hipófisis. Pequeña glándula situada en la base del hipotálamo, unido a él a través del tallo hipofisiario. En ella se distinguen dos regiones: la hipófisis anterior o adenohipófisis y la posterior o neurohipófisis.

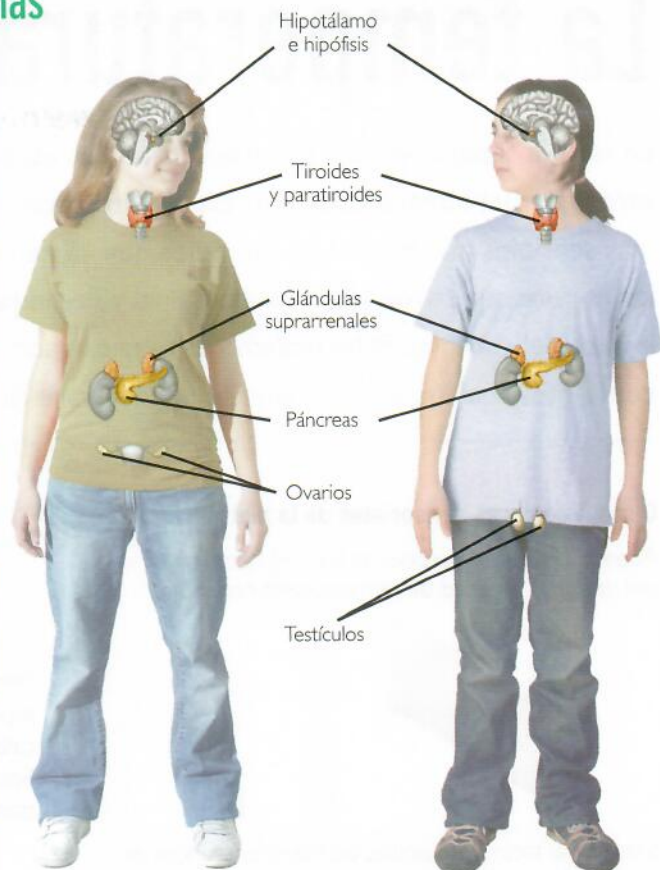
Paratiroides. Son cuatro pequeñas glándulas situadas simétricamente a ambos lados de la tiroides.

Tiroides. Glándula situada en la base del cuello, rodeando a la tráquea por delante y por los lados; tiene forma de H.

Páncreas. Situada debajo del estómago. Es una glándula mixta. Como glándula exocrina segrega jugo pancreático. Su capacidad endocrina radica en unos conjuntos de células denominados islotes de Langerhans.

Glándulas suprarrenales. Son dos glándulas situadas sobre los riñones. En cada una se diferencian dos partes: corteza (parte externa) y médula (parte interna).

Gónadas (ovarios y testículos). Son glándulas mixtas.



GLÁNDULAS	HORMONAS		FUNCIONES
HIPÓFISIS	Adenohipófisis	Prolactina	Favorece la producción de leche en las mamas tras el parto.
		Hormona del crecimiento	Estimula el crecimiento de los huesos y tejidos.
		Gonadotropas (FSH y LH)	Actúan sobre las glándulas sexuales, regulando su actividad.
		Hormona estimulante de la tiroides (TSH)	Estimula la secreción de la tiroides.
		Adrenocorticotropa (ACTH)	Estimula la producción de las glándulas suprarrenales.
	Neurohipófisis	Oxitocina	Activa las contracciones del útero en el parto y estimula la secreción de leche en las mamas.
TIROIDES		Antidiurética	Reduce la cantidad de agua que se elimina con la orina.
		Tiroxina	Regulan el metabolismo del organismo y favorecen el desarrollo del sistema nervioso fetal.
		Triyodotironina	
PARATIROIDES		Calcitonina	Disminuye los niveles de calcio en la sangre, favoreciendo su depósito en los huesos.
		Parathormona	Regula la cantidad de fósforo y calcio de la sangre.
GLÁNDULAS SUPRARRENALES	Corteza	Cortisona y cortisol	Estimulan la producción de glucosa y la destrucción de grasas. También tienen efectos antiinflamatorios y antialérgicos.
	Médula	Adrenalina	Favorece la actividad muscular intensa y prepara al organismo ante una situación de peligro.
PÁNCREAS		Insulina	Disminuye los niveles de glucosa en sangre.
		Glucagón	Incrementa los niveles de glucosa en sangre.
TESTÍCULOS		Testosterona	Interviene en el desarrollo de los órganos sexuales y de los caracteres sexuales secundarios masculinos, así como en la producción de espermatozoides.
OVARIOS		Estrógenos	Intervienen en el desarrollo de los órganos sexuales y de los caracteres sexuales secundarios femeninos (desarrollo del pecho, vello púbico, acumulación de grasa en las caderas, etc.).
		Progesterona	Regula el ciclo ovárico. Prepara para el embarazo.

La temperatura en el cuerpo

En toda la superficie de la piel hay receptores especializados en detectar el frío y otros que perciben el calor. No están distribuidos de manera homogénea: hay zonas más sensibles que otras. Los estímulos que captan los receptores se transmiten por los nervios sensitivos a la médula espinal y llegan hasta el hipotálamo, ubicado en la base del cerebro. El hipotálamo es el encargado de mantener una temperatura constante en el interior del cuerpo aunque varíe la temperatura exterior.

Otros receptores sensoriales de la piel

Además de las que perciben el frío y el calor, hay en la piel una gran variedad de terminaciones nerviosas.



Sensibles al tacto: corpúsculos de Meissner y discos de Merkel. Hay muchísimos en las yemas de los dedos.



Detectan la presión, vibración y estiramiento de la piel: corpúsculos de Pacini. Se encuentran en la superficie, de la piel y también en algunos órganos internos.



Algunas terminaciones nerviosas libres son sensibles al dolor. En el ojo, por ejemplo, reaccionan al menor roce.



Hay terminaciones nerviosas que forman una red alrededor del bulbo piloso y resultan estimuladas al tocar el pelo que emerge de la piel.

Estímulos térmicos
(calor)

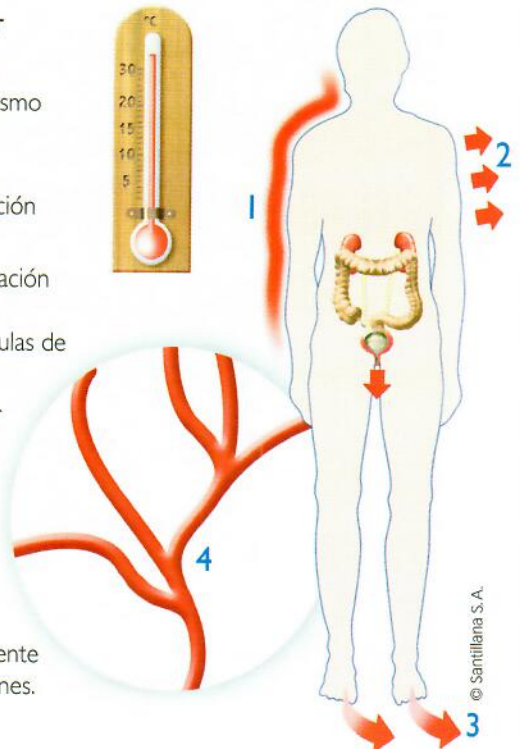
Termorreceptores cutáneos especializados en percibir el calor: corpúsculos de Ruffini. Son más numerosos en las plantas de los pies.

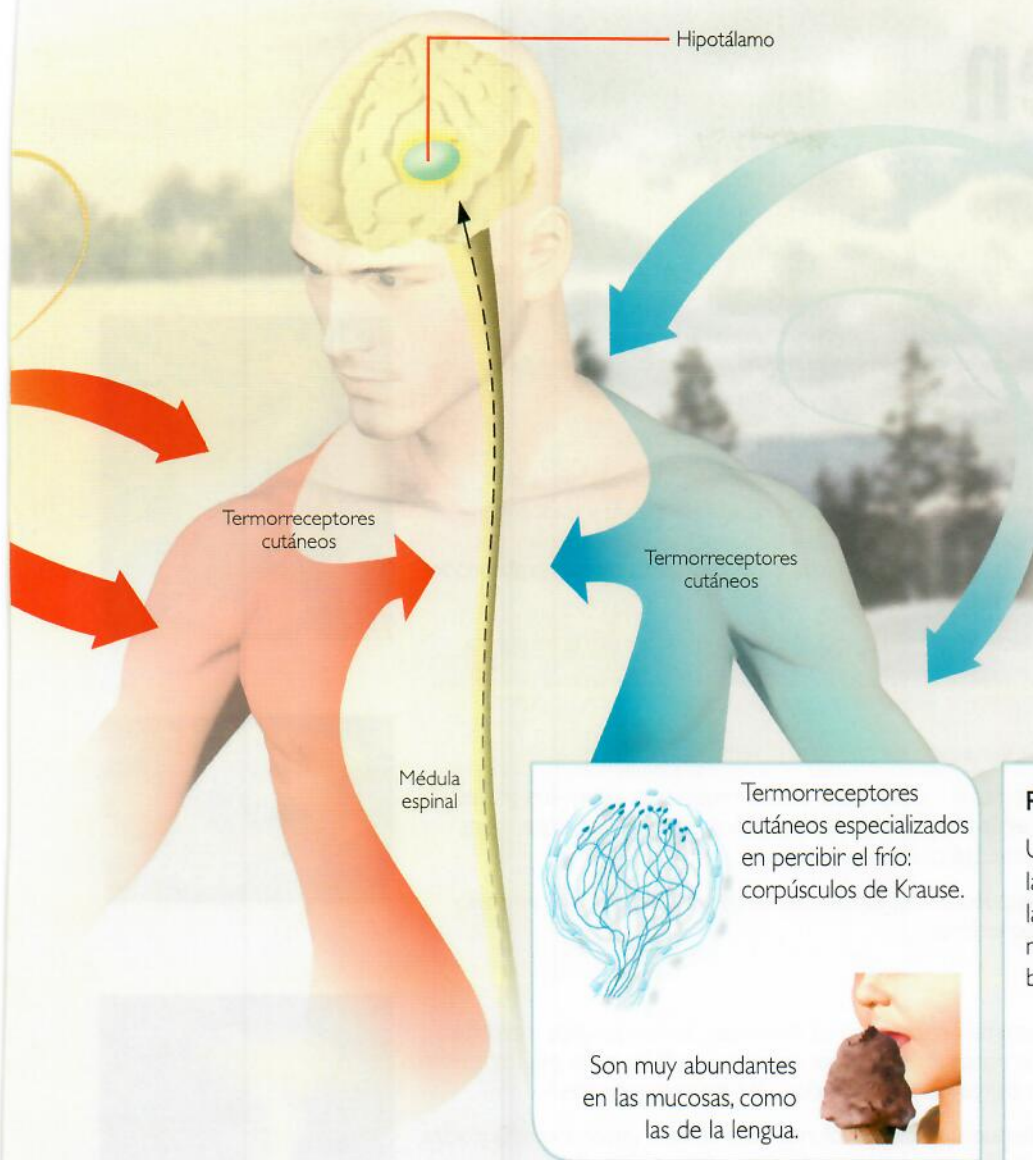


Reacción ante el calor

Cuando la temperatura externa es alta, el organismo busca eliminar calor de diversos modos:

1. A través de la irradiación por la piel.
2. Produciendo transpiración que refresca la piel al evaporarse las moléculas de agua más calientes.
3. Conduciendo el calor hacia superficies de apoyo más frías.
4. Enrojeciendo la piel por la dilatación de los vasos sanguíneos superficiales.
5. Eliminando vapor caliente a través de los pulmones.





La temperatura del cuerpo

La temperatura corporal normal oscila entre 36,3 y 37,4 °C. Es un poco más alta cuando se toma en el interior de la boca y un poco más baja si se la mide en la axila o la frente. Suele descender durante el sueño y aumenta con el ejercicio físico intenso. Si supera los 38 °C se considera fiebre y es síntoma de enfermedad.



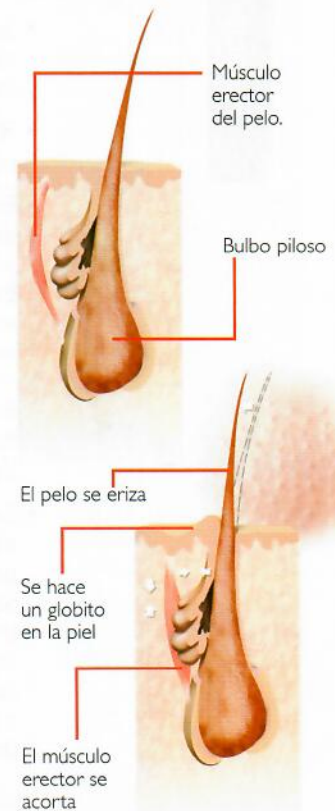
Termorreceptores cutáneos especializados en percibir el frío: corpúsculos de Krause.

Son muy abundantes en las mucosas, como las de la lengua.



Piel de gallina

Una reacción habitual frente al frío es la "piel de gallina". El vello se eriza por la tensión que ejercen los diminutos músculos que cada pelo tiene en su base cuando se contraen.



Reacción ante el frío

Cuando la temperatura externa es baja, el organismo busca generar calor de varias maneras:

1. Escalofríos: pequeñas contracciones involuntarias de los músculos, que pueden incluir castañeteo de los dientes.
2. Palidez: se contraen los vasos capilares superficiales.
3. Secreción hormonal: se produce más adrenalina y noradrenalina y hormonas tiroideas que aceleran el metabolismo.
4. Para generar calor; como reacciones voluntarias se incluye buscar abrigo y alimentos, y hacer ejercicio.



Resumen

Ideas principales

Relación y coordinación

Elementos

- Estímulo: variaciones del medio que desencadenan una respuesta.
- Receptor: estructuras que captan estímulos.
- Sistema de coordinación: en animales, sistemas nervioso (impulsos nerviosos, acción rápida y efectiva) y endocrino (hormonas, acción lenta y duradera). En plantas, es la producción de hormonas y el movimiento mediante absorción o liberación de agua.
- Efectores: órganos encargados de llevar a cabo la respuesta.



Plantas

- Se denomina excitabilidad o sensibilidad.
- Estímulos captados por células receptoras: luminosos, gravedad, mecánicos (roces, golpes, presión), cambios de temperatura, humedad o agua del suelo.
- Respuestas: tropismos (crecimiento), nastias (movimientos) y secreciones.

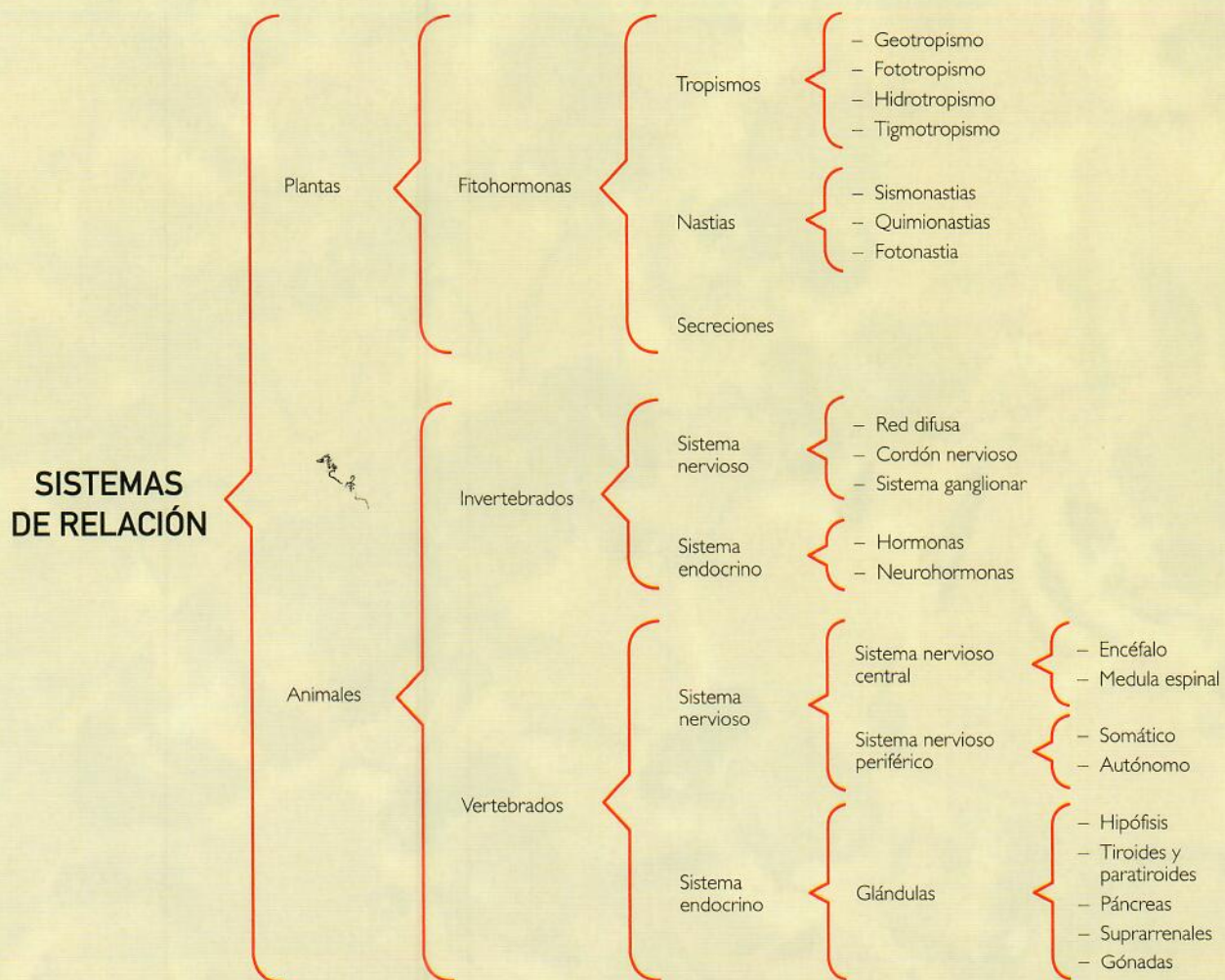


Animales

- Sistema nervioso. Fibras nerviosas, nervios, ganglios y centros nerviosos formados por neuronas y células de la glía. Transmiten impulsos nerviosos gracias a los neurotransmisores.
- Respuestas: actos involuntarios o reflejos (inconscientes) y actos voluntarios (bajo control de la corteza cerebral).
- En invertebrados. Sistema nervioso con tres tipos de estructuras nerviosas: red difusa (red neuronal), cordón nervioso (desde la cabeza hasta el final del animal) y sistema ganglionar (ganglios unidos por cordones nerviosos). Sistema endocrino con hormonas (producidas en glándulas de secreción endocrina) y neurohormonas (producidas por neuronas modificadas que son liberadas al líquido circulante). Regulan crecimiento, reproducción, muda, metamorfosis y otros. Receptores como mecanorreceptores, quimiorreceptores y lumínicos (ojos simples a compuestos).
- En vertebrados. Sistema de coordinación complejo: trabajan los sistemas nervioso y endocrino en conjunto. Sistema nervioso: periférico (nervios) y central (encéfalo y médula espinal). Sistema endocrino: glándulas endocrinas (hipófisis o pituitaria, tiroides y paratiroides, páncreas, suprarrenales, gónadas) segregan hormonas a la sangre. Secreción de hormonas controladas directamente por el sistema nervioso o por intervención de otras glándulas (hipófisis). Receptores: órganos de los sentidos (tacto, presión, calor, vista, gusto, olfato y oído).



Organizador visual: cuadro sinóptico



Opciones de consulta

Para reforzar

En estos sitios webs encontrarás información acerca del funcionamiento de los sistemas nervioso y endocrino que reforzarán lo aprendido.

- http://www7.uc.cl/sw_educ/anatnom/nervioso/index.htm
- http://recursostic.educacion.es/multidisciplinar/wikididactica/index.php/Sistema_hormonal:_glándulas_endocrinas

Con este libro de la biblioteca del Ministerio de Educación, podrás complementar tus conocimientos sobre el tema desarrollado en esta unidad.

- Gispert, C., Miller, G., Gay, J., Vidal, J. (Eds.). (2003). *Enciclopedia didáctica de las Ciencias Naturales*. Barcelona, España: Océano.

Para ampliar

BBC (1995), *La vida privada de las plantas*.

- http://www.documaniatv.com/naturaleza/la-vida-privada-de-las-plantas-1-viajando-video_e9e661fed.html
- <https://www.youtube.com/watch?v=Fe-9bg5jPiI>

David Attenborough describe el comportamiento de las plantas en diferentes ambientes, que casi podrían ser extremos para la supervivencia de cualquier ser vivo.

Penny Marshall (Dir., 1990) *Despertares*, Estados Unidos.

Esta película se basa en un libro escrito por un neurólogo, quien, tras padecer una encefalitis, consigue despertar después de 30 años en coma.



IDEAS CLAVE

- La función de reproducción
- La reproducción celular
- La reproducción asexual
- La reproducción sexual
- Gametogénesis y fecundación en los animales
- Desarrollo embrionario en los animales
- La reproducción de los invertebrados
- La reproducción de los vertebrados

La abeja reina es la única hembra fértil que pone huevos fecundados que dan origen a abejas obreras infértiles y pone huevos no fecundados que dan origen a zánganos fértiles.

5

La reproducción

LEEMOS

Los insectos, clave en la reproducción de las plantas

Las abejas son uno de los principales polinizadores que existen en el mundo animal, tanto para las especies silvestres como para los cultivos. Por ejemplo, el palto, el ciruelo, los cítricos, las manzanas, las hortalizas, las leguminosas, el girasol, el algodón, entre otros dependen de la polinización para su reproducción.

Las abejas viven en sociedades altamente organizadas dentro de una colmena. La abeja reina es la única hembra fértil de la colmena y su papel es la reproducción. Los zánganos, machos fértiles, tienen el rol de fecundar a la reina. Las obreras, hembras estériles, tienen como funciones la construcción y el cuidado de la colmena, formada por panales de cera cubiertos en miel, además de proveer alimento y protección al resto de la colmena.

La reina pone dos tipos de huevos: no fecundados y fecundados. Los primeros dan origen a los zánganos. Los segundos, a hembras que pueden convertirse en nuevas reinas, si son alimentadas con jalea real, u obreras, caso contrario.

¿Cuál es la relación entre las abejas, las plantas y los humanos? ¿Qué sucedería si no existieran las abejas? ¿Qué tipo de reproducción presentan las abejas? ¿Qué otras formas de reproducción tienen los seres vivos? ¿Cuál es la finalidad de la reproducción?

LO QUE DEBEMOS APRENDER

Al concluir la unidad, podrás reconocer la importancia de la reproducción para el mantenimiento de la vida en la Tierra. Podrás comparar la reproducción asexual y la sexual, y señalar sus ventajas y desventajas. Comprenderás que las estrategias reproductivas son muy diversas y fundamentales para sobrevivir en los diferentes entornos a los que la vida se enfrenta.

Introducción a la unidad

La reproducción es una de las funciones vitales más importantes, pues condiciona la supervivencia de la especie. Los individuos cumplen un ciclo de vida y durante este periodo se reproducen para que la especie persista a través del tiempo. La función principal de la reproducción es transmitir el material genético contenido en

las células de generación en generación. En esta unidad conocerás las distintas formas de reproducción de los organismos, los órganos reproductores, cómo se originan las células sexuales, el desarrollo y surgimiento de un nuevo individuo, así como algunas adaptaciones y curiosidades de la reproducción.

La función de reproducción



En la naturaleza, se producen muertes continuamente. Estas son compensadas por los nacimientos, que tienen lugar gracias a la función de reproducción.

La reproducción es una función vital. Se trata del proceso por el cual los seres vivos originan nuevos individuos parecidos a ellos mismos: su descendencia.

La reproducción y la vida

Una característica de los seres vivos, aunque parezca una paradoja, es la muerte. Los seres vivos, en un momento dado, mueren; es decir, dejan de realizar sus funciones vitales, se desorganiza su estructura característica, y la materia que los constituye se disgrega y pasa a formar parte de otros seres vivos, del suelo, de la atmósfera, etc.

A veces, la muerte se produce por un accidente, por falta de alimento, por convertirse en presa de otro ser vivo, etc.; otras veces se debe a una enfermedad o por vejez, porque el organismo ya no puede realizar correctamente las funciones vitales. Salvo algún accidente, la duración de la vida está en gran manera inscrita en los genes de un ser vivo. Por ejemplo, la oruga de la mariposa de la seda, tras transformarse en mariposa, no sobrevive más de unos pocos días, pues no se alimenta y solo se dedica a la reproducción.

Puesto que la muerte es parte inseparable de la vida, la reproducción es indispensable para su mantenimiento. Mediante esta función se reemplazan los seres vivos que mueren.

PARA SABER MÁS

El ciclo vital o ciclo biológico

Es el conjunto de etapas por las que atraviesa un organismo a lo largo de su vida, desde la fase de cigoto hasta que se convierte en un individuo adulto, capaz de reproducirse. Las principales fases de un ciclo biológico son reproducción, desarrollo embrionario y crecimiento.



La reproducción y la herencia

Mediante la reproducción, los organismos producen descendientes semejantes a ellos mismos. Esto garantiza la supervivencia de las distintas especies.

La información genética de los seres vivos se encuentra almacenada en forma de moléculas de ADN. Estas contienen, codificada, toda la información necesaria para el funcionamiento y desarrollo de un ser vivo. Cuando un ser vivo se reproduce, pasa la información genética a sus descendientes.

Cada molécula de ADN está formada por dos cadenas complementarias antiparalelas y enrolladas en forma de hélice. El ADN tiene la capacidad de replicarse, es decir, de realizar copias idénticas de sí mismo, lo que permite que las células hijas, tras la división, reciban la información genética de la célula madre.

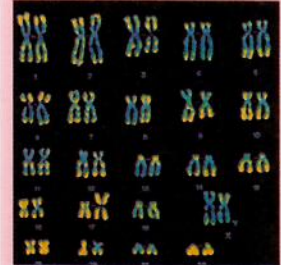
En los organismos eucariotas, cuando la célula se va a dividir, el ADN se compacta formando los cromosomas. El número de cromosomas es constante y fijo para cada especie. Por ejemplo, en los seres humanos existen 46 cromosomas en cada una de las células somáticas (no reproductoras). La mayoría de las especies de animales, plantas y hongos son diploides o $2n$, es decir, sus células somáticas poseen dos ejemplares de cada tipo de cromosomas, uno heredado de cada progenitor. Los dos cromosomas de cada pareja reciben el nombre de cromosomas homólogos. Por lo tanto, las personas tenemos en cada célula somática dos juegos de 23 cromosomas.

PARA SABER MÁS

El cariógrama

Se llama cariógrama a una fotografía de los cromosomas de un individuo, teñidos y ordenados.

Sirve para diagnosticar defectos cromosómicos.



Cariograma humano. Se observan 23 parejas de cromosomas.

Modalidades de reproducción

En todo proceso de reproducción existen uno o varios organismos, los progenitores, que dan lugar a uno o varios individuos, la descendencia. Cuando en la reproducción interviene un solo progenitor, la reproducción es asexual; si participan dos progenitores, la reproducción es sexual.

LA REPRODUCCIÓN ASEXUAL

En esta modalidad de reproducción, un solo progenitor da origen a una descendencia idéntica entre sí y a él mismo (poseen la misma información genética). Las bacterias, las algas, los protozoos, los hongos y algunas plantas y animales invertebrados presentan este tipo de reproducción.



Estrella de mar

LA REPRODUCCIÓN SEXUAL

En esta modalidad participan generalmente dos progenitores, que dan origen a uno o varios descendientes. La información genética de los descendientes es una mezcla de la de los progenitores, cada uno de los cuales aporta un cromosoma de cada pareja de homólogos. La mayoría de los animales presentan este tipo de reproducción y en ella interviene un tipo especial de células, los gametos.



Ovejas con sus crías

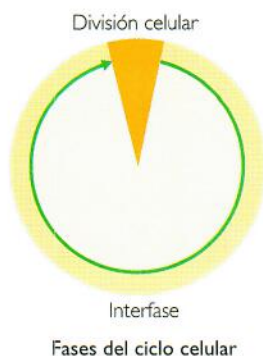
La reproducción celular

La división celular es la base de la reproducción de los organismos unicelulares y la forma en la que crecen y reponen sus estructuras los organismos pluricelulares.

El ciclo celular

Es un conjunto de cambios que sufre una célula desde su formación hasta que se divide originando dos células hijas. En el ciclo celular se distinguen dos fases:

- **Interfase.** Es la etapa más larga del ciclo celular. En ella se produce el crecimiento y una gran cantidad de procesos metabólicos. Cuando la célula alcanza un tamaño determinado, la célula entra en una fase de preparación para la división celular.
- **División celular o fase M.** En esta fase, la célula se divide originando dos células hijas. El proceso clave de esta fase es el reparto de cromosomas entre las dos células hijas.



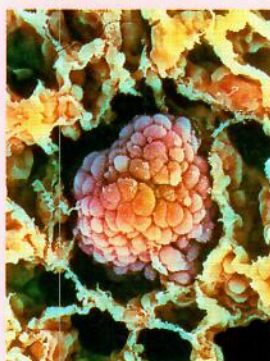
PARA SABER MÁS

Ciclo celular y tumores

El ciclo celular está controlado, de manera que cada célula del cuerpo se divide solo cuando es necesario.

Cuando una célula comienza a dividirse sin control, puede dar lugar a una masa de células, denominada tumor.

Algunos de esos tumores puede generar un tumor maligno, es decir, cáncer.

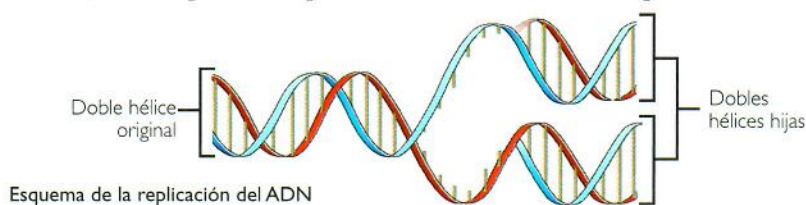


Masa de células tumorales (en el centro) en el tejido pulmonar.

La cromatina y los cromosomas

Durante la interfase, cada molécula de ADN, asociada a proteínas, se encuentra en el núcleo de las células eucariotas formando fibras muy largas y finas. El conjunto de todas estas fibras constituye la cromatina.

Cuando se acerca el momento de la división celular, se produce la duplicación del ADN: a partir de cada molécula de ADN se forma otra nueva, idéntica, en un proceso que recibe el nombre de replicación.



Más tarde, cuando la célula va a dividirse, los filamentos de cromatina se condensan formando los cromosomas. Cada cromosoma tiene dos mitades idénticas llamadas cromátidas. Las dos cromátidas tienen exactamente la misma información genética, resultado de la replicación del ADN; por ello, se hace referencia a un cromosoma de cromátidas hermanas. Las dos cromátidas se mantienen unidas por un punto llamado centrómero.



La división celular o fase M

Comprende la división del núcleo o mitosis y la división del citoplasma o citocinesis.

La mitosis es un proceso propio de las células eucariotas. En los organismos unicelulares supone el mecanismo de reproducción asexual que permite aumentar el número de individuos de la población, mientras que en los pluricelulares interviene en el crecimiento de dichos organismos.

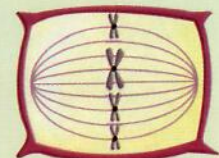
Consiste en el reparto del material hereditario de una célula madre a dos células hijas, de modo que ambas tengan el mismo número de cromosomas que la madre. En la mitosis se distinguen cuatro fases: profase, metafase, anafase y telofase.

PROFASE



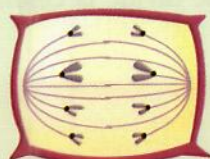
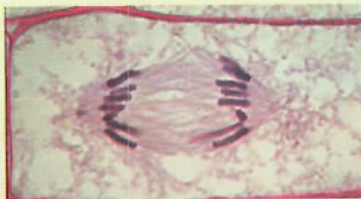
La cromatina, que ya se ha duplicado en la interfase mediante la replicación, se condensa y forma los cromosomas (cada uno constituido por dos cromátidas idénticas unidas por el centrómero). El nucléolo y la envoltura nuclear desaparecen, con lo que los cromosomas se dispersan por la célula. Se constituye el huso acromático.

METAFASE



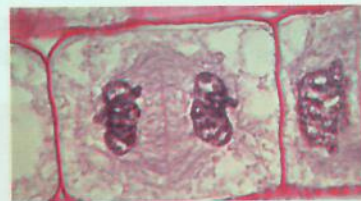
Los cromosomas, completamente condensados, se disponen en el ecuador de la célula, formando la placa ecuatorial, y se adhieren por el centrómero a las fibras del huso acromático.

ANAFASE



Los cromosomas se separan por el centrómero y cada cromátida se dirige hacia un polo opuesto de la célula, arrastradas por las fibras del huso acromático.

TELOFASE



Una vez que han llegado las cromátidas a los respectivos polos se descondensan, para constituir de nuevo la cromatina. También, reaparece la envoltura nuclear y el nucléolo.

Una vez concluida la división del núcleo tiene lugar la división del citoplasma o citocinesis, que ocurre de forma diferente en células animales y vegetales. En las células animales, la división se produce por estrangulamiento del citoplasma a nivel del ecuador de la célula.

Por el contrario, en las células vegetales, la pared celular impide el estrangulamiento, por lo que se forma un tabique de separación entre las dos futuras células hijas, denominado fragmoplasto.

Célula animal



Estrangulamiento

Célula vegetal



Fragmoplasto
Citocinesis

EN LA WEB

http://www.juntadeandalucia.es/averroes/manuales/materiales_tic/Cell_anim_archivos/Cell_anim.htm

Información del ciclo celular y la mitosis.

La reproducción asexual

Esta modalidad de reproducción fue la primera que apareció en el curso de la evolución. La reproducción asexual es sencilla y rápida, y está presente en multitud de seres vivos.



Las bacterias se reproducen asexualmente mediante bipartición. Una bacteria puede dividirse cada 30 minutos, multiplicándose así muy rápidamente.

La reproducción asexual de las bacterias

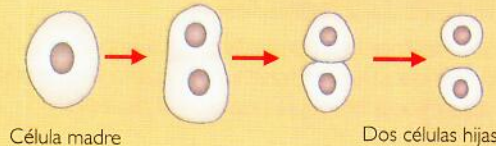
Las bacterias son procariotas. Carecen, por lo tanto, de núcleo, y su material genético está constituido por un solo cromosoma, que es circular. Como no tienen núcleo, no realizan la mitosis, que es propia de los eucariotas. Se dividen mediante bipartición o división binaria. En primer lugar, se produce la replicación del ADN, de modo que la bacteria queda con dos cromosomas circulares idénticos; a continuación, cada cromosoma se dirige a un polo de la célula. Por último, la bacteria divide su citoplasma. Así, pues, quedan dos bacterias hijas más pequeñas, cada una de ellas con un cromosoma y genéticamente idénticas.

La reproducción asexual de los eucariotas unicelulares

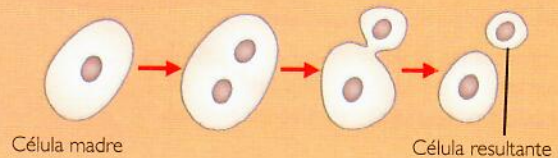
En organismos unicelulares (protozoo, alga u hongo), se da lugar a una mitosis, es decir, se producen dos células hijas con la misma información genética que la célula madre.

Teniendo en cuenta cómo se divide la célula, podemos encontrar variaciones en la división celular.

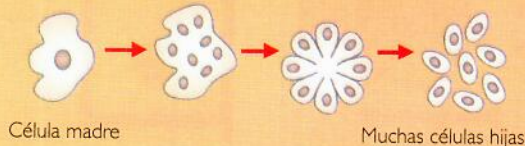
TIPOS DE DIVISIÓN CELULAR



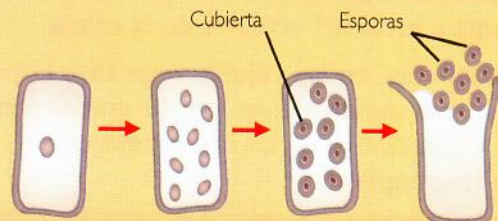
Bipartición. Tras la mitosis, el citoplasma de la célula madre se divide en dos partes iguales. Las células hijas son, por lo tanto, de tamaños iguales.



Gemación. Tras la división del núcleo, el citoplasma se divide desigualmente, de modo que las dos células resultantes difieren en tamaño.



Pluripartición. El núcleo de la célula madre se divide varias veces. A continuación, se reparte el citoplasma y se forman varias células hijas, que son iguales en tamaño.



Esporulación. El núcleo de la célula madre se divide sucesivas veces. Posteriormente, cada núcleo hijo se rodea de una pequeña porción del citoplasma y forma su propia membrana. Cuando la célula se rompe, se liberan las células hijas, denominadas esporas, y la célula madre muere.

La reproducción asexual de los eucariotas pluricelulares

En el caso de los seres pluricelulares, suelen formarse estructuras especiales que crecen, ya sea unidas al progenitor o separadas, y forman individuos genéticamente iguales al progenitor.

En la reproducción asexual, los nuevos individuos se forman a partir de células del progenitor que se dividen por mitosis.



LA REPRODUCCIÓN ASEXUAL EN LAS PLANTAS

La reproducción asexual está muy extendida entre las plantas, pues en algunos casos es el proceso habitual de reproducción. Existen varios mecanismos, entre los que podemos destacar:

La reproducción por esporas

A partir de una célula de un individuo, cuyo núcleo se divide repetidamente, se originan varias células hijas llamadas esporas. Estas células, en condiciones favorables, dan lugar a nuevos individuos. Ocurre en musgos y helechos.



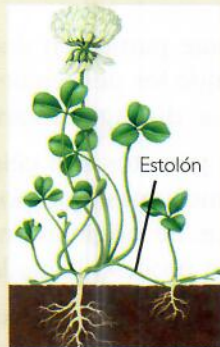
Musgo



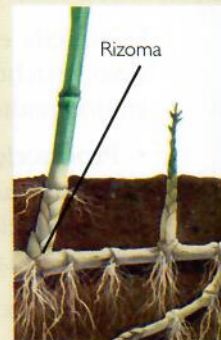
Helecho

La reproducción vegetativa

Se basa en la capacidad de las plantas para formar nuevos individuos a partir de un fragmento de las mismas, llamado yema. Podemos distinguir cuatro modalidades:



Estolones. Son tallos de poca altura que crecen paralelos al suelo. De sus yemas brotan raíces dando lugar a nuevos individuos que se independizan. Es típico de las fresas y los tréboles.



Rizomas. Son tallos subterráneos que, cada cierto tiempo, producen raíces y tallos que salen a la superficie. Los encontramos, por ejemplo, en el césped, las cañas, los helechos, entre otros.



Bulbos. Son tallos subterráneos con hojas carnosas que los envuelven. Tienen yemas que pueden originar una nueva planta, como ocurre con la cebolla o el tulipán.



Tubérculos. Son tallos subterráneos con reservas alimenticias y yemas, cada una de las cuales puede dar origen a nuevas raíces y tallos. Se encuentran, por ejemplo, en la papa.

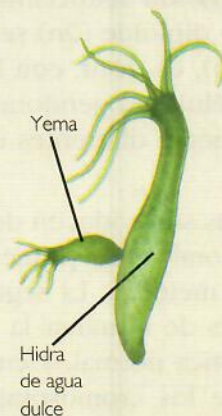
LA REPRODUCCIÓN ASEXUAL EN LOS ANIMALES

La reproducción asexual solo se da en algunos invertebrados.

Gemación

El cuerpo del progenitor desarrolla un abultamiento o yema, que va creciendo.

La yema puede separarse y originar un nuevo individuo, como ocurre en la hidra de agua dulce, o permanecer unida al progenitor formando una colonia, como sucede en los corales.



Escisión

Consiste en la fragmentación del cuerpo del progenitor en varias partes, cada una de las cuales origina un nuevo individuo. Ocurre en celentéreos y en gusanos, como la lombriz de tierra y las planarias. Algunos animales, como la estrella de mar, aunque no se reproducen por escisión, sino por reproducción sexual, son capaces de regenerar un fragmento perdido accidentalmente.



La reproducción sexual y la meiosis

PARA SABER MÁS

La influencia del ambiente en la reproducción

En numerosas especies, el comienzo de la reproducción sexual depende del ambiente, principalmente en los lugares donde los cambios estacionales son más acusados, como ocurre en las latitudes templadas.

Esto es así porque las necesidades de los individuos son especialmente críticas en el periodo reproductor. El factor ambiental, que induce la reproducción y que detecta el ser vivo, suele ser el cambio en la relación de la duración del día y la noche, debido a que puede percibir variaciones en las cantidades relativas de la luz del día y la oscuridad.

La reproducción sexual es un proceso complejo por el que se reproducen prácticamente todos los seres eucariotas. Es un mecanismo que presenta ventajas importantes.

La reproducción sexual

Es aquella en la que generalmente participan dos progenitores de distinto sexo (macho y hembra), por lo que los descendientes poseen caracteres de ambos padres. En este proceso se distinguen varios pasos:

- **Producción de gametos.** Los gametos son células haploides (n), es decir, con un solo juego de cromosomas, que portan información genética del individuo que los produce. Se originan en unos órganos especiales denominados gónadas, tras un proceso llamado meiosis.
- **Fecundación.** Es la unión o fusión de dos gametos, uno masculino y otro femenino, que da lugar a una célula, el cigoto. Este cigoto es diploide ($2n$), pues recibe un juego de cromosomas de cada gameto.
- **Desarrollo embrionario.** El cigoto comienza a dividirse por mitosis, dando lugar a un gran número de células, que se diferencian en distintos tipos de tejidos y que, finalmente, darán lugar a un individuo adulto.

Los individuos que solo producen un tipo de gametos son **unisexuales**. Los que producen gametos masculinos y femeninos son **hermafroditas**, es decir, poseen órganos sexuales de ambos sexos. En los unisexuales, los órganos donde se producen los gametos son distintos en uno y otro sexo. A menudo, los organismos de ambos sexos son diferentes en tamaño, forma, color, etc. En este caso, hablamos de dimorfismo sexual.

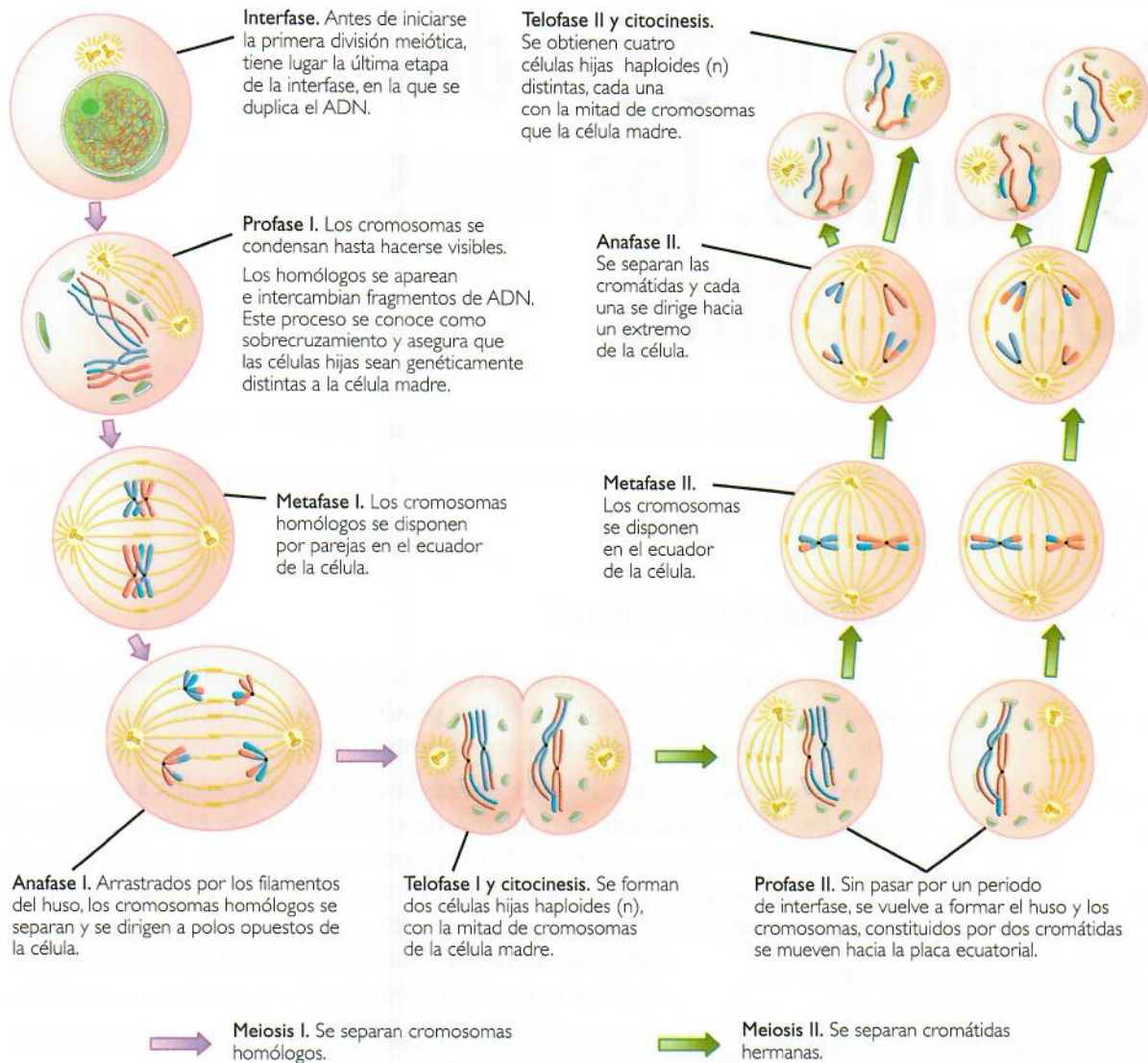


El hermafroditismo es frecuente en especies de movimientos lentos o que viven fijas al sustrato. Aunque los individuos hermafroditas producen ambos tipos de gametos, raramente se fecundan a sí mismos.

La meiosis

Es un tipo de división reduccional, ya que a partir de una célula madre diploide ($2n$) se forman cuatro células hijas haploides (n), es decir, con la mitad del contenido de ADN que la célula progenitora. Las cuatro células hijas son genéticamente diferentes entre sí y distintas a la célula madre.

Durante la meiosis se producen dos divisiones sucesivas que reciben el nombre de primera división meiótica y segunda división meiótica. La segunda división meiótica comienza después de terminar la primera. Se asemeja a una división mitótica normal, y en la anafase se separan las cromátidas de los cromosomas como ocurre en la mitosis.



La fecundación

Para que se produzca la fecundación, se deben encontrar dos gametos, uno masculino y otro femenino, pertenecientes a la misma especie. Cuando se encuentran, sus membranas se fusionan, de modo que se restaura el número de cromosomas propio de la especie.

El resultado de la fecundación es la formación de un cigoto ($2n$), la primera célula del nuevo individuo, que crecerá y se desarrollará hasta formar un individuo adulto.

EN LA WEB

<http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/4ESO/genetica1/contenidos7.htm>

Animaciones de la meiosis y la fertilización.

SABÍAS QUE...

Meiosis y variabilidad

La meiosis tiene como consecuencia la variabilidad en la especie humana. Por ejemplo, cada persona tiene dos juegos completos de 23 cromosomas, uno que recibió de su madre y otro de su padre. Como los cromosomas de los dos juegos son distintos, y en

la meiosis se reparten al azar, una persona puede dar lugar a 2^{23} gametos diferentes (más de ocho millones). Además, su pareja también puede formar el mismo número de gametos diferentes. Por lo tanto, la posibilidad de que de una pareja nazcan dos

hijos iguales es prácticamente nula ($1/2^{46}$). Además, durante la profase I, los cromosomas de cada pareja de homólogos intercambian fragmentos entre sí, de modo que el número de posibles combinaciones es infinito.

La reproducción de las plantas: los musgos y los helechos

El ciclo vital de musgos y helechos es muy complejo. Producen tanto esporas como gametos y su número de cromosomas varía a lo largo de su ciclo biológico.

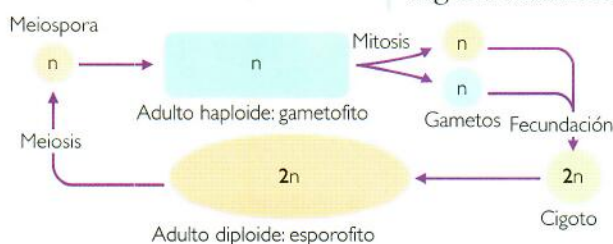
Gametos y meiosporas

La reproducción de las plantas es distinta de la de los animales. Una de las diferencias radica en que las plantas producen dos tipos de células reproductoras: gametos y esporas o, más correctamente, meiosporas.

Tanto los gametos como las meiosporas son células haploides. Los gametos, mediante la fecundación, dan lugar a un cigoto diploide, el cual se desarrolla y da origen a un individuo adulto diploide, el esporofito. Las meiosporas, en cambio, se desarrollan directamente, sin que haya fecundación, y dan lugar a un individuo haploide, el gametofito. Este produce los gametos simplemente mediante una mitosis en los órganos reproductores femeninos (arquegonios) y masculinos (anteridios).

El esporofito genera las esporas por medio de una meiosis en un órgano llamado esporangio.

Todo lo anterior se recoge en el esquema de la izquierda, que representa un ciclo vital.



Arquegonios de un musgo. Son los órganos reproductores femeninos.



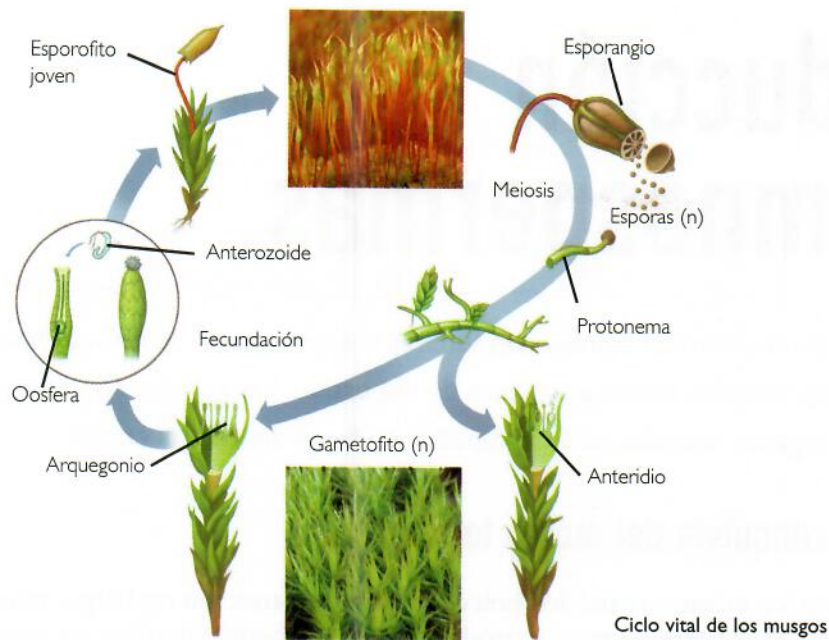
Esporofitos de un musgo. Son los filamentos que crecen sobre el gametofito.

La reproducción de los musgos

La parte del musgo que vemos, que forma alfombrillas verdes, es el gametofito, haploide. En él se forman los anteridios o arquegonios o ambos, donde se producen los gametos masculinos y femeninos, respectivamente.

Cuando hay humedad, los gametos masculinos, llamados anterozoides, nadan hasta el arquegonio, donde se encuentra el gameto femenino, llamado oosfera. Como resultado de la fecundación se forma un cigoto, que se desarrolla sobre el gametofito y origina el esporofito, ese filamento que se observa a menudo sobre el gametofito.

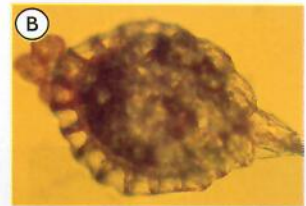
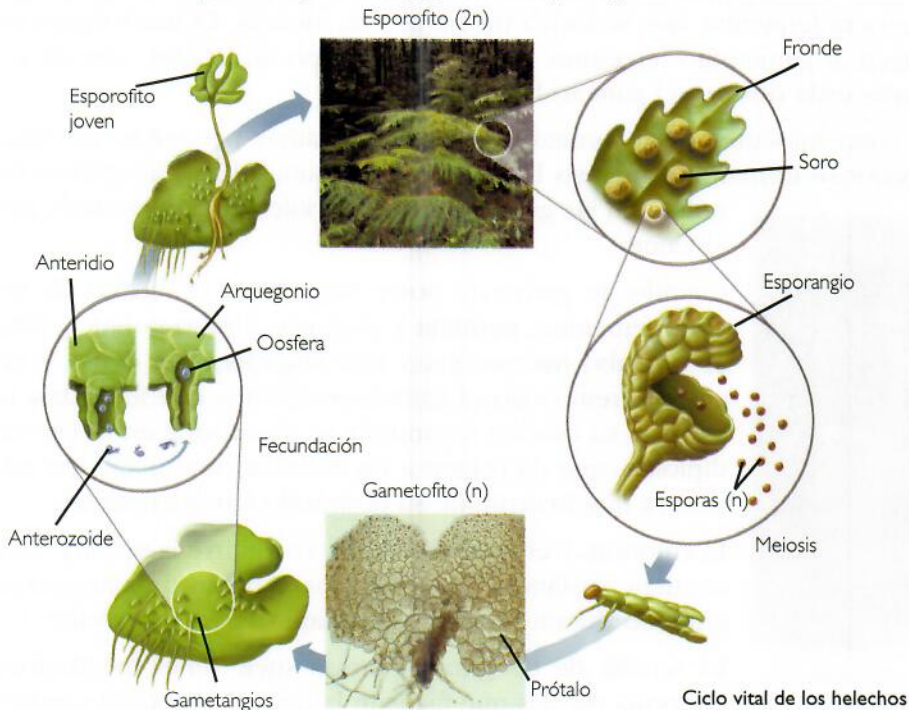
El esporofito tiene una cápsula, el esporangio, en cuyo interior tiene lugar la mitosis. De este modo, se producen las meiosporas. Si están maduras, la cápsula se abre y las esporas se dispersan. Cuando caen al suelo, germinan y dan lugar a un nuevo gametofito.



La reproducción de los helechos

Como los musgos, los helechos tienen un gametofito haploide y un esporofito diploide. La planta que se identifica con el helecho es el esporofito. El gametofito es muy pequeño y difícil de ver.

Detrás de sus hojas (frondas) hay unos abultamientos llamados soros, en cuyo interior se encuentran los esporangios. Dentro de los esporangios se producen, por meiosis, esporas haploides que, si las condiciones son apropiadas, germinan y dan lugar a un gametofito. Este es una lámina acorazonada de color verde, denominada prótalo. En él se forman los órganos sexuales (anteridios y arquegonios), donde se producen los gametos (anterozoides y oosfera). Si hay mucha humedad, los anterozoides nadan desde los anteridios hasta los arquegonios y fecundan la oosfera, que una vez fecundada da lugar al esporofito, que crece y origina un helecho adulto.



A. Fronda de un helecho con soros. B. Esporangio liberando esporas, observado al microscopio. C. Prótalo observado al microscopio.

La reproducción de las gimnospermas



Bosque de abetos. Las coníferas forman extensos bosques en zonas frías.

Las gimnospermas, plantas con semillas o espermafitas, se caracterizan por formar semillas como estructura de dispersión. Las semillas son desnudas y los órganos sexuales están agrupados en flores sin cáliz ni corola.

La conquista del medio terrestre

Tanto los musgos como los helechos son terrestres; sin embargo, necesitan de mucha humedad para reproducirse. En las gimnospermas, ya no se necesita toda esa humedad, poseen unos órganos reproductores especiales: las flores, que hacen posible que se realice la fecundación en su interior sin la intervención del agua.

Por otra parte, en las gimnospermas casi no existe el gametofito. Lo que vemos, la planta, es el esporofito. El gametofito está limitado a unas pocas células y se desarrolla en el esporofito.

La flor de las gimnospermas

En las gimnospermas, las flores reciben el nombre de conos. Encontramos conos masculinos y femeninos. En ellos se forman esporas masculinas y femeninas.

El cono femenino consiste en una escama que lleva en su superficie dos óvulos. Estos contienen en su interior una célula haploide, la macrospora o espora femenina, que se forma mediante una meiosis. La macrospora da origen al gametofito femenino, un pequeño grupo de células, una de las cuales es la oosfera, el gameto femenino.

El cono masculino está formado por varias escamas pequeñas, en cuyo interior se forman por meiosis las esporas masculinas, llamadas granos de polen. En las gimnospermas, el polen es transportado por el viento.

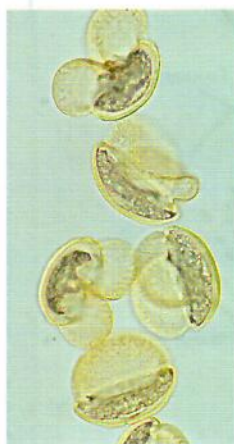
Cuando un grano de polen llega hasta la escama de un cono femenino, germina y da lugar al tubo polínico. Este es un tubo microscópico que llega hasta el óvulo y en cuyo extremo viaja el gameto masculino, que fecunda a la oosfera. La oosfera fecundada se transforma en el cigoto, diploide, que da origen a un embrión, una planta en miniatura que interrumpe su desarrollo temporalmente.

El embrión, y el resto del óvulo, constituye la semilla. Esta contiene sustancias nutritivas que servirán de alimento al embrión durante las primeras etapas de su desarrollo.

La semilla de las gimnospermas suele tener membranas en forma de alas que facilitan la dispersión por el viento.



Corte de un cono femenino de gimnosperma



Polen de una gimnosperma (pino) visto al microscopio

CICLO VITAL DE UNA GIMNOSPERMA, EL PINO

Cuando un grano de polen llega a una escama del cono femenino, forma el tubo polínico. Lleva el gameto, que fecundará a la oosfera, y dará lugar al cigoto.

En el interior de las escamas se forman los granos de polen, que son las esporas masculinas, haploides.

Las escamas de los conos femeninos contienen óvulos que dan lugar al gametofito femenino. En él se forma la oosfera.

Los conos femeninos forman inflorescencias en la parte alta de la planta. Las inflorescencias están conformadas por escamas.

Los conos masculinos forman inflorescencias en la parte baja de la planta. Estas se componen de escamas.

El óvulo fecundado se comienza a transformar en semilla. En su interior contiene un embrión ($2n$) que se forma a partir del cigoto. La escama se hace leñosa y se endurece.

La planta, lo que vemos habitualmente, es el esporofito, diploide. En el caso del pino, encontramos conos masculinos y femeninos.



La reproducción de las angiospermas



Luis Yupanqui

La cantuta es la flor nacional del Perú.

GLOSARIO

Carpelo. Hoja transformada para formar un pistilo o parte de un pistilo..

PARA SABER MÁS

Polinización por aves

En la polinización de algunas plantas tropicales, intervienen aves como los colibríes. Los picos largos y delgados de estas aves les permiten llegar al néctar, en el fondo de la flor.



Las angiospermas presentan sus órganos sexuales agrupados en flores. Las flores presentan cáliz y corola, y tras la fecundación dan lugar a las semillas y al fruto.

La flor de las angiospermas

Los órganos reproductores de las angiospermas son las flores, las cuales pueden ser unisexuales, si contienen órganos reproductores de un solo sexo, y hermafroditas, si contienen órganos de los dos sexos.

La flor de las plantas angiospermas, a diferencia de la de las gimnospermas, está constituida por hojas más o menos modificadas que se disponen formando verticilos (conjunto de tres o más hojas perpendiculares a un tallo). Se distinguen dos verticilos estériles, cáliz y corola, y dos fértiles, androceo y gineceo.

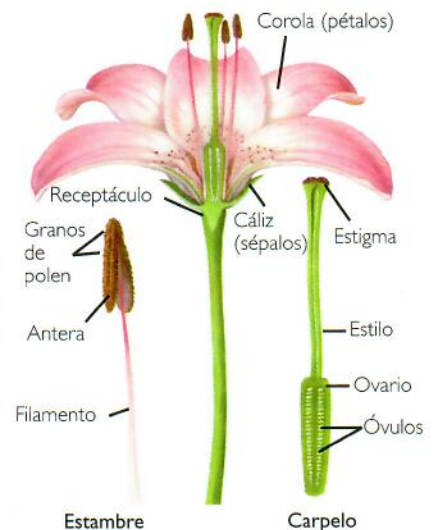
- **Cáliz.** Está formado por los sépalos, unas hojas generalmente verdes con función protectora. Protege la flor cuando está madurando.
- **Corola.** Está conformada por los pétalos; unas hojas que, a menudo, presentan colores llamativos. A veces tienen en su base nectarios, órganos que producen sustancias azucaradas y aromáticas. Su función es, principalmente, atraer insectos u otros animales para que realicen la polinización.

- **Androceo.** Es el aparato reproductor masculino y está formado por los estambres. Cada estambre está compuesto por un delgado filamento, en cuyo extremo superior existe un ensanchamiento denominado antera, donde se encuentran los granos de polen.
- **Gineceo.** Es el aparato reproductor femenino. Consta de uno o varios carpelos. Si estos se fusionan, al menos en su base, se forma el pistilo.

En el carpelo se distinguen tres regiones: el estigma o parte superior, el estilo o columna y el ovario o zona inferior, en cuyo interior se encuentran los óvulos, donde se forma el gameto femenino.

Además, en una flor podemos distinguir el pedúnculo floral, que une la flor al tallo, y el receptáculo floral, que es la zona ensanchada que se encuentra al final del pedúnculo floral y en la cual se insertan los verticilos florales.

El óvulo fecundado da lugar a una semilla, que contiene el embrión de la nueva planta. El ovario origina el fruto, que dispersa las semillas.



CICLO VITAL DE UNA ANGIOSPERMA, EL MANZANO

1. Producción del polen. La flor produce granos de polen (esporas masculinas) en las anteras.

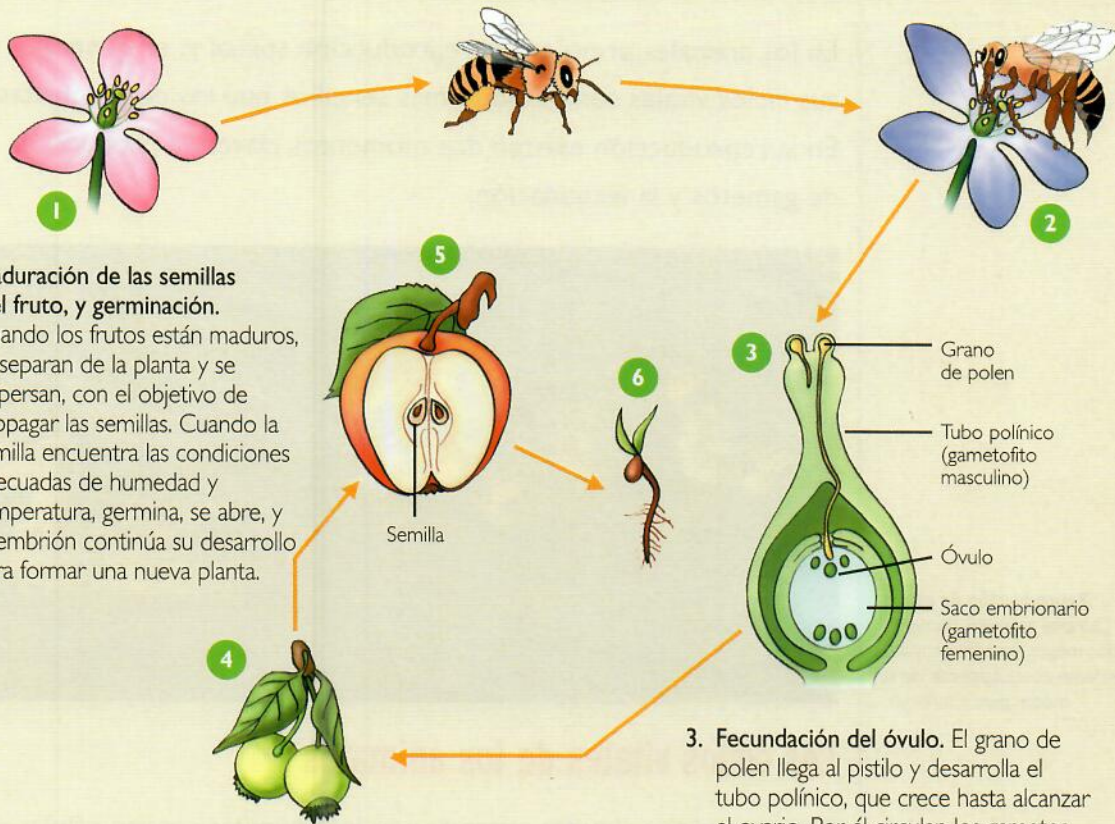
2. Polinización. Cuando los granos de polen están maduros, las anteras se abren y el polen se dispersa. Los granos de polen pueden ser transportados al gineceo de la misma flor o de otra flor, bien por el viento, por insectos o por otros animales que los portan adheridos a sus cuerpos.

5 y 6. Maduración de las semillas y el fruto, y germinación.

Cuando los frutos están maduros, se separan de la planta y se dispersan, con el objetivo de propagar las semillas. Cuando la semilla encuentra las condiciones adecuadas de humedad y temperatura, germina, se abre, y el embrión continúa su desarrollo para formar una nueva planta.

4. Formación de las semillas y el fruto. El óvulo fecundado se transforma en la semilla. Esta contiene el embrión y las reservas alimenticias. El ovario se transforma en el fruto, que protege la semilla y ayuda a su dispersión.

3. Fecundación del óvulo. El grano de polen llega al pistilo y desarrolla el tubo polínico, que crece hasta alcanzar el ovario. Por él circulan los gametos masculinos. Un gameto masculino se fusiona con el gameto femenino y se forma la célula huevo o cigoto, que dará lugar al embrión.



SABÍAS QUE...

Cooperación entre plantas y animales

En el reino vegetal encontramos muchos ejemplos de plantas que tienen mecanismos de reproducción o de dispersión que dependen de los animales del entorno. Un ejemplo es la orquídea del género *Ophrys*. Se trata de una planta de flor pequeña pero muy vistosa, cuya forma imita a la perfección el aspecto de la hembra de una abeja. El macho de esa

especie acude al reclamo e intenta copular con la flor. Como resultado se suele llevar adherido al cuerpo el polen de la orquídea que transportará hasta otras flores similares que se encuentren en las cercanías. Por lo tanto, el insecto es imprescindible para la polinización de la orquídea porque de otra manera no se llevaría a cabo.



EN LA BIBLIOTECA

Para conocer más sobre la reproducción consulta el libro *La Biblia de las ciencias naturales* de la biblioteca del Ministerio de Educación (MINEDU).

Gametogénesis y fecundación en los animales

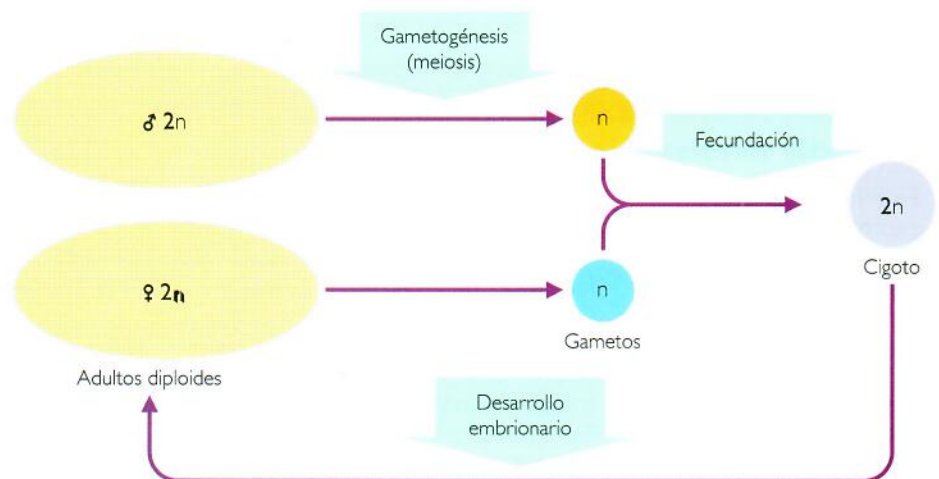
En los animales prevalece la reproducción sexual y, en general, sus ciclos vitales son bastante más sencillos que los de las plantas. En la reproducción existen dos momentos claves: la producción de gametos y la fecundación.



Reproducción de patos.
Durante aproximadamente dos meses, las crías del pato dependerán absolutamente de la madre para sobrevivir.

Los ciclos vitales de los animales

Aunque existen algunas excepciones, los animales poseen células diploides y unos órganos sexuales o gónadas en los que producen los gametos. Los gametos se unen en la fecundación y dan origen a un cigoto que, tras un periodo de desarrollo embrionario, se convertirá en un nuevo individuo.



GLOSARIO

Cigoto. Célula resultante de la unión del gameto masculino con el femenino en la reproducción sexual.

En general, los ciclos vitales de los animales son más sencillos que los de las plantas. No tienen esporas y no alternan individuos haploides y diploides, salvo en algunos casos muy particulares.

La gametogénesis

Es el proceso por el cual se producen los gametos. Estos son células haploides que se originan a través de una meiosis en unos órganos especiales llamados gónadas.

En la mayoría de las especies animales existen dos tipos de individuos:

- Las hembras que tienen gónadas femeninas u ovarios y producen gametos femeninos u óvulos.
- Los machos quienes poseen gónadas masculinas o testículos y producen gametos masculinos o espermatozoides.

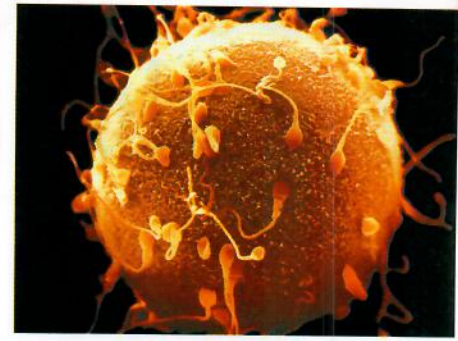
Los óvulos son más grandes que los espermatozoides, son inmóviles y almacenan sustancias de reserva para que se alimente el embrión a lo largo de su desarrollo. Los espermatozoides son más pequeños que los óvulos, son móviles, se desplazan hasta el óvulo y carecen de sustancias de reserva.

La fecundación

Es el proceso por el que se unen dos gametos haploides fusionando sus núcleos, a fin de restaurar la dotación cromosómica diploide propia de la especie. Existen dos tipos básicos de fecundación:

- **Fecundación externa.** Se realiza fuera del organismo materno, en el medio externo, donde son expulsados los gametos. Este tipo de fecundación se realiza en el agua y depende del azar, por lo que los gametos se liberan en grandes cantidades. Es característica de la mayoría de animales acuáticos y algunos terrestres como anfibios y ciertos insectos.
- **Fecundación interna.** Se produce en el interior del organismo materno, lo cual proporciona la humedad que requiere el proceso. Para ello, es necesario el contacto entre los sistemas reproductores del macho y la hembra. Se realiza en todos los animales terrestres y en algunos acuáticos. A menudo, el macho posee órganos especializados para introducir sus espermatozoides en el cuerpo de la hembra.

Para que se produzca la fecundación, se debe reunir individuos de distinto sexo. Para ello, deben reconocerse mutuamente. Con frecuencia se establecen rituales de cortejo más o menos elaborados, que estimulan a ambos individuos a producir sus gametos. La unión de dos animales para que ocurra la fecundación recibe el nombre de cópula.



Óvulo y espermatozoides.

El óvulo es grande e inmóvil. Los espermatozoides son mucho más pequeños y presentan un flagelo que les permite desplazarse.



Cópula de mariposas. En los insectos, la fecundación es interna.

SABÍAS QUE...

Dimorfismo sexual

Los machos y las hembras siempre se pueden distinguir por sus gónadas y por el tipo de gametos que producen. En muchas especies existen, además, diferencias morfológicas entre los individuos de uno y otro sexo, de modo que se pueden distinguir a simple vista. Este conjunto de rasgos diferenciales se denomina dimorfismo sexual.

En ocasiones, las hembras son de mayor tamaño que los machos. Existen casos extremos en que los machos son mucho más pequeños que las hembras, tanto que pueden llegar a vivir adheridos a ellas o en su interior, como parásitos.



Los gallitos de las rocas. Macho (izquierda) y hembra (derecha).

Desarrollo embrionario en los animales

SABÍAS QUE...

Desarrollo fetal

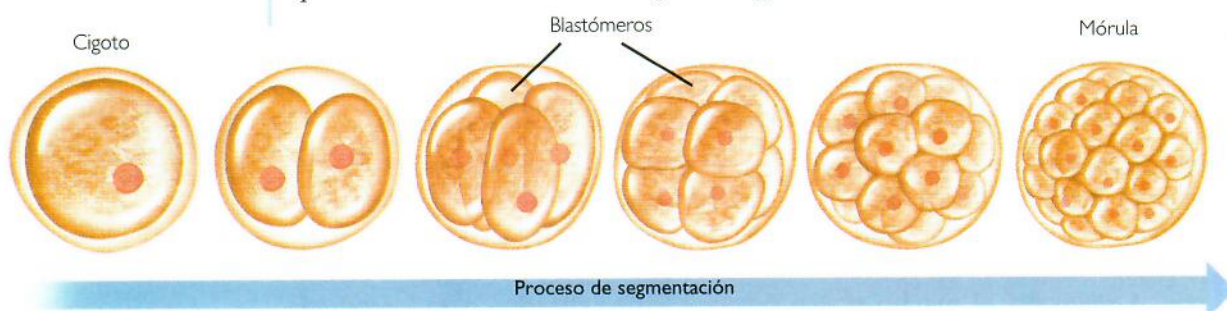
En los mamíferos, antes del nacimiento, existe también el desarrollo fetal, cuando los órganos ya están formados.

Tras la fecundación, se forma el cigoto. ¿Cómo, a partir de una sola célula, se desarrolla un ser vivo tan complejo como nosotros mismos? Aunque queda mucho por investigar, hoy día conocemos bastante del proceso.

La segmentación

El desarrollo embrionario es el conjunto de cambios que se producen desde que se forma el cigoto hasta que nace o sale del huevo.

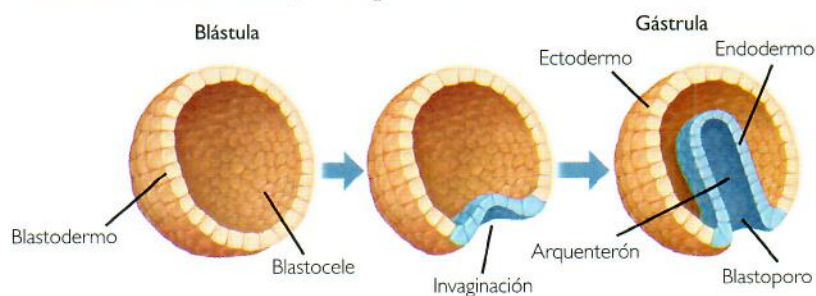
El primer paso dentro del desarrollo embrionario es la segmentación. Consiste en una serie de divisiones celulares consecutivas (mitosis) a partir de la célula huevo o cigoto. El resultado es una masa de células (denominadas blastómeros) que recibe el nombre de mórula (por su aspecto de mora) y que tiene el mismo tamaño que el cigoto.



La blástula y la gástrula

Conforme avanza la segmentación, los blastómeros emigran hacia la periferia formando una pared externa, el blastodermo, que deja una cavidad interior, denominada blastocele. Este estado embrionario recibe el nombre de blástula.

Una vez formada, la blástula sufre una serie de plegamientos y cambios en la posición de las células que originan la gástrula. Este proceso recibe el nombre de gastrulación. La gástrula presenta dos capas u hojas embrionarias, el ectodermo (capa externa) y el endodermo (capa interna). El endodermo delimita una cavidad, el arquenterón.



GLOSARIO

Blastómeros. Células embrionarias animales indiferenciadas resultantes de la segmentación del cigoto después de la fecundación.

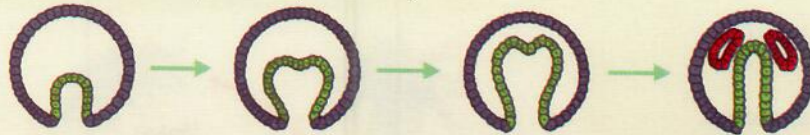
El mesodermo y el celoma

El siguiente paso en el desarrollo de la mayoría de los animales es la aparición de una tercera capa de células que recibe el nombre de mesodermo. En cada grupo de animales se consigue de una forma, aunque básicamente existen dos mecanismos: enterocelia y esquizocelia.

En la mayoría de los grupos de animales, el mesodermo deja en su interior espacios huecos. El conjunto de estos espacios se denomina celoma. En el animal adulto, esas cavidades están rellenas de líquido y en su interior se ubican órganos como el corazón o los pulmones.

FORMACIÓN DEL MESODERMO

Por evaginaciones del arquenteron (enterocelia)



Por migración de células del endodermo (esquizocelia)

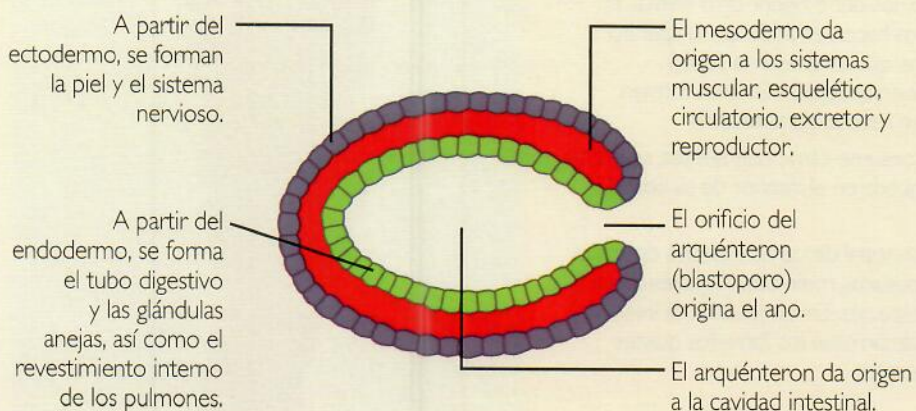


La diferenciación celular y la organogénesis

En un animal adulto existen muchos tipos de células diferentes. En la especie humana, por ejemplo, se pueden identificar más de 200 tipos de células. Todas ellas se desarrollan a partir de las células embrionarias. Cada tipo celular se origina a partir de una región concreta del embrión. El proceso por el cual se forman diferentes tipos celulares recibe el nombre de diferenciación celular.

Los distintos tipos celulares se agrupan en tejidos que, a su vez, dan origen a todos los órganos que tiene el animal adulto. Primero se forman esbozos de los órganos, que se van desarrollando hasta alcanzar la madurez. Este proceso se denomina organogénesis.

ORIGEN DE DIVERSOS ÓRGANOS Y SISTEMAS DE LOS VERTEBRADOS



PARA SABER MÁS

Tipos de animales

Dependiendo de dónde se produce el desarrollo embrionario y de las estructuras que intervienen, se puede clasificar a los animales de la siguiente manera:

- **Ovíparos.** El desarrollo del embrión ocurre fuera del cuerpo de la madre, en el huevo, y se nutre de las sustancias de reserva contenidas en él.

Ocurre en animales con fecundación externa, como muchos peces y anfibios, y en algunos de fecundación interna, como los insectos, las aves y muchos reptiles.

- **Vivíparos.** El embrión se desarrolla en el interior de la madre, obteniendo alimentos de ella.

Ocurre en mamíferos, algunos peces y reptiles.

- **Ovovivíparos.** El desarrollo embrionario tiene lugar en el interior de la madre, pero se nutre de las sustancias de reserva del huevo.

Ocurre en ciertos tiburones, rayas, algunas serpientes y lagartos.



La reproducción en los **invertebrados**

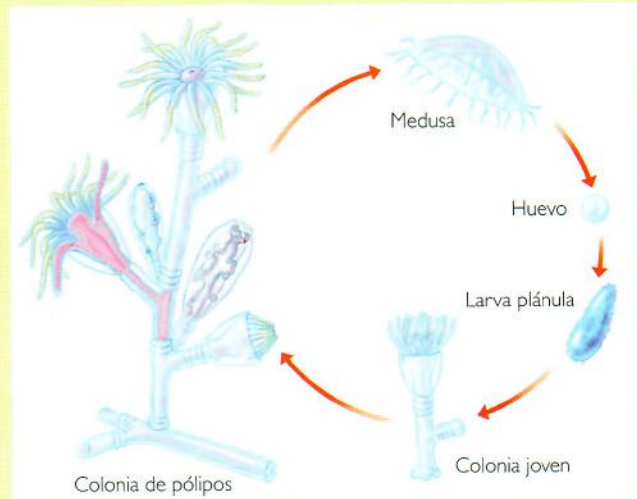
No existe mucha variación en el modo en que se reproducen sexualmente los distintos grupos de animales vertebrados; no obstante, es entre los invertebrados donde encontramos una mayor variedad.

LA REPRODUCCIÓN ALTERNANTE DE LOS CNIDARIOS

En los cnidarios (actinias, hidras, corales, medusas, anémonas y pólipos), se produce la reproducción alternante, en la que se sucede una fase sexual y otra asexual.

Las medusas, de vida libre, producen gametos, óvulos y espermatozoides, que se unen en el agua formando un cigoto. De él, se desarrolla una larva llamada plánula, que al poco tiempo se fija al sustrato y da origen a una colonia de pólipos.

El pólipo formado crece y se reproduce asexualmente, formando medusas, las que se desprenden y se convierten en medusas adultas, capaces de reproducirse sexualmente, comenzando de nuevo el ciclo.



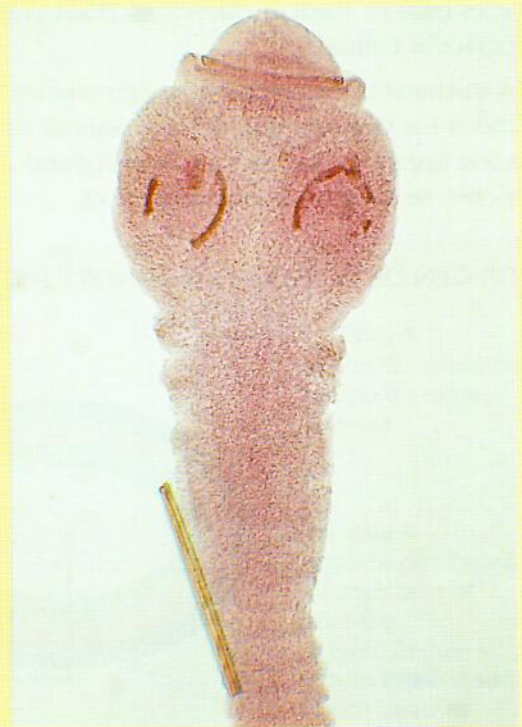
EL COMPLEJO CICLO VITAL DE LAS TENIAS

Las tenias son gusanos en forma de cinta que viven como parásitos en el intestino de las personas y muchos otros vertebrados. Para completar su ciclo vital han de pasar por dos hospedadores. La tenia adulta vive en el hospedador principal. Consta de una cabeza con la que se fija al intestino del hospedador, seguida de numerosos segmentos. Cada uno de estos segmentos tiene un aparato reproductor masculino y otro femenino.

Cuando maduran, estos segmentos se desprenden repletos de huevos fecundados. Para continuar el ciclo, los debe ingerir otro animal, el hospedador secundario. Los huevos hacen eclosión en su aparato digestivo. De ellos, salen unas larvas que atraviesan la pared del aparato digestivo y migran a diversos tejidos. En ellos forman quistes que pueden permanecer en reposo durante años.

Cuando el hospedador principal consume carne con quistes, se infecta y desarrolla una tenia adulta que queda en el interior de su aparato digestivo.

El ser humano es el hospedador principal de varias especies de tenias que, en general, no producen demasiadas molestias. También actúa de hospedador secundario de otras especies. En estos casos, la infección puede ser mucho más grave y se desarrollan los llamados quistes hidatídicos o también quistes cerebrales.



EL HERMAFRODITISMO DE LOS CARACOLES

Los gasterópodos (caracoles) son hermafroditas; pero, como en la mayor parte de los animales hermafroditas, no se pueden fecundar a sí mismos. Deben copular con otro caracol y cada uno de ellos fecunda a su pareja. Generalmente, la fecundación es interna.



LA PARTENOGENÉISIS DE LOS PULGONES

Es un tipo especial de reproducción. Consiste en el desarrollo de un óvulo, sin la intervención de un espermatozoide, el cual da lugar a un adulto. En algunas especies de pulgones, las hembras solo se aparean al final del verano, y ponen huevos que permanecen en latencia todo el invierno. Las hembras que salen de ellos en primavera se reproducen por partenogénesis a lo largo de varias generaciones hasta el final del verano, cuando se aparean para dar comienzo al ciclo de nuevo.



EL DIMORFISMO SEXUAL DE *BONELLIA VIRIDIS*

La hembra adulta de *Bonellia viridis*, un gusano marino, alcanza más de un metro de longitud. Cuando sale del huevo es una larva nadadora de unos dos milímetros. Si se establece en el fondo, se transforma en una hembra adulta. En cambio, si la larva llega hasta una hembra adulta, no crece más y se transforma en un macho, que pasará toda su vida en el interior del cuerpo de la hembra, como un parásito.

LA METAMORFOSIS DE LOS INSECTOS

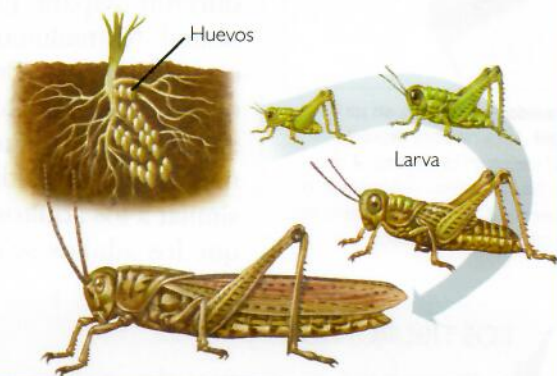
Los insectos son animales con sexos separados. Aunque hay especies que tienen un desarrollo directo, en el que el animal apenas cambia de forma, lo normal es que sufran una metamorfosis más o menos complicada.

La metamorfosis consiste en que las crías (larvas) cuando nacen, son muy diferentes de los adultos, por su anatomía y su comportamiento.

En algunos casos, como en los saltamontes, la larva se desarrolla sin interrumpir su alimentación y sin pasar por periodos de inactividad, siendo por lo demás muy parecida al adulto.

En otros casos, como en las mariposas, la larva (llamada oruga) es muy diferente al adulto. Pasa por una fase de inactividad llamada pupa o capullo, en la que se destruyen tejidos y se forman otros nuevos, para finalmente transformarse en un individuo adulto denominado imago.

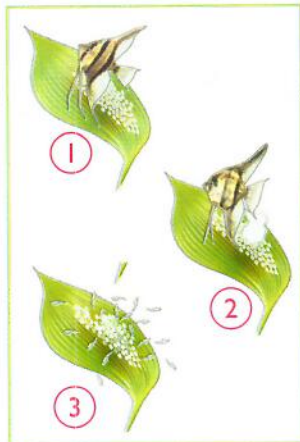
Metamorfosis sencilla



Metamorfosis compleja



La reproducción en los vertebrados: peces y anfibios



Fecundación externa en un pez ángel. 1. La hembra deposita los huevos en una planta. 2. El macho los fertiliza depositando el esperma. 3. Al cabo de cuatro días, las crías salen del huevo.

La reproducción de los peces y los anfibios está estrechamente relacionada con el medio acuático. Los peces viven siempre en el agua, mientras que los anfibios nacen en el agua, viven en la tierra y vuelven al agua para reproducirse.

La reproducción en los peces

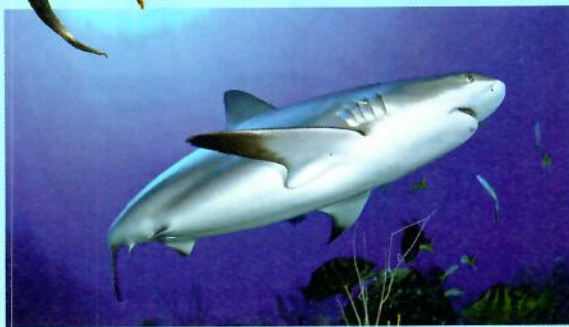
La mayoría de los peces se caracteriza por su fecundación externa y reproducción ovípara. Existen machos y hembras, y es frecuente el dimorfismo sexual. Normalmente, los peces ponen muchos huevos con pocas sustancias de reserva. Una vez puestos, el macho los fecunda liberando sobre ellos sus espermatozoides. En general, los peces depositan los huevos en algún lugar adecuado, o incluso construyen un nido, pero no les proporcionan excesivos cuidados. Tras la eclosión, salen los alevines, de morfología similar a los adultos, no requieren mayores cuidados e, incluso, es frecuente que los adultos se alimenten de ejemplares juveniles de su propia especie.

LOS TIBURONES

Presentan fecundación interna, el macho tiene dos órganos copuladores, uno a cada lado. Muchos tiburones son ovovivíparos y paren crías bien desarrolladas. Otros, en cambio, ponen huevos con cubiertas duras, que reciben el nombre de bolsas de sirena.



Bolsa de sirena



PECES HERMAFRODITAS

Entre los peces es frecuente encontrar especies hermafroditas secuenciales; esto significa que, en un momento determinado de su vida, cambian de sexo.

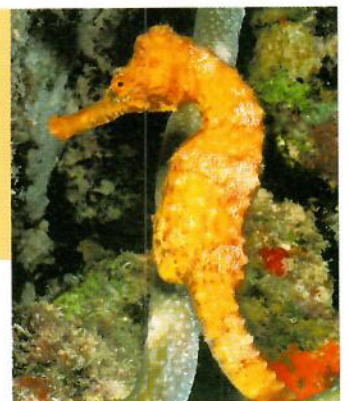
Hay especies en las que los juveniles son machos, y los adultos, de mayor tamaño, hembras. En otras, en cambio, los juveniles son hembras y, al aumentar de tamaño, pasan a ser machos.



Mero. Los machos llegan a ser muy grandes y suelen reproducirse con varias hembras.

PADRES EMBARAZADOS

Los caballitos de mar o hipocampos son sorprendentes, no solo por su aspecto, sino también por sus costumbres de reproducción. Se trata de una especie monógama, es decir, no cambian de pareja a lo largo de su vida. Durante el apareamiento, la hembra transfiere los huevos a una bolsa que el macho tiene en el vientre. Allí se produce la fecundación. El padre los conserva en la bolsa hasta el momento de la eclosión, en la que expulsa las crías recién nacidas en un proceso que recuerda un parto.



La reproducción en los anfibios

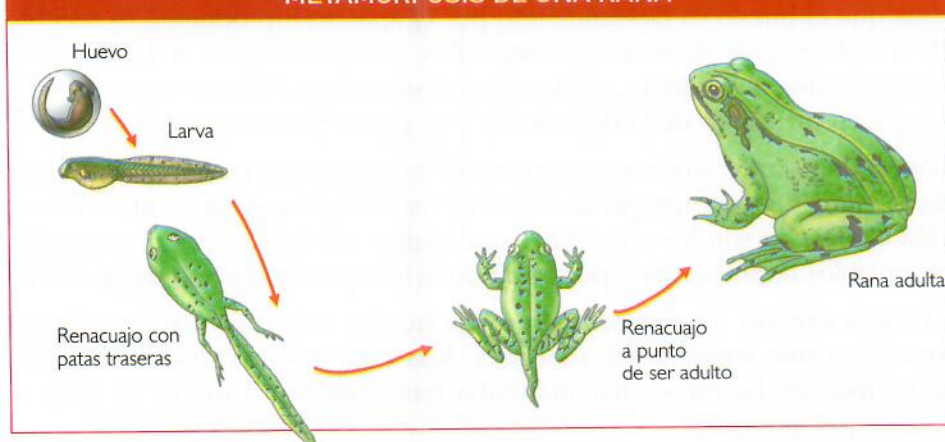
Los anfibios nacen como una larva acuática que se desplaza con una cola y respira mediante branquias. Cuando esta larva, llamada renacuajo, ha crecido lo suficiente, sufre un proceso de metamorfosis: desarrolla patas y pulmones y pierde la cola y las branquias.

Los adultos se reproducen sexualmente. La fecundación es externa y sigue un proceso característico: el macho sujeta a la hembra, que va poniendo huevos. A medida que estos salen, el macho va derramando sobre ellos sus espermatozoides y los fecunda. Los huevos quedan en el agua formando cordones o adheridos a la vegetación acuática. De ellos salen nuevamente larvas acuáticas.



Cópula de rana. El macho abraza a la hembra y va fecundando los huevos que esta libera.

METAMORFOSIS DE UNA RANA



Tanto en los peces como en los anfibios, en los que predomina la fecundación externa, los huevos tienen una cubierta delgada, pues los espermatozoides deben atravesarla para que se produzca la fecundación. Por eso, estos huevos se deben poner en el agua, pues su cubierta, tan delgada, no los protegería de la desecación.

EN LA WEB

<http://www.reproducciondeanimales.blogspot.com/>

Amplia información sobre curiosidades de la reproducción animal.

LA NEOTENIA DEL AJOLOTE

El ajolote es una salamandra que habita en algunas cuevas de México. Presenta una característica especial, la neotenia. Consiste en que conserva durante toda la vida características juveniles, en este caso, las branquias y el modo de vida totalmente acuático.



LA FECUNDACIÓN INTERNA EN LOS ANFIBIOS

Una peculiaridad de las salamandras es que tienen reproducción interna. Tras el cortejo, el macho deposita sobre el suelo húmedo un paquete de espermatozoides que la hembra introduce en su cloaca. En algunas especies, la hembra puede almacenar los espermatozoides durante años.



La reproducción en los vertebrados: reptiles y aves



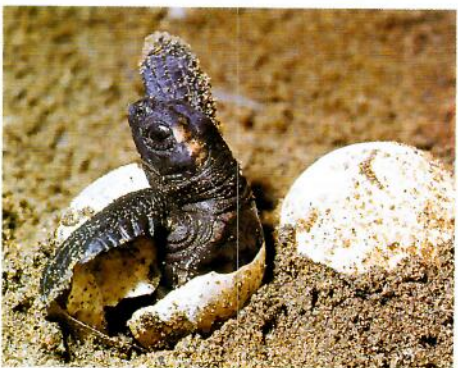
Las aves y los reptiles han alcanzado una gran independencia del agua. Por supuesto, la necesitan para vivir, pero no para reproducirse. Sus huevos soportan la desecación.

La reproducción en aves y reptiles

Las aves y los reptiles presentan fecundación interna. Los espermatozoides fecundan el óvulo al interior del aparato reproductor de la hembra. A medida que el huevo va descendiendo por el aparato reproductor, se recubre de membranas protectoras impermeables, a veces, incluso, reforzadas por sales de calcio muy duras, como ocurre con las aves. De este modo, el huevo queda protegido de la desecación y se puede poner en tierra.

Los reptiles ponen sus huevos en un nido que preparan en tierra, o en alguna grieta o cavidad apropiada. Una vez realizada la puesta, la abandonan. Una excepción son los cocodrilos, que vigilan los huevos para protegerlos de posibles depredadores, pero cuando eclosionan no velan por las crías.

Las aves prestan mucho cuidado a sus huevos y los incuban para mantenerlos a una temperatura adecuada. Más tarde, cuando hacen eclosión, se ocupan de las crías, alimentándolas hasta que son capaces de volar y valerse por sí mismas.



Tortuga marina saliendo de un huevo

El huevo de reptiles y aves

El huevo es un sistema perfecto que contiene el agua y los nutrientes necesarios para que se desarrolle el embrión. Tiene una cubierta impermeable, pero que permite el intercambio de gases con la atmósfera.

Dentro de un huevo existen tres espacios:

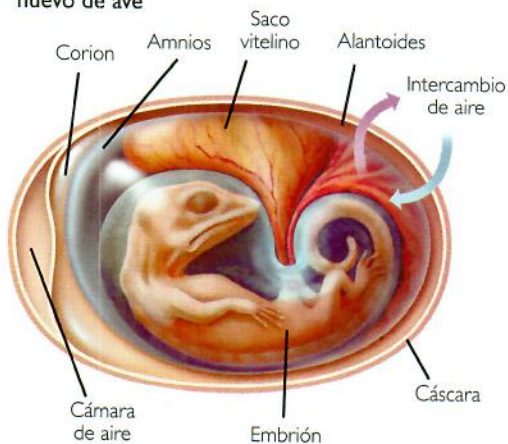
- La bolsa amniótica es el espacio lleno de líquido donde crece el embrión.
- El alantoides contiene aire para que el embrión pueda respirar.
- El saco vitelino o yema proporciona alimentos al embrión.

Son órganos embrionarios que se desarrollan, por lo tanto, a la vez que el embrión.

Además, en el huevo hay una masa nutritiva de naturaleza proteica, que constituyen la clara.

Poco a poco, el aire, la clara y la yema van agotándose. El embrión se desarrolla y crece, protegido por la bolsa amniótica y cuando el desarrollo embrionario ha finalizado, el huevo eclosiona.

Interior de un huevo de ave



SERPIENTES OVOVIVÍPARAS

Entre las serpientes encontramos numerosas especies que son ovovivíparas: las hembras no ponen los huevos, sino que los conservan en su interior hasta que eclosionan, de modo que "paren" pequeñas serpientes. Este comportamiento es más frecuente en especies que viven en lugares fríos, donde el huevo no podría desarrollarse correctamente con las bajas temperaturas.



La boa constrictor es ovovivípara.

EL SEXO DE LOS COCODRILOS

Los cocodrilos suelen incluir en el nido materia vegetal que fermenta y provoca el aumento de la temperatura, lo cual favorece la incubación de los huevos. Precisamente, de la temperatura que se alcance en la incubación depende el sexo de los cocodrilos que nacerán.

En las tortugas marinas y otros reptiles, también se ha observado esta relación entre el sexo y la temperatura.



El sexo de los cocodrilos está determinado por la temperatura a la que se incuban los huevos.

NIDÍFUGAS Y NIDÍCOLAS

Algunas aves, como los patos y las gallinas, tienen pollos que, rápidamente, dejan el nido y pueden seguir a la madre y alimentarse, aunque requieren de la ayuda y la protección de su progenitora. Otras aves, en cambio, tienen pollos que nacen poco desarrollados y han de permanecer mucho tiempo en el nido, siendo alimentados por sus padres. Son nidícolas, por ejemplo, las aves rapaces y los gorriones.



Las crías de patos son nidífugas.

ASESINOS PRECOCES

Muchas especies de aves suelen poner sus huevos con varios días de diferencia. Por lo tanto, cuando eclosionan, existe una gran diferencia de tamaño entre unos pollos y otros. En años en los que escasea el alimento, los pollos más grandes y fuertes impiden a los más pequeños alimentarse e, incluso, los llegan a expulsar del nido, causando su muerte. Este comportamiento, se llama cainismo.



Los piqueros de patas azules practican el cainismo.

La reproducción en los vertebrados: los mamíferos



Shutterstock

Hembra de tapir con su cría.
Los mamíferos dedican mucho
esfuerzo al cuidado de sus crías.

En los mamíferos, el embrión se desarrolla en el interior de la madre, que le proporciona protección y lo nutre durante su desarrollo.

La reproducción en los mamíferos

Los mamíferos, al igual que las aves y algunos reptiles, presentan fecundación interna. El macho posee un órgano copulador, el pene, necesario para introducir los espermatozoides en el aparato reproductor de la hembra, donde se produce la fecundación.

Los mamíferos son vivíparos. El óvulo fecundado se queda en el interior del cuerpo de la madre, el útero. El embrión y la madre están unidos a través de la placenta, un órgano localizado en la cara interna del útero. Gracias a este órgano, el embrión obtiene oxígeno y nutrientes de la madre y elimina los productos de desecho.

Cuando finaliza el desarrollo embrionario, tiene lugar el parto y nace un nuevo ser, que se alimenta de leche materna, un líquido nutritivo que se produce en las glándulas mamarias.

PARA REFLEXIONAR

El estro o celo

En los mamíferos, la gran mayoría de los machos pueden realizar cópulas fértiles en cualquier momento; por el contrario, las hembras están restringidas a determinado periodo del ciclo, denominado estro o celo, momento en el que se liberan los ovocitos.

Los periodos de estro son muy variables, pueden durar desde unas horas hasta varias semanas. En determinadas especies, como los gatos y los conejos, la ovulación solo ocurre cuando tiene lugar la cópula. El sistema es muy eficaz, ya que se asegura una economía máxima en la utilización de los gametos.

- ¿Qué ventajas provee el estro a las especies? Analiza y argumenta tu respuesta.



El cuidado de la cría no se limita al periodo de la lactancia. Con frecuencia, la madre conserva a sus crías con ella hasta que adquieren las habilidades necesarias para sobrevivir de manera autónoma en la naturaleza.

Los mamíferos suelen tener mecanismos de cortejo más o menos complejos. Incluyen llamadas, exhibiciones, combates entre machos, etc.

Algunos mamíferos son solitarios y solo se reúnen con otros individuos para aparearse. Tras esto, la pareja se vuelve a separar y la hembra se hace cargo completamente del cuidado de su prole.

Son frecuentes las especies de mamíferos en las que los machos poseen un territorio y lo defienden de otros machos. Luego, tratan de atraer a su territorio el máximo número posible de hembras para reproducirse con ellas. Los machos que no consiguen defender un territorio no suelen reproducirse.

En ocasiones, la asociación de un macho con un grupo de hembras y las crías es estable. El macho participa en la defensa del grupo, principalmente frente a otros machos de la misma especie.

A menudo, no solo existe un macho dominante en el grupo, sino que también hay una hembra dominante. En este caso, el macho y la hembra forman una pareja relativamente estable que lidera el grupo.

MAMÍFEROS OVÍPAROS

Existe un grupo muy primitivo de mamíferos, los monotremas, que no son vivíparos, sino ovíparos. Se trata de un grupo de animales que viven en Australia, Nueva Zelanda y Nueva Guinea.

Estos animales presentan algunas de las características típicas de los mamíferos, como la presencia de glándulas mamarias o la piel cubierta de pelos, y carecen de otras. La principal característica de estos animales es que ponen huevos en lugar de parir.

Actualmente, los únicos monotremas que existen son el omitorrinco y los equidnas.



BEBÉS EMBOLSADOS

Los mamíferos marsupiales no tienen una placenta, por lo que sus crías nacen poco desarrolladas. Tras el parto, se arrastran hasta el interior del marsupio de la madre. Allí se aferran a un pezón y se alimentan continuamente, hasta que pueden llevar una vida más independiente.

En los canguros, cuando las crías alcanzan cierto tamaño, comienzan a dar paseos por el exterior, pero vuelven rápidamente a la bolsa materna si se ven en peligro.



PLACENTARIOS

En los mamíferos placentarios, el nuevo ser se desarrolla en el útero de la madre, formándose una estructura materno-fetal denominada placenta, a través de la cual el nuevo ser se nutre de la madre hasta el momento del parto. Después del parto, las crías son alimentadas con la leche que segregan las glándulas mamarias de la madre.



UNA FAMILIA GIGANTE

Los ñúes forman gigantescos rebaños en la sabana africana. De ellos se alimentan grandes depredadores, como el león. Las hembras de la manada paren de modo simultáneo. Aunque la cría comienza rápidamente a caminar, se trata de la época en la que se encuentra más indefensa y cuando es más fácilmente víctima de los depredadores. Sin embargo, como nacen muchas a la vez, los depredadores solo causan unas pocas bajas.





La metamorfosis

Durante su desarrollo, la mayoría de los insectos presentan cambios en la forma de sus cuerpos. Estos cambios reciben el nombre de metamorfosis. Algunos, como las cucarachas, tienen una metamorfosis incompleta: sus cambios son pequeños y graduales. En cambio otros, como las mariposas, desarrollan una metamorfosis completa, es decir, se transforman completamente.

Los estadios intermedios

En los insectos que presentan metamorfosis incompleta, las fases intermedias entre el embrión y el adulto se denominan neánida (cuando el insecto todavía no desarrolló sus alas) y ninfa (cuando el insecto comienza a desarrollarlas). Las ninfas suelen tener el cuerpo transparente, lo que les permite pasar inadvertidas frente a sus depredadores. La duración del ciclo vital de los insectos varía según la especie. En el caso de las libélulas, el proceso dura de dos a tres años. En cambio, en la mayoría de las mariposas, la metamorfosis puede durar semanas o meses.

1. Una mariposa hembra pone los huevos.

6. Al término de la fase de pupación, el capullo de la crisálida se raja y, lentamente, emerge el adulto o imago, que inicia una vida activa propia de su especie.

5. Cuando la larva se ha nutrido lo suficiente, se va transformando en crisálida o pupa: envuelta en el capullo de seda comienza un periodo de reposo llamado pupación. Un hilo de seda se asoma por un orificio del capullo y se fija a una superficie, haciendo de sostén.

Pupa



La metamorfosis incompleta

Si el individuo que sale del huevo se parece mucho al adulto, aunque todavía le falta desarrollar las alas y el aparato reproductor, se trata de un insecto que presenta una metamorfosis incompleta, como ocurre con los saltamontes, las libélulas, las cucarachas, los insectos palo, los piojos y las termitas, entre otros.

Los insectos sin metamorfosis

Cuando los insectos no presentan un proceso de metamorfosis, se denominan ametábolos, que significa "inmutable". En estos casos, el cuerpo del individuo que nace cuando eclosiona el huevo es igual al del adulto, y solo se distingue por su tamaño. Por ejemplo, los insectos apterigota, es decir, los que no poseen alas, no desarrollan metamorfosis.

2. En la parte superior de cada huevo, hay una corona de poros por donde respira la larva que se está desarrollando.

3. Cuando eclosiona el huevo, la oruga se come la cáscara, que contiene nutrientes. Luego, se alimenta de hojas.

4. Una larva u oruga tiene el aspecto de un gusano: se encuentra cubierta por un capullo de seda segregado por unas glándulas situadas a ambos lados del tubo digestivo.

Las mudas de un saltamontes

Un saltamontes sufre una transformación gradual desde su nacimiento hasta su estado adulto. 1. El primer estadio corresponde al huevo antes de eclosionar. 2. Cuando nace, le faltan las alas y las antenas. 3. Durante el tercer estadio van apareciendo gradualmente las alas y las antenas.

4. En la fase adulta completan las alas y las antenas. Todo este proceso va acompañado de un desarrollo hormonal que colabora en la muda o cambio del exoesqueleto del adulto.



1



2



3



4

Resumen

Ideas principales

Reproducción

Asexual

- Un solo progenitor produce individuos genéticamente idénticos entre sí y al padre.
- Mitosis. Profase (condensación de la cromatina, el nucléolo y la envoltura nuclear desaparecen, se forma el uso acromático), metafase (cromosomas en el ecuador unidos al uso acromático por el centrómero), anafase (las cromátidas se dirigen a polos opuestos) y telofase (las cromátidas se descondensan, la envoltura nuclear y el nucléolo reaparecen).
- Algunos casos: Bacterias: bipartición o división binaria. Eucariotas unicelulares: bipartición, gemación, pluripartición y esporulación. En plantas: por esporas y vegetativa (estolones, rizomas, bulbos, tubérculos).



Sexual

- Dos progenitores dan origen a uno o varios descendientes, los cuales son diferentes genéticamente entre sí y a los padres.
- Los pasos son producción de gametos, fecundación y desarrollo embrionario.
- Meiosis. De una célula madre diploide ($2n$) se forman cuatro células hijas haploides (n), genéticamente diferentes entre sí y a la célula madre. Dos divisiones sucesivas: meiosis I (profase I, metafase I, anafase I, telofase I y citoquinesis) y meiosis II (inmediatamente después profase II, metafase II, anafase II, telofase II y citoquinesis).



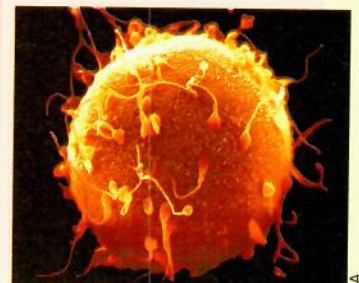
En plantas

- Musgos y helechos. Dos formas de vida: gametofito (n), que produce gametos, y esporofito ($2n$), que produce esporas. Las esporas dan lugar al gametofito. La unión de los gametos da lugar al esporofito.
- Gimnospermas. Esporofito (planta) de mayor tamaño que el gametofito (flores). El gametofito (flores llamadas conos) contiene los óvulos; el masculino, al polen. La fusión de gametos produce semillas desnudas. El viento dispersa el polen.
- Angiospermas. Órganos reproductores: flores (unisexuales o hermafroditas). Partes de la flor: cáliz (sépalos), corola (pétalos), androceo (aparato reproductor masculino) y gineceo (aparato reproductor femenino). Dispersión de polen: polinizadores. Unión de gametos: fruto y semilla.

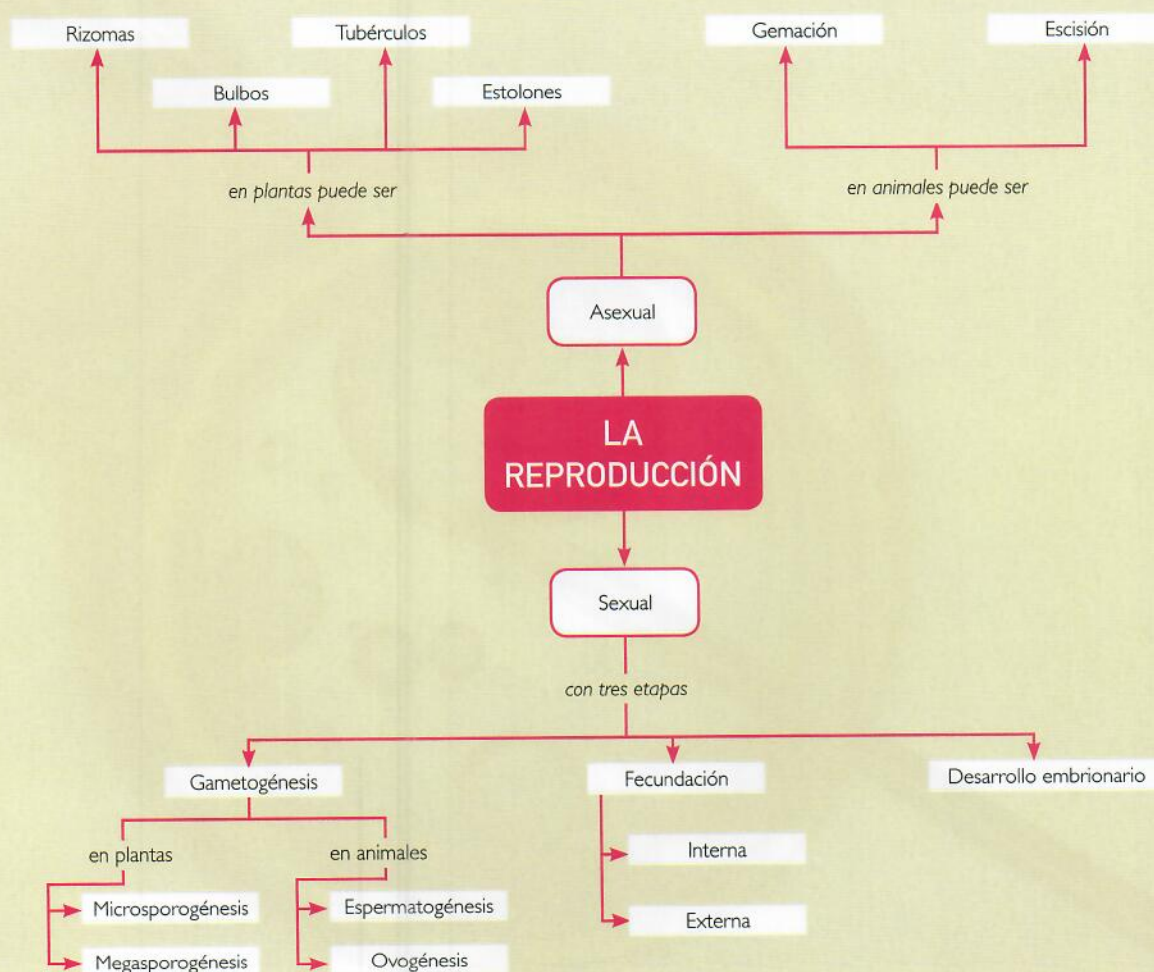


En animales

- Gametogénesis: por meiosis en gónadas (femeninas: ovarios, óvulos; masculinas: testículos, espermatozoides).
- Fecundación: externa e interna.
- Desarrollo embrionario. Fases: segmentación (de cigoto a mórula), blástula y gástrula (ectodermo, endodermo, arquenteron); formación del mesodermo (por entorocelia o esquizocelia) y el celoma; y la diferenciación celular y organogénesis.
- Tres tipos de animales: ovíparos, ponen huevos; vivíparos, desarrollo en el interior de la madre; y ovovivíparos, los huevos eclosionan en el interior de la madre.



Organizador visual: red semántica



Opciones de consulta

Para reforzar

En los siguientes sitios web, encontrarás información acerca de la reproducción de algunos animales y plantas que reforzarán lo aprendido.

- http://recursostic.educacion.es/newton/web/materiales_didacticos/EDAD_2eso_10_reproduccion/2quincena10/2quincena10_contenidos_1a.htm

Con este libro de la biblioteca del Ministerio de Educación, podrás complementar tus conocimientos sobre el tema desarrollado en esta unidad.

- Gispert, C., Miller, G., Gay, J., Vidal, J. (Eds.). (2003). *Enciclopedia didáctica de las Ciencias Naturales*. Barcelona, España: Océano.

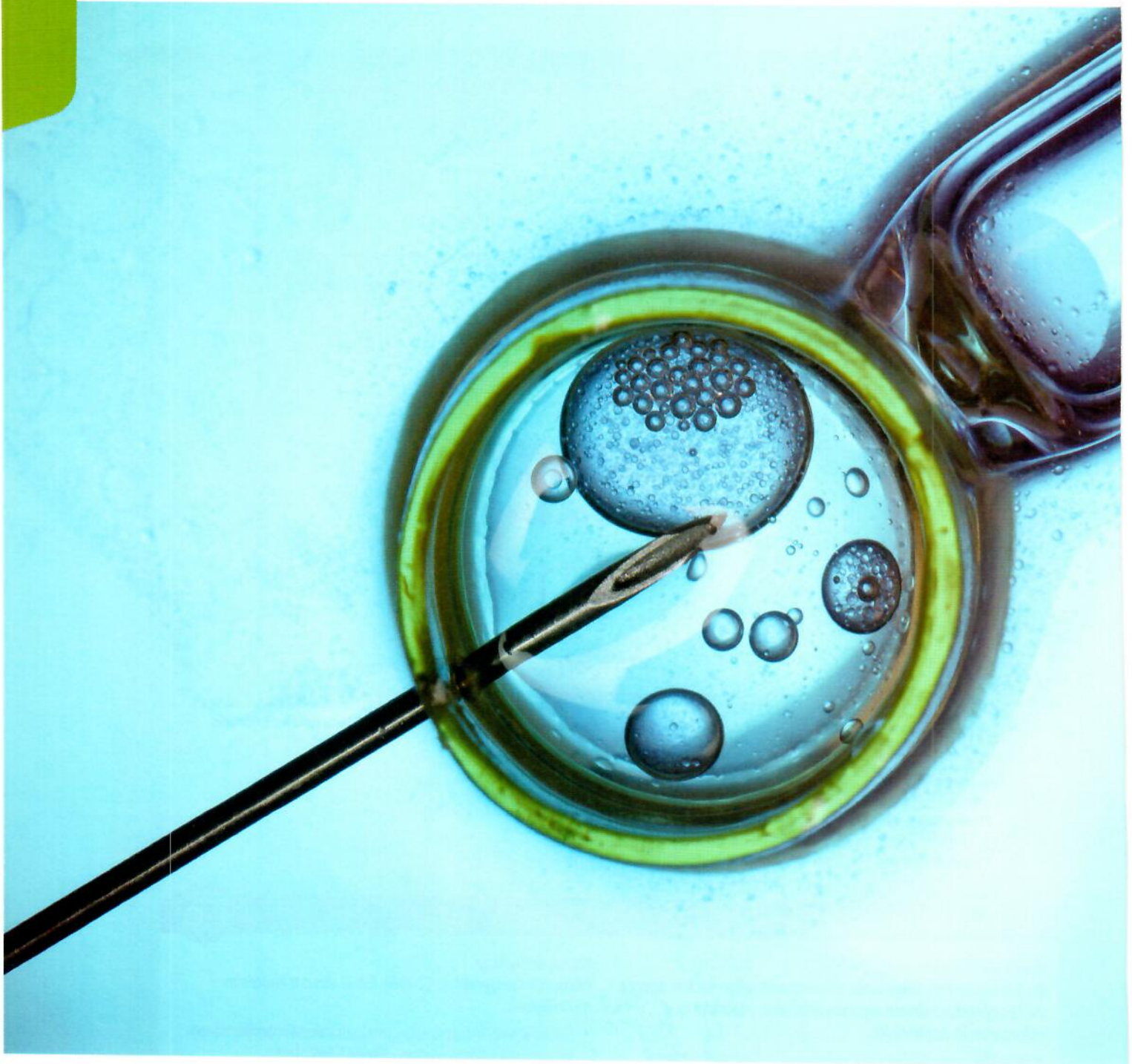
Para ampliar

National Geographic (2006). *En el vientre materno: mamíferos*.

- http://www.documaniatv.com/naturaleza/mamiferos-en-el-vientre-matemo-video_33eea12e4.html

A través de una combinación de ecógrafos 3D, imágenes creadas por computadoras y cámaras diminutas, un equipo de National Geographic ha logrado grabar el embarazo, desde la concepción hasta el nacimiento, de elefantes, delfines y perros.

El documental muestra impresionantes e insólitas imágenes del desarrollo de estos tres mamíferos durante la gestación; además, plantea algunas cuestiones relevantes sobre el camino evolutivo de estas especies.



IDEAS CLAVE

- La reproducción humana
- La producción de gametos
- El ciclo menstrual y la fecundación
- El desarrollo embrionario humano
- Métodos de prevención del embarazo
- Técnicas de reproducción asistida
- Embarazo y parto
- El ciclo de vida humano (infancia, adolescencia, edad adulta y senectud)

La fecundación *in vitro* se produce al introducir los espermatozoides en un medio de cultivo donde se encuentran los óvulos.

6

La reproducción humana

LEEMOS

El embarazo

Claudia y José se casaron hace 10 años. Ellos se conocieron en la secundaria, y a finales del último año estaban enamorados. Su matrimonio fue celebrado con mucho amor entre familiares y amigos quienes les recordaban que al llegar los hijos su hogar se colmaría de felicidad. Luego de años de intentarlo, los resultados no fueron satisfactorios. Por eso, se encuentran contemplando la posibilidad de someterse a un tratamiento de reproducción asistida.

La reproducción asistida es el conjunto de tratamientos médicos que facilitan o reemplazan a los procesos naturales de la reproducción sexual frente a una condición de infertilidad en alguno o ambos padres. Entre los tratamientos empleados se presentan a la inseminación artificial y la fecundación *in vitro* (FIV).

Como cualquier tratamiento médico, la reproducción asistida conlleva algunos riesgos a la salud del futuro bebé y de la madre, por ejemplo, embarazos múltiples, ectópicos, síndrome de hiperestimulación ovárica, malformaciones congénitas.

¿Por qué buscamos reproducirnos? ¿Qué factores están relacionados con la infertilidad? ¿Qué tratamiento de reproducción asistida es el menos invasivo? Si la medicina para la reproducción asistida presenta un potencial riesgo a la salud de la madre y el futuro bebé, ¿consideran que los médicos especialistas actúan de manera correcta al ofrecer estos tratamientos contra la infertilidad? ¿Cómo se forma y se desarrolla el embrión?

LO QUE DEBEMOS APRENDER

Al finalizar esta unidad, conocerás la importancia de reproducción sexual humana, así como la salud sexual y reproductiva. Podrás tomar decisiones justificadas e informadas sobre el ejercicio de la sexualidad. Ejercerás tu juicio crítico en la valoración de las prácticas de reproducción asistida. También reflexionarás acerca de la prevención de las infecciones de transmisión sexual y la importancia de los métodos de prevención del embarazo.

Shutterstock

Introducción a la unidad

La reproducción del ser humano es muy importante a nivel biológico y social, pues condiciona la supervivencia de nuestra especie. Esta unidad promueve la igualdad de género masculino y femenino, respecto a la responsabilidad compartida en el mantenimiento de la salud sexual. Se presentan las características del ciclo reproductivo y del embarazo, los distintos

métodos de prevención del embarazo disponibles en nuestro país y cuáles son efectivos para prevenir las infecciones de transmisión sexual. Esta unidad resalta la importancia de tomar decisiones informadas para una sexualidad responsable, segura y satisfactoria. Finaliza con la valoración de la participación de la tecnología en los procesos de reproducción asistida en caso de esterilidad.

La reproducción humana: hombres y mujeres

Como todos los mamíferos, los humanos nos reproducimos sexualmente. Por lo tanto, intervienen dos progenitores, el padre y la madre.

Las diferencias sexuales

La reproducción humana es exclusivamente sexual. Intervienen el hombre y la mujer, que presentan diferencias físicas, es decir, **dimorfismo sexual**. Estas diferencias reciben el nombre de caracteres sexuales. Se distinguen dos tipos:

- **Caracteres sexuales primarios.** Aquellos con los que se nace, y se limitan a los sistemas reproductores masculino y femenino.
- **Caracteres sexuales secundarios.** Se adquieren cuando se produce la maduración de los órganos sexuales que comienzan a producir hormonas.

PARA SABER MÁS

El sexo depende de los cromosomas

De los 46 cromosomas de las células somáticas humanas, 44 son autosomas (no sexuales) y dos son sexuales (el X y el Y).

La mujer tiene dos cromosomas X en sus células somáticas, y el hombre tiene un cromosoma X y uno Y.

Los óvulos siempre tienen 22 autosomas y un cromosoma X; los espermatozoides, 22 autosomas y un cromosoma X o un cromosoma Y.

El sexo del nuevo ser se determina según el cromosoma sexual (X o Y) que porta el espermatozoide que fecunde al óvulo.

Caracteres sexuales secundarios		
Hombres		Mujeres
• Mayor desarrollo de la musculatura, en general. • Hombros y caja torácica más anchos. • Presencia de vello en la cara y por todo el cuerpo. • Laringe ensanchada, por lo que la voz es más grave.		• Desarrollo de las mamas, que solo producirán leche tras el parto. • Acumulación de grasa en las caderas y los muslos. • El vello corporal se concentra en el pubis y en las axilas. • Caderas más anchas, para facilitar el parto.

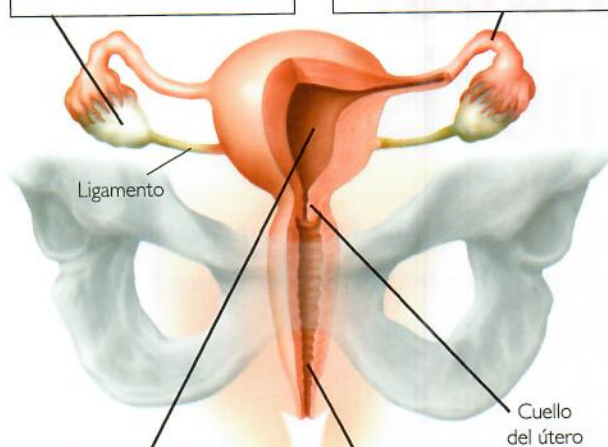


El sistema reproductor femenino

Ovarios. Tienen la forma y el tamaño de una almendra. Están unidos al útero mediante un ligamento. En ellos maduran los óvulos.

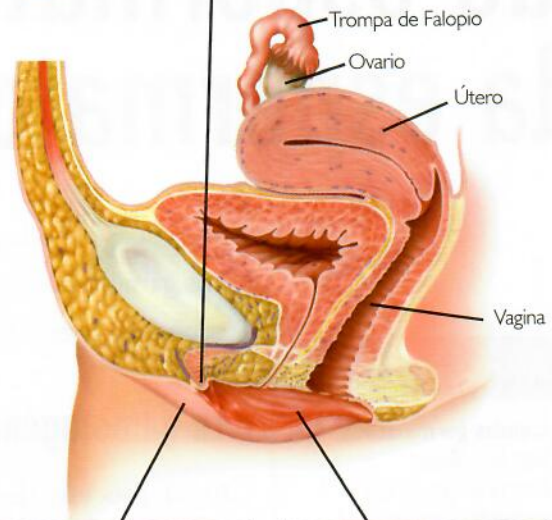
Trompas de Falopio. Conductos que comunican cada ovario con el útero. Su interior está tapizado de cilios que empujan al óvulo hacia el útero.

Clítoris. Órgano saliente que presenta muchas terminaciones nerviosas, por lo que tiene mucha sensibilidad. Se encuentra en el punto de unión de los labios menores por su zona anterior.



Útero. Órgano hueco, con el interior recubierto por un epitelio muy vascularizado, el endometrio, donde se implanta el óvulo fecundado. Tiene un estrechamiento, llamado cuello del útero, que comunica con la vagina.

Vagina. Conducto de paredes musculosas, que comunica el útero con el exterior. Su extremo inferior se abre al exterior mediante la abertura vaginal.



Labios mayores. Repliegues de piel, situados entre los muslos, que cubren el resto de los genitales externos.

Labios menores. Repliegues de piel fina y sensible, que quedan cubiertos por los labios mayores.

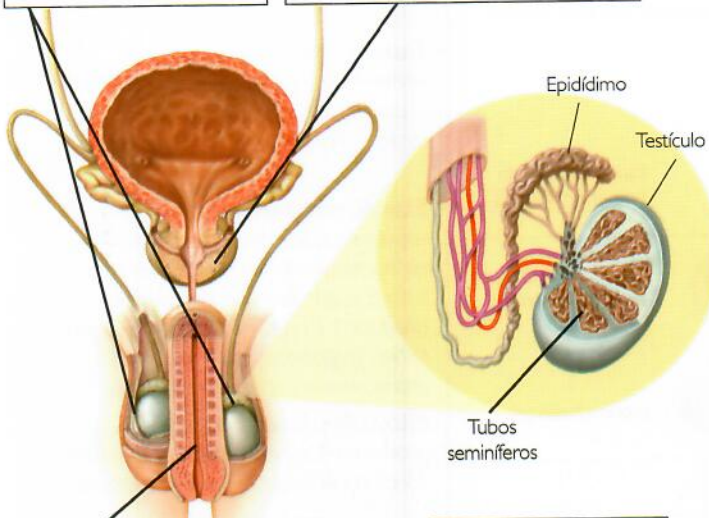
El sistema reproductor masculino

Testículos. Glándulas situadas en el escroto. En los túbulos seminíferos de su interior, se producen los espermatozoides.

Próstata. Glándula del tamaño de una nuez que envuelve la uretra. Produce el líquido prostático, que protege a los espermatozoides contra la acidez de la uretra y de la vagina.

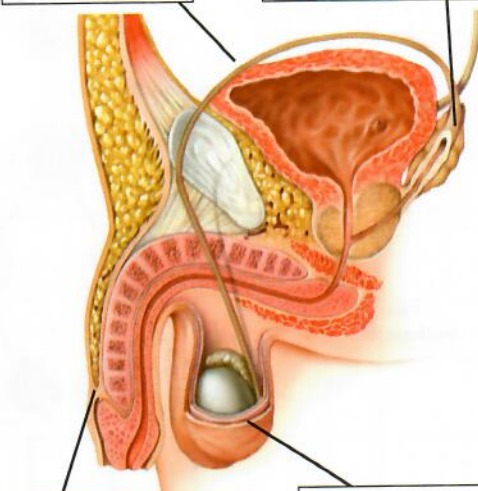
Conductos deferentes. Continuación de los epidídimos, que confluyen en la uretra.

Vesículas seminales. Glándulas que producen el líquido seminal, en el que nadan los espermatozoides. Desembocan en los conductos deferentes.



Uretra. Conducto que comunica con el exterior. Sus paredes musculosas se contraen rítmicamente durante la eyaculación, impulsando a los espermatozoides.

Epidídimo. Tubo largo, muy fino y enroscado, situado sobre cada testículo. En su interior maduran los espermatozoides.



Pene. Órgano cilíndrico, cuyo extremo, el glande, está ensanchado y cubierto por el prepucio, un repliegue de la piel que puede retraerse.

Escroto. Bolsa formada por piel y membranas que recubren los testículos y los aloja fuera del abdomen. Esta piel tiene muchas glándulas sebáceas.

La producción de espermatozoides: la espermatogénesis

El proceso mediante el cual los hombres y las mujeres producen sus gametos es la gametogénesis. En los hombres se produce la espermatogénesis y en la mujer, la ovogénesis.

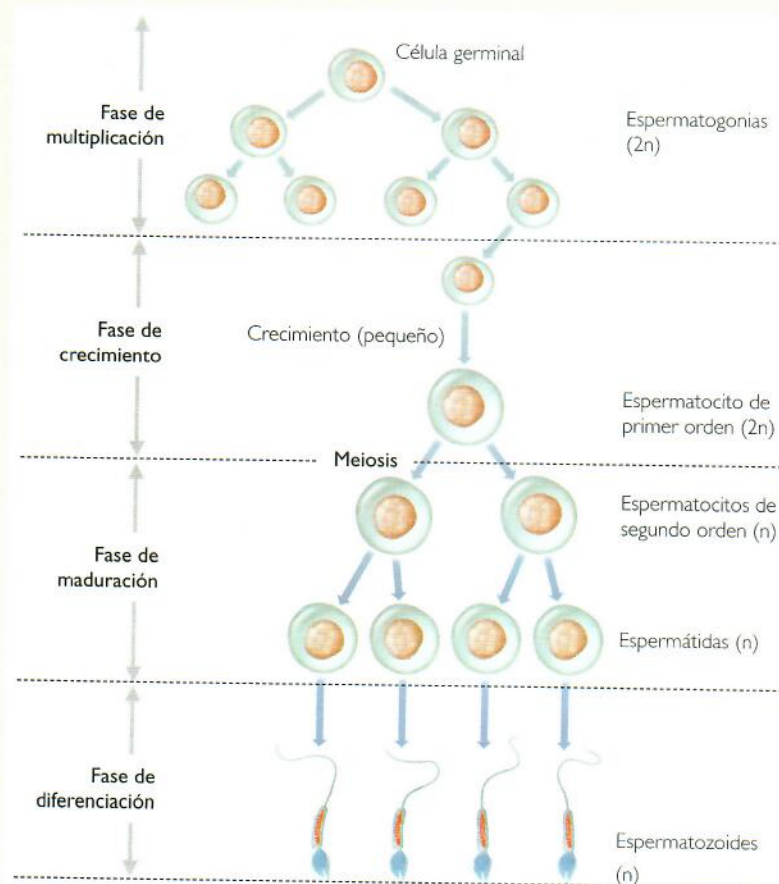
GLOSARIO

Células germinativas. Son las células precursoras de los gametos (óvulos y espermatozoides) en los organismos con reproducción sexual.

La gametogénesis

Es el proceso de formación de gametos (células haploides) a partir de células germinativas (diploides), mediante la meiosis en las gónadas. La espermatogénesis tiene lugar en los testículos y origina los espermatozoides (gametos masculinos); la ovogénesis se lleva a cabo en los ovarios y da lugar a los óvulos (gametos femeninos).

LAS FASES DE LA ESPERMATOGÉNESIS



- **Fase de multiplicación.** En los testículos se hallan las células precursoras de los gametos masculinos, llamadas células germinales (diploides). Al llegar la pubertad, estas células se comienzan a dividir por mitosis y dan lugar a las espermatogonias (diploides).

- **Fase de crecimiento.** Las espermatogonias aumentan de tamaño y dan lugar a espermatozoides de primer orden (diploides).

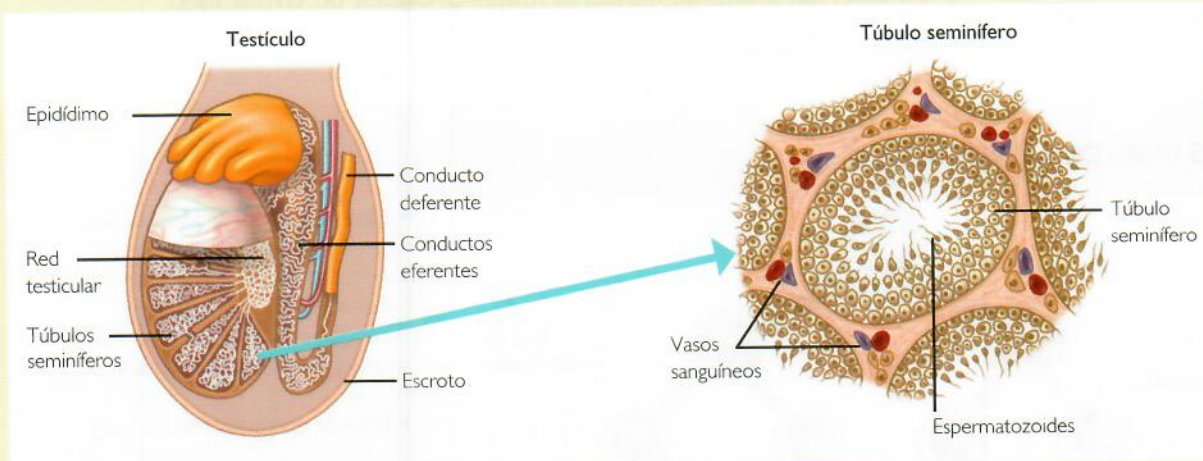
- **Fase de maduración.** Los espermatozoides de primer orden (que en humanos tienen 46 cromosomas) sufren la primera división meiótica y producen 2 espermatozoides de segundo orden (haploides), que tienen 23 cromosomas con dos cromátidas. Estos sufren la segunda meiosis y producen 4 espermátidas, que poseen 23 cromosomas con una sola cromátida.

- **Fase de diferenciación.** Las espermátidas dan lugar a espermatozoides mediante un proceso de diferenciación celular, que implica la aparición de flagelo.

Los testículos y la espermatogénesis

La espermatogénesis se produce en el interior de las gónadas masculinas, los testículos, que se encuentran formados por lóbulos, los cuales presentan unos conductos llamados tubos seminíferos. En el interior de estos tubos, en la zona más periférica, se hallan las células germinales, las que se van a diferenciar hasta producir los espermatozoides, que se encuentran en la parte central del tubo.

ESTRUCTURA DEL TESTÍCULO



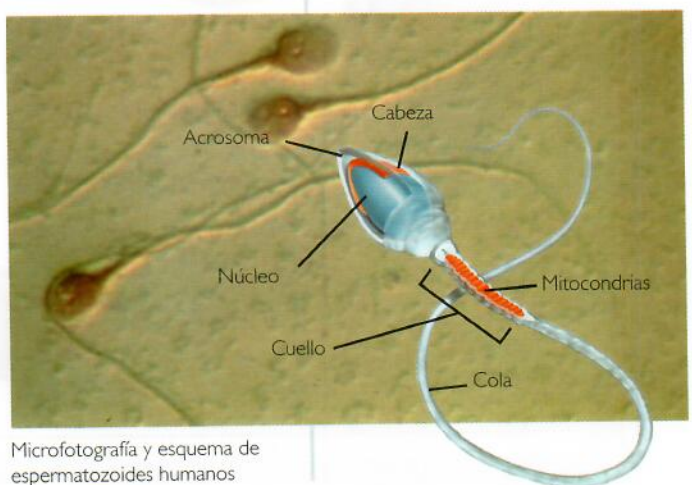
MICROFOTOGRAFÍA DE UN TÚBULO SEMINÍFERO



Los espermatozoides

Son células muy diferenciadas. Su característica más llamativa es el gran flagelo que emplean para desplazarse. Son mucho más pequeños que el óvulo y constan de tres partes:

- **Cabeza.** Alberga el núcleo y el acrosoma, que contiene enzimas. Sirven para que el espermatozoide pueda penetrar dentro del óvulo.
- **Cuello.** Contiene numerosas mitocondrias, que proporcionan energía a la célula.
- **Cola.** Es el flagelo que impulsa al espermatozoide.

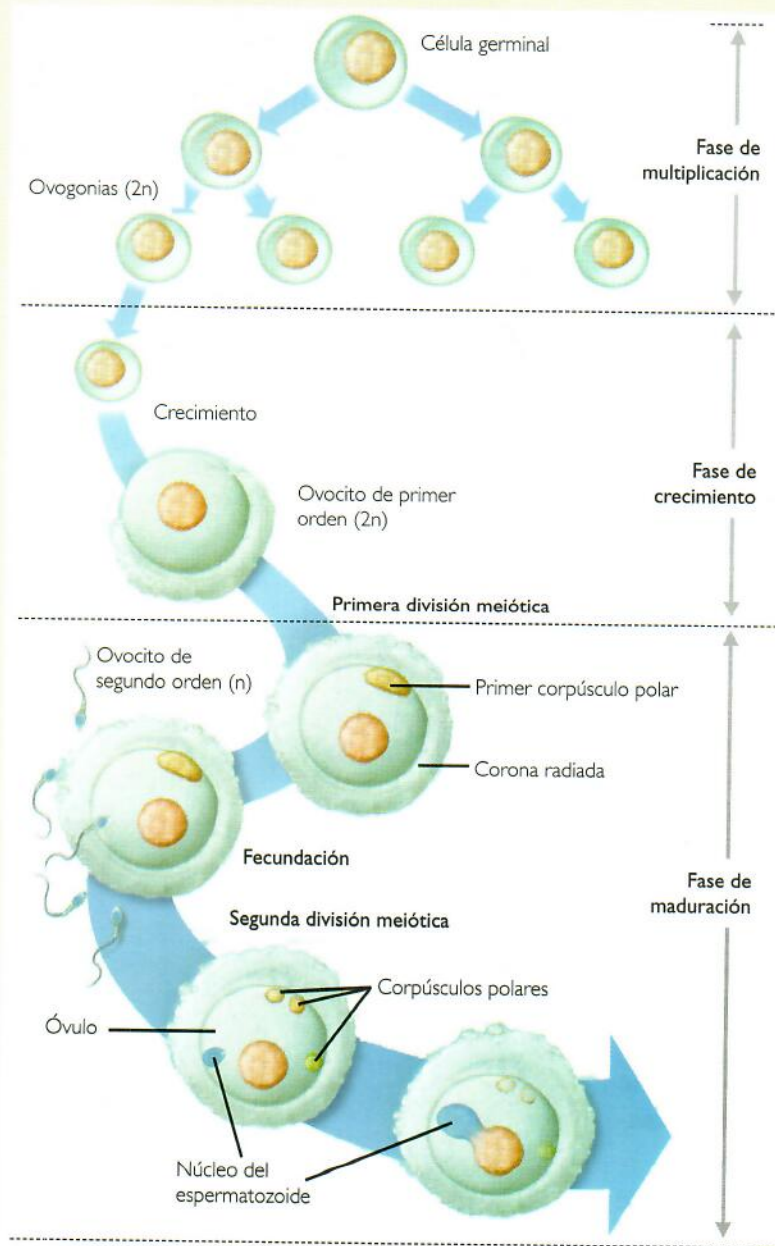


Microfotografía y esquema de espermatozoides humanos

La producción de óvulos: la **ovogénesis**

La producción de los óvulos es un proceso complejo. Cada 28 días, aproximadamente, la mujer produce un óvulo listo para ser fecundado.

LAS FASES DE LA OVOGÉNESIS



- **Fase de multiplicación.** Las células germinales (diploides), que se encuentran en el ovario, se dividen por mitosis y dan lugar a las ovogonias (diploides). Esta fase ocurre antes del nacimiento, en la fase fetal.

- **Fase de crecimiento.** Las ovogonias crecen y acumulan sustancias de reserva. Se transforman en ovocitos de primer orden (diploides), que están alojados en una especie de vesículas rodeadas por unas células llamadas foliculares.

El conjunto del ovocito y su cubierta de células constituye el folículo primario. Los ovocitos que contienen han comenzado la primera división meiótica, pero se encuentran detenidos en la profase. Por lo tanto, también se detiene la gametogénesis. Esta fase también ocurre durante la fase fetal.

- **Fase de maduración.** Con el inicio de la pubertad, se reanuda la gametogénesis. Varios ovocitos de primer orden comienzan a aumentar de tamaño y terminan la primera división meiótica. Se origina, por lo tanto, un ovocito de segundo orden (con 23 cromosomas) y un primer corpúsculo polar que degenera. Para que continúe el proceso debe producirse la fecundación.

Esto hace que tenga lugar la segunda división meiótica y se forme el óvulo (haploide), que tiene también 23 cromosomas. También se desarrolla un segundo corpúsculo polar.

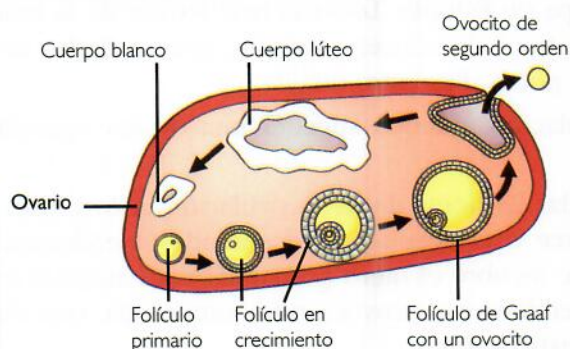
Puesto que ya se ha producido la fecundación, en el interior del óvulo se encuentra, además de su núcleo, el del espermatozoide.

Los ovarios y la ovogénesis

Los ovarios son dos órganos del tamaño y la forma de una almendra. Cerca de su superficie se encuentran los folículos. Cada 28 días, aproximadamente, un ovocito primario reanuda la meiosis. Cuando está a punto de terminar la primera división meiótica, el folículo que lo contiene aumenta mucho de tamaño y forma un folículo maduro o folículo de Graaf, que produce un abultamiento en la superficie del ovario. Cuando la presión del líquido en el interior del folículo sobrepasa cierto límite, el folículo “estalla” y expulsa el ovocito de segundo orden. La cicatriz que queda da origen al cuerpo lúteo, una estructura de gran importancia por su secreción hormonal. Si el ovocito no se fecunda, el cuerpo lúteo da lugar al cuerpo blanco, que degenera.

ESTRUCTURA DEL OVARIO

Esquema de un ovario



Microfotografía de un ovario



Ovocito

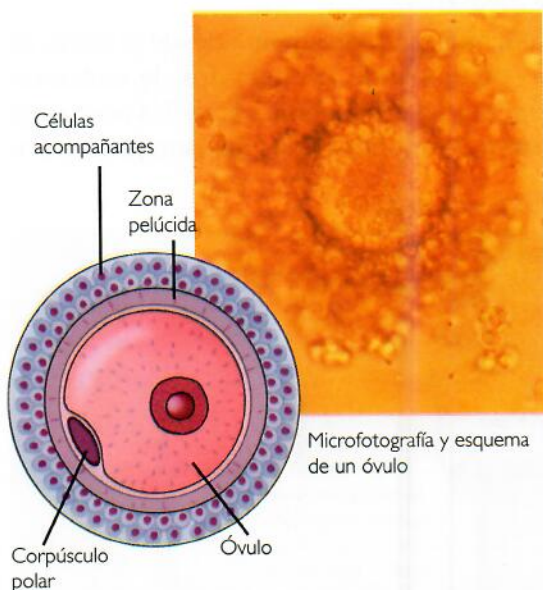
Folículo de Graaf

Folículos ováricos

El óvulo

Es una célula de gran tamaño, esférica e inmóvil. En ella se pueden distinguir varias partes:

- **Envolturas secundarias.** Tienen como misión proteger al óvulo. En primer lugar, está la membrana plasmática, que delimita el citoplasma. Por encima de ella está la zona pelúcida, con función protectora. Sobre ella, la corona radiada, formada por células foliculares acompañantes.
- **Citoplasma.** Acumula gran cantidad de sustancias de reserva, cuyo conjunto se denominada vitelo. En la periferia, se encuentran los gránulos corticales que forman la membrana de fecundación.
- **Núcleo.** Se localiza en un polo celular. El nucléolo presenta un tono oscuro y se denomina mancha germinativa.



SABÍAS QUE...

¿Cuántos óvulos tiene una mujer?

Al nacer, en el conjunto de los dos ovarios hay unos 750 000 ovocitos. De estos, a partir de la pubertad, en el curso de la vida reproductora de la mujer, solo madurarán entre 300 a 400, al ritmo de uno cada 28 días. El resto degenera.

El ciclo menstrual

PARA REFLEXIONAR

Los mitos de la menstruación

En tiempos antiguos, y hoy día en algunas sociedades, la mujer se consideraba "impura" durante la menstruación.

Se les prescribían baños rituales tras terminar la menstruación, a fin de "purificarse" o, incluso, se las expulsaba de los poblados durante esos días.

La menstruación es una fase más del ciclo reproductor femenino, en el que la mujer puede hacer una vida totalmente normal.

- ¿Cómo explicarías tú esta situación a las personas que aún consideran la menstruación como un estado impuro? Analiza la situación y argumenta tu respuesta.

La primera menstruación es la última etapa del ciclo de producción de óvulos que puedan ser fecundados.

Panorama del ciclo menstrual

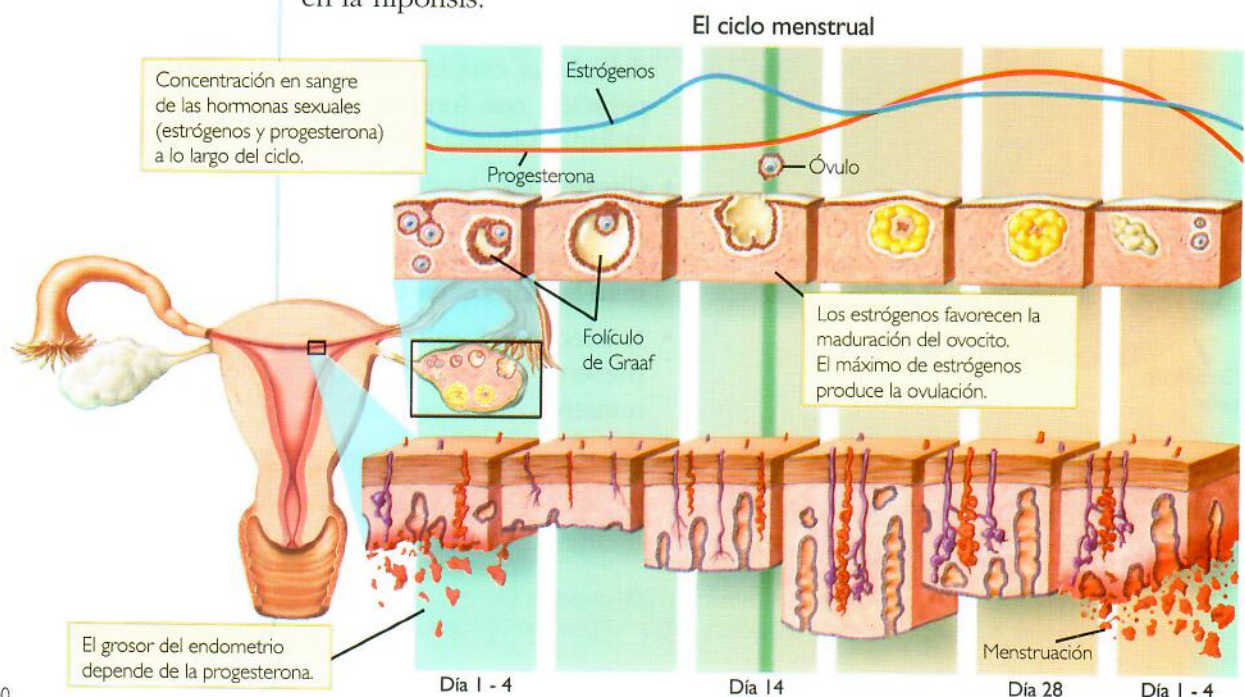
El ciclo menstrual es el conjunto de cambios periódicos que suceden en el ovario y en el útero de la mujer, y cuya finalidad es preparar al organismo para la liberación de un óvulo y su posible fecundación.

Cada ciclo menstrual tiene una duración aproximada de 28 días. Hacia la mitad del ciclo se produce la ovulación, el proceso de liberación de un óvulo de un ovario hacia la trompa de Falopio. Los días más fértiles de la mujer, cuando más probabilidades tiene de concebir un hijo, son alrededor de la ovulación, sobre todo unos pocos días antes de ella.

Una vez producida la ovulación, pueden suceder una de las siguientes situaciones:

- Si después de transcurridas 24 horas desde la ovulación el óvulo no es fecundado, muere. Catorce días después se desprende el endometrio, la capa vascularizada que recubre el útero preparada para alojar el embrión. La expulsión del endometrio provoca una hemorragia, que dura unos 5 días, llamada **menstruación**.
- Si el óvulo es fecundado, se produce el embarazo y el ciclo menstrual se detiene hasta que finalice la gestación.

Los ciclos menstruales se van sucediendo periódicamente desde el inicio de la pubertad hasta la menopausia (exceptuando los periodos de embarazo si los hubiera), y están regulados por la acción combinada de las hormonas sexuales, que se producen en el ovario, y de hormonas que son producidas en la hipófisis.



Las fases del ciclo menstrual

En realidad, en lo que llamamos ciclo menstrual participan tres ciclos diferentes, que se recogen en la ilustración de la página anterior.

- **El ciclo de las hormonas de la hipófisis.** En la hipófisis se producen dos hormonas: la estimulante del folículo (FSH) y la luteinizante (LH). La concentración de estas hormonas varía periódicamente.
- **El ciclo ovárico.** Es controlado por el ciclo de las hormonas hipofisarias. Ocurre en el ovario y consiste en que cada 28 días comienza a madurar un folículo ovárico, se transforma en un folículo maduro y libera un ovocito. Tras ello, los restos del folículo forman el cuerpo lúteo.
- **El ciclo menstrual.** Depende del ciclo ovárico y tiene su origen en los cambios que experimenta la capa más interna del útero, que recibe el nombre de endometrio. Cada ciclo, el endometrio aumenta de tamaño y se llena de vasos sanguíneos, a fin de albergar un embrión, producto de la fecundación del óvulo. Cuando la fecundación no se produce, el endometrio se desprende y es expulsado por la vagina, lo que constituye la menstruación.

FASE FOLICULAR

Se produce entre el día 1 y el día 14 del ciclo, aproximadamente. El aumento de la concentración de FSH hace que uno o varios folículos comiencen a crecer y a desarrollarse, hasta transformarse en folículos maduros o folículos de Graaf. Al comienzo de esta fase, se produce la menstruación; es decir, la descamación del endometrio del útero, producido durante el ciclo anterior. Precisamente, es el inicio de la menstruación lo que define el día 1 del ciclo.

El folículo en desarrollo produce estrógenos, unas hormonas que tienen por función desarrollar, nuevamente, el endometrio del útero para alojar a un nuevo embrión.

OVULACIÓN

El aumento de la concentración de la hormona hipofisaria LH provoca la ovulación, es decir, la expulsión del ovocito del folículo. Como consecuencia, queda en el ovario una cicatriz, el cuerpo lúteo.

La ovulación se produce, aproximadamente, hacia el día 14 del ciclo.

El ovocito pasa a las trompas de Falopio, donde sobrevive alrededor de 24 horas. Si tras 24 horas no se ha producido la fecundación, el ovocito muere.

FASE LÚTEA

El cuerpo lúteo segrega la hormona progesterona, la cual promueve que el endometrio del útero alcance su máximo grosor, con abundantes vasos sanguíneos, esperando para recibir al embrión. Al final de esta etapa, si no se ha producido la fecundación, el cuerpo lúteo degenera y deja de segregar progesterona. Con esto culmina el ciclo, pero es la falta de progesterona lo que hace que, al inicio del siguiente ciclo, se desprenda el endometrio.

SABÍAS QUE...

¿Cuándo llega la regla?

El periodo en que se produce la primera regla o menstruación es la menarquia.

Normalmente aparece entre los 10 y los 15 años de edad. La duración normal es de 2 a 7 días de sangrado (antes o después puede haber sangrado de color amarillado).

El periodo en que se produce la última menstruación es la menopausia, y suele ocurrir entre los 45 y los 55 años.

EN LA WEB

http://www.womenshealth.gov/espanol/embarazo/images/el_ciclo_menstrual2.swf

El ciclo menstrual.

SABÍAS QUE...

Ciclos irregulares

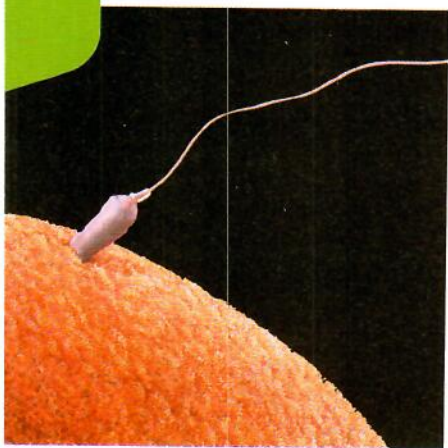
El ciclo menstrual no ocurre siempre de la misma manera. Puede ser más o menos largo, y la ovulación también puede adelantarse o retrasarse algunos días. Además, es frecuente que los primeros ciclos menstruales, en la pubertad, sean más irregulares, pues las hormonas aún no se estabilizan. Por otra parte, algunas mujeres tienen ciclos menstruales

más irregulares que otras, generalmente debido a quistes ováricos, estrés u otros agentes.

La duración total del ciclo puede oscilar entre unos 23 y 35 días, sin que sea anormal.

Es frecuente que la mujer tenga dolor antes o durante la menstruación. En este caso, debe acudir a la consulta de ginecología.

La fecundación



Llegada del espermatozoide al óvulo, para producir la fecundación.

El momento mágico, por excelencia, en el proceso de la reproducción es el de la fecundación, cuando de la unión de un óvulo y un espermatozoide surge la primera célula de un nuevo ser.

El camino de los espermatozoides

La fecundación en nuestra especie es interna. Esto quiere decir que los espermatozoides deben ingresar al sistema reproductor femenino, donde se encuentra el óvulo. Esto ocurre durante el acto sexual o cópula.

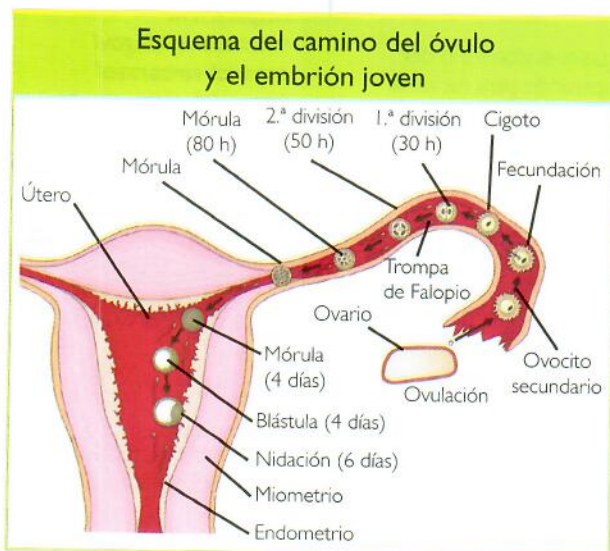
En la cópula, el pene del hombre se introduce en la vagina de la mujer, donde expulsa el semen. Para ello, se debe producir la erección, que consiste en un aumento del tamaño y la rigidez del pene. La erección se produce por la entrada de sangre en los cuerpos cavernosos del pene, unas masas de tejido esponjoso que se encuentran en su interior.

La expulsión del semen o eyaculación se produce por la contracción de diversos músculos de la zona pélvica. El semen contiene entre 20 y 150 millones de espermatozoides por mililitro y además, sustancias nutritivas y otras que favorecen su movimiento.

Los espermatozoides, gracias a su flagelo y a las contracciones del sistema reproductor femenino, llegan hasta el útero y, desde allí, pasan a las trompas de Falopio donde pueden permanecer unos 3 días antes de morir.

El camino del óvulo

El ovocito de segundo orden abandona el ovario, en un proceso llamado ovulación. El extremo en forma de embudo de la trompa de Falopio, así como todo su interior, está recubierto de células con cilios, cuyo movimiento hace que el ovocito llegue a las trompas y comience a descender por ellas.



Una vez en la trompa de Falopio, el ovocito solo sobrevive durante unas 24 horas. Si durante ese lapso se encuentra con espermatozoides, estos lo rodearán y uno de ellos podrá fecundarlo.

La entrada de un espermatozoide impide que pueda entrar algún otro. Si no ha ocurrido la fecundación, el ovocito, simplemente, degenera.

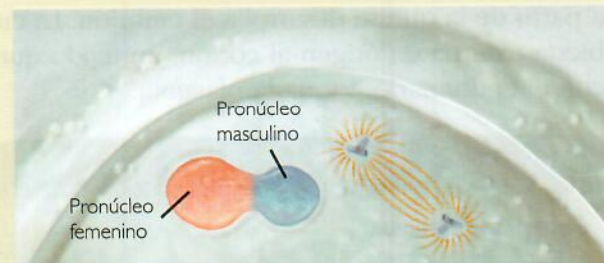
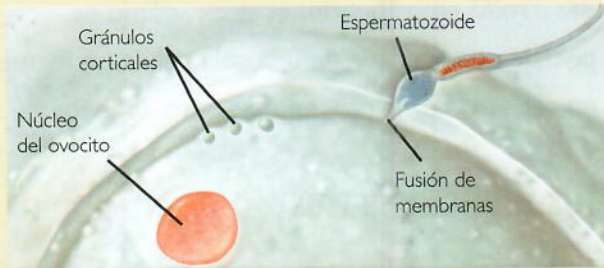
Si se produce la fecundación, se forma el cigoto, la primera célula del nuevo ser. El cigoto comienza a dividirse al tiempo que sigue descendiendo hacia el útero, donde llega en el estadio de mórula.

Cuando ha pasado al estadio de blástula, se introduce en el endometrio, que está preparado para albergarlo, lo que recibe el nombre de implantación o nidación.

LA FECUNDACIÓN PASO A PASO

Cuando un espermatozoide hace contacto con el ovocito, se liberan las enzimas del acrosoma, que permiten que el núcleo del espermatozoide penetre en el ovocito.

Esto tiene varias consecuencias. Por una parte, el contenido de los gránulos corticales sale del ovocito y da origen a la membrana de fecundación, que impide el paso de otros espermatozoides. Por otra parte, induce al ovocito a completar la meiosis, con lo cual se forma el pronúcleo



femenino y un corpúsculo polar. Tras esto, se produce la unión de los dos pronúcleos, el masculino y el femenino, en un proceso denominado cariogamia.

El encuentro entre los gametos se realiza normalmente gracias a la movilidad del espermatozoide.

En la fecundación se distinguen las siguientes etapas:

- **Penetración del espermatozoide.** En mamíferos, el ovocito está rodeado de la corona radiada. El paso del espermatozoide a través de la corona, se realiza mediante la enzima hialuronidasa del acrosoma.

Los espermatozoides llegan a la membrana pelúcida y se adhieren a su superficie. Gracias a las enzimas que se liberan desde el acrosoma, un espermatozoide de todos los que llegan, consigue atravesar la membrana pelúcida, poniendo en contacto las membranas de ambos gametos y fusionándolas.

- **Activación del óvulo.** En el punto de contacto con el espermatozoide, el citoplasma del ovocito produce un cono de fecundación que engloba paulatinamente al espermatozoide y se retrae. La fusión de los gametos inicia la activación del óvulo, que completa la meiosis.

Los gránulos corticales provocan un cambio en la superficie del óvulo, formando la membrana de fecundación que impide la entrada de nuevos espermatozoides. El núcleo, un centriolo y algunas mitocondrias del espermatozoide penetran en el citoplasma del óvulo.

- **Unión de núcleos o cariogamia.** El núcleo espermático, que recibe ahora el nombre de pronúcleo masculino, se desplaza hacia el pronúcleo femenino, que también se mueve a su encuentro, desde la zona donde ha tenido lugar la segunda división meiótica, y se produce la cariogamia.

Los materiales genéticos de ambos pronúcleos quedan rodeados por una membrana común, formándose el sincarion, y constituyendo un cigoto diploide.

SABÍAS QUE...

Un viaje arriesgado

De los más de sesenta millones de espermatozoides que generalmente hay en una eyaculación de unos 3 mililitros de semen, tan solo el 1 % consigue ascender por el útero a causa de la acidez del medio vaginal, y únicamente unos cuantos centenares llegan al tramo de las trompas de Falopio donde tiene lugar la fecundación. Si esta no se produce, mueren a las 72 horas.

La distancia recorrida por los espermatozoides es de unos 16 centímetros, y su velocidad aproximada, de 3 mm/minuto.

GLOSARIO

Acrosoma. Depósito en la cabeza del espermatozoide con enzimas hidrolíticas.

Gránulos corticales. Organelos esféricos de los gametos femeninos con enzimas hidrolíticas.

El desarrollo embrionario humano



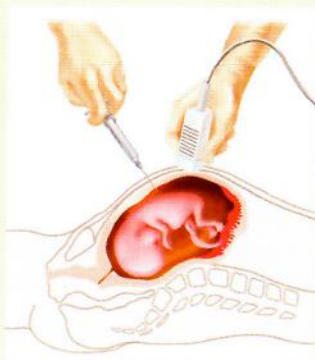
Embrión humano de unos tres meses tras la concepción. Se observa el cordón umbilical, que lo une con la placenta.

PARA SABER MÁS

Amniocentesis

Esta técnica consiste en la extracción del líquido amniótico mediante una punción abdominal, y bajo control ecográfico para evitar daños al feto.

El líquido amniótico contiene células de descamación fetal que se cultivan durante varias semanas en un medio adecuado y, posteriormente, se utilizan para realizar un cariotipo. Así pueden detectarse anomalías cromosómicas como el síndrome de Down. Se realiza entre la semana 15 y 18 de gestación, solo en algunos casos.



EN LA WEB

https://www.youtube.com/watch?v=C_pjX7dq2oY
Desarrollo embrionario semana a semana.

Uno de los grandes retos de la biología moderna es averiguar cuáles son los mecanismos del desarrollo embrionario; es decir, cómo es posible que, a partir de una sola célula, se forme un ser vivo completo, en este caso, un bebé.

Los primeros pasos

El desarrollo embrionario empieza poco después de producirse la fecundación. El cigoto comienza a experimentar divisiones sucesivas y sigue haciéndolo a medida que se desplaza hacia el útero. Al alcanzar el estadio de blástula, se implanta en el endometrio del útero.

Cuando el embrión contacta con el útero, produce una hormona, la gonadotropina coriónica, la cual evita que degenera el cuerpo lúteo; de modo que este continúa en funcionamiento y se interrumpe el ciclo menstrual.

La blástula humana es una cavidad más o menos esférica, con una masa de células en su interior, a partir de la que se desarrolla el embrión. La cubierta externa da origen al corion, un tejido que, con el endometrio, forma la placenta.

SABÍAS QUE...

Gemelos y mellizos

Los verdaderos gemelos, llamados gemelos monocigóticos, provienen de la fecundación de un óvulo por un espermatozoide. El cigoto, posteriormente, se divide en dos, desarrollándose dos fetos, que tienen el mismo material genético y, por lo tanto, son del mismo sexo.

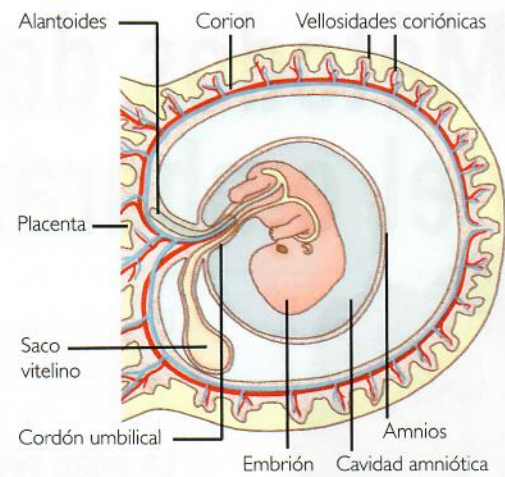
Los mellizos, llamados también gemelos dicigóticos, se producen por la fecundación de dos óvulos y dos espermatozoides al mismo tiempo. Los dos individuos pueden ser del mismo o de distinto sexo y no se parecen entre sí más que dos hermanos nacidos en diferente parto.



Los anexos embrionarios

Los embriones están recubiertos por un conjunto de cavidades y membranas que participan en la protección y la nutrición del embrión. En el ser humano podemos distinguir:

- **Corion.** Es la membrana más externa, que ayuda al embrión a implantarse en el útero. Produce unas prolongaciones, las vellosidades coriónicas, repletas de vasos sanguíneos, que se introducen en el endometrio. De este modo, el endometrio y el corion quedan íntimamente unidos y dan origen a la placenta.
- **Amnios.** Es una membrana que recubre al embrión. Está rellena de líquido y tiene una función protectora.
- **Saco vitelino.** En él se forman células sanguíneas al comienzo del desarrollo. Posteriormente, disminuye de tamaño, hasta desaparecer.
- **Alantoides.** Participa en la alimentación, la circulación y la excreción del embrión.
- **Cordón umbilical.** Contiene los vasos sanguíneos que comunican el embrión con la placenta, el saco vitelino y el alantoides.



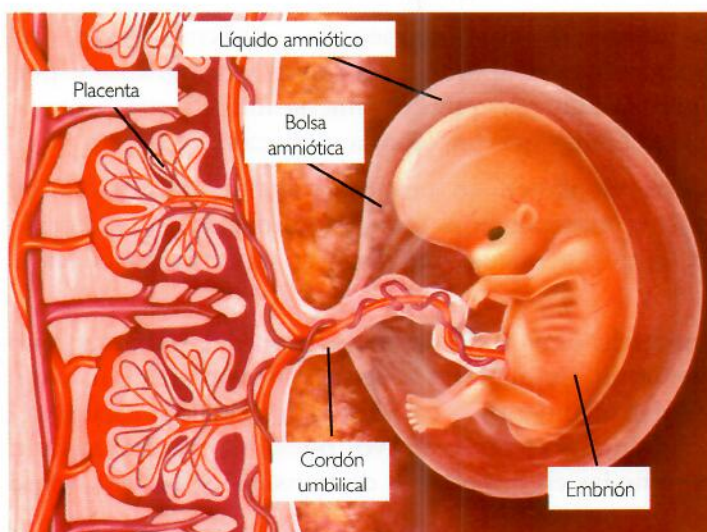
La placenta

Es el órgano que permite que los mamíferos tengan partos de crías bien desarrolladas. Su función es facilitar la transferencia de oxígeno, nutrientes y sustancias de desecho entre la madre y el embrión en desarrollo.

La placenta la forman tanto la madre como el embrión. En su formación interviene el corion embrionario y el endometrio del útero.

La madre cede al embrión nutrientes y oxígeno. Del embrión pasan a la madre dióxido de carbono y otras sustancias de excreción, como la úrea.

La comunicación entre el embrión y la placenta se realiza a través del cordón umbilical, por donde discurren tres vasos sanguíneos: dos venas que llevan sustancias de desecho del embrión a la madre, y una arteria que transporta nutrientes de la madre al embrión.



Esquema de un embrión humano unido a la placenta

PARA SABER MÁS

La ecografía

Es una técnica inocua que se basa en la emisión de ultrasonidos, tan agudos, que son inaudibles. Los ultrasonidos rebotan en los tejidos del cuerpo, y el análisis de esos rebotes permite crear una imagen del interior del útero, estudiar si presenta alguna malformación y averiguar el sexo antes de que nazca el bebé.

La ecografía 3D está basada en la obtención del volumen fetal, lo que permite captar imágenes en dos planos. Con la ecografía 4D o en tiempo real se visualizan movimientos corporales y expresiones faciales del feto.





Métodos de prevención del embarazo



Shutterstock

Planificación familiar. Los métodos de prevención del embarazo permiten decidir cuándo tener hijos.

PARA REFLEXIONAR

Un método poco seguro

Uno de los métodos de prevención del embarazo menos seguros es el *coitus interruptus* ("marcha atrás"), que consiste en extraer el pene de la vagina, interrumpiendo el acto sexual antes de la eyaculación.

Este método es muy poco eficaz, ya que en el líquido prostático, que se segrega mucho antes de la eyaculación, hay espermatozoides suficientes para que se produzca un embarazo.

- Investiga y analiza la eficacia de este método en el puesto de salud más cercano.

En la especie humana y en nuestra sociedad, las relaciones sexuales no van necesariamente unidas a la reproducción.

La edad reproductiva

Desde la pubertad, tanto las mujeres como los hombres tienen la posibilidad de ser padres. El cuerpo femenino se prepara cada 28 días aproximadamente para albergar un feto. Las mujeres presentan caderas anchas para permitir la salida del bebé por la vagina.

Los métodos de prevención del embarazo permiten la regulación de la natalidad.

Tipos de métodos de prevención del embarazo

Existen, básicamente, cuatro tipos de métodos de prevención del embarazo:

- **Métodos naturales.** De los 28 días que dura el ciclo menstrual femenino, solo hay 4 o 5 días en los que se puede producir la fecundación. El óvulo solamente sobrevive un día en las trompas de Falopio, y los espermatozoides hasta 3 días como máximo. Por lo tanto, una mujer tiene mayores posibilidades de quedar embarazada si mantiene relaciones sexuales desde 5 días antes hasta un día después de la ovulación. Detectar cuándo ocurre la ovulación es difícil, pues los ciclos no son tan regulares.
- **Métodos de barrera.** Se basan en impedir físicamente la fecundación, dificultando o impidiendo que los espermatozoides lleguen hasta el óvulo. Algunos de estos métodos, como el preservativo, tienen la ventaja de que previenen las enfermedades de transmisión sexual.
- **Métodos químicos.** Existen dos tipos de métodos químicos: los espermicidas, que son sustancias que se aplican en la vagina y matan a los espermatozoides, y la píldora anticonceptiva, un medicamento que contiene diversas hormonas femeninas que impiden la ovulación.
- **Métodos quirúrgicos.** Consisten en una intervención quirúrgica que evita que los gametos masculinos o femeninos realicen su recorrido normal. Se impide así que se encuentren y, por lo tanto, se produzca la fecundación.

Cada pareja puede emplear el método de prevención del embarazo que le resulte más conveniente, de acuerdo con sus necesidades particulares. Para los jóvenes, especialmente si carecen de una pareja estable, el método más recomendable es el preservativo, pues resulta eficaz como anticonceptivo y previene las enfermedades de transmisión sexual, como el SIDA.

Resumen de los principales métodos anticonceptivos

EN LA WEB

<http://www.minsa.gob.pe/portada/Especiales/2010/pf/>
La planificación familiar.

Métodos	Descripción	Eficacia, ventajas e inconvenientes
Naturales: se basan en el ciclo menstrual de la mujer		
Ogino Temperatura basal Moco cervical	Métodos basados en la abstinencia de relaciones sexuales durante los periodos fértiles de la mujer.	Son métodos poco seguros. El riesgo de embarazo es bastante grande porque la fecha de la ovulación puede variar.
Mecánicos: actúan de barrera ante los espermatozoides		
Preservativo masculino	Delgada funda de material elástico, normalmente látex, que se coloca en el pene y recoge el semen.	Usado correctamente tiene una alta eficacia. Ayuda a prevenir las enfermedades de transmisión sexual.
Preservativo femenino	Vaina lubricada que se coloca en la vagina durante la relación sexual.	
Diafragma vaginal	Capuchón de goma que se coloca en el fondo de la vagina, alrededor del cuello del útero.	Requiere el asesoramiento de un ginecólogo. Tiene una eficacia media, aunque aumenta con el uso conjunto de espermicidas.
DIU (dispositivo intrauterino)	Pieza de metal o plástico con forma de espiral o de "T" que se introduce en el útero. Dificulta la fecundación e impide la nidación del cigoto.	Eficacia alta. Puede permanecer de 2 a 5 años en el útero bajo el control riguroso de un ginecólogo. Puede favorecer el desarrollo de infecciones y complicaciones serias si se produce un embarazo.
Químicos: se basan en el empleo de fármacos		
Espermicida	Crema o gel que se coloca en la vagina y mata los espermatozoides	Eficacia baja. Se usan como complemento de otros métodos.
Píldora anticonceptiva	Pastilla de naturaleza hormonal que impide la ovulación.	Eficacia muy alta. Puede causar efectos secundarios, sobre todo en el sistema circulatorio y en el hígado. Exige control médico.
Quirúrgicos: requieren una intervención quirúrgica		
Ligadura de trompas	Consiste en seccionar las trompas de Falopio para impedir el paso del óvulo hacia el útero.	Eficacia muy alta. Requiere anestesia general y a menudo es irreversible.
Vasectomía	Se seccionan y cosen los conductos deferentes, impidiendo la salida de espermatozoides.	Eficacia muy alta. Es un proceso quirúrgico sencillo que, algunas veces, puede revertirse.

DÓNDE INFORMARSE

A la hora de elegir un método de prevención del embarazo, es conveniente conseguir un buen asesoramiento. El lugar más adecuado para obtenerlo es un centro de planificación familiar.



PARA SABER MÁS

La píldora del día siguiente

La píldora del día siguiente o píldora poscoital es un método de urgencia, al que se puede recurrir cuando falla o no se ha usado un método anticonceptivo en las relaciones sexuales.

Es un medicamento hormonal que impide o retrasa la ovulación y, en la mayoría de los casos, evita el embarazo, pero nunca lo interrumpe, por lo que no es abortiva.

Se debe tomar lo antes posible, siendo lo mejor hacerlo en las primeras 24 horas y un máximo de 72 horas después del coito, pero hay que tener en cuenta que su efecto disminuye cuanto más se retrasa la toma.



La esterilidad. Técnicas de reproducción asistida

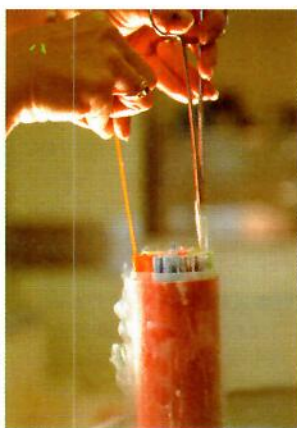
PARA SABER MÁS

Embriones congelados

Los embriones que no fueron transferidos en un ciclo de fecundación *in vitro* se congelan en nitrógeno líquido a -160°C para poder ser utilizados posteriormente ante una nueva gestación o cuando la fecundación ha sido infructuosa.

Los embriones congelados son custodiados por periodos de un año, prorrogables.

En el momento en que ya no se desee su custodia, es potestad de la pareja el decidir su destrucción, donación para investigación o donación para otras parejas con problemas reproductivos que deseen adoptarlos.



Banco de semen. Los espermatozoides pueden sobrevivir si se conservan a una temperatura muy baja.

Actualmente, la medicina ofrece distintas soluciones para las parejas que, por diversos problemas, no pueden tener hijos consigan tener descendencia.



Fecundación *in vitro*. En el monitor se observa un óvulo (en el centro) sujeto por una pipeta (a la izquierda). Se emplea otra pipeta muy fina (a la derecha) para introducir el espermatozoide.

La esterilidad

Muchas parejas no pueden tener descendencia debido a problemas de esterilidad. Las causas de la esterilidad son muy diversas:

- En la **mujer**, las obstrucciones en las trompas de Falopio son una de las causas más comunes. Otras están relacionadas con problemas de ovulación o de implantación del embrión en el útero.
- En el **hombre**, puede ser debida a la baja producción de espermatozoides o a alteraciones en su morfología o su movilidad.

Ante un problema de esterilidad, las parejas pueden optar por las denominadas técnicas de reproducción asistida o por la adopción.

Técnicas de reproducción asistida

Suponen un abanico de soluciones para las parejas estériles que desean tener hijos. Estas técnicas están reguladas por la ley, pues traen consigo la aparición de numerosos problemas de tipo ético. Las técnicas de reproducción asistida más utilizadas son la inseminación artificial y la fecundación *in vitro*.

- **Inseminación artificial.** Consiste en depositar espermatozoides en el útero de la madre en el periodo del proceso de ovulación. Se utiliza en el caso de esterilidad masculina.
- **Fecundación *in vitro*.** Consiste en extraer óvulos de una mujer, quien, previamente, ha recibido un tratamiento hormonal, para luego fertilizarlos en el laboratorio. Posteriormente, se implantan varios embriones en el útero para asegurar la nidación de alguno. Es frecuente que se desarrolle un embarazo múltiple. Los bebés nacidos mediante esta técnica se denominan coloquialmente "bebés probeta".

LA FECUNDACIÓN *IN VITRO*

Sin duda, la fecundación *in vitro* es uno de los grandes logros de la medicina a lo largo del siglo xx. Se trata de un proceso largo y complejo, que no siempre se ve culminado con el éxito.

Un programa de fecundación *in vitro* consta de las siguientes fases:

1. **Hiperestimulación ovárica.** Se trata de aplicar un tratamiento hormonal que haga que la mujer produzca varios folículos y, por lo tanto, varios ovocitos.
2. **Aspiración folicular.** Se interviene a la mujer mediante endoscopia a fin de extraer los ovocitos.
3. **Selección de los ovocitos.** Se observan los ovocitos al microscopio a fin de localizar los maduros, con los que se continuará el proceso.
4. **Inseminación.** Antes de emplearse, el semen sufre una serie de transformaciones, similares a las que sufriría dentro del aparato reproductor femenino. Cuando está preparado, se pone en contacto con los ovocitos seleccionados.
5. **Control de la fecundación y desarrollo embrionario.** Con ayuda del microscopio, se vigila que se produzca la fecundación y que comience a dividirse el embrión.
6. **Transferencia embrionaria.** El embrión se implanta en el útero de la madre cuando consta de cuatro u ocho células. Como muchos

de los embriones implantados no sobreviven, se introducen varios a la vez. Por esta razón, son frecuentes los embarazos múltiples.

Algunos riesgos

La fecundación *in vitro* es la solución a los problemas de infertilidad, pero no está exenta de problemas.

En primer lugar, la hiperestimulación ovárica puede ser riesgosa para la madre, y si se implantan demasiados embriones, podría producir un embarazo múltiple, peligroso tanto para la madre como para los hijos.

Consideraciones éticas

También plantea diversas implicancias de orden ético que merecen una reflexión. Algunas de ellas se comentan a continuación:

Por lo general, se producen más embriones de los que, finalmente, se implantan: ¿Qué hacer con los embriones que no fueron implantados?

La ciencia ha hecho posible la elección del sexo del embrión: ¿Consideras que esto es legítimo? ¿Y si se pudiera elegir

el sexo del embrión con la finalidad evitar enfermedades genéticas asociadas al sexo?

Los embriones se pueden congelar: ¿Cuánto tiempo se deberían conservar? ¿Es ético destruirlos después?

Los embriones pueden ser muy útiles para la investigación: ¿Debe permitirse experimentar con ellos?

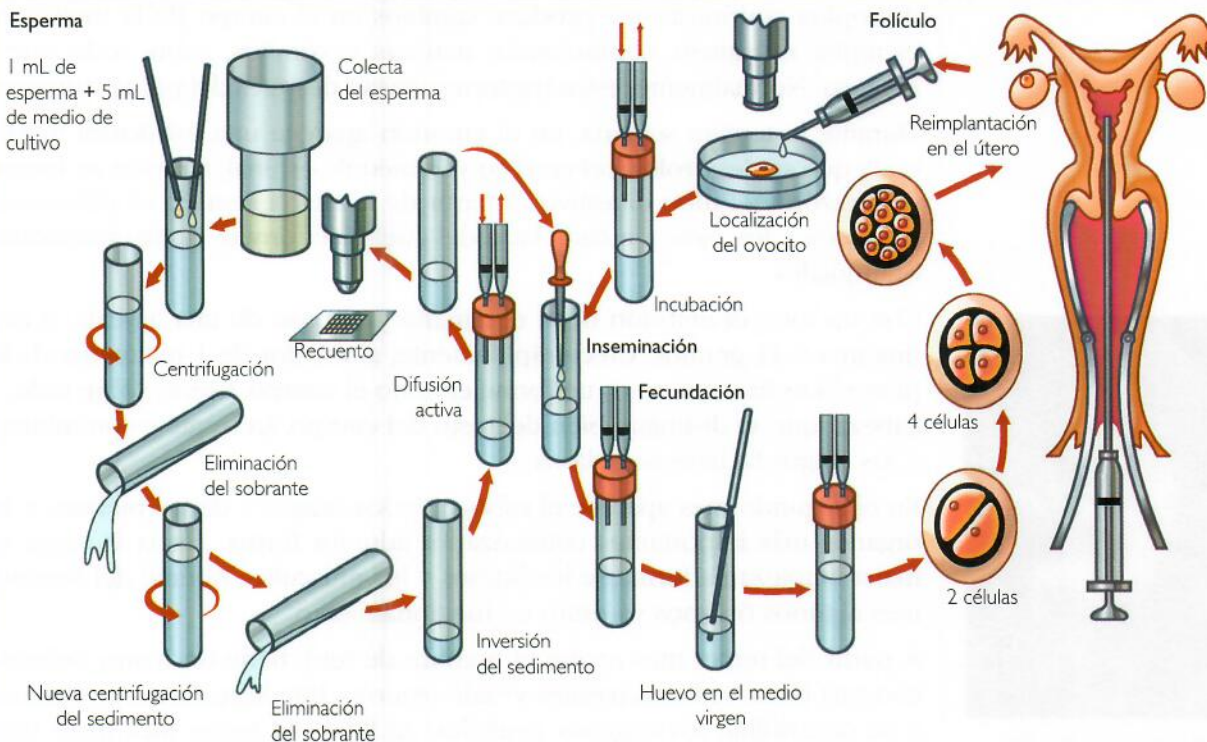
Ninguna de estas preguntas tiene una solución fácil. Las respuestas las debe dar toda la sociedad.



Primera niña nacida en España mediante fecundación *in vitro* en 1984

Esperma

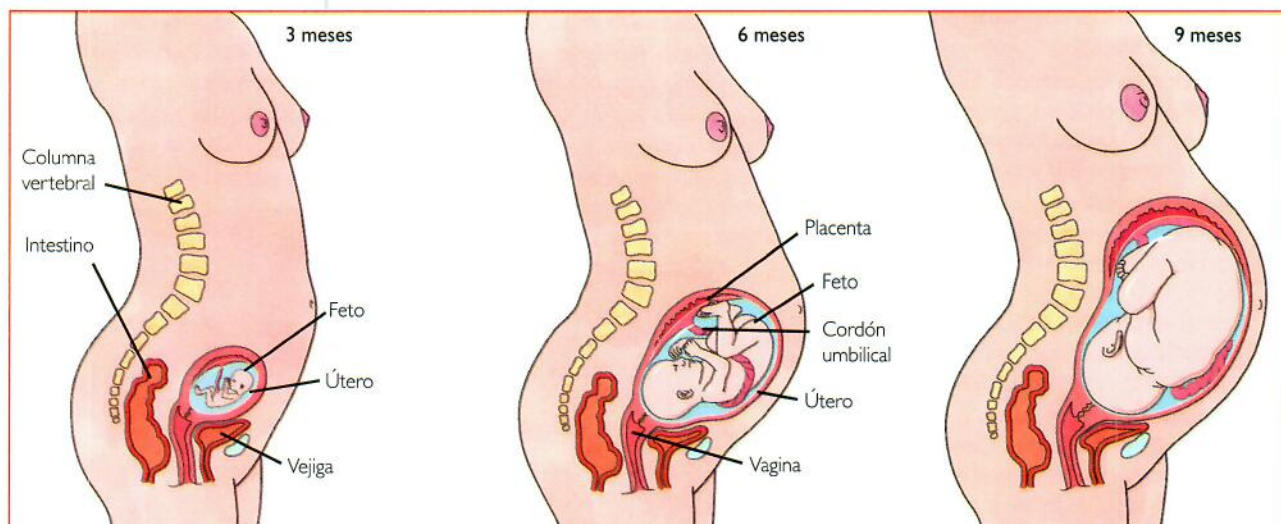
1 mL de esperma + 5 mL de medio de cultivo





Embarazo y parto

El embarazo es el periodo de desarrollo del óvulo fecundado. Dura nueve meses y se produce en el útero. Durante este tiempo, el embrión se transforma radicalmente; de la misma manera, la madre también experimenta cambios.



Esquema de las fases del embarazo. El embrión crece y el cuerpo de la madre sufre transformaciones.

Primer trimestre del embarazo

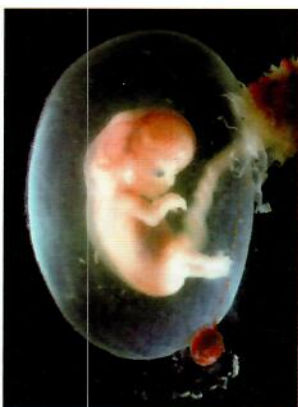
La primera señal de un embarazo es la falta de menstruación. Desde que el embrión se implanta en el útero comienza a segregar la hormona gonadotropina coriónica, que produce cambios en el cuerpo de la mujer; por ejemplo, cansancio, somnolencia, náuseas y vómitos, sobre todo por la mañana. Normalmente, estos trastornos pasan después del primer trimestre.

Durante la tercera semana, en el embrión aparece una estructura tubular en la que se desarrollará el cerebro y la médula espinal; también se forman el corazón y el tubo digestivo. A partir de la cuarta semana se diferencian los oídos y los ojos, y a cada lado del cuello se forman cuatro hendiduras branquiales.

Con un mes, el embrión tiene el tamaño y el peso de una arvejita, 3 centímetros y 11 gramos. Crece rápidamente, alrededor de 1 milímetro al día, pero el crecimiento no es uniforme en todo el cuerpo. Crece, sobre todo, la cabeza, que se distingue bien del resto del cuerpo. La frente es prominente y los rasgos faciales son claros.

En el segundo mes aparece el esbozo de los brazos y de las piernas, y los órganos más importantes comienzan a adquirir forma. Hacia la sexta semana empiezan a formarse los huesos y los músculos. Al final del segundo mes algunos órganos ya están en funcionamiento.

A partir del tercer mes recibe el nombre de feto: tiene un rostro definido, con una boca, orificios nasales y oído externo. Puede realizar movimientos y se desarrollan los órganos genitales. Al final del tercer mes mide unos 8 centímetros y pesa 60 gramos.



Embrión humano de unos dos meses

Segundo trimestre del embarazo

El vientre de la madre crece a medida que el feto va aumentando de tamaño. Cumplidos los cinco meses, el fondo superior del útero alcanza la altura del ombligo. Las mamas también aumentan de tamaño. La mujer puede notar los movimientos del bebé.

El feto crece rápidamente. Todas las partes están perfectamente definidas: cara, manos, pies, etc. El feto patea, gira la cabeza, cierra los puños, se chupa el pulgar, etc. Al final del sexto mes mide 30 centímetros y pesa aproximadamente un kilogramo. Duerme mucho y oye los sonidos del exterior.

Tercer trimestre del embarazo

El útero se agranda hasta la altura del esternón y oprime los órganos abdominales. Los cambios fundamentales son la maduración de los órganos, sobre todo de los pulmones, y la formación de grasa bajo la piel. El feto ya puede distinguir los sabores, abrir los ojos y dar patadas. Además, cambia de postura y se sitúa boca abajo, con la cabeza en la pelvis de la madre, preparándose para nacer.

A partir del séptimo mes, el feto es viable, es decir, podría sobrevivir si naciera en ese momento. Los intestinos del feto no excretan sus desechos, sino que estos se expulsan por la placenta. En los varones, los testículos descienden hacia el escroto.

Al final del embarazo, el hígado y la vesícula biliar producen una sustancia semilíquida de desecho que recubre la mucosa intestinal, denominada meconio. El útero contiene al feto, que mide 50 centímetros y pesa entre 2 y 5 kilogramos, y a la placenta, de medio kilo y aproximadamente 2 litros de líquido amniótico.



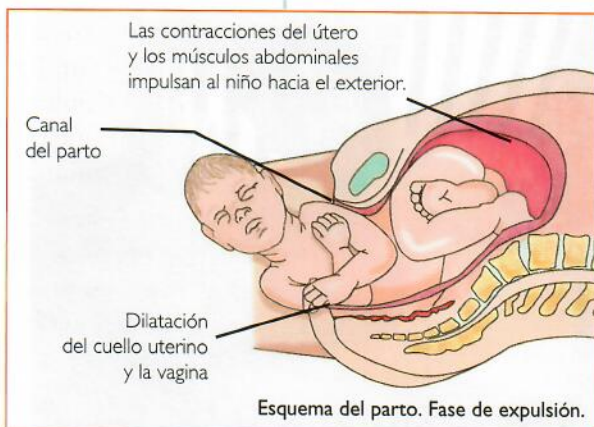
Shutterstock

Tercer trimestre. El feto crece rápidamente y cada vez tiene menos espacio para moverse.

El parto

Finalizado el embarazo, se produce el parto, que consta de tres fases:

- **Dilatación del cuello uterino.** Comienza con las contracciones de las paredes del útero y la dilatación del cuello del útero. Las contracciones producen la ruptura del amnios y la salida del líquido amniótico. Es la llamada "rotura de fuente".
- **Expulsión del feto.** Las contracciones de las paredes del útero y la presión de los músculos abdominales dilatan el cuello del útero y empujan al feto a través de la vagina hasta el exterior. Una vez que el feto asoma la cabeza, unas pocas contracciones más son suficientes para que salga el resto del cuerpo. Es lo que se conoce como "dar a luz".
- **Expulsión de la placenta o alumbramiento.** Una vez que el recién nacido está en el exterior, se corta el cordón umbilical; la cicatriz es el ombligo. Posteriormente, la placenta se desprende de las paredes del útero y es expulsada al exterior.



SABÍAS QUE...

La cesárea

En ocasiones, es necesaria una intervención quirúrgica para extraer al feto del útero materno. La cesárea se realiza en casos de emergencia, cuando se estima que el parto puede acarrear riesgos para la vida del niño, o de la madre. También puede realizarse de forma programada si se sospecha que el nacimiento natural es imposible (por ejemplo, por el tamaño de la cabeza del niño, anomalías en la pelvis materna, enfermedades de la madre como diabetes, tensión alta, etc.).

Los primeros años de vida

Shutterstock



La madre y el niño. El bebé es totalmente dependiente de sus padres durante los primeros meses de vida.

La vida del niño hasta los tres años es una sucesión vertiginosa de cambios, que convierten a un pequeño ser dependiente en un ser cada vez más autónomo.

El recién nacido

En la especie humana, los recién nacidos son muy frágiles y absolutamente dependientes de sus padres. Carecen de control muscular y normalmente nacen con una serie de peculiaridades ocasionadas por el propio proceso del parto: color rojizo, formas alargadas en la cabeza, exceso de vello corporal en caso de bebés prematuros, etc.

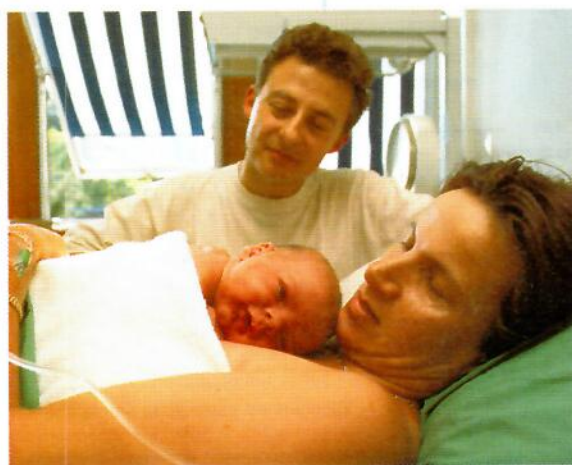
Al nacer, los bebés miden unos 50 centímetros y pesan alrededor de 3 kilos, aunque se consideran normales las cifras entre 2,5 y 4 kilos. La cantidad de pelo que presentan es muy variable. Los ojos son casi siempre azulados, ya que aún no se ha formado el pigmento definitivo del iris.

El llanto es el primer sonido del recién nacido, y la prueba de que está utilizando sus pulmones para tomar oxígeno, en vez de recibirlo a través del cordón umbilical. Los lactantes lloran con frecuencia; es la única forma que tienen de comunicarse durante las primeras semanas de vida.

Sus huesos no están completamente endurecidos. Su cabeza es muy frágil: las fontanelas son depresiones o espacios que se aprecian entre los huesos

del cráneo, aún no osificado por completo, que permiten el movimiento de los huesos durante el parto y facilitan el desarrollo del cerebro. Hay seis fontanelas en el ser humano, fácilmente localizables al tacto, que se irán cerrando poco a poco hasta que los huesos craneales queden firmemente unidos proporcionando un casco rígido al cerebro.

El recién nacido, en cuanto pone en marcha los músculos intestinales, elimina una sustancia de desecho de color negro-verdoso, producto del hígado y la vesícula biliar, denominada meconio. Con el tiempo y la alimentación, va mostrando cambios de color en las heces. Orinan con mucha frecuencia.

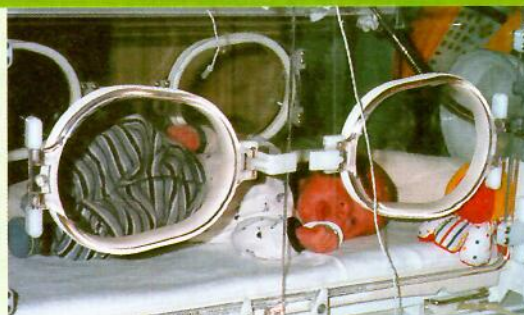


El recién nacido. Al nacer los bebés tienen un estómago diminuto por lo que toman pequeñas cantidades de leche varias veces al día.

SABÍAS QUE...

Los prematuros

Los bebés prematuros son los que, por no haber completado las 40 semanas de gestación, nacen con un peso inferior a la media y, por lo tanto, requieren la ayuda de una incubadora, que les proporciona unas condiciones semejantes a las del útero materno para completar su desarrollo.



© Santillana S.A.

La alimentación del bebé

La lactancia tiene considerables ventajas para el bebé. Tras el parto, el primer líquido que surge de las mamas es el calostro, un líquido claro, rico en proteínas y anticuerpos. Durante los tres primeros meses, la leche materna es el único alimento necesario para el bebé.

La leche surge entre el 2.º y el 5.º día tras el nacimiento. Es un alimento completo, con muchos azúcares, grasas y anticuerpos que lo protegen de infecciones y alergias. La leche brota con la propia succión del bebé.

El momento en que la madre deja de amamantar al niño es muy variable, depende de factores sociales y laborales. La lactancia artificial se realiza con leche de vaca o leche en polvo especializada para lactantes que, con una composición algo distinta, puede sustituir o complementar a la materna. Aunque se estima que es más apropiada la leche materna, la lactancia artificial garantiza el desarrollo del bebé.



Ernesto Jiménez

Bebé amamantándose. La leche materna es el mejor alimento para el bebé.

El desarrollo y el crecimiento del bebé

Los huesos del bebé están formados, en parte, por tejido óseo duro, y en parte por cartílago. Durante el crecimiento, en los cartílagos se va acumulando materia mineral hasta convertirse en hueso.

A partir del sexto mes, aprende a gatear y a sentarse. Una vez que logra mantenerse erguido, se mueve agarrándose con las manos. Durante el primer año, el crecimiento es sorprendentemente rápido: unos 15 centímetros. La cabeza contribuye mucho al peso del bebé, peso que se va equilibrando a medida que crece.

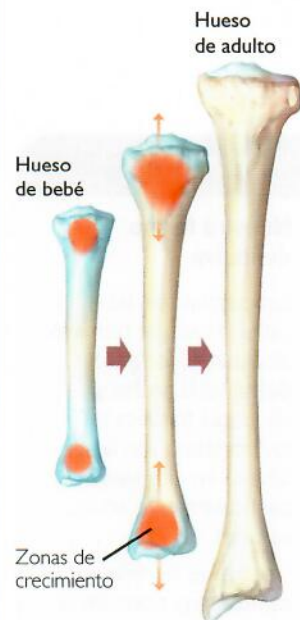
Hablar es una de las operaciones más complejas y delicadas que tiene que aprender el bebé. El habla se controla desde el cerebro, pero requiere el control de la audición, la respiración, el aparato fonador, la lengua, los labios, el paladar blando y las cavidades que dan resonancia a la voz (nariz, faringe y tórax). La velocidad con la que aprende a hablar cada bebé es muy diversa. La estructura del lenguaje empieza a desarrollarse a partir de los dos años. El niño enlaza más de dos palabras y comprende muchas más.

La infancia humana

Una de las características del ser humano es que presenta una etapa infantil muy larga, de más de 10 años. Alcanza la madurez sexual entre los 12 y 14 años. En cambio, un chimpancé o un gorila la obtienen a los 7 años. Una infancia más larga permite que aprendamos mucho más. Durante esta etapa, el ser humano crece y aprende para ser un adulto independiente.

Durante la infancia, el niño debe comer de todo y tener el control de esfínteres. Desde los 7 años hasta la pubertad tiene mucho apetito y necesita unas 12 horas de sueño. El sistema respiratorio no termina de formarse totalmente hasta los 8 años, cuando se constituyen totalmente las partes encargadas del intercambio gaseoso.

El niño, entre los 3 y 5 años, crece a un ritmo de unos 6 a 8 centímetros por año. A partir de los 6 años, y hasta la pubertad, crece al ritmo de unos 6 centímetros al año. Entre los 7 y los 9 años, el niño ha adquirido unas tres cuartas partes de su estatura definitiva.



Proceso de osificación. Los extremos de los huesos (epifisis) están formados por cartílago. Cuando el tejido cartilaginoso se convierte en óseo, el hueso deja de crecer.

La adolescencia: la edad de los cambios

EN LA WEB

http://www.formajoven.org/AdminFJ/doc_recursos/20081014124318403.swf

Cambios físicos y de comportamiento en la adolescencia.

SABÍAS QUE...

Nuestra forma definitiva

Las piernas son las estructuras que primero alcanzan su longitud definitiva; la anchura de la caja torácica y los hombros, son las últimas en alcanzarla, particularmente en los varones.

La cara de las niñas cambia muy poco. En la de los niños se observa un desarrollo de la barbilla, la que se afila y protruye; las cejas se espesan y la nariz crece.

La adolescencia es una etapa muy emocionante en la vida de una persona. No solo crece, como en la infancia, sino que el cuerpo se transforma para convertirse en el de un hombre o una mujer.

La pubertad

Es el momento en que comienza la maduración sexual. La adolescencia es el periodo que va desde el inicio de la pubertad hasta que se alcanza la edad adulta. En el ámbito biológico, durante la pubertad el hipotálamo aumenta la secreción de GnRH (hormona liberadora de gonadotropinas), lo que desencadena un aumento de los niveles sanguíneos de las hormonas gonadotrópicas LH y FSH secretadas por la hipófisis. Estas hormonas actúan sobre las gónadas (ovarios y testículos), las que responden a este estímulo secretando hormonas sexuales.

En las mujeres, los ovarios aumentan la producción de estrógenos y progesterona, que permiten desarrollar ovocitos capaces de ser fecundados y preparan al organismo femenino para el embarazo. En los hombres, los testículos aumentan la producción de testosterona y producen espermatozoides.

En la pubertad se produce un aumento rápido de estatura. Cuando acaba la adolescencia, los varones y las mujeres ya han alcanzado su altura definitiva. También se producen variaciones en el carácter y en el comportamiento, determinados por los cambios hormonales. Los cambios comienzan antes en las adolescentes, normalmente a partir de los 9 años. En los varones empieza a partir de los 13 años. En ausencia de enfermedades, todos los niños y niñas comienzan la pubertad y alcanzan el mismo grado de desarrollo.

Con la pubertad aumenta la actividad de las glándulas sudoríparas, por lo que se produce más sudor, con frecuencia con un olor más intenso. También se activan las glándulas sebáceas de la piel, por lo que es frecuente que aparezca acné.

La pubertad en las mujeres

Es el momento en el que se produce la primera menstruación o menarquia, prueba de que empiezan los ciclos menstruales. No obstante, antes de la menstruación tienen lugar una serie de cambios:

- Se produce una aceleración del crecimiento.
- Las mamas comienzan a aumentar de tamaño.
- Se produce flujo vaginal.
- Aparece vello en el pubis, las axilas y las piernas.
- Se ensanchan las caderas y se acumula grasa en esa zona.

Hacia el final de la pubertad, el cuerpo de la niña está preparado para concebir, por lo que puede quedar embarazada si mantienen relaciones sexuales sin emplear ningún método de prevención.

La pubertad en los varones

La pubertad suele comenzar en los varones a partir de los 13 años con algunos cambios significativos:

- Se produce una aceleración del crecimiento.
- Aumenta la masa muscular y la anchura de los hombros.
- Aumenta el tamaño de los testículos y el pene.
- La voz cambia y se hace más grave.
- Crece vello en el pubis y en las axilas, y aparece la barba.
- Durante la noche se producen eyaculaciones involuntarias (poluciones nocturnas), que pueden ser una fuente de inquietud, aunque sea algo normal durante la pubertad.

La adolescencia

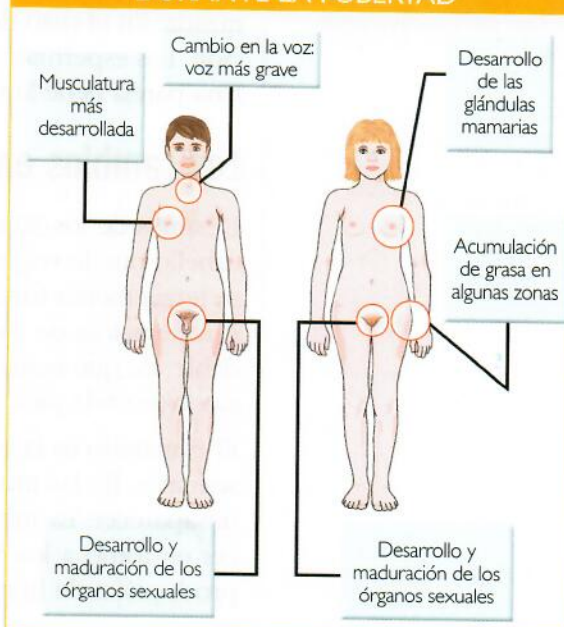
Es una etapa de la vida que comienza con la pubertad, e incluye no solo la maduración sexual, sino también la maduración psicológica y emocional.

Durante este periodo, los adolescentes experimentan cambios en su comportamiento, algunos son consecuencia de las transformaciones que sufre su cuerpo. En la pubertad y adolescencia, este desarrollo biológico se complementa con el aumento en la producción de hormonas sexuales que desencadenan la aparición de los caracteres sexuales secundarios propios de cada sexo y la producción de gametos, lo que nos hace aptos para reproducirnos.

EN LA BIBLIOTECA

Para conocer más sobre la reproducción humana consulta el libro La Biblia de las ciencias naturales de la biblioteca del Ministerio de Educación (MINEDU).

PRINCIPALES CAMBIOS DURANTE LA PUBERTAD



Archivo diario El Comercio

Adolescentes. Para los adolescentes, los cambios hormonales pueden generarles incomodidades.

La edad adulta y la senectud



Las características de las etapas de la vida del ser humano nos permiten diferenciarlas a simple vista.

La edad adulta se presenta después de la adolescencia. Esta no presenta grandes cambios y se caracteriza por perder parte de la resistencia con los años, hasta la senectud.

La edad adulta

Concluida la etapa de la pubertad, tanto el hombre como la mujer son personas maduras sexualmente y, por lo tanto, capaces de reproducirse. En la mujer, la madurez sexual está determinada por el ciclo menstrual: cada 28 días, aproximadamente, el ovario expulsa un óvulo que puede ser fecundado. Este ciclo se repite desde la pubertad y solo se interrumpe si la mujer queda embarazada. En el caso de los varones, no existe ningún ciclo ligado a la reproducción. Los espermatozoides se producen continuamente en grandes cantidades. Una pareja tiene la posibilidad de engendrar vida desde la pubertad.

Los cambios en la edad adulta

Después de los 30 años, los huesos pueden perder parte de su resistencia, el cabello puede volverse gris y, en los hombres, caer; en general, es posible que se tenga menor fortaleza que en la juventud. No obstante, esto depende de las características de cada persona, de que hayan llevado un estilo de vida saludable, de que realicen un ejercicio físico adecuado, etc. También se producen cambios en la piel, y pueden aparecer arrugas y manchas.

El climaterio es la etapa de la vida en que decae la producción de hormonas sexuales. En las mujeres, la menstruación se hace más irregular y termina por desaparecer. La menopausia es el último periodo menstrual, y suele acontecer en torno a los 50 años. Por encima de esta edad, también se reduce la producción de hormonas sexuales en el hombre, aunque no es tan brusca.

El climaterio, tanto en hombres como en mujeres, afecta al ámbito sexual, además da lugar a cambios fisiológicos a los que las personas deben adaptarse. El término de la etapa fértil no implica el fin de la salud, atractivo, placer sexual y vida agradable. El ser humano puede llevar una vida plena y satisfactoria durante muchos años. De hecho, la edad adulta es una etapa de gran estabilidad personal, especialmente cuando una persona está satisfecha con sus logros en la vida.

PARA SABER MÁS

¿Por qué se envejece?

Existen numerosas teorías que intentan responder a esta pregunta, aunque a la fecha no sabemos realmente cuál es la razón.

Algunas hipótesis son las siguientes:

- El envejecimiento está programado genéticamente.
- A lo largo de la vida se producen radicales libres, unas sustancias muy oxidantes que van deteriorando de forma irreversible la célula.

- Los extremos de los cromosomas, llamados telómeros se van acortando con cada división celular hasta que ya no pueden seguir acortándose. Las células pierden la capacidad de renovarse y se deterioran.
- El sistema inmunitario se debilita y ataca a moléculas propias del organismo, que va deteriorándose.

Probablemente, intervengan todos estos factores, junto con otros aún desconocidos.

PARA SABER MÁS

Demencia senil

Consiste en la pérdida progresiva de las capacidades mentales, fundamentalmente de la memoria. Es más frecuente en ancianos y su forma más común es la enfermedad de Alzheimer, un mal neurodegenerativo e incurable. Sus causas son aún desconocidas. La enfermedad de Alzheimer se desarrolla en tres fases:

**Fase inicial**

- Olvido de acontecimientos recientes
- Cambios en la personalidad
- Dificultad para expresar pensamientos complejos y producirlos
- Imposibilidad de realizar tareas sencillas

**Fase intermedia**

- Descuido del aspecto y la higiene
- Dificultad para comer sin ayuda
- Desorientación espacial
- Conducta agresiva
- Ansiedad e insomnio
- No identificación de seres cercanos

**Fase avanzada**

- Pérdida completa de la memoria
- Incapacidad de valerse por sí mismo: se requiere ayuda para comer, asearse, etc.
- Conducta muy agresiva

La senectud

La última etapa de la vida es la vejez o senectud. En general, al envejecer el organismo se hace menos activo y la salud es cada vez más frágil. La muerte es el fin natural e inevitable de nuestro cuerpo.

La expectativa de vida, así como la calidad de la misma durante la vejez, depende de los factores genéticos y ambientales. No podemos modificar nuestra herencia genética, pero sí tratar de controlar los factores ambientales, fundamentalmente con la adopción de estilos de vida saludables.

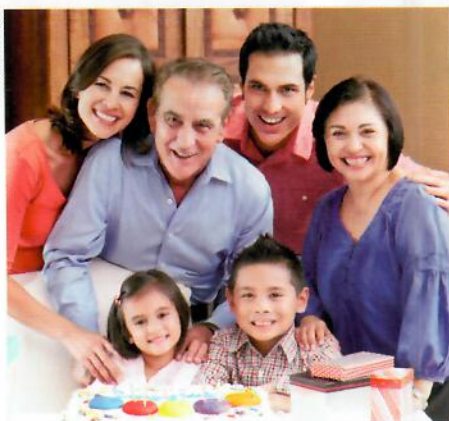
La senectud va asociada a cambios externos; por ejemplo, el cabello se vuelve blanco, pierde fuerza y cae; se pierde masa ósea y muscular; salen arrugas y manchas en la piel, entre otras. Además, se producen cambios internos en el organismo, a saber:

- El sistema respiratorio es menos eficaz y los pulmones intercambian menos aire que en la juventud.
- El sistema circulatorio transporta la sangre con menos eficiencia.
- Los riñones tienen problemas para funcionar a pleno rendimiento.
- Los órganos de los sentidos se deterioran y se pierde oído y vista.

- Los nervios son menos eficientes, por lo que los reflejos se hacen más lentos.

Hay determinadas labores que no pueden realizar, sobre todo las relacionadas con el trabajo físico; pero conservan su inteligencia y han acumulado una gran experiencia a lo largo de su vida.

Tres generaciones. Muchos abuelos participan activamente en el cuidado de los nietos, lo que constituye una gran ayuda para los padres.



La prevención de las ITS



Linfocito infectado por el virus VIH

Existen diferentes tipos de infecciones de transmisión sexual (ITS), antes llamadas enfermedades de transmisión sexual o enfermedades venéreas.

¿Qué son las ITS?

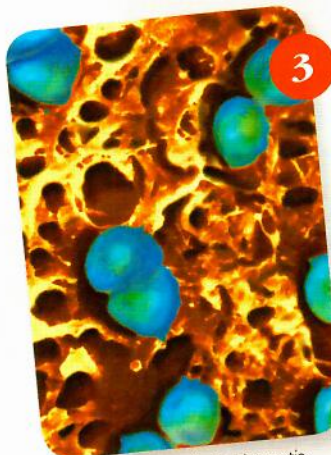
Las ITS son enfermedades infecciosas causadas por diversos tipos de agentes patógenos (virus, bacterias, protozoarios y artrópodos). Estos agentes, generalmente, se transmiten de una persona a otra por el contacto sexual. También se pueden transmitir al bebé en el parto. Con algunas excepciones, como las ladillas, piojos púbicos y verrugas, pueden evitarse con el uso de un preservativo durante la relación sexual.

¿Cuáles son las ITS más comunes?

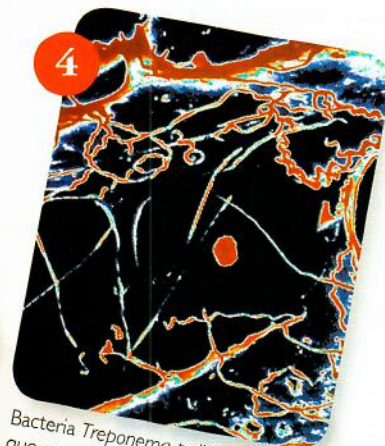
- 1 Sida.** Causado por el virus de inmunodeficiencia humana (VIH), el cual debilita gravemente el sistema inmune. Una persona con sida puede infectarse con la más leve enfermedad (desde una lesión por hongos o un resfrío) y morir.
- 2 Herpes genital.** Causado por el virus herpes tipo 2 o VHS-2, que genera ampollas o llagas sobre los genitales y el ano. Es incurable, pero puede ser tratado. Una gestante infectada puede transmitirlo a su hijo durante el parto, causándole ceguera, daño cerebral o, incluso, la muerte.
- 3 Linfogranuloma venéreo.** Es causado por la bacteria *Chlamydia trachomatis*, que ocasiona ulceraciones en los genitales. Produce fiebre, dolores de cuerpo y pérdida de apetito.
- 4 Sífilis.** Es causada por la bacteria *Treponema pallidum*. Produce úlceras en los genitales, seguidas de erupciones generalizadas en todo el cuerpo e inflamaciones de ganglios. Puede causar trastorno mental por lesiones en el sistema nervioso y transmitirse de madre a hijo durante el embarazo.



Virus Herpes



Bacteria *Chlamydia trachomatis* que causa el linfogranuloma



Bacteria *Treponema pallidum* que causa la sífilis

EN LA WEB

<http://www.minsa.gob.pe/PortalVIH/internomenu.asp?Int=2&Opc=1>

Las infecciones de transmisión sexual.



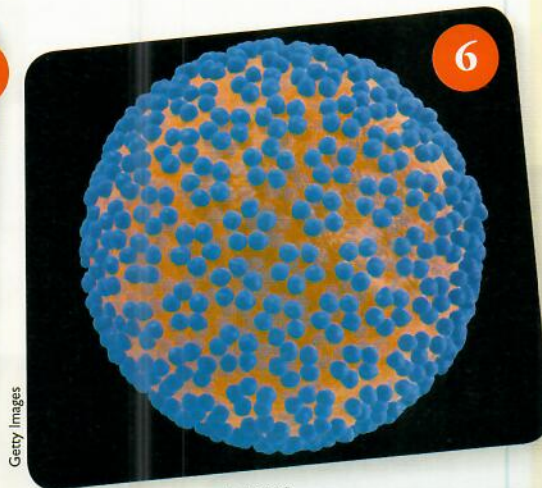
La protección más efectiva durante la relación sexual es el uso correcto del condón para evitar todo contacto con los fluidos corporales.

¿Cuáles son las ITS más comunes?

- 5** **Gonorrea.** Causada por la bacteria *Neisseria gonorrhoeae*. Inflama los genitales y provoca dolor al orinar. Puede generar esterilidad si no es tratada a tiempo con antibióticos.
- 6** **Condiloma acuminado.** Causado por el virus del papiloma humano (HPV). Se caracteriza por las verrugas en forma de coliflor en los órganos genitales y el ano. Puede causar cáncer al cuello del útero.
- 7** **Candidiasis.** Causada por el hongo *Candida albicans*, que en mujeres genera flujo vaginal abundante y lechoso acompañado de irritación. Los hombres la pueden portar, pero no presentan síntomas, y la pueden transmitir con cada relación sexual.
- 8** **Ladillas.** Son artrópodos llamados *Pthirus pubis* de 2 milímetros, que se incrustan en la raíz de los vellos púbicos, ocasionando comezón al alimentarse de sangre diariamente. Dejan sus huevos en el vello púbico y se transmiten mediante el contacto directo.



Bacteria *Neisseria gonorrhoeae* causante de la gonorrea



Virus del papiloma humano



Hongo *Candida albicans* causante de la candidiasis



La ladilla

PARA SABER MÁS

Datos importantes

- Algunas de estas infecciones también se contagian mediante transfusiones con sangre contaminada, materiales cortopunzantes contaminados (agujas, *piercing*), desde una madre a su hijo o hija durante el embarazo, el parto o la lactancia, o a través de la piel.
- Cada infección de transmisión sexual requiere un tratamiento especial. Acude al médico más cercano.
- No existe inmunidad contra la mayoría de las ITS, esto quiere decir que una persona se puede volver a infectar de la misma enfermedad más de una vez.

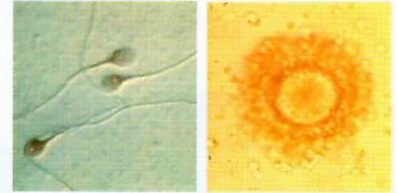
Resumen

Ideas principales

La reproducción humana

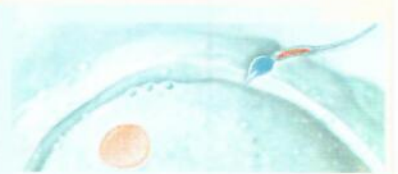
Gametogénesis: espermatogénesis y ovogénesis

- Proceso de formación de gametos. Espermatozoides y óvulos.
- Espermatogénesis. Proceso continuo que se realiza en los testículos.
- Ovogénesis. Se detiene al final de la fase fetal, reanudándose en la pubertad.



El ciclo menstrual y la fecundación

- Ciclo menstrual. Conjunto de cambios periódicos. Duración aproximada de 28 días, regulado por la acción combinada de las hormonas sexuales (ovarios) y neurohormonas (hipófisis).
- Fecundación. Fusión del óvulo y espermatozoide que forman un embrión.



El desarrollo embrionario y el embarazo

- Desarrollo embrionario. Empieza con la implantación de la blástula.
 - Los anexos embrionarios protegen o nutren al embrión.
 - La placenta permite el intercambio de nutrientes y sustancias de desecho entre la madre y el feto.
- Embarazo. Primer trimestre: a partir de los 3 meses recibe el nombre de feto, tiene apariencia humana y presenta órganos principales en formación. Segundo trimestre: muestra mucho movimiento y todas las partes están perfectamente definidas. Tercer trimestre: feto viable y listo para nacer.
- Parto. Tres fases: dilatación, expulsión del feto y expulsión de la placenta o alumbramiento.
- Métodos de prevención del embarazo. Comprenden métodos naturales, de barrera, químicos y quirúrgicos. Los de mayor eficacia son las píldoras anticonceptivas, la ligadura de trompas y la vasectomía.
- Técnicas de reproducción asistida. Inseminación artificial y fecundación *in vitro*.



Desarrollo y crecimiento

- Infancia y niñez. Etapa de desarrollo y aprendizaje. Dura hasta los 12 o 14 años.
- Adolescencia. Consta de dos etapas: pubertad y adolescencia.
- Pubertad. Mujeres: menarquía, crecimiento de vello púbico en axilas y piernas, crecimiento de mamas y caderas. Hombres: aumento de masa muscular y anchura de hombros, aumento de tamaño de testículos y pene, cambio de voz, crecimiento de vello púbico, en axilas y rostro, eyaculaciones nocturnas involuntarias.
- Adolescencia. Presenta un aumento en la producción de hormonas sexuales.
- Edad adulta. Climaterio: cambios hormonales en hombres y en mujeres.
- Senectud. Menor actividad física y salud cada vez más frágil.



Organizador visual: mapa de ideas



Opciones de consulta

Para reforzar

En estos sitios web encontrarás información acerca de la reproducción humana, técnicas de fertilización y la paternidad responsable que reforzarán lo aprendido.

- <http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/3ESO/apararep/anafem.htm>
- <http://www.inppares.org/>

Con este libro de la biblioteca del Ministerio de Educación, podrás complementar tus conocimientos sobre el tema desarrollado en esta unidad.

- Gispert, C., Miller, G., Gay, J., Vidal, J. (Eds.). (2003). *Enciclopedia didáctica de las Ciencias Naturales*. Barcelona, España: Océano.

Para ampliar

National Geographic (2008), *En el vientre materno: gemelos, trillizos y cuatrillizos*.

- <https://www.youtube.com/watch?v=yD-fynjx6Hw>

Documental que, a través de imágenes en 4D generadas a partir de ultrasonidos y por computadora.

Muestra el proceso de desarrollo que experimentan los embriones de embarazos múltiples, a través de la historia de unos gemelos idénticos, de unos trillizos concebidos en días distintos y de unos maravillosos cuatrillizos.

El documental presenta cómo los fetos interactúan: se empujan, dan patadas e, incluso, al parecer, juegan y se besan.



IDEAS CLAVE

- Claves de la herencia de los caracteres
- Las leyes de Mendel
- La teoría cromosómica de la herencia
- Herencia ligada al sexo
- Enfermedades genéticas
- Mutaciones
- Aplicaciones de la genética
- Proyecto genoma humano

La impresionante familia Pullan de miembros albinos que viven en la ciudad capital de Nueva Delhi, en la India

7

Genética y biotecnología

LEEMOS

Los genes en nuestras vidas

Los Pullan están a punto de conseguir un récord mundial Guinness como la familia albina más grande del mundo.

El albinismo es una condición hereditaria, en la cual el cuerpo es incapaz de producir o distribuir melanina, sustancia natural que le da color al cabello, la piel y el iris de los ojos. La forma más grave es conocida como albinismo oculocutáneo. Las personas que padecen esta condición presentan cabello, piel y color del iris blanco o rosado, al igual que problemas en la visión.

Otro tipo de albinismo es el ocular tipo 1 (OA1), que afecta la piel y los ojos. Generalmente, la pigmentación es normal, sin embargo, el examen ocular demuestra la ausencia del pigmento en la retina. Algunas otras variaciones son el síndrome de Chediak-Higashi, la esclerosis tuberosa y el síndrome de Waardenburg. En el primero, se evidencia falta parcial de pigmentación en toda la piel, en el segundo se presentan áreas pequeñas sin pigmentación en la piel, y en el último, las personas presentan un mechón de cabello sin pigmentación o ausencia de color en uno o ambos iris.

¿Qué dificultades consideran que enfrenta la familia Pullan? ¿Creen que padres normales conciben hijos albinos? ¿Por qué? ¿Qué enfermedades hereditarias conocen? ¿Por qué se producen? ¿Qué avances científicos han permitido conocer los genes? ¿Qué leyes rigen la herencia genética? ¿Qué es el genoma humano? ¿Es necesario utilizar la biotecnología?

LO QUE DEBEMOS APRENDER

Al finalizar esta unidad, lograrás comprender cómo pasan las características de una generación a otra y cómo un pequeño cambio puede generar una enfermedad, una nueva característica o hasta una nueva especie. Asimismo, podrás aplicar tus conocimientos sobre genética y tomar una posición crítica al respecto de dilemas éticos que se presentan al utilizar la biotecnología.

Getty Images

Introducción a la unidad

Los distintos mecanismos de la herencia permiten la transmisión de los caracteres hereditarios y la existencia de variabilidad de la vida en la Tierra. A través del análisis de distintos cruzamientos y de sus resultados se puede conocer cómo se transmiten los genes, abriendo la posibilidad de rastrear a través de árboles genealógicos nuestras propias características.

Actualmente, los científicos tienen la capacidad de manipular el material genético y combinar las características de las células de diferentes organismos. Así han logrado modificar organismos en favor de la industria y la medicina. Esta unidad resalta la importancia de la biotecnología en el campo de la genética aplicada para la mejora de la calidad de vida humana.

Claves de la herencia de los caracteres

Shutterstock



Reconstrucción molecular de la doble hélice del ADN

Es fácilmente observable que los hijos se parecen a sus padres: el color de los ojos, el pelo, el color de la piel, etc., son caracteres que se heredan. Este hecho se denomina herencia genética de los caracteres.

El secreto de la herencia

A pesar de que se conocía desde la Antigüedad cómo se reproducían los animales y las plantas, el mecanismo de la herencia fue una incógnita durante mucho tiempo. Algunas hipótesis intentaron explicarlo sin éxito, hasta que a mediados del siglo XIX, un monje agustino llamado Gregor Mendel descubrió cómo se transmitían los caracteres de los progenitores a la descendencia. Los trabajos de Mendel pasaron inadvertidos en su época, pero fueron redescubiertos 35 años después, dando origen a la genética, que estudia la herencia de los caracteres y los mecanismos de su transmisión.

Hoy sabemos que la transmisión de los caracteres se transmiten de una generación a otra a través de una molécula que contiene la información hereditaria: el ADN.

El ADN presente en cada célula desempeña una función importantísima, ya que contiene información genética del organismo. Cuando la célula se divide, esta información genética pasa a sus células hijas.

Cuando un organismo pluricelular se reproduce, su información genética pasa a la descendencia. Esta es la razón por la que muchas de las características visibles y no visibles de los seres vivos se heredan de padres a hijos.

La molécula de ADN es muy especial. Está formada por la unión de miles de subunidades denominadas nucleótidos, los cuales se clasifican en cuatro tipos: adenina (A), timina (T), citosina (C) y guanina (G). El orden en el que están dispuestos en la larga cadena constituye el «lenguaje» en el que está escrita la información genética. Cada molécula de ADN está formada por dos cadenas de nucleótidos. Esta cadena doble se pliega sobre sí misma, formando una doble hélice.

PARA SABER MÁS

Herencia

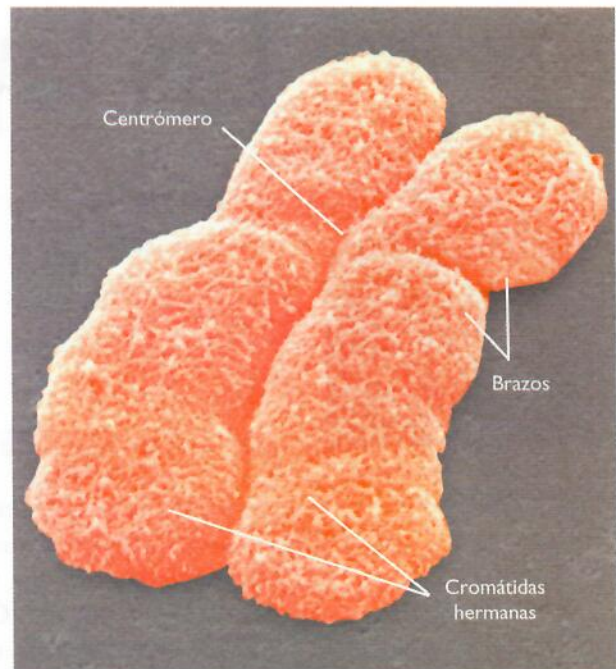
En la reproducción sexual, el ADN de los progenitores, que codifican los caracteres, se combinan. El resultado: individuos semejantes a los padres, con algunas diferencias, las cuales generan la variabilidad de la especie, que permite la evolución.

El ADN dirige el funcionamiento celular

En las células eucariotas, el ADN se encuentra en el interior del núcleo. Su función es dirigir el funcionamiento de la célula.

Durante el periodo de actividad normal de cualquiera de nuestras células, el ADN está siendo utilizado para extraer la información codificada que contiene y permitir el funcionamiento celular. En ese momento, el ADN está disperso por el núcleo de la célula y asociado a algunas proteínas, constituyendo lo que se conoce como cromatina.

El ADN nunca sale del núcleo, pero la información que contiene debe ser traducida en el citoplasma celular para formar proteínas, que son las biomoléculas necesarias para que se exprese un determinado carácter en un individuo. Para ello, necesita de otras moléculas intermediarias, como el ARN mensajero.



Cromosoma visto al microscopio electrónico de barrido (falso color)

El ADN se duplica

Cuando una célula se divide, cada célula hija tiene que recibir una copia del ADN. Poco antes de la división celular, el ADN se duplica y la cromatina se empaqueta y forma las estructuras llamadas cromosomas.

El proceso de duplicación del ADN se denomina replicación. En él se separan las dos cadenas de ADN; cada una de ellas actúa de molde para sintetizar una cadena complementaria, obteniendo así dos dobles cadenas hijas idénticas a la original. La posibilidad de duplicación del ADN es el hecho que permite que los caracteres hereditarios se transmitan a la descendencia.

Los cromosomas son estructuras constituidas por el empaquetamiento de la cromatina, formada por ADN y proteínas, que aparecen solo cuando la célula va a dividirse.

Los cromosomas están formados por dos partes, llamadas cromátidas, unidas por un centrómero. Cada cromátida es una doble hélice de ADN superenrollada. Durante la división, cada célula hija recibe una cromátida de cada cromosoma. Así, se mantiene la misma dotación genética de la célula madre.

BIOGRAFÍA

Gregor Mendel (1822-1884)

Es considerado el padre de la genética. Tras ingresar en 1843 a los agustinos y ordenarse sacerdote, fue nombrado profesor de la escuela moderna de Brunn (actual Brno, República Checa), donde pasó buena parte de su vida y realizó sus experimentos sobre la transmisión de los caracteres hereditarios, considerados hoy como fundamentales para el desarrollo de la genética. En 1866, publicó los resultados en un pequeño boletín de su ciudad, pero su aportación pasó por completo inadvertida en aquel momento.

PARA SABER MÁS

El ADN no es inmutable

La información que tiene cada ser vivo en particular se encuentra en el orden de la secuencia de nucleótidos de las cadenas de ADN. Cuando se producen cambios en el orden de los nucleótidos, se pueden originar variaciones en las células o en el organismo. Los cambios en el ADN reciben el nombre de mutaciones.

Las mutaciones pueden producirse de forma espontánea o inducida por ciertos factores, como los rayos X, los rayos ultravioleta, algunos agentes químicos, etc. La gran mayoría de las mutaciones son perjudiciales para el organismo afectado y solo algunas son neutras o positivas para el organismo. Las mutaciones pueden afectar a cualquier célula, pero solamente las que se originan en las células reproductoras se transmiten a la descendencia del individuo.



Gregor Mendel, monje agustino católico y naturalista, nacido en Austria.

Las leyes de Mendel

Gregor Mendel fue un pionero en el campo de la genética. Estudió la herencia de los caracteres en plantas de arveja, y enunció sus famosas tres leyes. Aunque hoy se consideran principios, porque no siempre se cumplen, pero fueron el primer paso de la genética como ciencia.

Los experimentos de Mendel

Mendel trabajó con semillas de plantas de arveja (*Pisum sativum*), fijándose en siete caracteres que presentan dos variaciones completas y claramente diferenciadas: semilla verde o amarilla, semilla lisa o rugosa, planta alta o planta pequeña, etc. Con esta elección, Mendel acertó: en biología, la especie que se emplea en un experimento es determinante para obtener buenos resultados. El organismo empleado por Mendel tiene unas características muy apropiadas: es fácil de cultivar, tiene caracteres fácilmente distinguibles y produce muchos descendientes. Las plantas de arveja se cruzan con ellas mismas por autopolinización o autofecundación, y en ellas también es fácil de realizar fecundación cruzada.

Mendel tenía, además, una sólida formación matemática, lo que le permitió diseñar experimentos para comprobar cómo se transmitían los caracteres en las arvejas de una a otra generación y analizarlos desde un punto de vista de cálculo de probabilidades y estadístico. A partir de los resultados de estos experimentos, obtuvo unas generalizaciones que hoy se conocen como las leyes de Mendel.

Fecundación cruzada artificial

1. Se cortan los estambres de la flor
2. Se recoge el polen de otra flor y se deposita en el pistilo
3. Tras la fecundación, el ovario se transforma en un fruto



La herencia de un solo carácter

Mendel comenzó sus experimentos estudiando cómo se transmitía un solo carácter entre la generación progenitora y la filial. Para ello, se fijó en el carácter color de la semilla. Primero se cercioró de que las plantas que iba a cruzar eran de raza pura para ese carácter, es decir, que solamente presentaban una de las dos variedades del color de la semilla. Lo hizo cruzando numerosas veces las plantas de arvejas amarillas entre sí hasta que únicamente obtenía arvejas amarillas. Igualmente, realizó la misma selección con las arvejas verdes. A la causa de la variedad del color de la semilla que se transmitía de una generación a otra la denominó factor hereditario. Naturalmente, Mendel desconocía la naturaleza de ese carácter: no se había descubierto aún el ADN y no se sospechaba que la clave de los caracteres hereditarios se encontraba en el núcleo celular. Para él, simplemente se trataba de algún factor que determinaba una característica heredable, es decir, que la semilla fuera verde y otro que hacía que fuese amarilla.

Seguidamente, cruzó las plantas de arveja de color amarillo con las de color verde. Llamó generación parental a estas plantas que cruzó, las simbolizó con una P, y denominó primera generación filial (F_1) al conjunto de descendientes.



Planta de arveja

La primera ley: uniformidad

Al cruzar las dos razas puras para el carácter color de las semillas amarillas y verdes, toda la descendencia (F_1 o primera generación filial) obtenida estaba formada por semillas amarillas, aunque tenían información para ambos caracteres, amarillo y verde; por esto Mendel los denominó híbridos.

Al carácter que se manifestó en este cruce lo llamó carácter dominante y lo representó con una letra en mayúscula (A). El que no se manifestó fue el carácter recesivo, y lo simbolizó en letra minúscula (a). De este experimento, se extrae la primera ley de Mendel o ley de la uniformidad de la primera generación: todos los individuos que descienden del cruce de dos razas puras son iguales entre sí e iguales a uno de los progenitores.

La segunda ley: segregación de los caracteres

A continuación, Mendel cruzó entre sí los individuos de esta primera generación filial (F_1) y obtuvo una F_2 (segunda generación filial) con un 75% de arvejas de semilla amarilla y un 25% de semilla verde.

De este experimento se deduce la segunda ley de Mendel o ley de la segregación de los caracteres: al cruzar entre sí los híbridos obtenidos en la primera generación, los caracteres presentes en estos se separan y se combinan al azar en la descendencia.

La tercera ley: independencia de los caracteres

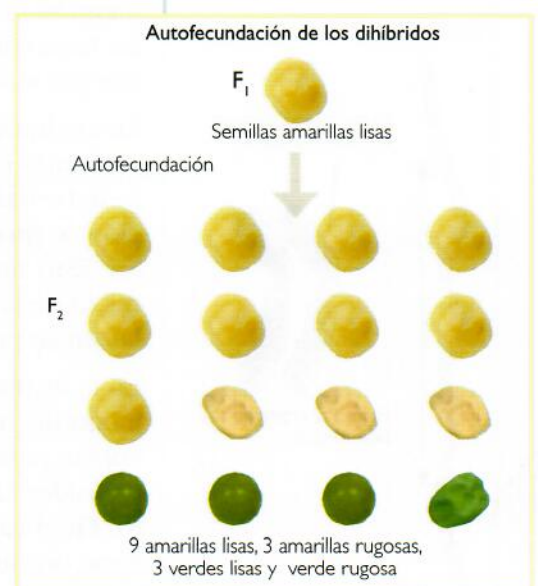
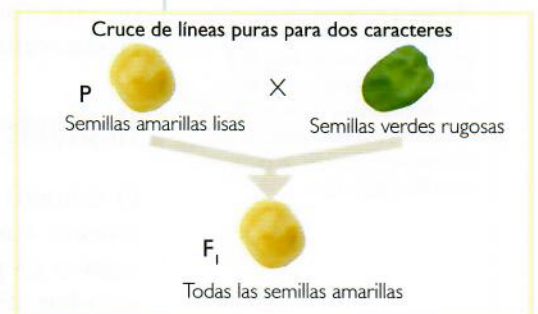
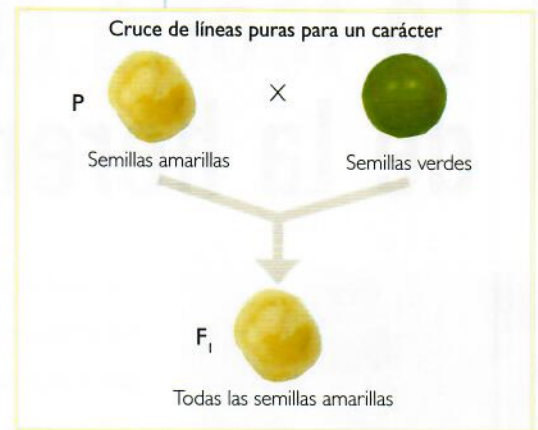
El siguiente paso en la experimentación de Mendel consistió en averiguar si existían relaciones entre caracteres distintos, como el color y la forma de la semilla. Para ello, cruzó arvejas amarillas lisas con arvejas verdes rugosas, ambas de "raza pura".

En la primera generación (F_1) obtuvo toda la descendencia amarilla lisa, ya que el carácter amarillo domina sobre el verde y el liso sobre el rugoso.

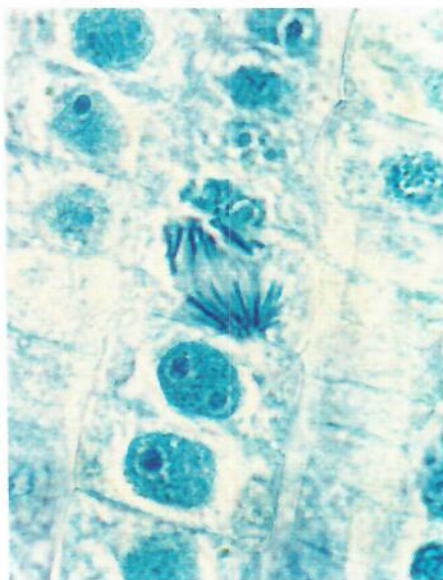
A continuación, Mendel hizo que las plantas pertenecientes a esta primera generación se autofecundaran y obtuvo una segunda generación (F_2). En esta sí aparecieron variaciones, en proporción 9:3:3:1 (de cada 16 ejemplares, 9 tenían semillas amarillas lisas; 3, amarillas rugosas; 3, verdes lisas, y 1, verde rugosa).

A partir de los resultados, enunció la tercera ley o ley de la independencia de los caracteres: los distintos caracteres se heredan independientemente unos de otros y se combinan al azar en la descendencia.

La genética, desde los tiempos de Mendel, ha avanzado mucho. Pronto, otros investigadores encontraron excepciones a sus leyes y demostraron que no siempre eran válidas.



La teoría cromosómica de la herencia



Tejido del ápice de la raíz de cebolla, observado al microscopio óptico. La función de este tejido es el crecimiento de la raíz, por eso es muy fácil observar divisiones celulares en él. Solo cuando la división está en marcha, se pueden observar los cromosomas y cómo se reparten entre las células hijas.

Mendel desconocía por completo la naturaleza de los factores hereditarios. Años más tarde, el descubrimiento de los cromosomas y del mecanismo de la división celular arrojó luz sobre cómo se produce la herencia de los caracteres.

Los cromosomas y su papel en la herencia

El material hereditario está formado exclusivamente por ácido desoxirribonucleico o ADN (excepto en algunos virus, en los que es ARN). Se encuentra localizado dentro del núcleo de las células eucariotas asociado a proteínas, formando la cromatina. Solo cuando la célula se va a dividir, la cromatina se condensa y se empaqueta, formando los cromosomas.

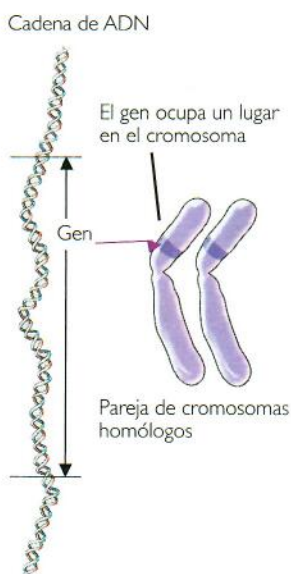
Se denomina gen a un fragmento de ADN (de un determinado cromosoma) que contiene la información para sintetizar una determinada proteína responsable de un carácter. En nuestras células hay aproximadamente 25 000 genes. En una célula diploide, como las humanas, hay dos juegos de cromosomas idénticos: los cromosomas de cada pareja se denominan cromosomas homólogos.

Haploides y diploides

El número de cromosomas de una especie es fijo. Así, en una célula de nuestro cuerpo, existen 46 cromosomas. Estos están duplicados, es decir, existen 23 parejas de cromosomas homólogos. En cambio, en los gametos, solo hay 23 cromosomas, un juego. El número de cromosomas de un solo juego se designa con la letra n , de forma que las células diploides son $2n$ y las haploides son n . En la especie humana, las células somáticas son diploides ($2n = 46$), y los gametos, haploides ($n = 23$).

En cualquier organismo diploide, para que se mantenga el número de cromosomas en la siguiente generación, durante la formación de los gametos, se debe reducir del número de cromosomas. Si no fuera así, tras la fecundación se producirían descendientes $4n$ que, a su vez, tendrían descendencia $8n$. Esto no sucede porque en la meiosis, el resultado son células con la mitad de la dotación cromosómica a partir de células iniciales. De las células $2n$ se producen células n , los gametos.

En la fecundación, los gametos se unen y originan un cigoto que recibe un juego de cromosomas del padre y otro de la madre, por lo que lleva dos copias para cada carácter hereditario. De ahí que los cigotos sean células diploides ($2n$). Por sucesivas mitosis, el cigoto dará lugar al organismo adulto. En el caso de los humanos y de otras especies, el organismo resultante tiene dos juegos de cromosomas en cada una de sus células.

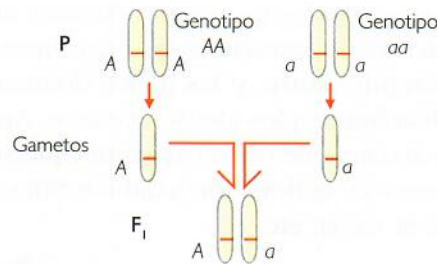
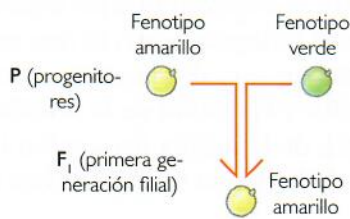


Genes y alelos

El conjunto de genes de un organismo se llama genotipo. El aspecto visible de este genotipo, resultado tanto de la información genética como de su interacción con el medioambiente, se denomina fenotipo. La relación entre genotipo, fenotipo y ambiente se expresa así:

$$\text{Genotipo} + \text{ambiente} = \text{fenotipo}$$

En la mayoría de las ocasiones, utilizamos estas dos palabras aplicándolas a un solo carácter. Así, los fenotipos en el primer experimento de Mendel serían amarillos y verdes, y sus genotipos vendrían representados por la letra asignada a cada gen; por ejemplo, AA , Aa , aa .



Cada una de las posibles variedades o manifestaciones de un gen recibe el nombre de alelo. Así, en el primer experimento de Mendel, podríamos decir que el carácter color de la arveja está determinado por dos alelos posibles: amarillo (A) y verde (a).

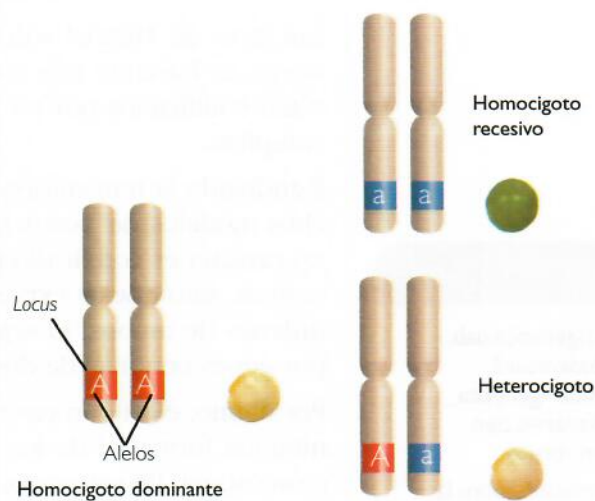
En una célula diploide, hay dos copias de cada uno de los genes. Es decir, hay dos alelos, uno procedente del padre y otro proveniente de la madre. Los alelos están situados exactamente en el mismo lugar en los cromosomas homólogos; es decir, si en un cromosoma de un juego está el alelo para un carácter en una determinada posición, en el cromosoma correspondiente del otro juego se encuentra el alelo para ese carácter exactamente en el mismo lugar. Cuando se forman los gametos, los cromosomas se reparten, de forma que cada gameto recibe un solo alelo para cada carácter.

INDIVIDUOS HOMOCIGOTAS Y HETEROCIGOTAS

En genética suele utilizarse letras para representar los genes (una para cada uno de los alelos). Cuando en un individuo los alelos de un gen son idénticos entre sí, se dice que están en homocigosis y que el individuo es homocigota o raza pura para ese carácter. Un individuo homocigota para un carácter se representa con una pareja de letras, mayúsculas o minúsculas: AA , aa , BB , bb , etc.

Por el contrario, si en un individuo los alelos de un gen son diferentes, se dice que están en heterocigosis y el individuo se denomina heterocigota o híbrido para ese carácter. Un individuo heterocigota para un carácter se representa con dos letras diferentes, una mayúscula y otra minúscula, por ejemplo, Aa , Bb , etc.

Cuando un organismo es heterocigota para un solo carácter, se denomina monohíbrido (Aa); si lo es para dos, dihíbrido ($aabb$); para tres, trihíbrido ($aaBbCc$), y si se diferencia en más de tres, polihíbrido.



GLOSARIO

Genotipo. Conjunto de los genes de un individuo, incluida su composición alélica.

Fenotipo. Manifestación visible del genotipo en un determinado ambiente.

Ambiente. Conjunto de circunstancias o condiciones exteriores a un ser vivo que influyen en su desarrollo y en sus actividades.

Genética después de Mendel

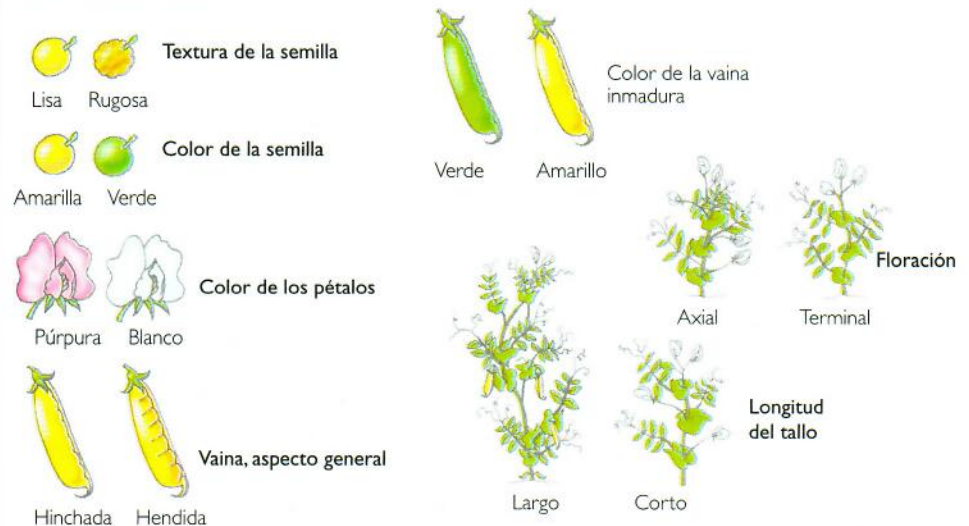


Una mazorca de maíz que cumple la tercera ley de Mendel. Los fenotipos de sus semillas están en proporción 9:3:3:1 (de cada 16 semillas, 9 son marrones lisas, 3 marrones rugosas, 3 amarillas lisas y 1 amarilla rugosa). Este hecho, a pesar de que se denomine "ley", no es tan común en la naturaleza como cabría pensar.

La genialidad de Mendel como científico es indiscutible. Pero, además, tuvo mucha suerte. De haber elegido otros caracteres en su experimentación, los resultados hubieran sido muy distintos.

Caracteres mendelianos en la arveja

Los resultados que obtuvo Mendel en el siglo XIX se explican porque eligió, sin saberlo, caracteres que se transmiten de forma independiente, lo que no siempre ocurre, y los alelos dominantes mostraban una dominancia completa frente a los alelos recesivos. Aparte del color y la textura de la semilla, la arveja tiene otros caracteres que se comportan de la misma manera en la herencia: la floración axial o terminal, el color de la flor, la forma y el color de la vaina, etc.



Cuándo no se cumplen las leyes de Mendel

Las leyes de Mendel son fáciles de entender. Pero la realidad, en la naturaleza, es bastante más compleja. De hecho, apenas existen caracteres que estén codificados por un único gen, y casos en los que la dominancia sea completa.

Estudiando la transmisión de los caracteres se pueden descubrir otros muchos modelos de herencia. El primero y más evidente es aquel en el que un carácter es codificado por un gen cuyos alelos no son dominantes ni recesivos, sino que se expresan por igual y el resultado es una mezcla de los órdenes de ambos. El segundo, aquellos caracteres que están codificados por genes con más de dos alelos.

Por último, existe un caso en el que las leyes de Mendel no se cumplen de ninguna forma: el de los genes que se encuentran cercanos en el mismo cromosoma. En este caso, se heredan juntos, nunca, en principio, independientemente. En resumen, Mendel tuvo mucha suerte de elegir caracteres codificados por genes que estaban en cromosomas distintos.

EN LA WEB

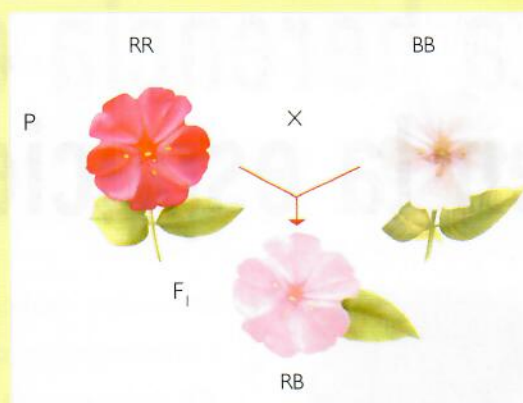
http://genetica.uab.cat/base/base3.asp?sitio=genetica_gen&anar=lacien&item=breve

Información sobre la historia de la genética.

HERENCIA INTERMEDIA

Ocurre cuando ambos alelos expresan por igual su información. El resultado es un híbrido o heterocigótico con un fenotipo que presenta características intermedias entre ambos progenitores. Es el caso de la herencia del color de las flores del dondiego de noche, donde del cruce entre variedades homocigóticas con flores de color rojo y variedades homocigóticas con flores de color blanco origina una F_1 uniforme de individuos híbridos, con flores de color rosado.

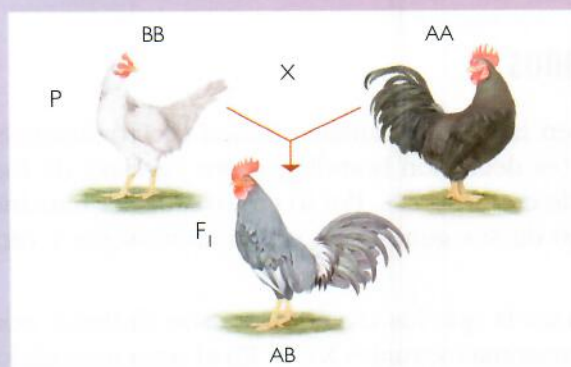
Si dejamos que se crucen entre sí los individuos obtenidos en la F_1 , se obtiene una F_2 de plantas con flores rojas, rosas y blancas, en la proporción 1:2:1, respectivamente.



CODOMINANCIA

Ocurre cuando los dos alelos se manifiestan simultáneamente. Los heterocigóticos presentan rasgos de los dos progenitores. Un ejemplo es el de los gallos y gallinas de la variedad andaluza.

Los descendientes de un cruzamiento entre un individuo homocigótico, de plumas negras, y otro homocigótico, de plumas blancas, son heterocigóticos de plumaje gris azulado.



ALELISMO MÚLTIPLE

Para muchos caracteres, el correspondiente gen no solo tiene dos variedades o alelos, sino que pueden existir muchas más: se habla entonces de serie alélica. Un ejemplo, es el color del pelo de los conejos, que se debe a la presencia de cuatro alelos posibles: agutí (gris), chinchilla (gris plata), himalaya (blancos con patas y orejas negras) y albinos (sin pigmentación), existiendo relaciones de dominancia entre los alelos y ajustándose la herencia de los colores a las leyes de Mendel.

Un caso especial es el del grupo sanguíneo según el sistema ABO. El grupo sanguíneo está codificado por tres alelos: A, B y O. A y B dominan sobre O, pero son codominantes entre sí.

Las combinaciones de estos tres alelos dan lugar a cuatro fenotipos y seis genotipos distintos.

GENOTIPOS	AA	A0	BB	B0	AB	00
FENOTIPOS	A		B		AB	O

HERENCIA POLIGÉNICA

Para muchos caracteres, como el color de la piel o la altura en humanos, los caracteres no se pueden clasificar de forma cuantitativa, sino cualitativa, ya que varían en forma continua en una población.

Las variaciones continuas indican, en general, herencias poligénicas que se deben al efecto aditivo de dos o más genes sobre un único carácter fenotípico. El color de la piel está, por ejemplo, controlado por al menos tres genes distintos.

GENES LIGADOS

Los genes que se encuentran en distintos cromosomas se heredan de forma independiente y por ello se llaman genes independientes. Pero, como el número de genes de un ser vivo es muchísimo mayor que el número de cromosomas, es lógico pensar que varios genes se encuentren en el mismo cromosoma. A estos genes que aparecen juntos en el mismo cromosoma se los denomina genes ligados y, en general, se heredan juntos como una unidad. Por lo tanto, el modo de herencia de genes ligados es diferente y se reparten en la descendencia con proporciones distintas de las descritas por Mendel.

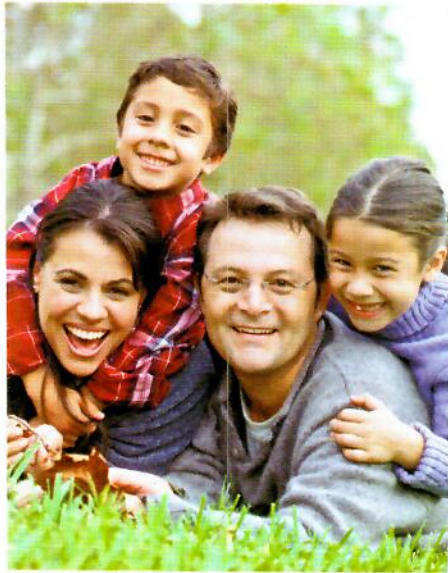
Un ejemplo especial de genes ligados lo constituyen los genes ligados al sexo, que son los que están en los cromosomas sexuales. Las diferencias en esta pareja de cromosomas hacen que puedan aparecer unos caracteres en un sexo y no en el otro.

EN LA WEB

http://www.elmundo.es/especiales/2003/02/salud/genetica/decifrar_la_vida.html

Imágenes interactivas de genética clásica

La herencia del sexo en la especie humana



La determinación del sexo de un individuo se produce en la fecundación y depende del gameto aportado por cada progenitor.

Shutterstock

En nuestra especie, la determinación del sexo no se debe a un gen, sino a cromosomas completos, los cromosomas sexuales X e Y. La dotación XX corresponde al sexo femenino, y la XY, al masculino.

Sexo y herencia

Aunque se presentan ciertas dificultades debido al pequeño número de descendientes que se originan en cada pareja, es posible comprobar que la herencia de los caracteres humanos sigue las mismas reglas que en otras especies.

Por lo que se refiere a la herencia del sexo, existe la misma probabilidad de tener un descendiente de sexo femenino que de sexo masculino. Este reparto 50%-50% indica que la herencia del sexo no es muy compleja.

Los cromosomas humanos

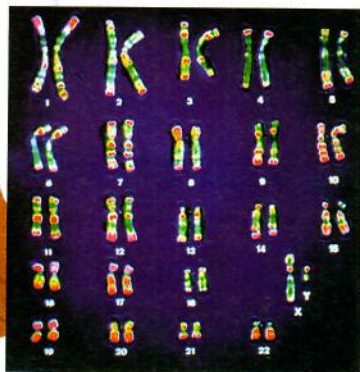
Todas las células somáticas en la especie humana tienen 46 cromosomas. Estos son iguales dos a dos (es decir, son homólogos por parejas), de forma que tenemos 23 parejas de cromosomas. Por lo tanto, cada ser humano tiene dos copias de cada uno de sus genes, una en un cromosoma y otra en su homólogo.

De las 23 parejas, existe una en la que los cromosomas son distintos. Son los heterocromosomas o cromosomas sexuales X e Y. En el sexo masculino, dicha pareja está formada por un cromosoma sexual X y uno Y (este es mucho más pequeño que el anterior). En el sexo femenino hay dos cromosomas X.

El conjunto de cromosomas recibe el nombre de cariotipo y la representación gráfica ordenada de estos constituye el idiograma.

Analizando el cariotipo se pueden detectar anomalías en los cromosomas y relacionarlas con distintas enfermedades.

Cariotipo humano masculino



Cariotipo humano femenino

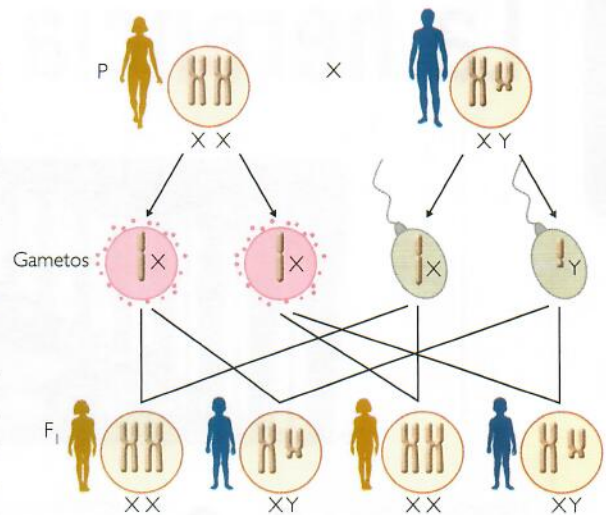


Autosomas y heterocromosomas

A los dos cromosomas que determinan el carácter sexo de un individuo se los denomina cromosomas sexuales o heterocromosomas. A los restantes cromosomas (22 parejas en la especie humana), se les llama autosomas. El sexo masculino y el femenino, en nuestra especie, se diferencian en estos cromosomas sexuales.

La dotación cromosómica humana se representa, por lo tanto, así: $44 + XX$ (sexo femenino) y $44 + XY$ (sexo masculino).

En los seres humanos, el cromosoma X es más grande y presenta genes que no se encuentran en Y. Este hecho tiene una gran importancia en la herencia de los caracteres que están codificados por genes ubicados en los cromosomas sexuales. Los cromosomas sexuales no solo contienen información sobre el sexo, también tienen genes que controlan otros muchos caracteres y procesos. Por ello, es obvio que, de alguna forma, los caracteres controlados por dichos genes están ligados al sexo.



Cromosomas sexuales y gametos

La determinación del sexo

Para estudiar la herencia del sexo se considera solamente la herencia de los cromosomas sexuales (X e Y).

En la especie humana, un individuo se origina mediante la fecundación que da lugar a la unión de un óvulo y un espermatozoide. Cada uno de estos gametos lleva la mitad de cromosomas (23) que las células somáticas, ya que se han originado por meiosis.

Los gametos de la madre llevarán cada uno un cromosoma X y 22 autosomas; los del padre, además de los 22 autosomas, llevan un cromosoma X o uno Y. La fecundación del óvulo la realiza un espermatozoide al azar: si este porta el cromosoma X, se originará un descendiente XX, es decir, una niña; si porta un cromosoma Y, se originará un descendiente XY, es decir, un niño. Los hombres producen gametos $22 + X$ y $22 + Y$ en una proporción uno a uno, es decir, que tienen la misma probabilidad de formarse. En cada fecundación, la probabilidad de que nazca niño o niña será un 50%.

SABÍAS QUE...

La determinación del sexo en otras especies

En los mamíferos, la determinación del sexo se produce como en la especie humana, pero en otros grupos de animales se producen situaciones muy diferentes.

Por ejemplo, en los saltamontes y otros insectos, las hembras son XX y los machos son XO, es decir, solo tienen un heterocromosoma: tienen un cromosoma menos que las hembras.

En las aves, los machos son ZZ y las hembras ZW. En algunas mariposas, los machos son ZZ y las hembras ZO, es decir, tienen un heterocromosoma.

También existen especies en las que la determinación del sexo no depende de heterocromosomas, sino de dotaciones genéticas completas.

En el caso de las abejas, los machos son haploides y las hembras diploides.

La unión de un macho (zángano) con la reina da lugar a huevos diploides de los que se desarrollan hembras.

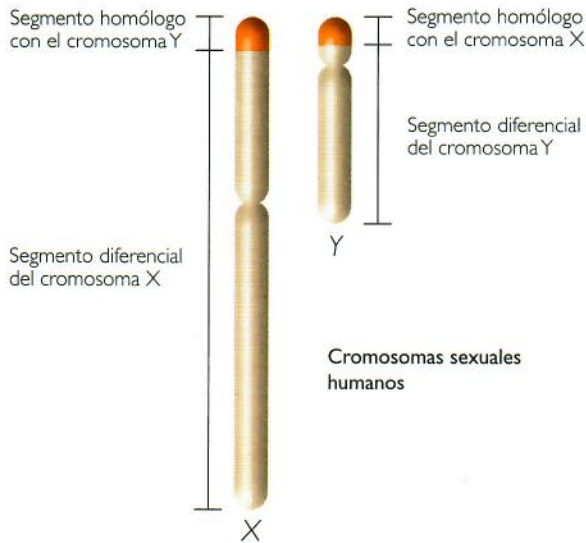
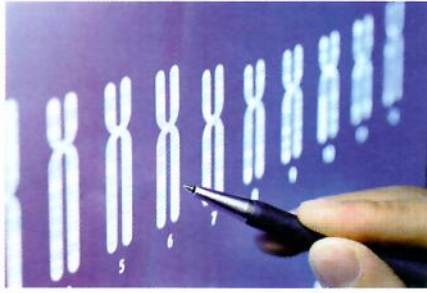
La reina puede producir huevos que no están fecundados. A partir de ellos se forman machos.

EN LA WEB

<http://lagenetica.info/es/>

Información ampliada acerca de los cromosomas y su herencia.

La herencia ligada al sexo



SABÍAS QUE...

Determinación del sexo

La presencia o ausencia del cromosoma Y no determina por sí solo el sexo del individuo.

Las características morfológicas sexuales femeninas o masculinas inician su desarrollo entre la séptima y la novena semana del desarrollo embrionario.

Antes de este momento es imposible identificar el sexo del embrión sin un análisis cromosómico; a esta etapa se le denomina periodo indiferenciado. Por lo tanto, durante las primeras semanas la gónada del embrión es bipotencial, pudiéndose diferenciar tanto en ovario como en testículo.

La diferenciación gonadal está controlada por el cromosoma Y. De forma normal si no existe cromosoma Y, la gónada bipotencial del embrión tiende a diferenciarse en ovario. Sin embargo, si un gen situado en el segmento diferencial del cromosoma Y, el gen *SRY*, se expresa, se paraliza la formación de ovario y se dirige la formación de un testículo, que producirá hormonas causantes de la masculinidad. Se ha comprobado que si la región del gen *SRY* está dañada o no se expresa, un individuo XY puede desarrollarse como mujer.

La información contenida en los cromosomas sexuales se hereda con estos. En el caso de las mujeres, los genes de los dos cromosomas XX se comportan como si estuvieran en un autosoma. Pero ¿qué sucede en los hombres, con dotación XY?

Caracteres que se heredan con el sexo

Los genes ligados al sexo tienen un comportamiento distinto en los hombres y en las mujeres. Ello es debido a que el cromosoma Y es diferente del cromosoma X. Esta diferencia es la causa de que algunos caracteres se manifiesten solo en los individuos de sexo masculino y no en los de sexo femenino. Entre estos caracteres se encuentran algunas enfermedades genéticas importantes.

Los cromosomas sexuales

En la especie humana y, en general, en los mamíferos, los cromosomas sexuales o heterocromosomas son muy diferentes. Mientras que el cromosoma X es grande, con numerosos genes, y con forma, precisamente, de "X", el cromosoma Y es más pequeño y contiene muy pocos genes funcionales. Además, en ellos se distinguen dos segmentos bien diferenciados. Un segmento homólogo, es decir, con genes para unos mismos caracteres. Este segmento es el que permite el apareamiento y posterior segregación de los cromosomas X e Y durante la meiosis. El otro segmento, llamado segmento diferencial, presenta genes específicos para cada cromosoma. Los genes que se encuentran en el segmento diferencial del cromosoma X se llaman ginándricos, mientras que los que se encuentran en el segmento diferencial del cromosoma Y se llaman holándricos.

22 pares + XX

22 pares + XY



Claves de la herencia ligada al sexo

En el sexo femenino, la presencia de dos cromosomas X hace que los genes contenidos en estos se comporten como si se encontraran en autosomas. Así pues, un carácter determinado por un gen del cromosoma X aparecerá si la mujer tiene un alelo dominante en uno de estos cromosomas, o si tiene dos alelos recesivos, uno en cada uno de ellos. Si, en cambio, la mujer es heterocigota para ese carácter, se manifestará el alelo dominante. Es decir, se trata de un modelo de herencia mendeliana clásico.

El caso del hombre es radicalmente distinto. Si los genes se encuentran en la zona del cromosoma X que tiene su parte correspondiente (homóloga) en el Y, actúan como en el caso anterior. Pero es mucho más frecuente que los genes estén en una parte del cromosoma X que no tenga correspondencia en el Y. Si esto sucede, los alelos se manifestarán siempre, ya sean dominantes o recesivos.

EN LA BIBLIOTECA

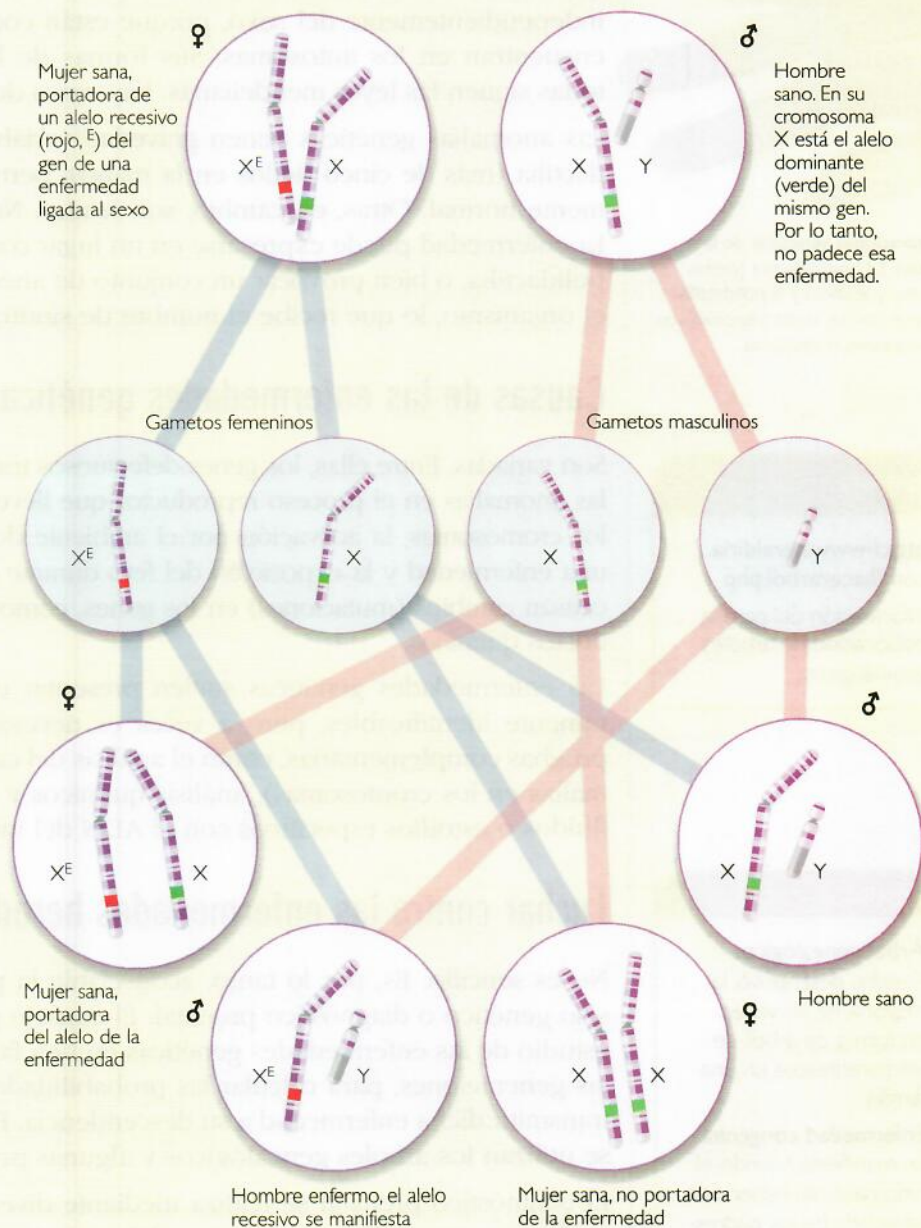
Para conocer más sobre la genética consulta el libro *La Biblia de las Ciencias Naturales* de la biblioteca del Ministerio de Educación (MINEDU).

UN MODELO DE HERENCIA LIGADA AL SEXO

Existen determinadas enfermedades que están codificadas por genes que se encuentran en el cromosoma X. Por lo tanto, son enfermedades ligadas al sexo.

El modelo de herencia de esas enfermedades es el que se resume en este esquema. Si el gen de una enfermedad está en el cromosoma X, una mujer que tenga uno de estos cromosomas con el alelo normal y el otro con el alelo que produce la enfermedad, no padecerá esta. El alelo normal es dominante y enmascara al que provoca la anomalía, que es recesivo. La mujer no enferma, pero puede transmitir la enfermedad. Por ello, se denomina mujer portadora.

El caso del hombre es bien distinto. Si recibe un cromosoma X con el alelo que provoca la enfermedad, irremediablemente la padecerá, ya que no tiene otro cromosoma en el que pueda estar el alelo dominante.



Enfermedades genéticas

Existe un número altísimo de enfermedades transmisibles de padres a hijos. Son las enfermedades hereditarias. La mayoría no están ligadas al sexo, dado que los genes que las codifican se localizan en autosomas.

Enfermedades que se transmiten de padres a hijos

Las enfermedades de origen genético son todas las susceptibles de ser heredadas de los progenitores, aunque en ellos no se manifiesten. Dos de ellas son bien conocidas por estar ligadas al sexo: el daltonismo y la hemofilia. Pero el número de enfermedades genéticas en la especie humana supera las 3 500 y se están descubriendo otras nuevas. La mayoría se heredan independientemente del sexo, porque están codificadas por genes que se encuentran en los autosomas. Sus formas de herencia son variables: no todas siguen las leyes mendelianas, hay casos de ligamiento, poligenia, etc.

Las anomalías genéticas tienen gravedad variable. Algunas, como la polidactilia (más de cinco dedos en la mano), permiten llevar una vida totalmente normal. Otras, en cambio, son letales. No todas tienen tratamiento. La enfermedad puede expresarse en un lugar concreto, como ocurre con la polidactilia, o bien provocar un conjunto de anomalías distribuidas en todo el organismo, lo que recibe el nombre de síndrome.

Causas de las enfermedades genéticas

Son variadas. Entre ellas, los genes defectuosos transmitidos de padres a hijos, las anomalías en el proceso reproductor que lleven a un reparto anómalo de los cromosomas, la activación por el ambiente de genes capaces de originar una enfermedad y la exposición del feto durante el embarazo a factores que causan cambios (mutaciones) en los genes, como radiaciones o algunos productos químicos.

Las enfermedades genéticas suelen presentar una serie de síntomas claramente identificables, pero a veces es necesario confirmarlas mediante pruebas complementarias, como el análisis del cariotipo (para detectar anomalías en los cromosomas), análisis químicos y biológicos de muestras de fluidos o estudios específicos con el ADN del individuo.

Luchar contra las enfermedades hereditarias

No es sencillo. Es, por lo tanto, aconsejable la prevención, mediante consejo genético o diagnóstico prenatal. El consejo genético está basado en el estudio de las enfermedades genéticas en una familia a través de las distintas generaciones, para calcular las probabilidades que tiene una pareja de transmitir dicha enfermedad a su descendencia. Para el estudio de la familia se utilizan los árboles genealógicos y algunas pruebas genéticas.

El diagnóstico prenatal se realiza mediante diversas técnicas y su objetivo es detectar anomalías graves antes del nacimiento.



Alteraciones genéticas de la mano. La braquidactilia (dedos cortos y anchos) y la polidactilia (mano con un dedo adicional) son alteraciones hereditarias.

EN LA WEB

<http://www.heraldiria.com/hacerarbol.php>

Información útil para la elaboración de árboles genealógicos.

GLOSARIO

Árbol genealógico.

Cuadro descriptivo, la mayoría de las veces en forma de árbol, de los parentescos en una familia.

Enfermedad congénita.

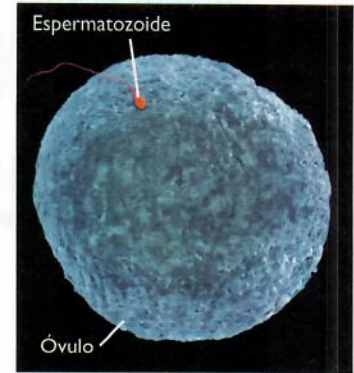
Se manifiesta cuando el niño nace, sin haber sido heredada de los padres.

¿Enfermedades masculinas?

Hay enfermedades que son mucho más frecuentes en los hombres que en las mujeres. La razón está en los heterocromosomas X e Y. La diferencia entre ambos cromosomas posibilita que se manifiesten alelos recesivos en una sola dosis.

Las enfermedades ligadas al sexo son mucho más frecuentes en los hombres que en las mujeres. Ello no quiere decir que las mujeres no las padezcan. Pero, puesto que estas enfermedades están asociadas a alelos recesivos, solamente cuando estos se encuentran en homocigosis (un alelo recesivo en cada cromosoma X), pueden hacer que la mujer padezca la enfermedad.

En un cruce entre una mujer portadora y un hombre normal, es imposible que alguna de las hijas padezca la enfermedad. Sí es posible, en cambio, que aparezca una hija afectada por la enfermedad cuando se cruza una mujer portadora con un hombre que padece dicho trastorno. Esa hija tendrá sus dos cromosomas X con los alelos recesivos causantes de la enfermedad.



Fecundación de un óvulo por un espermatozoide. Los óvulos tienen siempre un cromosoma X, los espermatozoides pueden tener uno X o uno Y.

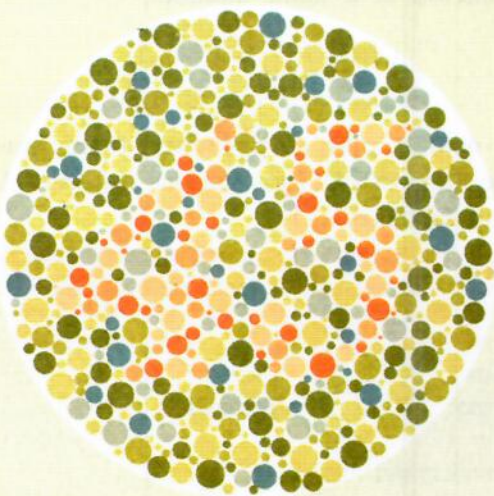
Por lo tanto, el sexo de los descendientes depende del espermatozoide que consiga fecundar el óvulo.

DALTONISMO

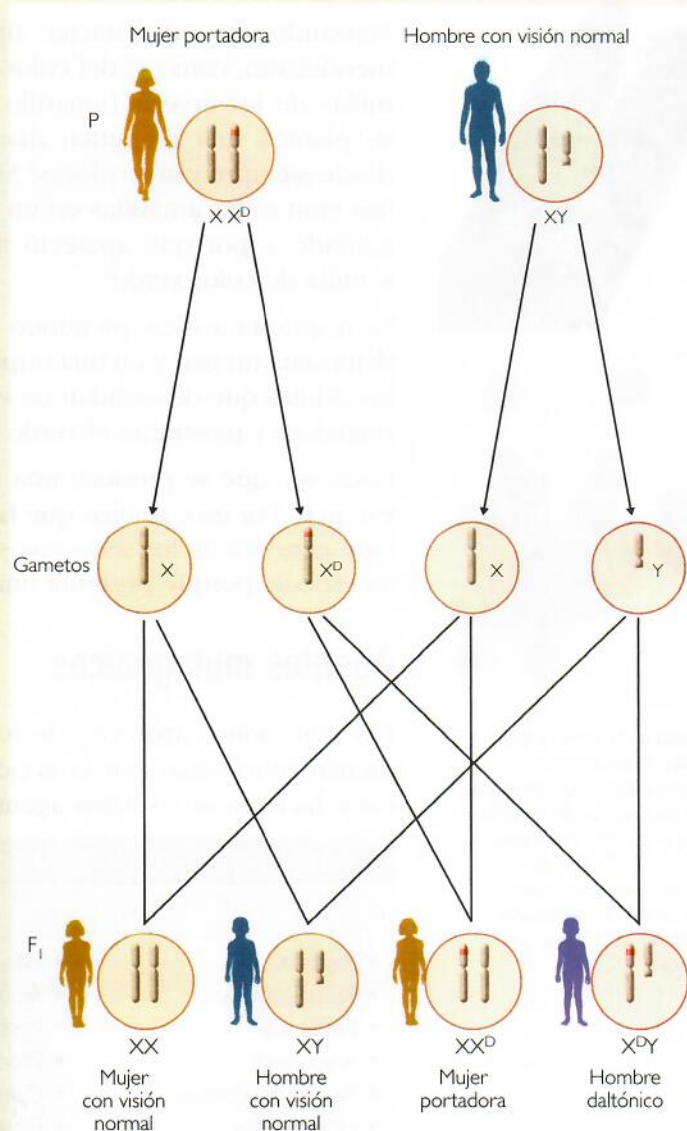
Esta enfermedad, determinada por un gen del cromosoma X, es una anomalía que consiste en la incapacidad de distinguir algunos colores, frecuentemente el rojo y verde. Se suele llamar también ceguera para los colores, y hay muchos tipos. La enfermedad fue descrita por una persona afectada, el químico inglés John Dalton, en 1794. El nombre de esta alteración hace referencia, precisamente, a este científico.

El gen responsable de la enfermedad es recesivo y su presencia origina el daltonismo en el hombre, mientras que la mujer que lo posee es portadora y no lo manifiesta.

Para que una mujer sea daltónica es necesario que tenga genes del daltonismo en los dos cromosomas X, lo cual es bastante poco frecuente.



Prueba del daltonismo. Una persona daltónica no puede distinguir los números que hay dentro del círculo.



Mutaciones, cambios de resultado imprevisible



La planta de la arveja y sus semillas. Aunque estamos acostumbrados a ver semillas de arveja de color verde, lo cierto es que el carácter dominante es el color amarillo. El color verde apareció como consecuencia de un cambio en el material hereditario de la arveja: una mutación.

Las mutaciones son variaciones en el ADN que afectan a los genes y a los cromosomas. En ocasiones, son beneficiosas porque crean variabilidad, pero otras veces producen anomalías genéticas que pueden ser graves o incluso letales.

¿Qué es una mutación?

Una mutación es un cambio en el ADN de una célula, que se produce espontáneamente y al azar.

Pensando en un carácter típicamente mendeliano, como el del color de las semillas de las arvejas (amarillo y verde), se plantea una pregunta: ¿han existido desde siempre estos colores? Si las semillas eran todas amarillas en un principio, ¿cuándo y por qué apareció la primera semilla de color verde?

La respuesta a estas preguntas es difícil, pero si pensamos que el color lo determina un gen y en una duplicación el ADN sufre un error y se deteriora, las células que descendán de ella estarán incapacitadas para fabricar dicho pigmento y mostrarán el verde de la clorofila como el resto de la planta.

Cada vez que se produce una mutación en un gen, se origina un alelo de ese gen. Por eso, se dice que la mutación es la fuente primaria de la variación genética de los seres vivos. Cuando aparece un ser diferente de los de su especie porque presenta una mutación, se le llama mutante.

Agentes mutagénicos

Las mutaciones aparecen de forma natural, pero su frecuencia puede aumentar muchísimo por la acción de factores externos que las inducen. A estos factores se les llama agentes mutagénicos.

AGENTES FÍSICOS Y QUÍMICOS QUE PUEDEN PRODUCIR MUTACIONES

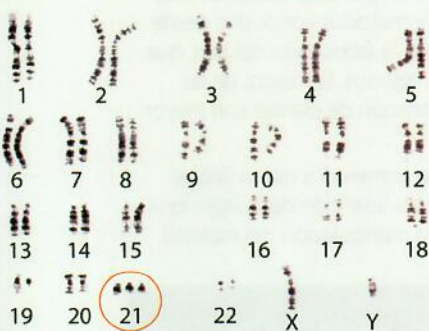
AGENTES FÍSICOS	AGENTES QUÍMICOS	AGENTES BIOLÓGICOS
• Rayos X • Rayos gamma • Rayos alfa • Rayos beta • Rayos ultravioleta. • Ultrasonidos	• Gas mostaza • Ácido nitroso • Pesticidas • Productos industriales • Cafeína y nicotina • Fármacos y drogas	• Virus • Bacterias



Un ejemplar de mosca de la especie *Drosophila melanogaster*. Esta mosca es el sujeto habitual de muchos experimentos de genética. Se conocen numerosos mutantes: de ojos blancos en lugar de rojos, alas cortas o vestigiales, etc.

Tipos de mutaciones

Las mutaciones se pueden clasificar atendiendo a varios criterios.

TIPOS DE MUTACIONES		
SEGÚN EL EFECTO SOBRE EL INDIVIDUO	Perjudiciales. Confiere una desventaja para la supervivencia del individuo. Si afectan a estructuras elementales, pueden llegar a causar la muerte del mismo. Beneficiosas. Aumentan la probabilidad de supervivencia del individuo, aportando variabilidad a la población. Neutras. Son mutaciones que no afectan a la supervivencia del individuo ni positiva ni negativamente.	 La mosca del vinagre posee dos alas. Una mutación puede ocasionar la pérdida de las alas o su curvatura. Estas mutaciones son perjudiciales, ya que impiden volar a la mosca.
	Somáticas. Son aquellas que ocurren en las células somáticas y no en las germinales. Pueden originar lesiones o enfermedades graves, como el cáncer. Al ocurrir en las células somáticas, no se transmiten a la descendencia; no son heredables. Germinales. Afectan a los gametos. Estas mutaciones no se manifiestan en el propio individuo, pero pueden transmitirse a futuras generaciones; son heredables.	 Las orejas curvadas de este gato son el resultado de una mutación en las células germinales de alguno de sus progenitores, cuyas orejas eran rectas.
	Génicas. Son aquellas que provocan cambios en la secuencia de nucleótidos de un gen determinado. Genómicas. Producen una variación respecto al número total de cromosomas de una especie. Cromosómicas. Son las que ocasionan cambios que afectan a la estructura interna de los cromosomas.	 El síndrome de Down o trisomía del par 21 está causado por una mutación genómica. Las personas afectadas presentan en sus células tres cromosomas en el par 21 en vez de dos.

¿Dónde ocurren las mutaciones?

Las mutaciones pueden afectar al ADN de cualquier célula de un ser vivo. Si la mutación se origina en una célula somática, es decir, cualquiera que no sea un gameto, no se transmitirá a los descendientes, pero sí a las células que procedan de ella. Por ejemplo, un lunar es el resultado de la proliferación de una primera célula a la que una mutación le hizo fabricar más pigmento que lo habitual.

En cambio, las mutaciones que afectan a las células de la línea germinal, a los gametos, sí se transmiten a la descendencia que llevará la información mutada en todas sus células.

SABÍAS QUE...

La evolución biológica

Es el proceso de transformación de las especies a lo largo del tiempo. Para que se produzca son necesarios cambios en el material hereditario de los gametos, y su posterior selección en la naturaleza.



Aplicaciones de la genética



Reacción en cadena de la polimerasa (PCR). Técnica que sirve para amplificar un fragmento de ADN. Inventada por el bioquímico estadounidense Kary Mullis en 1985.

Si hay alguna disciplina de la biología que ha revolucionado el panorama científico en los últimos 25 años, es la genética. Los últimos descubrimientos están posibilitando aplicaciones hasta hace poco tiempo inimaginables.

La utilidad de una ciencia joven

Las aplicaciones más conocidas del desarrollo de la genética están relacionadas con la biotecnología moderna, que emplea técnicas de ingeniería genética que manipulan el ADN de un organismo para conseguir un objetivo práctico aplicado a distintos campos (agricultura, ganadería, industria, medicina, etc.).

En lo que respecta a la especie humana, la genética ha proporcionado herramientas para conocer las enfermedades hereditarias y luchar contra ellas. El proyecto genoma humano ha descrito todo nuestro ADN y está sirviendo de base para el desarrollo de nuevas técnicas aplicables a todos los seres vivos.

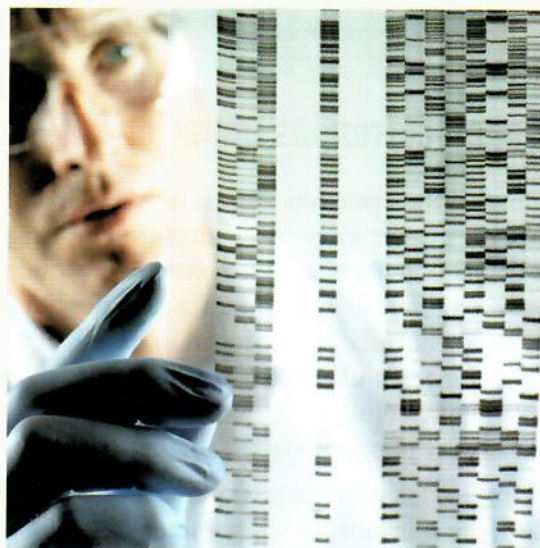
La **biotecnología** es la utilización de seres vivos, o parte de ellos, con el fin de obtener productos de interés para las personas. Aunque esta ciencia es muy moderna, reúne técnicas y métodos conocidos desde la Antigüedad. Por ejemplo, la fabricación del pan, que ya realizaban los antiguos egipcios, la mejora de las razas de animales y la obtención de plantas con mayor producción de frutos.

El término *biotecnología* se comenzó a usar a finales de la década de 1970, tras la aparición de la ingeniería genética, que se basa en la manipulación del material genético de las células.



La selección de las diversas razas de ganado, realizada desde la antigüedad, es una actividad biotecnológica.

La **ingeniería genética** es una de las herramientas de la biotecnología. Consiste en la manipulación del material genético de células o de virus para conseguir un determinado objetivo. La manipulación se realiza mediante el uso de herramientas bioquímicas, entre las que destacan enzimas capaces de reconocer y cortar el ADN en puntos específicos o de unir fragmentos de ADN de distintas procedencias, las ADN polimerasas resistentes al calor, la transcriptasa inversa de retrovirus, etc. Todas estas enzimas proceden de bacterias y virus.



La ingeniería genética es la tecnología del control y transferencia de ADN de un organismo a otro.

Science Photo Library

Organismos transgénicos

Mediante un procedimiento muy complejo se consigue introducir un fragmento de ADN (transgén) de un ser determinado, que nos interesa porque tiene una característica especialmente útil, en el ADN de otro ser, ya sea de la misma o de distinta especie.

Se crea así una bacteria, un protista, una planta o un animal que tiene la información genética normal de su especie, pero con una nueva información en todas sus células.

A estos organismos cuyo genoma ha sido modificado con genes procedentes de otros seres vivos se les denomina transgénicos, y el ADN sintetizado de manera artificial mediante la unión de ADN de orígenes diferentes se denomina ADN recombinante.

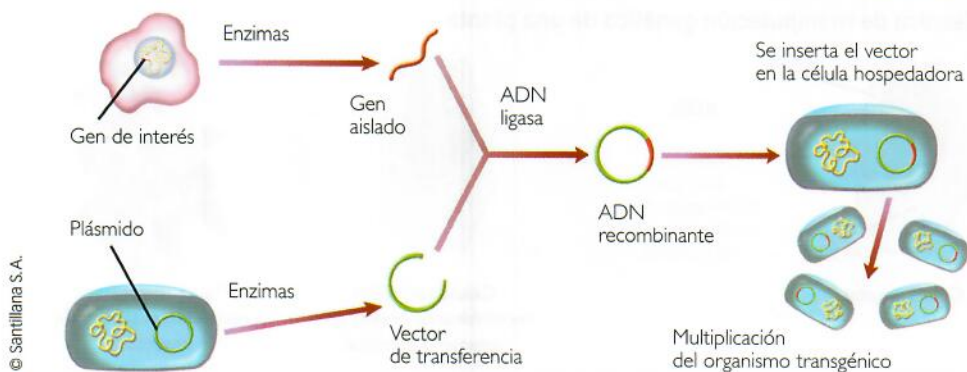
Cómo introducir nuevos genes

El proceso de manipulación genética se lleva a cabo a través de una serie de etapas, que de forma general podemos resumir en los siguientes pasos:

1. Localización y aislamiento del gen que se desea transferir, por ejemplo, el gen humano que sintetiza la hormona insulina.

Para ello, se utilizan las enzimas que "cortan" el ADN en pequeños fragmentos, entre los que se encuentra el ADN que se quiere transferir.

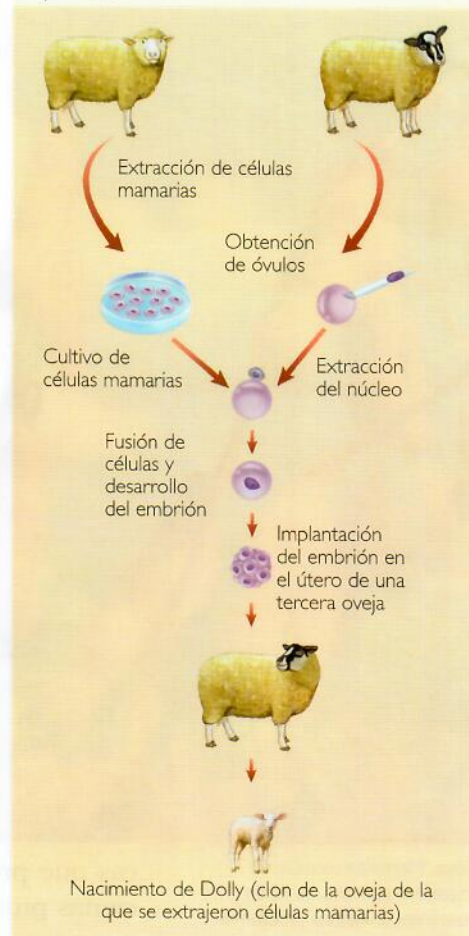
2. Selección de un vector. Para introducir el gen en la célula que se quiere modificar se utiliza un vector, que suele ser una pequeña molécula de ADN bacteriano (como los plásmidos) o ciertos virus. El vector también se corta.
3. Unión del ADN elegido al ADN del vector. A través de otras enzimas que unan fragmentos de ADN.
4. Inserción del vector con el gen transferido en la célula hospedadora.
5. Multiplicación del organismo transgénico. La célula hospedadora se divide originando copias que portan el gen deseado.



CLONACIÓN

Clonar un organismo, una célula o una molécula significa hacer una o varias copias idénticas al original.

La primera vez que se obtuvo un clon a partir de células de un animal fue en 1997. Como resultado nació la oveja Dolly, el primer mamífero clonado mediante una técnica conocida como transferencia nuclear. Esta técnica está basada en la utilización de núcleos de células diferenciadas o de células embrionarias en un estado de desarrollo temprano. Desde entonces, se ha conseguido clonar otros animales, como ovejas, cabras, cerdos, ratones e, incluso, primates.



EN LA WEB

<http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/1bachillerato/animal/contenidos23.htm>
Información sobre las técnicas y consideraciones éticas de la clonación.



Ingeniería genética en plantas y animales

Consiste en la manipulación del material genético de células vegetales o animales para conseguir un determinado objetivo: variedades nuevas más resistentes a factores ambientales, más productivas o que contienen alguna sustancia de interés.



Soya. Mediante técnicas de ingeniería genética, se están resolviendo algunos problemas de los cultivos, por ejemplo, la supervivencia ante las plagas o frente a las enfermedades.

La ingeniería genética en plantas

La primera planta transgénica se desarrolló a partir de la planta del tabaco. Actualmente se han desarrollado plantas transgénicas de más de cuarenta especies.

Mediante ingeniería genética se han conseguido plantas resistentes a enfermedades producidas por virus, bacterias o insectos. Estas plantas son capaces de producir antibióticos, toxinas y otras sustancias que atacan a los microorganismos. También se han conseguido otro tipo de mejoras, como la producción de distintas sustancias en los alimentos que aumentan su calidad nutricional, mejorar las cualidades organolépticas de un producto o que ciertas plantas sean más resistentes a determinados factores ambientales, como el frío.

Las técnicas de ingeniería genética también permiten el desarrollo de plantas que den frutos de maduración muy lenta. Así, es posible recoger tomates maduros de la tomatera y que lleguen al consumidor conservando intactos su sabor, olor, color y textura. La mejora de la calidad de las semillas es también un objetivo.

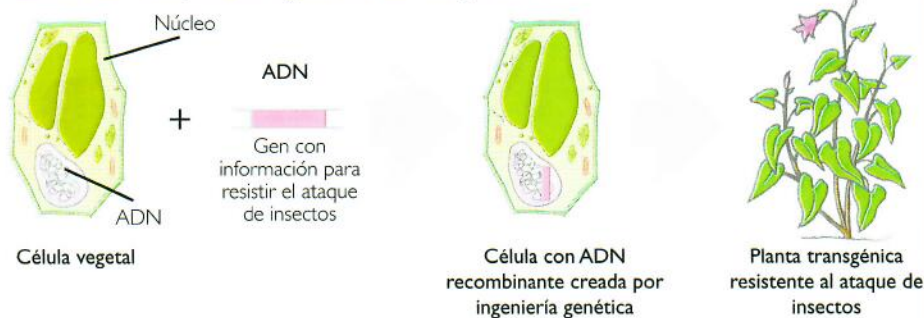
Las aplicaciones farmacéuticas son otro gran punto de interés. La biotecnología permite desarrollar plantas transgénicas que producen sustancias de interés farmacológico, como anticuerpos, ciertas proteínas y hormonas, como la hormona del crecimiento.

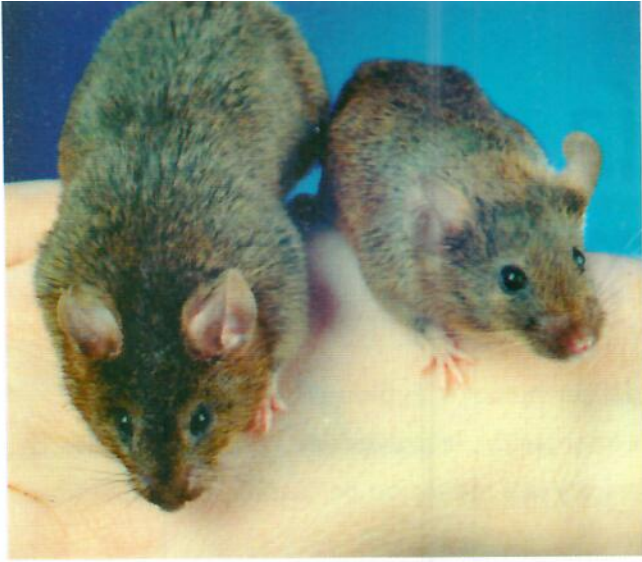
EN LA WEB

<http://www.redcientifica.com/doc/doc200211030300.html>

Información sobre ingeniería genética y clonación.

Técnica de manipulación genética de una planta





Un ejemplo de animal transgénico. El ratón de la izquierda es transgénico. Se ha conseguido que tenga un mayor desarrollo muscular que los ratones normales (derecha).

La ingeniería genética en animales

La manipulación genética de los animales persigue múltiples objetivos: aumentar el rendimiento del ganado, producir animales como modelos para investigar enfermedades, elaborar fármacos, etc.

Se está investigando la creación de nuevas razas de animales mediante técnicas de manipulación genética. Los primeros pasos se han dado obteniendo animales clónicos, como la oveja Dolly (1997). Estas nuevas razas pueden ser más resistentes y rentables.

En la actualidad, ya se emplean ratones transgénicos en los laboratorios de investigación. Algunos de ellos llevan genes humanos que inducen cáncer: así se puede estudiar cuándo y cómo se activan estos genes y cómo producen la enfermedad.

Por otra parte, se están empleando algunos animales transgénicos para producir medicamentos. Un ejemplo es la introducción del gen que produce el factor antihemofílico en ovejas: se logra así que dicho factor esté en su leche, de forma que es más barato de producir que por otros métodos.

Además de estas técnicas de ingeniería genética, la biotecnología ha posibilitado lograr otros objetivos sin manipular el genoma de los individuos. Por ejemplo, se estudia intervenir en la reproducción de especies en peligro que se mantienen en cautividad mediante fecundación artificial y congelación de embriones. En este caso, es especialmente importante no intervenir en el genoma de estos animales, de manera que conserven su acervo genético sin modificaciones.

SABÍAS QUE...

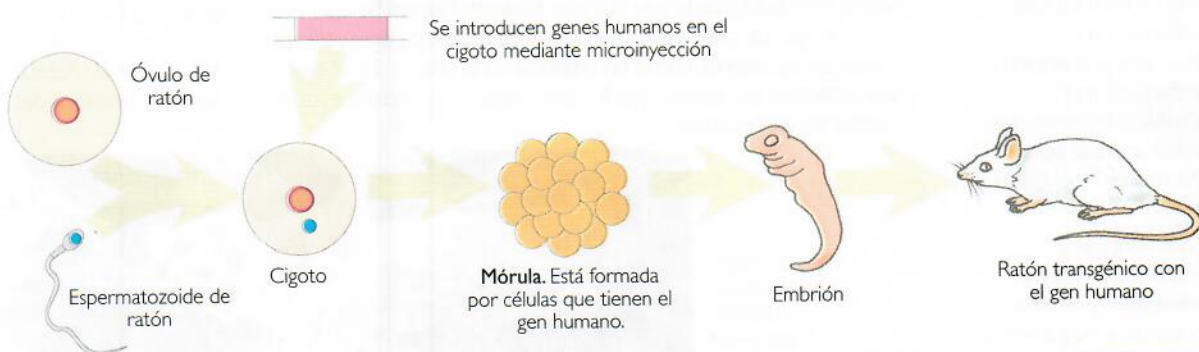
Selección artificial a la vieja usanza

Desde la antigüedad, la humanidad ha seleccionado plantas y animales interesantes para la alimentación, el trabajo o para compañía. Cruzaban entre sí las plantas que producían más grano, o los animales que proporcionaban más carne, o los más fuertes. Así, a lo largo de miles de años, se ha llegado a disponer de una gran variedad de animales y plantas que satisfacen nuestras necesidades, sobre todo las alimentarias.

Esta selección era artificial, pero se hacía siguiendo un proceso natural, el de la reproducción de los seres vivos. Con los cambios en estos seres se pretendía seleccionar aquellos más aptos, de modo similar a como ocurre en la naturaleza.



Técnica de manipulación genética de un animal





La biotecnología en la salud humana



Tanques de producción de medicamentos. En los últimos años, la biotecnología ha revolucionado la industria farmacéutica con nuevos productos y nuevas técnicas de elaboración de fármacos.

PARA REFLEXIONAR

Prevención primaria y secundaria

Para la prevención primaria, se efectúa el consejo genético, en el que se analiza el material genético de la pareja y de sus familiares para detectar enfermedades hereditarias. Para efectuar una prevención secundaria, se han desarrollado técnicas que permiten analizar, con mucha precisión, el ADN del feto.

- ¿Qué ventajas y desventajas tiene la prevención primaria y secundaria? Argumenta.

En el campo de la salud del ser humano, la biotecnología tiene diversas aplicaciones: la alimentación, la prevención de enfermedades hereditarias, la terapia génica y la producción de sustancias terapéuticas y de vacunas.

Las posibilidades que ofrece la biotecnología

Hoy día, el avance de la biotecnología ha permitido un desarrollo mucho más eficiente de las especies ya cultivadas y ha abierto unas perspectivas enormes. Así, se han introducido mejoras en actividades clásicas como la fabricación de pan, cerveza o yogur; se han desarrollado industrias en las que intervienen los seres vivos: producción de medicamentos, depuración de aguas residuales, obtención de biocombustibles... Todas estas posibilidades están directamente relacionadas con la salud humana y con la mejora de la calidad de vida.

Prevención de enfermedades hereditarias

En los últimos años, se ha avanzado mucho en el conocimiento del material genético humano. Este conocimiento permite una prevención primaria antes de la concepción y una prevención secundaria, con la detección precoz durante el embarazo.

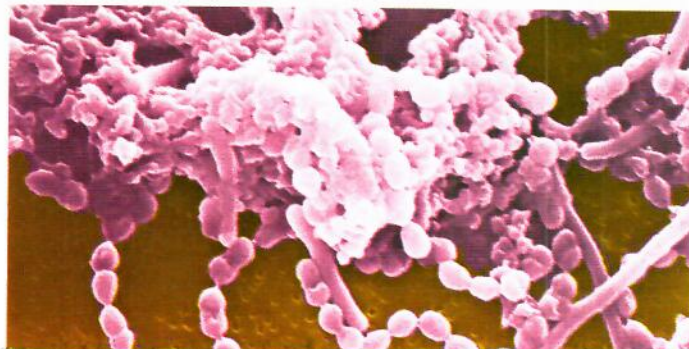
SABÍAS QUE...

Microorganismos serviciales

Algunos microorganismos intervienen en la fabricación de alimentos y bebidas que tienen gran importancia en la alimentación humana. Por ejemplo, un hongo unicelular, *Saccharomyces cerevisiae*, es conocido como la levadura del pan, e interviene también en la fabricación de vino y cerveza. Los yogures son derivados lácteos que requieren la participación de bacterias fermentadoras.

El control de la elaboración y la mejora del rendimiento de estos microorganismos se realiza mediante modernas técnicas biotecnológicas. Se están consiguiendo así mejoras en el tiempo de producción, en la conservación de estos alimentos, en la presencia de sustancias de interés, como las vitaminas o la fibra... En el campo de los lácteos ha habido una auténtica revolución que ha dado lugar a muchos nuevos productos, con propiedades realmente interesantes.

Bacterias del yogur, fotografiadas al microscopio electrónico



La terapia génica

Hasta el día de hoy, ciertas enfermedades solo se pueden tratar administrando sustancias que actúen sobre los síntomas del mal, no sobre su origen. Mediante la terapia génica se busca suprimir los efectos de un gen o alelo defectuoso al reemplazarlo por uno sano. Aunque hay grandes avances, queda mucho por investigar y desarrollar en este campo de la ciencia.

Algunos casos puntuales en los que se hace abundante investigación y existen ciertos resultados promisorios son la talasemia, la fibrosis quística, algunos tipos de cáncer y la inmunodeficiencia combinada grave (“niños burbuja”).

Producción de sustancias terapéuticas

Muchas sustancias terapéuticas se obtienen a partir de microorganismos, por ejemplo, la penicilina. Un gran número de estas sustancias se producen hoy gracias a la biotecnología, como la insulina. Las personas que sufren diabetes deben inyectarse insulina varias veces al día. Hasta el año 1983, la insulina que utilizaban las personas diabéticas era insulina de cerdo purificada. En el año 1982, se autorizó la comercialización de insulina humana obtenida mediante ingeniería genética, siendo la primera molécula biológica fabricada por esta técnica y comercializada.

Otras sustancias se obtienen a partir de plantas y animales transgénicos, como el factor VIII, que interviene en la coagulación de la sangre.

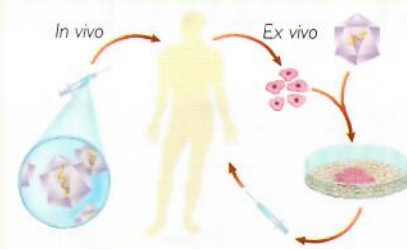
La ingeniería genética permite producir hormonas humanas en cantidad suficiente para tratar muchas enfermedades carenciales. Por ejemplo, el enanismo producido por déficit de la hormona del crecimiento. Al principio se trataba a las personas enfermas con hormona extraída de la hipófisis de cadáveres. Actualmente, la hormona del crecimiento es fabricada por bacterias. Un recipiente con 500 litros de bacterias puede producir tanta cantidad de hormona como 35 000 hipófisis humanas.

Las vacunas

Algunas vacunas se obtienen cultivando virus en células vivas en laboratorio. Los virus cultivados se recogen y se matan o debilitan para preparar la vacuna. Se trata de técnicas tradicionales.

La ingeniería genética ha aportado nuevas posibilidades para obtener vacunas, por ejemplo, la vacuna contra la hepatitis B se está desarrollando ya mediante estas técnicas nuevas. También se espera conseguir la elaboración de nuevas vacunas para combatir enfermedades tan graves como el sida y el paludismo.

DOS MANERAS DE REALIZAR LA TERAPIA GÉNICA



In vivo

Se introduce directamente en el organismo del paciente el vector que contiene los genes deseados.

Estos actúan como fármacos al interactuar con células específicas del cuerpo y transferirle su contenido genético.

Ex vivo

Se extraen células del paciente con genes defectuosos y, en el laboratorio, a través de vectores se les transfieren los genes deseados.

Finalmente, las células transformadas se introducen de nuevo en el paciente.

PARA SABER MÁS

Células madre

Son células no diferenciadas susceptibles de convertirse en células de otros tipos: células cardíacas, de la piel, etc.

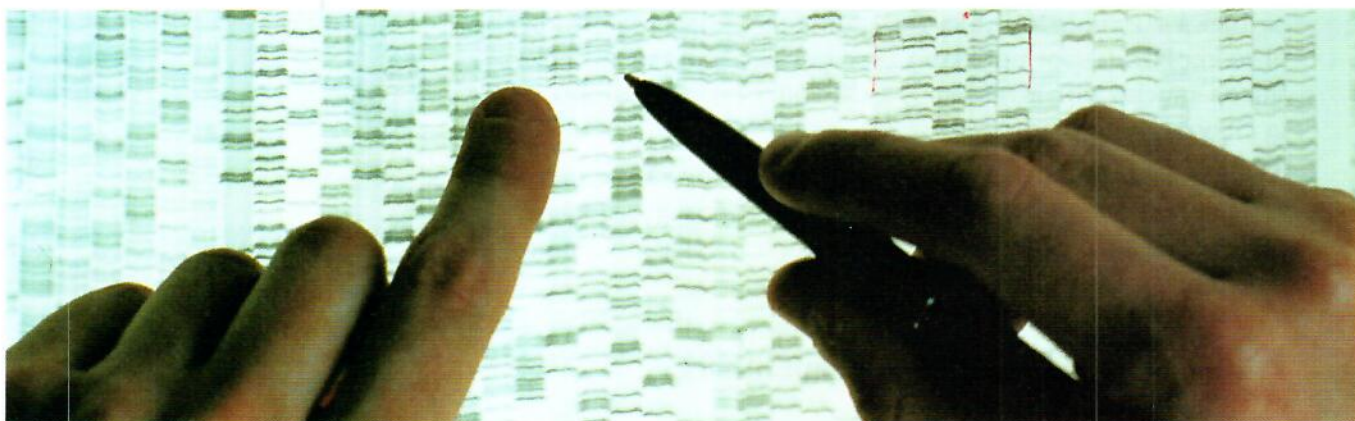
La importancia de la investigación actual de las células madre radica en la posibilidad de fabricar tejidos y, en el futuro, órganos con la misma información genética del individuo, evitando así problemas de rechazo.

Actualmente, se utilizan células madre procedentes de embriones tempranos, de cordón umbilical, de células adultas que podrían diferenciarse en células de otros tejidos y de células madre pluripotentes inducidas.





El genoma humano



Manos sobre el genoma. Un investigador interpreta uno de los complejos diagramas de secuenciación de las cadenas de ADN que constituyen la dotación genética humana.

La interpretación de todo el genoma de nuestra especie ha sido un esfuerzo titánico, imposible de abordar sin la colaboración de muchos equipos de investigación repartidos por todo el mundo y el desarrollo de nuevas herramientas y tecnologías.

EN LA WEB

<http://www.genome.gov/12511467>

Página del Instituto Genoma Humano.

SABÍAS QUE...

Tanto como llegar a la Luna

El esfuerzo internacional para secuenciar los 3000 millones de "letras" del ADN en el genoma humano es considerado por muchos como una de las empresas científicas más ambiciosas de todos los tiempos, aun comparándola con la fisión del átomo o el viaje a la Luna.

El Proyecto Genoma Humano ha supuesto un modelo de colaboración científica internacional, cuyo objetivo ha sido obtener la secuenciación completa del ADN humano como herramienta para futuros estudios.

El Proyecto Genoma Humano (PGH)

El genoma humano es la secuencia completa del ADN que contienen las células humanas. Es el acervo genético de nuestra especie, el libro de nuestra información hereditaria, la que configura nuestras características fundamentales anatómicas y fisiológicas, y en la que también están codificadas algunas graves enfermedades.

En 1998, comenzó el proyecto público internacional denominado Proyecto Genoma Humano (PGH), un esfuerzo coordinado internacionalmente cuyo objetivo era secuenciar el ADN humano: conocer el orden en el que se disponían los nucleótidos en nuestras cadenas de ADN.

En aquel momento, se conocía ya perfectamente la información genética de seres como virus, bacterias, levaduras, etc. Pero la información genética humana es muchísimo más extensa, por lo que el reto era muy superior. Solo el avance de la ciencia de la genética y, en particular, las técnicas relacionadas con la fragmentación y la secuenciación del ADN mediante enzimas, permitieron que se abordara una tarea tan compleja.

Al comienzo del proyecto se calculó que, para descifrar toda nuestra información genética en un año, habrían sido necesarias más de 30 000 personas trabajando casi ininterrumpidamente. Sin embargo, el personal disponible era mucho menor, por ello, los científicos participantes preveían un buen número de años de trabajo.

Afortunadamente, los avances técnicos hicieron que la tarea se simplificara y automatizara. Además, los investigadores contaron con una valiosa herramienta de comunicación, la red internet, que apenas comenzaba a desarrollarse cuando se inició el PGH. Internet ha permitido la comunicación en tiempo real de equipos distribuidos por todo el mundo, lo que aceleró notablemente la consecución de este gran logro científico.

EL DERECHO A LA CONFIDENCIALIDAD

En una encuesta publicada por la revista *Times* en 1994, el 50% de las personas consultadas manifestó que estaba a favor de las pruebas que les permitieran conocer qué enfermedades hereditarias se encuentran codificadas en su información genética. El 58% desearía que se realizaran pruebas genéticas a los fetos para encontrar sus posibles anomalías genéticas. Pero el 87% expresó estar en contra de que los datos genéticos se usen en el mundo laboral para determinar la adecuación de una persona a un puesto de trabajo.

Estos datos resumen bien las preocupaciones sobre las últimas investigaciones genéticas. En el caso del conocimiento de las enfermedades hereditarias, la opinión está muy dividida, pero casi todo el mundo está de acuerdo en la necesidad de mantener la confidencialidad de la información genética.

Hoy día, el conocimiento del genoma ya se utiliza, en el ámbito policial, para identificar mediante pruebas de ADN a los sospechosos de hechos delictivos.

Sin embargo, aunque parece magnífico poder conocer de antemano las posibilidades que tiene alguien de sufrir una enfermedad o si es portador de una enfermedad genética,

con vistas a una prevención o curación de la misma, hay quienes opinan que esta información, utilizada de forma inadecuada, puede ser perjudicial. Las empresas podrían solicitar informes genéticos de sus trabajadores para contratarlos o no, las aseguradoras aumentarían las primas a sus asegurados propensos a sufrir cáncer, etc. También hay personas que opinan que el conocimiento en profundidad de nuestro genoma abre la puerta a la manipulación genética del ser humano, a la creación de nuevas razas o estirpes mejoradas, o a la obtención de embriones con características adecuadas para servir de bancos de células que remediasen determinadas enfermedades o solucionasen algunos defectos congénitos.

Las posibilidades de la ingeniería genética y la biotecnología, evidentemente, son casi ilimitadas, pero muchas de ellas se encuentran rozando los límites de lo que se puede considerar ético. Es por ello que, en numerosos países, las investigaciones derivadas del conocimiento del genoma y aquellas que implican trabajo con embriones o células madre están reguladas por la ley. En algunos países están prohibidas.

PARA SABER MÁS

Genómica y proteómica

La genómica es la parte de la biología que se encarga del estudio de los genomas de los seres vivos.

En el transcurso del Proyecto Genoma Humano se ha descifrado también el genoma de otros organismos, como diversos virus, bacterias, la levadura de la cerveza, el gusano *Caenorhabditis elegans*, la mosca *Drosophila melanogaster*, el ratón, diversas plantas.

Así, se puede comparar el genoma de estas especies y estudiar su evolución.

En la especie humana, se ha descubierto que el número de proteínas es mayor que el número de genes.

Por eso, actualmente, los trabajos de investigación se centran en la proteómica, que es el estudio de conjuntos completos de proteínas que codifican los genomas.

Los antecedentes

Una vez que se consiguió disponer de las herramientas bioquímicas necesarias para trabajar con cadenas de ADN, el siguiente paso era conseguir la secuenciación de estas cadenas; es decir, identificar el orden de las bases que las componen y describir el orden de los genes y sus funciones.

Los primeros organismos en los que se realizó esta tarea fueron los más simples. Se comenzó por los virus y las bacterias, en 1976. Hasta 20 años más tarde no se pudo completar la secuenciación del genoma de un organismo más complejo, una simple levadura. En el momento en el que el Proyecto Genoma Humano arrancaba, ya existían precedentes de secuenciación de genomas más largos y complejos, como los de algunos gusanos. Nada era comparable, no obstante, a la tarea que los científicos se habían impuesto al poner en el punto de mira el genoma de nuestra especie.



Una aparentemente insignificante masa fibrosa. El primer paso para secuenciar el ADN de un organismo es extraerlo de sus células.

Sorprende comprobar que el ADN es una masa blanquecina, de aspecto fibroso. Algo de apariencia insignificante que, sin embargo, contiene el secreto de la vida.

AÑO	ALGUNOS ORGANISMOS CUYO GENOMA HA SIDO SECUENCIADO
1976	Primer bacteriófago, MS2. Primeros virus de animales: SV40, citomegalovirus, virus de la vacuna. Primera bacteria: <i>Haemophilus influenzae</i> .
1997	Primera levadura: <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .
1998	Primer animal pluricelular: el gusano <i>Caenorhabditis elegans</i> .
2001	Genoma de la planta del arroz, del parásito de la malaria, <i>Plasmodium falciparum</i> , y del mosquito que lo transmite, <i>Anopheles gambiae</i> . Genoma del ratón; 90% del genoma de la rata.



PGH. Los resultados

PARA SABER MÁS

Nuevos proyectos para el futuro

Tras el PGH, la segunda fase es el Proyecto Proteoma Humano (PPH), cuyo objetivo es conocer todas las proteínas que hay en nuestro organismo.

La razón fundamental para el lanzamiento de este proyecto es que la mayoría de las enfermedades no se manifiestan en el terreno de los genes, sino en el de las proteínas.

El objetivo común es, por lo tanto, identificar las proteínas humanas para seleccionar las más útiles como marcadores de diagnóstico o dianas para fármacos.

El reto es abrumador. Basta tener en cuenta que, mientras que en el núcleo de las células hay alrededor de 25 000 genes, el número de proteínas en el organismo oscila entre 10 y 20 millones.

La secuencia completa del genoma humano se publicó en 2001.

Como cualquier resultado experimental, ha abierto muchos nuevos interrogantes. Pero también un sinfín de posibilidades, aunque muchas de ellas quedan pendientes de nuevos avances científicos.

El final de un ambicioso proyecto

En febrero de 2001, se publicó el borrador inicial del genoma humano, por PGH y la empresa privada Celera Genomics, en las prestigiosas revistas científicas *Nature* y *Science*, respectivamente. En abril de 2003, se dio por finalizado el proyecto; sin embargo, sus conclusiones aún continúan revisándose.

Hoy se sabe que el genoma humano contiene unos 3 000 millones de nucleótidos. Está formado por alrededor de 25 000 genes que codifican proteínas.

El tamaño de los genes es variable; de media contienen unos tres mil nucleótidos.

Cada persona comparte un 99,99% del mapa genético con el resto de la humanidad. El 0,01% restante marca las diferencias entre unos y otros.

Tenemos pocos genes

El número de genes ha resultado sorprendente, toda vez que se partía de una estimación de 100 000. Aproximadamente, una cuarta parte de nuestro genoma es una región casi desierta o con muy pocos genes que codifiquen proteínas. Los genes que codifican proteínas ocupan solo del 2 al 5% del genoma.

Por cromosomas, la densidad en genes resulta más elevada en el 1, 17, 19 y 22, mientras que los cromosomas X, 4, 18, 13 e Y parecen relativamente vacíos. Y no deja de resultar curioso que una planta de la familia de la mostaza, *Arabidopsis thaliana*, nos supere en número de genes, o que nuestro genoma solo sobrepase en unos cientos de genes al gusano de tierra *Caenorhabditis elegans*.

Sin embargo, nuestra complejidad fisiológica no radica en el número de genes, sino en la existencia de mecanismos que permiten multiplicar el potencial de codificación del genoma. Se ha descubierto que un solo gen humano puede producir cinco, seis o incluso más proteínas a través de distintos procesos.





La "basura" en el genoma

También se ha encontrado que más de un tercio del genoma (el 35,3%) contiene secuencias repetidas. Por ejemplo, el cromosoma 19 es repetitivo en un 57%. Un hecho que indica la necesidad de estudiar con más profundidad el denominado "ADN basura" (zonas que no contienen genes, como los extremos de los cromosomas, y fragmentos redundantes que no codifican proteínas), que podría tener una función en el mantenimiento de la estructura y el dinamismo de los cromosomas, entre otras posibilidades.

Nuestros cromosomas albergan un 5% de genes activos, que codifican proteínas, y un 95% de secuencias que no producen proteínas y cuya función es aún desconocida.

Por qué y para qué

Los resultados del Proyecto Genoma Humano permiten determinar en qué lugares exactos de los 46 cromosomas humanos se encuentran los genes que almacenan la información de los distintos caracteres anatómicos y fisiológicos.

Pero, además, el conocimiento del genoma tiene una función fundamental: identificar los genes que provocan las enfermedades hereditarias. Entre los genes localizados por el Proyecto Genoma Humano, están algunos que producen graves enfermedades, como determinadas formas de cáncer. Hasta ahora se conocen más de 4 300 enfermedades debidas a genes defectuosos, es decir, genes que han sufrido una mutación.

La terapia génica es específica para las personas que poseen estos genes. Se espera que estas técnicas permitan cambiar un gen defectuoso, que produce una enfermedad o una malformación, por un gen normal.

El problema es que para que una enfermedad pueda ser tratada mediante terapia génica, es imprescindible que se deba a un único gen. Si una enfermedad se debe a la actuación conjunta de diversos genes, la situación se complica notablemente.

Número de genes y de bases del genoma humano para cada cromosoma

CROMOSOMA	GENES	BASES	CROMOSOMA	GENES	BASES
1	2 968	245 203 898	13	748	114 151 656
2	2 288	243 315 028	14	1 050	105 311 216
3	2 032	199 411 731	15	1 122	100 114 055
4	1 297	191 610 523	16	1 098	89 995 999
5	1 643	180 967 295	17	1 576	81 691 216
6	1 963	170 740 541	18	766	77 753 510
7	1 443	158 431 299	19	1 454	63 790 860
8	1 127	145 908 738	20	927	63 644 868
9	1 299	134 505 819	21	303	46 976 972
10	1 440	135 480 874	22	288	49 476 972
11	2 093	134 978 784	Cromosoma X	1 184	152 634 166
12	1 652	133 464 434	Cromosoma Y	331	50 961 097

La gran diversidad humana. Los estudios sobre el genoma humano han revelado un dato fundamental: que las diferencias entre personas son aun menores de lo que pensábamos.

EN LA BIBLIOTECA

Para conocer más sobre la genética consulta el libro Ciencia de Adam Hart-Davis de la biblioteca del Ministerio de Educación (MINEDU).



Los organismos transgénicos



Las personas hemos seleccionado los organismos desde hace miles de años para obtener animales domesticados y plantas cultivadas mediante lo que denominamos selección artificial. Pero todos de la misma especie. Sin embargo, ahora la biotecnología nos permite generar variantes de interés seleccionadas mediante mejora genética introduciendo en la especie un gen que no es propio de ella.

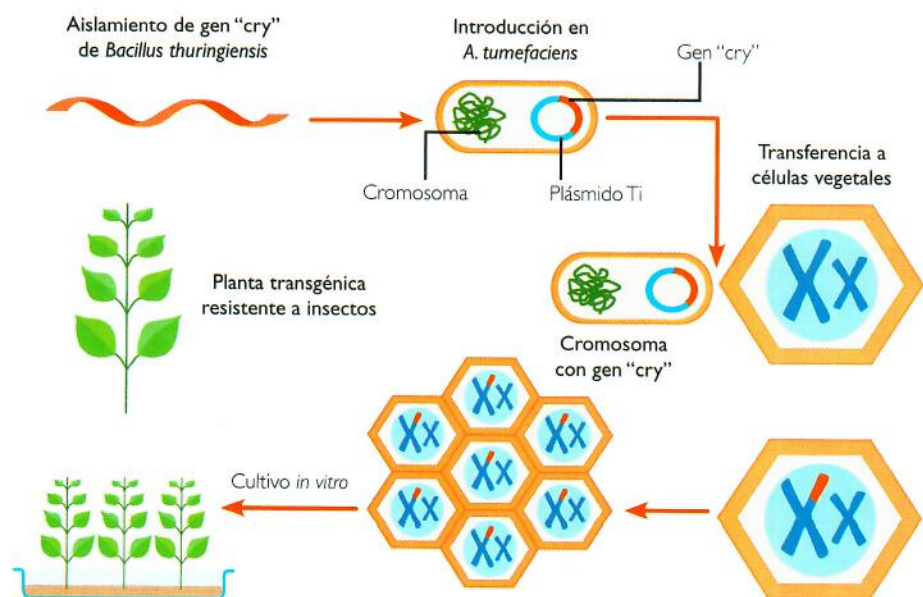
En 1981, se obtuvieron los primeros resultados con animales transgénicos. J.W. Gordon y F.H. Ruddle lograron insertar genes de ratón provenientes de un individuo en el cigoto de otro, de la misma especie, y estos genes se transmitieron a la siguiente generación.

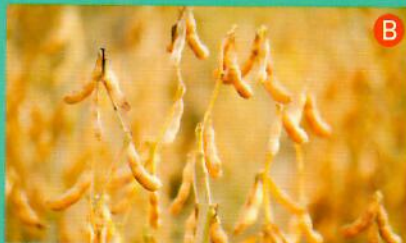
¿Qué es un organismo transgénico?

Se denominan organismos transgénicos a los organismos modificados genéticamente (OMG) que portan un gen extraño (transgén).

¿Cómo se obtienen?

La bacteria *Agrobacterium tumefaciens*, que tiene la propiedad natural de infectar las células de la planta e introducir su material genético dentro del ADN vegetal, es usada para introducir genes en los cultivos comerciales. La ingeniería genética utiliza esta propiedad como vehículo para introducir en la planta un gen de interés. La bacteria recombinada con este gen de interés infecta a la planta, incorporando ese gen en el ADN vegetal. Al crecer, la planta contará en todas sus células con el gen de interés y expresará una nueva característica.





A. Maíz transgénico. B. Soja transgénica. Se trata de dos de las variedades transgénicas más comercializadas actualmente.

¿Qué organismos transgénicos existen en el mercado?

Diariamente, utilizamos alimentos obtenidos de organismos modificados por ingeniería genética.

¿Qué ventajas tiene el uso un organismo transgénico?

Los beneficios de los transgénicos se pueden resumir en los siguientes:

- Aumento del rendimiento de los cultivos y de su resistencia a herbicidas.
- Mayor síntesis de micro- y macronutrientes.
- Aumento de la tolerancia a las diferentes condiciones del suelo de cultivo, como sequía y salinidad.
- Aumento de la capacidad fotosintética.
- Mejor color y textura de los alimentos.
- Mayor duración y conservación de los alimentos (verduras y frutas larga vida).
- Más resistencia a temperaturas extremas.

¿Qué desventajas tiene el uso de organismo transgénico?

Las desventajas de los transgénicos se pueden resumir en las siguientes:

- Riesgo de pérdida de características de importancia genética en cultivos nativos.
- Dependencia económica que obliga a los agricultores a comprar semillas para cada siembra.
- Desplazamiento de especies nativas de su hábitat y nicho o favorecer su extinción debido a sus ventajas competitivas.
- Desvalorización de los cultivos tradicionales y sus prácticas ancestrales.

PARA REFLEXIONAR

Semillas transgénicas

En 1996, empezaron a liberarse para la producción agrícola semillas transgénicas con propiedades novedosas, como resistencia a las plagas, a los herbicidas o a los factores ambientales extremos.

- ¿Crees que en nuestro país deberían utilizarse semillas transgénicas? Analiza y argumenta tu respuesta. Luego, compártela con la clase.

EN LA WEB

http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/4esobiologia/4quincena8/4quincena5_contenidos_2c.htm

Página web del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte del Gobierno de España sobre la ingeniería genética.

Resumen

Ideas principales

La genética

Teorías genéticas

- Primera ley de Mendel o de la uniformidad. Todos los individuos (F_1) que descienden del cruce de dos razas puras son iguales entre sí e iguales a uno de sus progenitores.
- Segunda ley de Mendel o de la segregación de los caracteres. Al cruzar los híbridos de la F_1 entre sí, los caracteres presentes en estos se separan y se combinan al azar en la descendencia.
- Tercera ley de Mendel o de independencia de caracteres. Los distintos caracteres se heredan independientemente unos de otros y se combinan al azar en la descendencia.
- Teoría cromosómica de la herencia. Los genes son fragmentos de ADN contenidos en los cromosomas. Los gametos son haploides (n) por lo que después de la fecundación o fusión de los gametos se originan organismos diploides ($2n$).
- El conjunto de genes se denomina genotipo, su expresión se ve influenciada por el medioambiente, dando lugar al fenotipo.
- Cada una de las posibles manifestaciones de un gen se llama alelo. Si dos alelos son iguales, se trata de un individuo homocigoto para ese carácter; si los alelos son diferentes, el individuo es heterocigoto para ese carácter.



Tipos de herencia

- Herencia intermedia. Dos alelos se expresan por igual, el fenotipo resultante presenta características intermedias de ambos progenitores.
- Codominancia. Dos alelos se expresan simultáneamente, los descendientes presentan rasgos de ambos progenitores.
- Alelismo múltiple. Un gen tiene dos o más variedades de alelos, que se combinan entre sí.
- Herencia poligénica. Efecto aditivo de dos o más genes que codifican un solo carácter.
- Genes ligados. Aparecen en el mismo cromosoma y se heredan como una unidad.



Herencia ligada al sexo

- Los cromosomas sexuales determinan el sexo de un individuo (en humanos: XX = femenino, XY = masculino).
- En individuos femeninos (XX), los genes contenidos en X se expresan como autosomas, es decir, pueden ser dominantes o recesivos.
- En individuos masculinos (XY), los genes contenidos en el cromosoma X siempre se expresarán.

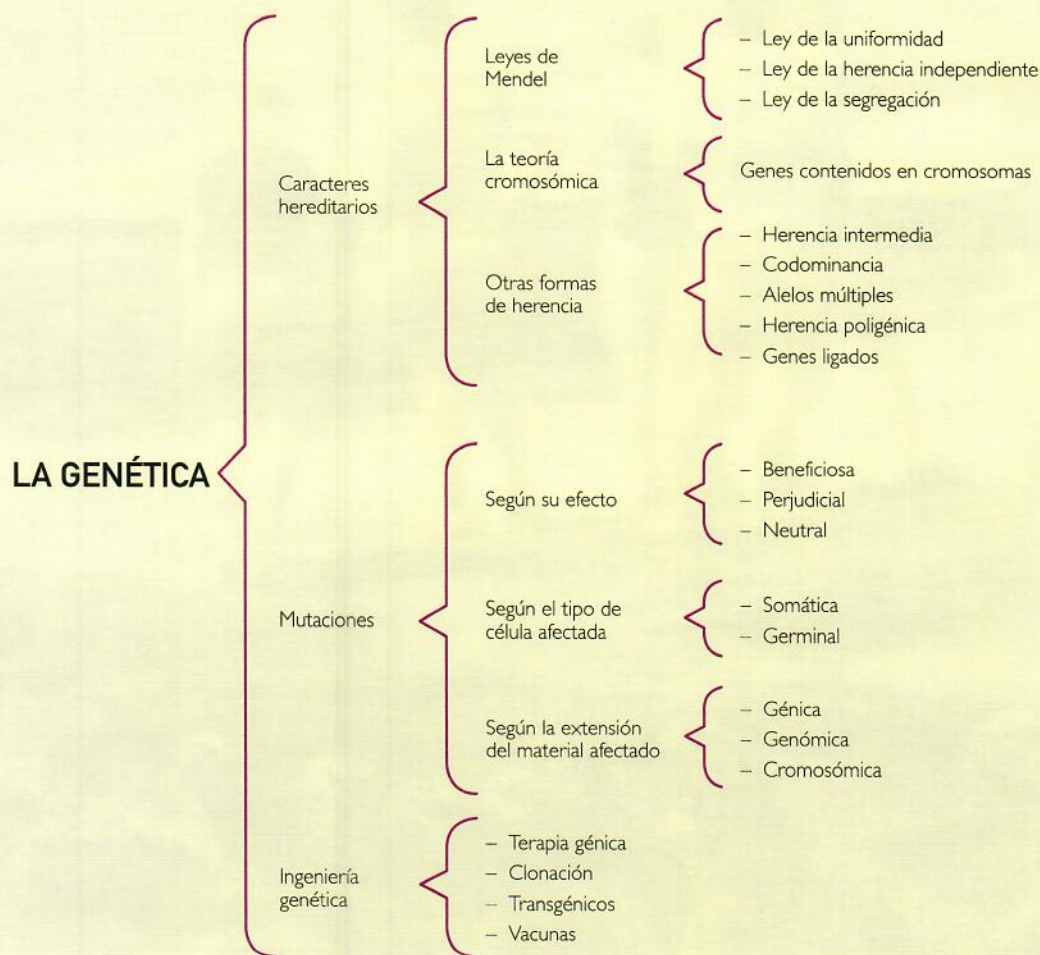


Mutaciones

- Según el cambio en el ADN de una célula: espontánea y al azar.
- Según el efecto: perjudicial, beneficiosa o neutra.
- Según el tipo de célula afectada: somática (células del cuerpo) y germinal (gametos).
- Según la extensión del material afectado: génica (afecta nucleótidos), genómica (afecta el número de cromosomas) y cromosómica (afecta la estructura interna de los cromosomas).



Organizador visual: cuadro sinóptico



Opciones de consulta

Para reforzar

En los siguientes sitios web encontrarás información acerca de la genética y la biotecnología que reforzarán lo aprendido.

- <http://www.porquebiotecnologia.com.ar>
- <http://www.ucm.es/info/genetica/AVG/problemas/ProblemasR.htm>
- <http://www.perubiotec.org/Contenido2-Biotec/Biotec.php>

Con este libro de la biblioteca del Ministerio de Educación, podrás complementar tus conocimientos sobre el tema desarrollado en esta unidad.

- Gispert, C., Miller, G., Gay, J., Vidal, J. (Eds.). (2003). *Enciclopedia didáctica de las Ciencias Naturales*. Barcelona, España: Océano.

Para ampliar

Bryan Singer (Dir, 2000), *X-Men*, Estados Unidos.

- <http://www.pelispedia.tv/pelicula/x-men/>

En un futuro cercano, los mutantes se vislumbran como el próximo paso evolutivo para la humanidad: un gen especial les confiere poderes sobrenaturales. El gobierno se opone a su existencia, argumentando que son una amenaza y un peligro para los humanos, lo que origina que los mutantes se dividan en dos bandos: los que luchan por la paz y el entendimiento, y los que deciden luchar contra la humanidad, dirigidos por Magneto.

La película narra el descubrimiento de sus poderes por nuevos miembros de los equipos y la lucha del doctor Xavier por contrarrestar las amenazas de Magneto.



IDEAS CLAVE

- Teoría de la evolución de Darwin y Wallace
- Las pruebas de la evolución
- La selección natural: el motor de la evolución
- El neodarwinismo
- Teorías modernas sobre la evolución
- Los caminos de la evolución: plantas y animales
- Nuestros parientes: los primates
- Nuestros antepasados

La iguana de Galápagos.

Especie que habita las costas rocosas del archipiélago. Es el único lagarto moderno que depende del ecosistema marino, nada alimentándose casi exclusivamente de algas marinas.

8

La evolución de la vida

LEEMOS

El origen de las especies

La publicación del libro *El origen de las especies*, de Charles Darwin, el 24 de noviembre de 1859, produjo conmoción en el mundo intelectual de la época. Darwin daba en esta obra una explicación materialista coherente sobre el origen de la diversidad de seres vivos que no dependía de creencias, sino de hipótesis científicas.

El trabajo de Darwin demostró que, fenómenos y procesos tan difíciles de comprender, como el origen de las especies, podían analizarse científicamente sobre la base de la observación, de la experimentación, del análisis e integración de la evidencia y la evaluación de las hipótesis.

Desde otra perspectiva, la teoría evolutiva fundada por Darwin produjo gran confusión en el mundo religioso, especialmente en las religiones de tradición judeocristiana. La idea de que los seres vivos, incluido el ser humano, se originan por procesos biológicos independientes de la voluntad divina, se contradecía con las interpretaciones literales ofrecidas por los textos sagrados.

¿De qué sirve conocer sobre el origen y evolución de las especies? ¿Cómo crees que se puede aplicar el conocimiento sobre la evolución en los diferentes campos científico, médico, agrícola y biotecnológico? ¿Cómo evaluarían si una nueva idea es posible o si, por el contrario, conlleva riesgos muy altos? ¿Consideran que las opiniones de personajes importantes sobre temas controversiales influye en la manera de pensar de las personas? ¿Esta influencia es positiva o negativa para la sociedad?

LO QUE DEBEMOS APRENDER

Al finalizar esta unidad, lograrás comprender cómo se relacionan las teorías de la evolución, la genética y la ecología. Podrás descubrir las pruebas de la evolución de los organismos y cómo pudo surgir la vida en la Tierra primitiva. También podrás aplicar tus conocimientos sobre evolución y tomar una posición crítica sobre lo que le espera a nuestro planeta en el futuro si no cambiamos nuestra actitud hacia la conservación.



Shutterstock



Introducción a la unidad

La evolución de la vida es una de las grandes interrogantes de nuestra era. La biodiversidad de la Tierra evidencia procesos evolutivos complejos aún no resueltos. A lo largo de la historia, muchas hipótesis han sido formuladas, unas con base científica y otras marcadas por las ideas religiosas. Una de las más controvertidas, que desarrollaremos en esta unidad, fue la teoría de

Charles Darwin, que en su momento revolucionó al mundo científico.

La evolución se considera el gran principio unificador de la biología, ya que reúne los aportes de la genética que explican las causas de la evolución, y los aportes de la ecología que explican las consecuencias de la evolución, es decir, la adaptación al medio.

Ideas antiguas sobre el origen de las especies

Al observar la diversidad de la vida, los estudiosos se han preguntado por qué existen tantas especies de seres vivos diferentes y cómo se han formado.



Aristóteles. La autoridad de este filósofo sobre la ciencia fue incuestionable durante toda la Edad Media.

El transformismo

Bajo el nombre de transformismo se agrupan todas las leyendas que, desde la Antigüedad, hablan de cambios fabulosos.

La ciencia clásica se basaba en la observación más que en la experimentación. Por ello, surgieron numerosas fábulas que no se ponían a prueba. El filósofo de la antigua Grecia, Anaximandro (611-547 a.C.), y el romano Lucrecio (99-55 a.C.) acuñaron el concepto de que todos los seres vivos estaban relacionados y que se transformaban a lo largo del tiempo. Aristóteles (384-332 a.C.) desarrolló la notable *Scala Naturae* para explicar su idea de progreso de los seres vivos, desde la materia inanimada a las plantas, de ellas a los animales-planta, de estos a los animales verdaderos y, finalmente, al ser humano. Este concepto de que el ser humano es la cúspide de la creación ha perdurado hasta hace poco.



Después, Ea, el sabio, creó a la humanidad. [...] Enbilulugugal [...] que proporciona el mijo, y hace aparecer la cebada.

Fuente: Poemas babilónicos (1890 a 1594 a.C., aprox.).

El fijismo o creacionismo

Es la teoría que propone que las especies no cambian, sino que se mantienen invariables a lo largo del tiempo desde su creación por un ser supremo. Cada especie animal o vegetal es inmutable, y no es posible ningún cambio en ellas. Los seres vivos son distintos porque han sido creados distintos, y entre ellos no existen relaciones de parentesco. Esta idea ha predominado durante siglos, principalmente porque se apoyaba en la interpretación literal del Génesis u otros libros sagrados. Grandes naturalistas, como el botánico sueco Karl von Linné (1707-1778), a quien se debe la nomenclatura binomial de las especies hoy vigente, aceptaban este modelo sin dudar.

El catastrofismo

Una cuestión a la que habían de enfrentarse los estudiosos era la existencia de los fósiles y su origen. Georges Cuvier (1769-1832) interpretó acertadamente que los fósiles eran los restos de organismos que habían existido y elaboró la teoría del catastrofismo. Cuvier sabía que en épocas remotas habían vivido seres muy diferentes a los actuales. Según él, a lo largo de la historia de la Tierra sucedieron varias grandes catástrofes que acabaron con la flora y la fauna existentes y dieron lugar a la aparición de otras especies de animales y plantas. Así, se explicarían hechos como la extinción de los dinosaurios.

Aunque hoy día el fijismo se ha descartado, grandes científicos defendieron esta concepción, por una parte, por prejuicios religiosos; pero, por otra, porque no se conocía ningún mecanismo que explicara la evolución.

El lamarckismo

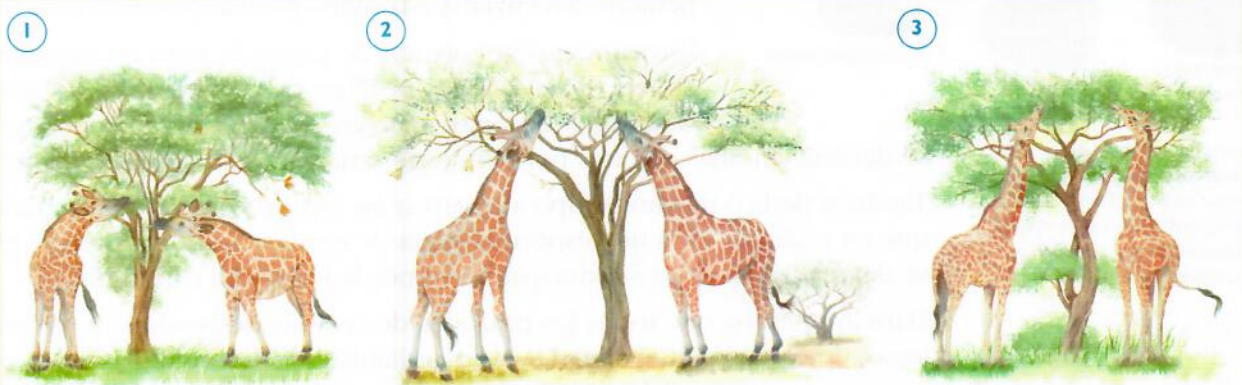
La primera teoría evolucionista fue propuesta en 1809 por Jean Baptiste de Lamarck (1744-1829), quien se opuso a la inmutabilidad de las especies. Sostenía que los organismos evolucionaban desde formas más sencillas a formas más complejas. Las principales ideas lamarckistas se apoyaban en los siguientes supuestos:

- Los organismos evolucionan desde formas sencillas a formas más complejas.
- Las condiciones del ambiente, en el que se desarrolla un ser vivo, cambian con el tiempo, lo que exige la adquisición de nuevos hábitos para adaptarse.
- Los nuevos hábitos permiten el desarrollo de nuevos órganos, que se desarrollarán más cuanto más uso tengan, y que acabarán atrofiándose o desapareciendo cuando no se usen.
- Las modificaciones inducidas por el ambiente, que un organismo adquiere durante su vida, se transfieren hereditariamente a su descendencia.



Georges Cuvier. Creador de la anatomía comparada y gran científico, apoyó fervientemente el fijismo.

LA EVOLUCIÓN DE LAS JIRAFAS SEGÚN LAMARCK



Las primitivas jirafas provenían de antílopes primitivos, que vivían en la sabana y se alimentaban de las hojas bajas de las acacias.

En épocas de sequía, el alimento disminuía y las jirafas necesitaban estirar el cuello y las patas para alcanzar las hojas de la parte alta de las acacias. Debido al uso, estos órganos se iban alargando.

Los caracteres adquiridos, cuello y patas cada vez más largos, eran transmitidos a la descendencia de generación en generación.



La teoría de la evolución de Darwin y Wallace

Charles Darwin y Alfred Russell Wallace son los padres de la teoría evolutiva que se acepta actualmente. Ambos científicos llegaron a las mismas conclusiones por separado.

A los 22 años, Charles Darwin se enroló como naturalista en el buque H. M. S. Beagle. Su viaje alrededor del mundo duró cinco años. Durante ese tiempo realizó multitud de observaciones y pudo recopilar gran cantidad de información fundamental para elaborar su teoría.



Charles Darwin

En 1831, el británico Charles Darwin (1809-1882) formó parte como naturalista de la expedición científica a bordo del bergantín de la armada británica H.M.S. Beagle, que realizó una expedición de cinco años (1831-1836), dando la vuelta al mundo para cartografiar las costas de América del Sur. Darwin tuvo ocasión de estudiar y recoger numerosos datos, y coleccionó e investigó seres vivos nunca vistos por él. Luego, convenientemente preparados, los enviaba a Londres para su posterior estudio.

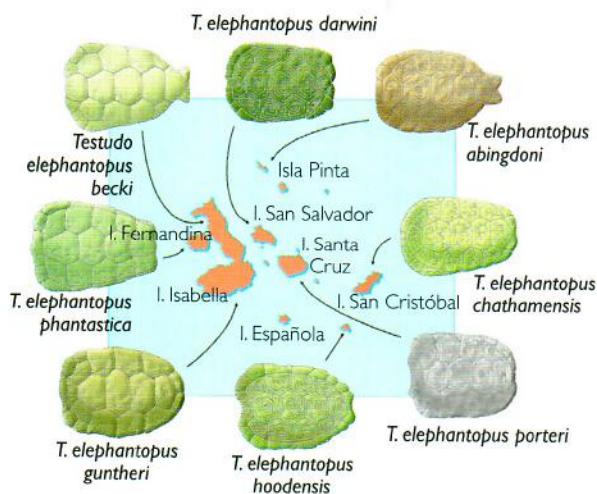
Darwin conocía la teoría de Lamarck, pero no encontró en sus observaciones pruebas de la misma. En las islas Galápagos encontró muchas especies de pinzones que

se diferencian unas de otras por pequeñas variaciones de un rasgo común.

También dedicó mucho tiempo a observar las tortugas gigantes. Descubrió que en cada isla vivía una especie distinta de tortuga. Todas estas especies se diferenciaban entre sí principalmente por la forma del caparazón.

Darwin pensaba que todos los pinzones de las islas descendían de un antepasado común y que, con el tiempo, se habían ido formando las especies actuales. Lo mismo debería haber sucedido con las tortugas. Las pequeñas diferencias entre unas y otras especies de tortugas y pinzones habrían aparecido muy lentamente, a lo largo de cientos o miles de años.

Darwin sabía que su teoría evolutiva resultaría muy polémica, por lo que pasó años recopilando datos y elaborando sus argumentos.



Caparazones de las distintas especies de tortugas gigantes de las islas Galápagos. Darwin también se preguntaba por qué en islas cercanas había especies relacionadas pero diferentes.

Alfred Russell Wallace

Alfred Russell Wallace (1823-1913), también británico y más joven que Darwin, viajó por todo el mundo en busca de aves y mariposas para museos y colecciones privadas. Estuvo en la Amazonía, el Sureste Asiático y Australia, y fue allí donde empezó a intuir el proceso que producía la evolución.

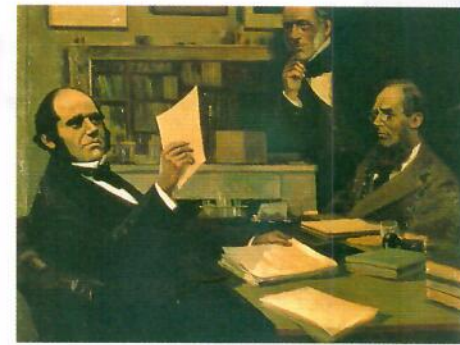
Cuando tuvo claro el proceso de la selección natural, escribió una carta a un naturalista prestigioso, nada menos que Charles Darwin. Al recibir esta carta, Darwin adelantó la presentación de sus propias conclusiones, para hacerlo conjuntamente con Wallace.

La teoría de la evolución por selección natural

Darwin y Wallace compartieron sus descubrimientos y los presentaron a la Sociedad Linneana de Londres en 1858. Un año más tarde, Darwin publicó su obra *El origen de las especies por selección natural*, en la que explicaba su teoría apoyándola en numerosas observaciones de la naturaleza.

La teoría de Darwin y Wallace se basa en tres principios:

- La elevada capacidad reproductora de los seres vivos. Observaron que era muy común que las especies produjeran muchos más descendientes de los que presumiblemente llegaran al estado adulto.
- La variabilidad de la descendencia. Los descendientes de una pareja no son idénticos. Muchas de las diferencias no tendrían gran importancia, pero otras podrían ser cruciales. La mayor parte de estas diferencias se producen al azar.
- La actuación del proceso llamado selección natural. Entre los miembros de una especie se establece una lucha por la supervivencia, sobre todo si los recursos son escasos por la superpoblación. Solo los mejor adaptados consiguen sobrevivir y reproducirse, y, por lo tanto, transmiten sus caracteres a la descendencia.



Darwin y otros científicos de su época. El óleo recoge el momento en que Darwin recibe la carta de Wallace.

EN LA WEB

<http://www.educa.jcyl.es/profesorado/es/recursos-aula/maleta-darwin>

Recursos multimedia que muestran la vida, el viaje y los principios teóricos de Darwin.

LA EVOLUCIÓN DE LAS JIRAFAS SEGÚN DARWIN Y WALLACE

1



En una población de jirafas, los individuos presentan variaciones. Así habrá unos individuos con el cuello y las patas más largos que otros.

2



En épocas desfavorables, como largos periodos de sequía, las jirafas de cuello y patas más largas podrán alcanzar las hojas de las ramas altas de las acacias para comer, por lo que tendrán mayor probabilidad de sobrevivir y reproducirse. Las demás irán pereciendo de hambre.

3



Generación tras generación, de forma continua y gradual, en la población de jirafas serán más abundantes las de patas y cuello largos.



Las pruebas de la evolución

Los científicos aceptan la evolución como un hecho porque existen numerosas pruebas que demuestran que se ha producido y, sin duda, sigue aún actuando.

EN LA WEB

<http://www.evolutionibus.info/>

Acceso a información y a un blog centrados en la evolución biológica.

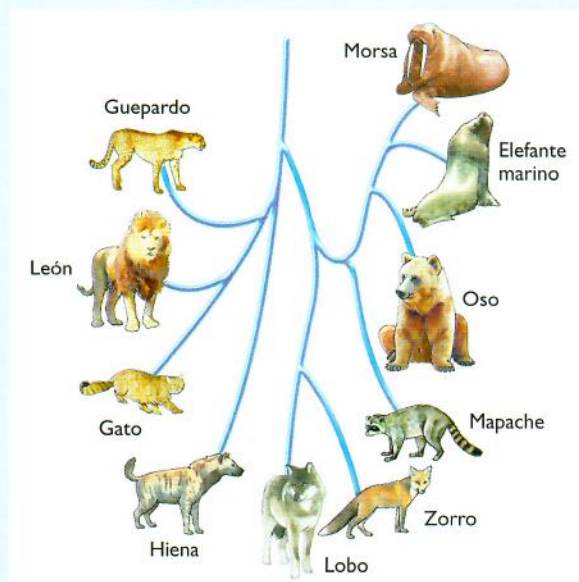
¿Se puede probar la evolución?

Es difícil, casi imposible, observar directamente cómo actúa la evolución. Sin embargo, estudiando los seres vivos se presentan hechos que apuntan, con toda claridad, a la evolución como única causa razonable. Estos hechos se conocen como pruebas de la evolución y se recogen en seis grupos principales.

PRUEBAS TAXONÓMICAS

La taxonomía es la clasificación de los seres vivos a partir de sus características. Cada especie de seres vivos se agrupa con otras parecidas en grupos. A su vez, los grupos se unen con otros semejantes, dando lugar a agrupaciones de mayor tamaño, hasta llegar al reino.

Este tipo de clasificación surgió antes de que se desarrollara la teoría de la evolución; sin embargo, se aprecia claramente que las especies se relacionan unas con otras, como si guardaran entre sí parentesco y compartieran antepasados comunes. De hecho, hoy día se habla de clasificaciones evolutivas: lo que refleja la taxonomía son las relaciones de parentesco entre todas las especies de seres vivos.



Los seres vivos se pueden clasificar en grupos o taxones. En este árbol de la clasificación de los mamíferos carnívoros se observa que las hienas, por ejemplo, están más emparentadas con los felinos que con los lobos y los zorros.

PRUEBAS BIOGEOGRÁFICAS

La fauna y la flora de dos regiones son más parecidas cuanto más cercanas están. Esta relación no tendría por qué cumplirse si cada especie se hubiera creado de forma aislada. En cambio, se explica si las especies están relacionadas. Tendrán antepasados comunes y serán parecidas las especies de zonas próximas.

Las faunas de América del Sur y de África son diferentes, aunque están relacionadas. Por ejemplo, existen monos en ambos continentes. Se debe a que estos se separaron hace millones de años, por lo que las faunas actuales han evolucionado a partir de esos antepasados comunes.

En cambio, Australia tiene una fauna radicalmente diferente; se debe a que se separó mucho antes, por lo que los antepasados comunes con Sudamérica y África son muy lejanos en el tiempo.

En los archipiélagos alejados de los continentes es frecuente encontrar especies de animales propias de cada isla, pero muy relacionadas entre sí.

Se debe a que una especie inicial se repartió por todas las islas y en cada una de ellas se desarrolló una especie diferente de acuerdo al entorno.



Mono capuchino de cara blanca (América Central) y chimpancé (África). Los monos y simios existen en América, Asia y África, pero no en Australia.

© Santillana S.A.

PRUEBAS PALEONTOLÓGICAS

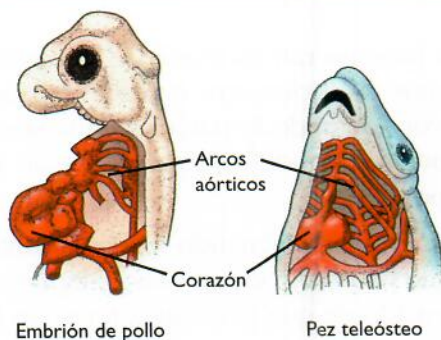
Al estudiar los fósiles se observa que los seres vivos que han habitado la Tierra han cambiado y que unas especies han sido sustituidas por otras.

Es difícil encontrar una cadena de fósiles que explique perfectamente el proceso evolutivo que lleva hasta una determinada especie actual, pues el registro fósil no es perfecto; sin embargo, disponemos de algunas series continuas que permiten seguir la evolución de alguna especie. Un ejemplo clásico es el registro fósil del caballo, que permite seguir los cambios anatómicos sufridos desde un animal del tamaño de un perro con cuatro dedos en sus patas, hasta el caballo actual, de gran estatura y con un solo dedo en cada pata.

Otras veces se encuentran fósiles de formas intermedias entre dos grupos de seres vivos. El *Archaeopteryx* es un ave cuyas plumas son perfectamente visibles, pero con dientes en su pico y garras de reptil en sus alas.



Interpretación del fósil de *Archaeopteryx*.



Embrión de pollo

Pez teleosteo

PRUEBAS EMBRIOLÓGICAS

Al estudiar el desarrollo embrionario de los animales, se descubre que en las fases iniciales existen muchas semejanzas, y más cuanto más próximos son los animales. Por ejemplo, todos los embriones de vertebrados poseen cola y arcos branquiales en las primeras fases del desarrollo embrionario. Más tarde, a medida que avanza el desarrollo, algunos animales conservan estas estructuras, mientras que otros las pierden. Parece evidente que los embriones que presentan características similares tienen un antecesor común.

Comparación de los embriones de un ave y de un pez. Se observa que los arcos branquiales y los arcos aórticos son equivalentes.

PRUEBAS ANATÓMICAS

Los órganos de los animales, a partir de su estructura interna y función, pueden ser homólogos o análogos:

- Los órganos homólogos, debido a que comparten un mismo origen, tienen la misma estructura interna, aunque su forma externa y su función sean diferentes. Por ejemplo, la aleta de un delfín, un brazo humano y el ala de un murciélago tienen la misma estructura anatómica. Estas especies han tenido una evolución divergente a partir de un ancestro común.
- Los órganos análogos poseen una misma función, pero sus estructuras internas son distintas; por ejemplo, la pata de un topo y la de un grillo topo tienen estructuras internas totalmente distintas pero la misma función, excavar. En este caso, hablamos de evolución convergente. Se trata de organismos no emparentados que desarrollaron soluciones similares.

Ejemplos de órganos análogos y homólogos.

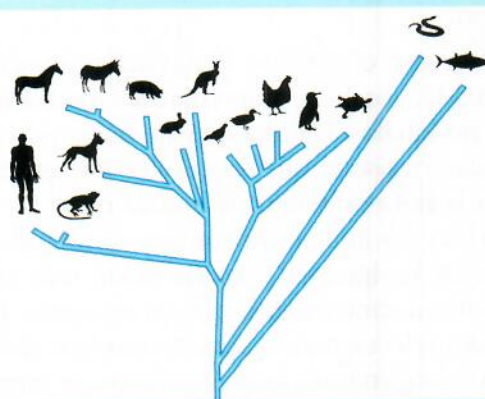


PRUEBAS BIOQUÍMICAS

Cuanto más emparentados están dos organismos, más se asemejan las moléculas que los forman. Las moléculas que se suelen estudiar son las proteínas y el ADN. Basándose en ellas, se han podido confeccionar árboles filogenéticos entre especies. Estos árboles suelen confirmar las clasificaciones taxonómicas clásicas, aunque también deparan sorpresas.

En el caso de la especie humana, se ha comprobado que el animal con el que tenemos más coincidencias es el chimpancé. Esto no quiere decir que descendamos de este animal, sino que las personas y los chimpancés tenemos un antepasado común.

Árbol evolutivo de algunos vertebrados. Se ha elaborado estudiando las diferencias entre las proteínas de distintos organismos.





La selección natural: el motor de la evolución



Fotografía tomada por satélite de las islas Galápagos. Están alejadas del continente y surgieron por erupciones volcánicas submarinas.

Charles Darwin y Alfred Russel Wallace no descubrieron la evolución. Lo que ambos hicieron fue proponer un mecanismo que la explicaba: la selección natural.

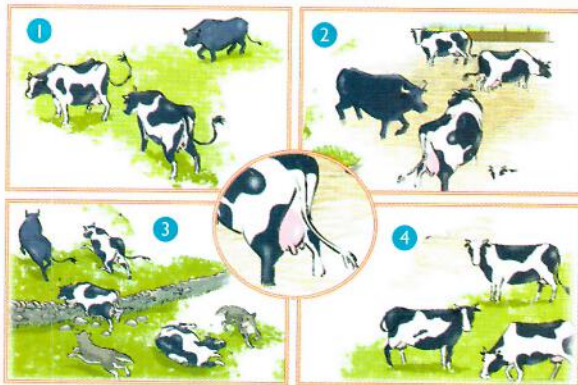
La génesis de una teoría

Antes de que Darwin y Wallace propusieran su teoría de la evolución por selección natural, ya había muchos evolucionistas; es decir, personas que, ante la diversidad de la vida, y considerando lo parecidas que son algunas especies, pensaban en su evolución, de modo que una especie se podía transformar en otra con el tiempo.

El mismo Darwin, cuando vio las distintas especies que habitaban en las islas Galápagos, quedó convencido de que la evolución era un hecho.

El problema de Darwin, como el de los otros científicos, era que no imaginaba un mecanismo capaz de producir la evolución. Desde que Darwin hizo su famoso viaje con el Beagle hasta que publicó su conocido libro *El origen de las especies* pasaron muchos años, en los que concibió y pulió su teoría.

SELECCIÓN NATURAL Y ARTIFICIAL: LAS UBRES DE LAS VACAS



Veamos un ejemplo de selección artificial y natural.

1. Selección artificial. El ser humano selecciona las vacas con las ubres más grandes para que produzcan más leche.
2. Las vacas en las granjas son grandes productoras de leche.
3. Supongamos que el precio de la leche baja. Entonces se abandonan las vacas en el monte, que deberán correr para huir de sus depredadores.
Unas ubres enormes producen mucha leche, pero no facilitan la vida silvestre.
A la larga solo los ejemplares que logren adaptarse a estas condiciones de vida –los de menores ubres– lograrán sobrevivir y dejar descendencia. Esto es la selección natural.
4. Tras muchas generaciones, el aspecto de las vacas de la antigua ganadería será semejante al de las vacas originales (con ubres más pequeñas).

La selección artificial

Darwin dedicó muchas páginas de su libro a hablar de la selección artificial de razas domésticas de animales. Le llamaba la atención que, razas tan diferentes se podían originar a partir de un animal silvestre, y comparó este proceso de cría y transformación con el proceso de la evolución.

Según Darwin, el criador de animales observa una camada, formada por animales parecidos, aunque no iguales. Estudia qué animales poseen alguna característica que le resulta interesante. Luego, a la hora de tener una nueva camada, da prioridad a esos animales para que se reproduzcan. Así, en la siguiente camada habrá más animales con esa característica que ha escogido. De este modo, seleccionando durante muchos ciclos de cría los progenitores más adecuados, se puede llegar a obtener una nueva raza, distinta de otras.

PARA REFLEXIONAR

Antecedentes del darwinismo

Darwin no fue el primero en proponer la idea de evolución, sino que sugirió su mecanismo de acción, acompañándola de una gran cantidad de datos científicos. En la obra de Darwin, influyeron principalmente las lecturas del economista Thomas Malthus y del geólogo Charles Lyell.

Malthus sostenía en su obra *Un ensayo sobre el principio de la población* que las cantidades de alimentos limitaban el crecimiento de las poblaciones, ya que se producía una lucha por dichos recursos. Esto dio a Darwin la idea de que los seres vivos producen más descendientes de los que llegan a adultos. Así pues, entre los individuos se produce una lucha por la supervivencia.

Lyell proponía en su obra *Principios de geología* que las características físicas de la Tierra eran el resultado de grandes procesos geológicos que actuaban a lo largo de inmensos periodos de tiempo. De esta forma rechazaba el catastrofismo. Este fue el origen de la idea de Darwin de sucesión y cambio gradual a lo largo del tiempo.

- ¿Es necesario conocer distintas ramas de la ciencia? ¿Por qué? Argumenta tu respuesta.



Crias de tortuga marina. Muy pocas de ellas alcanzarán la edad adulta debido a la selección natural.

LECTURA

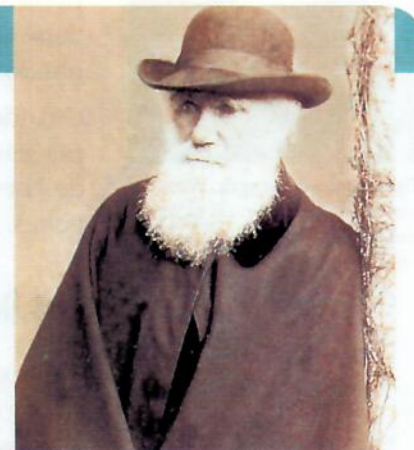
La explicación de Darwin

El principio de la selección, que hemos visto es tan potente en las manos del hombre, ¿puede tener aplicación en las condiciones naturales? [...]. Tengamos presente el sinnúmero de variaciones pequeñas y de diferencias individuales que aparecen en nuestras producciones domésticas, y en menor grado en las que están en condiciones naturales, así como también la fuerza de la tendencia hereditaria. Verdaderamente puede decirse que, en domesticidad, todo el organismo se hace plástico en alguna medida. Pero la variabilidad que encontramos casi universalmente en nuestras producciones domésticas no está producida directamente por el hombre [...]; el hombre no puede crear variedades ni impedir su aparición; puede únicamente conservar y acumular aquellas que aparezcan. Involuntariamente, el hombre somete los seres vivos a nuevas y cambiantes condiciones de vida, y sobreviene la variabilidad; pero cambios semejantes de condiciones pueden ocurrir; y ocurren, en la naturaleza. [...] Viendo que indudablemente se han presentado variaciones útiles al hombre, ¿puede, pues, parecer improbable el que, del mismo modo, para cada ser, en la grande y compleja batalla de la vida, tengan que presentarse otras variaciones útiles en el transcurso de muchas generaciones sucesivas? Si esto ocurre, ¿podemos dudar —recordando que nacen muchos

más individuos de los que acaso pueden sobrevivir— que los individuos que tienen ventaja, por ligera que sea, sobre otros tendrían más probabilidades de sobrevivir y procrear su especie? Por el contrario, podemos estar seguros de que toda variación en el menor grado perjudicial tiene que ser rigurosamente destruida. A esta conservación de las diferencias y variaciones individualmente favorables y la destrucción de las que son perjudiciales la he llamado yo selección natural o supervivencia de los más adecuados.

[...] Si el hombre puede producir, y seguramente ha producido, resultados grandes con sus modos metódicos o inconscientes de selección, ¿qué no podrá efectuar la selección natural? [...]. La naturaleza —si se me permite personificar la conservación o supervivencia natural de los más adecuados— no atiende a nada por las apariencias, excepto en la medida que son útiles a los seres. Puede obrar sobre todos los órganos internos, sobre todos los matices de diferencia de constitución, sobre el mecanismo entero de la vida. [...] ¡Qué fugaces son los deseos y esfuerzos del hombre! ¡Qué breve su tiempo!, y, por consiguiente, ¡qué pobres serán sus resultados, en comparación con los acumulados en la naturaleza durante periodos geológicos enteros!

[...] Metafóricamente puede decirse que la selección natural está buscando



Charles Darwin en 1881, un año antes de su muerte

cada día y cada hora por todo el mundo las más ligeras variaciones; rechazando las que son malas; conservando y sumando todas las que son buenas; trabajando silenciosa e insensiblemente, cuandoquiera y dondequiera que se ofrece la oportunidad, por el perfeccionamiento de cada ser orgánico en relación con sus condiciones orgánicas e inorgánicas de vida. Nada vemos de estos cambios lentos y progresivos hasta que la mano del tiempo ha marcado el transcurso de las edades; y entonces, tan imperfecta es nuestra visión de las remotas edades geológicas, que vemos solo que las formas orgánicas son ahora diferentes de lo que fueron en otro tiempo.

Darwin, Ch. (1921). *El origen de las especies* [*On the origin of species*] (1.ª ed.). Madrid, España: Espasa Calpe.



El neodarwinismo

La teoría de la evolución por selección natural, aunque fue muy polémica, conquistó adeptos rápidamente entre los científicos de los tiempos de Darwin. No obstante, tenía sus puntos flacos.



Tigre blanco de Bengala. El color blanco de los tigres es un carácter que se puede heredar y transmitir a la descendencia.

El problema de los caracteres heredables

La base de la teoría de la evolución es que los organismos heredan de sus progenitores determinados “caracteres”, y los transmiten, a su vez, a su descendencia. Los organismos con diferentes caracteres tienen distinta probabilidad de supervivencia y reproducción. Por lo tanto, aquellos organismos que, por sus caracteres, están mejor adaptados a su medio, dejarán más descendientes, que portarán, a su vez, dichos caracteres favorables.

El problema es que no se sabía qué eran esos “caracteres”. Durante bastante tiempo no se avanzó en ese camino, por lo que la teoría de la evolución quedó estancada.

Cuando, ya en el siglo xx, se redescubrieron las leyes de la herencia, propuestas por Mendel en 1865, se unieron estos descubrimientos con la teoría de la evolución. Se identificaron los caracteres heredables de Darwin con los genes. Así surgió en 1959 el neodarwinismo o teoría sintética de la evolución.

Las bases del neodarwinismo

El neodarwinismo se basa, además de en la teoría de Darwin y Wallace, en varios descubrimientos relacionados con el campo de la genética:

- **Expresión génica y transmisión de los caracteres.** La expresión de los genes es responsable de las características del individuo, es decir, del fenotipo, que es lo que se utiliza para las clasificaciones taxonómicas. Cada carácter hereditario está controlado por un gen, un fragmento de ADN que se encuentra en los cromosomas y se puede transmitir a la descendencia.
- **Mutaciones.** Son cambios que se producen al azar en la composición genética de un individuo. Se producen en los cromosomas, por lo que se pueden transmitir a la descendencia durante la reproducción. Consisten generalmente en que un gen sufre alguna modificación. De ese modo, se

forma una variación del gen; es decir, un alelo. Muchas de las mutaciones son perjudiciales, por lo que la selección natural las eliminará. Otras, en cambio, pueden proporcionar alguna ventaja a sus portadores. En este caso, los individuos con esa mutación tendrán mayor opción de reproducirse que el resto.

- **Genética de poblaciones.** Estudia mediante modelos matemáticos cómo varía la proporción de los diferentes alelos en las poblaciones, considerando que cada uno es más o menos favorable. Adjudica a cada alelo una cierta puntuación y estudia cómo cambiaría la composición genética de la población a lo largo del tiempo.



Ejemplares de *Drosophila melanogaster*. Los ejemplares normales tienen los ojos de color rojo. El ejemplar de los ojos blancos ha sufrido una mutación.

El mecanismo de la evolución

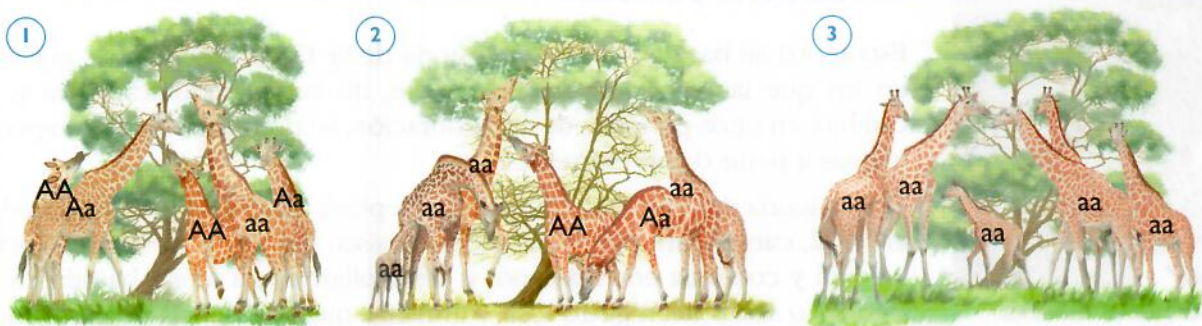
Según esta teoría, la evolución se produce por dos causas fundamentales:

- **Variabilidad genética.** En una población existen genotipos diferentes. Esta variabilidad se produce al azar, por mutaciones y recombinación genética.
- **Selección natural.** Las combinaciones genéticas peor adaptadas al medio desaparecen y las mejor adaptadas serán más abundantes, porque sus portadores se reproducen. Luego, las transmiten a su descendencia, aumentando su proporción en la población y variando las proporciones de los genes de las poblaciones. Así, son las poblaciones las que evolucionan. Los cambios genéticos son continuos y sus efectos a largo plazo.



Colonia de gaviotas. Cada miembro de la población es distinto del resto. Por eso, algunos tienen más éxito en la reproducción que otros.

LA EVOLUCIÓN DE LAS JIRAFAS SEGÚN EL NEODARWINISMO



Entre los antecesores de las jirafas, animales con las patas y el cuello cortos, las mutaciones originadas al azar producirían individuos con las patas y el cuello más largos.

Ante condiciones cambiantes del medio, como una sequía prolongada, el alimento escasea. La mutación se muestra beneficiosa y los individuos que la poseen y sus descendientes tendrán ventajas frente al resto.

La selección natural facilita la supervivencia de los individuos que poseen la ventaja adaptativa. Se reproducirán más, y con el tiempo la mutación aumentará su frecuencia en la población.

LA MARIPOSA DEL ABEDUL

Las mariposa del abedul, *Biston betularia*, es frecuente en la ciudad de Manchester, en Gran Bretaña. Esta mariposa posee dos variedades distintas, una con alas moteadas de color blanco y otra de color oscuro.

Hasta el año 1850, antes del comienzo de la Revolución Industrial, predominaban las mariposas de color claro. Descansaban sobre los troncos de los abedules, donde se confundían con la corteza. Esta predominancia se debía a que los depredadores, como petirrojos y otras aves insectívoras, eliminan los ejemplares de color oscuro, pues eran más fácilmente visibles en los troncos claros de los abedules.

A partir del año 1900, la ciudad de Manchester se industrializó. Los humos de las industrias modifican el entorno. Debido a la contaminación se oscurecieron los troncos. Entonces comenzaron a ser más abundantes las mariposas de color oscuro, pues ahora los depredadores veían mejor a las mariposas de color claro sobre los troncos oscurecidos.

1850

Sin contaminación los abedules tienen el tronco claro. Hay solo alguna mariposa oscura, que es presa fácil de los depredadores (se ven con mucha facilidad sobre el tronco claro).

1900

La contaminación oscurece los troncos de los árboles. Las mariposas oscuras pasan desapercibidas.

2000

Mejora la calidad ambiental. Con los troncos de abedules más claros, las mariposas oscuras vuelven a ser más escasas.



Teorías modernas sobre la evolución



Stephen J. Gould, uno de los autores de la teoría del equilibrio puntuado. Gould, conocido divulgador científico, explica que el registro fósil quizá sea más fiel de lo que se piensa.

Algunos estudiosos de la evolución opinan que el darwinismo no es capaz, al menos por sí solo, de explicar la evolución. Piensan que la selección natural no es suficiente para explicar la actual biodiversidad.

El equilibrio puntuado

Esta teoría se basa en que en la historia de la Tierra hay grandes periodos en los que las especies, aparentemente, no sufren modificaciones y, en cambio, en otros periodos de corta duración, se producen muchas especies nuevas a partir de las existentes.

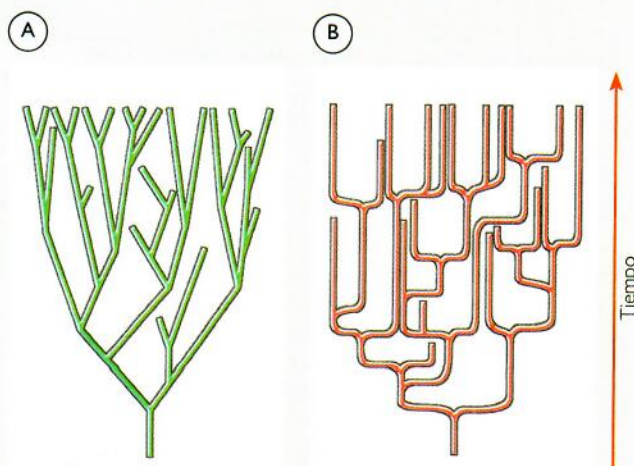
Con la teoría del equilibrio puntuado, Stephen Jay Gould y Niels Eldredge, en 1972, cuestionaron la teoría neodarwinista, que defiende una evolución gradual y continua en el tiempo, y desarrollaron una teoría basada en las lagunas o saltos del registro fósil. Afirmaron que la ausencia de pasos intermedios en el registro fósil no se debe a que sea incompleto, sino a que, a veces, la evolución avanza rápidamente. Para ellos, la evolución se produce "a saltos".

Según esta teoría, hay grandes periodos en los que las especies están en equilibrio y no sufren modificaciones, periodos de estasis. En momentos determinados se producen muchas especies nuevas a partir de las existentes; aparece competencia entre ellas y solo algunas sobreviven. Es decir, la unidad de selección natural sería la especie, no el individuo.

Gould y Eldredge no cuestionan la evolución. Lo que ponen en duda es que sea, como propuso Darwin, lenta, gradual y continua; cuestionan, en resumen, el ritmo de la evolución.

NEODARWINISMO FRENTE A EQUILIBRIO PUNTUADO

Así se verían un árbol evolutivo según el neodarwinismo (A) y según el equilibrio puntuado (B). El neodarwinismo propone una evolución gradual y lenta. La teoría del equilibrio puntuado afirma que existen épocas sin cambios (tramos verticales del árbol) y momentos en los que se forman varias especies.



EN LA WEB

<http://museohn.unmsm.edu.pe/index.php/div/geo/depalver>

Página del Museo de Paleontología de la Universidad Nacional de San Marcos, donde podrás encontrar diferentes enlaces sobre la paleontología en el Perú.

La teoría neutralista

Explica que la mayoría de las mutaciones que sufre el ADN son neutras frente a la selección natural: se mantienen o desaparecen aleatoriamente.

Esta teoría, publicada por Motoo Kimura en 1968, proponía que las mutaciones no son ni favorables ni perjudiciales; simplemente producen proteínas similares a las originales con funciones prácticamente idénticas.

Según esta teoría, no solo es la selección natural, sino el azar, el que hace que varíen las poblaciones, es decir, el que una determinada mutación se mantenga de generación en generación o desaparezca es aleatorio.

El gen egoísta

Según esta teoría, propuesta por Richard Dawkins en 1976, los genes son las unidades evolutivas, los que sufren la selección natural. Los cuerpos de los seres vivos actúan como "máquinas" que los transmiten mediante su reproducción. De algún modo, los seres vivos serían el mecanismo que emplean los genes para perpetuarse a través del tiempo.

La teoría de Dawkins se basa en la genética molecular y en el comportamiento de los animales. Propone que los genes permanecen durante varias generaciones a través de un gran número de cuerpos sucesivos. El fin de estos genes es asegurarse su propia existencia y ser transportados de generación en generación. En esencia, se mantienen aquellos genes que consiguen perdurar en los seres vivos transmitiéndose al mayor número posible de descendientes.

Esta teoría ha sido muy polémica. En realidad, no se debe interpretar que los genes tengan voluntad propia, ni que intenten perpetuarse a toda costa. Lo que ocurre es que, por la naturaleza y las propiedades de la molécula de ADN, los seres vivos se comportan como si su principal objetivo fuera perpetuar sus genes. Por ejemplo, hay muchos casos de plantas y animales que mueren poco después de reproducirse, en cuanto han transmitido su ADN.



Combate entre cebras. Según la teoría del gen egoísta, todo lo que hacen los seres vivos es con objeto de perpetuar sus genes: "Somos máquinas de supervivencia, autómatas programados a ciegas con el fin de perpetuar la existencia de los egoístas genes que albergamos en nuestras células".

PARA SABER MÁS

Algunas consideraciones sobre la evolución

Ante las últimas teorías sobre la evolución, cabe preguntarse qué queda de la teoría original de Darwin. La respuesta dependerá de quién la conteste. En cualquier caso, la evolución está fuera de discusión. Se discute sobre si la selección natural es suficiente para explicarla o si han de existir otros mecanismos para dar cuenta de ella. Para tener una mejor perspectiva sobre la evolución, hagamos algunas consideraciones:

- La simbiosis es importante en la evolución. A veces no es la competencia pura y dura de la selección natural la que actúa. Entre los organismos también se establecen relaciones de cooperación.

Por ejemplo, las mitocondrias y los cloroplastos parecen ser descendientes de bacterias que establecieron simbiosis con los precursores de las células eucariotas.

- Pequeñas variaciones en el genotipo pueden conducir a grandes variaciones en los organismos. Por ejemplo, si comparamos el ADN de un chimpancé con el de un ser humano, las diferencias son muy pequeñas. Sin embargo, han bastado para que el ser humano esté comenzando a conquistar el espacio exterior; mientras que el chimpancé continúa en la jungla.
- Estamos comenzando a conocer el genoma. El genoma es el conjunto



de todo el ADN de un ser vivo. Sin duda, cuando podamos comparar los genomas de diversas especies de seres vivos, lograremos saber más sobre el proceso evolutivo. Por ejemplo, ahora sabemos que hay una gran cantidad de ADN que no forma parte de los genes pero que influye en la forma en que se expresan esos genes.



Las especies y la especiación

Darwin no tituló su libro *La evolución*, sino *El origen de las especies*, pues lo que él quería explicar es cómo se forman las especies y cómo se transforman. Por ello, es importante definir qué es una especie.

¿Qué es una especie?

Linné, el creador de la taxonomía moderna, describió la especie a partir de sus características morfológicas. Se consideraba que una especie estaba formada por un conjunto de seres vivos con las mismas características morfológicas. Esta definición plantea algunos problemas, pues a veces es difícil decidir si dos seres vivos pertenecen a especies diferentes o si son individuos de la misma especie con características distintas. Otras veces, los seres de diferente sexo son muy distintos.

Por ello, se definió la especie biológica, un concepto más útil. Una especie biológica es un conjunto de organismos con caracteres en común, que comparten un mismo número de genes, capaces de reproducirse entre sí y originar descendencia fértil.

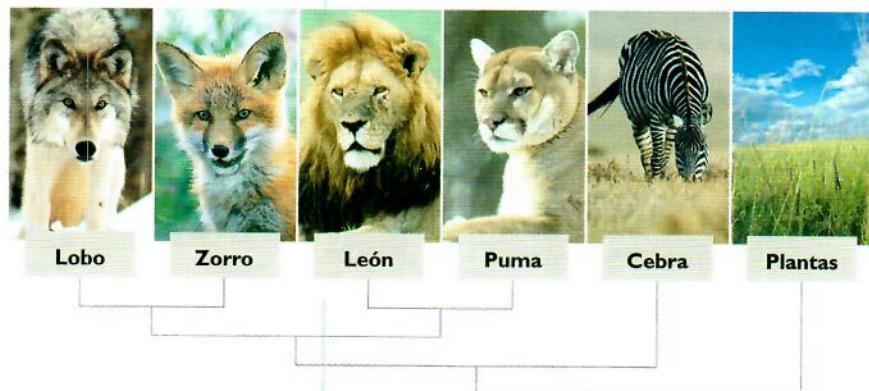
La especiación

Entre las especies de seres vivos existe cierto parentesco. Por ejemplo, un lobo es más parecido a un zorro que a un león, y un león, a su vez, es más parecido a un puma que a un lobo. A simple vista, tienen más en común

un lobo y un león que con una cebra. Además, todos los animales parecen más próximos a otros animales que a las plantas.

Así, se puede construir un “árbol de parentesco” entre las especies y deducir que los lobos y los zorros tuvieron, hace mucho tiempo, antepasados comunes de los que descenden ambas especies.

Árbol de parentesco entre distintos seres vivos



EN LA WEB

<http://www.ucm.es/info/genetica/grupod/index.htm>

Página de la Universidad Complutense de Madrid donde podrás ampliar información sobre evolución y en concreto sobre especiación.

Esto es lo que afirma la teoría de la evolución: todas las especies descenden de otras anteriores que se transformaron a lo largo del tiempo para originar nuevas especies. El mecanismo por el que aparecen nuevas especies a partir de otras anteriores es la especiación.

Cuando una población deja de reproducirse con otra población de la misma especie, esta sigue su propia vía evolutiva y puede acumular diferencias significativas respecto a la especie originaria, formando una nueva especie. Si vuelven a entrar en contacto, puede ocurrir que la nueva especie sustituya a la original o que coexistan. Si las diferencias son pocas, al ponerse en contacto volverían a cruzarse, con lo cual no se formará una nueva especie.

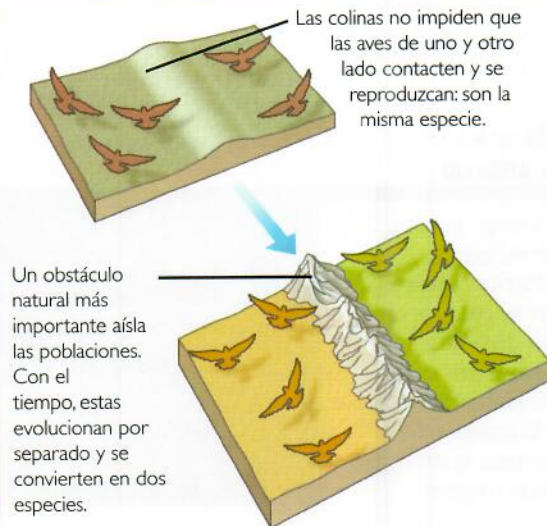


Maratón de Lima 10 K. Todos los seres humanos formamos parte de la misma especie.

Mecanismos de especiación

ESPECIACIÓN ALOPÁTRICA

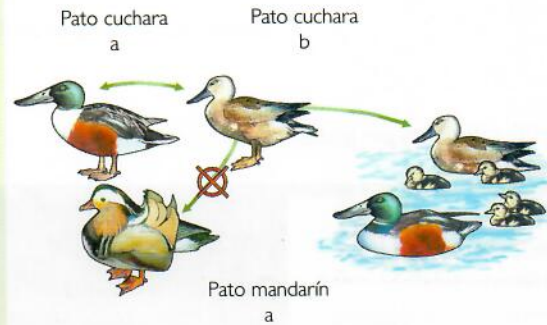
Es la especiación que se produce por aislamiento geográfico. Ocurre cuando una barrera geográfica impide que los individuos de distintas poblaciones puedan cruzarse. Se piensa que es un mecanismo bastante general de especiación. Al cabo del tiempo, las diferencias entre los seres de las poblaciones son tan grandes que aunque se puedan poner en contacto, no se reproducirán entre sí. De este modo, cada especie sigue su camino evolutivo de modo independiente.



ESPECIACIÓN SIMPÁTRICA

Es la especiación que ocurre cuando una especie, pese a ocupar un mismo territorio geográfico, se diversifica debido a mecanismos que impiden su reproducción, como puede ser la existencia de hábitats diferentes dentro del mismo territorio, diferencias de comportamiento, diferencias en los órganos reproductores, etc.

En este caso, la barrera que impide el cruce entre poblaciones o especies es la reproducción.



En la mayoría de los animales, los individuos de distinto sexo ejecutan un cortejo, a veces muy elaborado, que facilita el reconocimiento y estimula el apareamiento.

Pequeños cambios en dicho ritual pueden dar lugar al rechazo de la pareja y al consiguiente aislamiento. Por ejemplo, las diferencias físicas y de cortejo hacen que no se pueda producir un cruce entre el pato cuchara y el pato mandarín.

PARA SABER MÁS

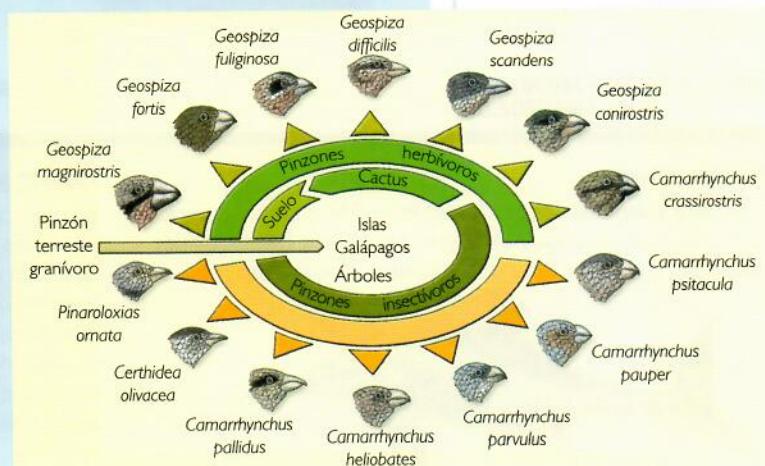
Un caso de especiación: los pinzones de las islas Galápagos

En las islas Galápagos se encuentra un ejemplo claro de especiación. El archipiélago está alejado del continente y formado por trece islas volcánicas grandes y otras seis más pequeñas, además de varios islotes rocosos. Cada una tiene unas características ambientales que ofrecen unos recursos propios y distintos de los de las demás.

En estas islas habitan trece especies de pinzones que se diferencian principalmente en su tamaño y en la forma de sus picos. La semejanza entre estas aves hace pensar en la existencia de un antepasado común que probablemente llegara arrastrado por los vientos alisios desde el continente.

Como cada isla ofrecía un escenario distinto para la explotación de los recursos, la posibilidad de obtener el alimento dependía de las formas de los picos de los pinzones. La selección natural hizo que en cada isla proliferasen aquellas poblaciones de pinzones que, en función de las formas de sus picos, eran más eficaces para obtener el alimento, ya fueran frutos secos, insectos o bayas.

La distancia entre cada isla hizo muy difícil la reproducción entre las poblaciones, lo que potenció que cada vez las diferencias entre los pinzones fueran mayores, hasta llegar a ser especies distintas con imposibilidad de reproducirse entre ellas.





La escala del tiempo geológico

La historia del planeta Tierra, organizada por eones, eras y periodos, es un relato de grandes cambios, algunos paulatinos, otros catastróficos. De épocas con clima infernal que alternaron con otras en las que el planeta era un paraíso.

4 500 millones de años*

EÓN: HÁDICO

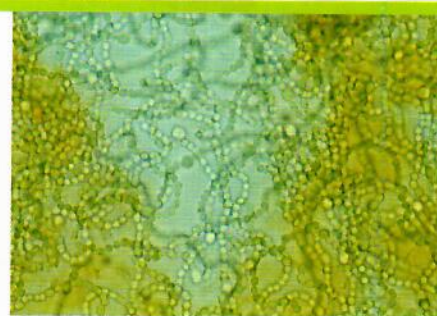
Formación de la Tierra y de los otros astros del sistema solar.
Formación de la geósfera.
Origen de los primeros minerales y rocas.
Numerosos fenómenos volcánicos expulsan gases al espacio. Origen de la atmósfera y la hidrósfera.



3 800 m. a.

EÓN: ARCAICO

Eón arcaico, primera parte del tiempo Criptozoico. Etapa en la que se produce el origen de la vida. Los primeros seres vivos son células procariotas. Con la aparición de la fotosíntesis, la atmósfera acumula oxígeno.



570 m. a. EÓN: FANEROZOICO
ERA: PALEOZOICA

488 m. a.

443 m. a.



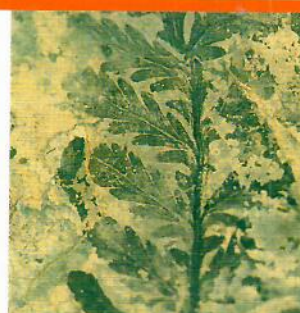
Periodo cámbrico

Gran explosión de la vida, que da origen a numerosos grupos de seres vivos. Entre ellos, los trilobites.



Periodo ordovícico

Los invertebrados dominan los ecosistemas de la Tierra.



Periodo silúrico

Surgen las primeras plantas terrestres.

248 m. a. EÓN: FANEROZOICO
ERA: MESOZOICO

199 m. a.

Periodo triásico

Comienza la llamada era de los reptiles, el Mesozoico. Aparecen los primeros dinosaurios y otros grandes reptiles. Estos animales comienzan a dominar todos los ecosistemas de la Tierra.



Período jurásico

En pleno apogeo de los dinosaurios, aparecen las primeras especies de aves y mamíferos. También corresponden a este periodo las plantas con flores más primitivas.

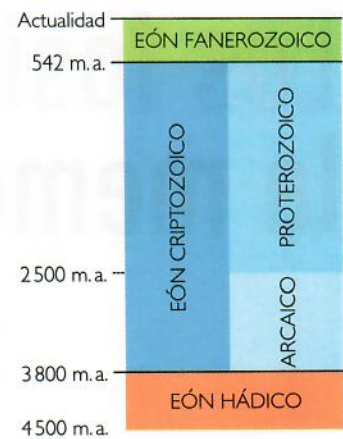


Las grandes etapas de la historia de la Tierra

La historia de la Tierra se divide en tres etapas llamadas eones: el Hádico, el Criptozoico y el Fanerozoico. Cada eón se divide en eras, y cada era, en períodos.

El eón Hádico es la etapa de formación y consolidación de la Tierra. Comienza hace unos 4500 millones de años, y finaliza hace 3800 millones de años, edad de las rocas más antiguas que se han encontrado. Durante el Criptozoico, que comprende dos eones, el Arcaico y el Proterozoico, se originó la vida en el planeta. Abarca desde hace 3800 millones de años hasta hace 570 millones de años.

En el Fanerozoico aparecieron y se diversificaron los seres pluricelulares. Comprende desde hace 570 millones de años hasta la actualidad.



2 500 m.a.

EÓN: PROTEROZOICO

Comienza la segunda parte del Criptozoico, el eón proterozoico. En esta etapa aparecen y se desarrollan las células eucariotas, que se hacen cada vez más complejas. Posteriormente, surgen los primeros seres pluricelulares. La Tierra comienza a llenarse de vida.



630 m.a.

El último periodo del Proterozoico es el Ediacárico. En las rocas de este periodo se han encontrado fósiles de invertebrados macroscópicos. Forman la llamada fauna de Ediacara (por la localidad australiana en la que se hallaron).

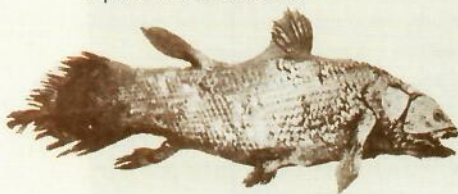


542 m.a.

416 m.a.

Periodo devónico

En los ecosistemas acuáticos habitan peces acorazados. Surgen los anfibios. Aparecen los helechos.



359 m.a.

Periodo carbonífero

Desarrollo de los bosques de helechos gigantes que dieron origen al carbón. Abundan los insectos, aparecen los reptiles.



299 m.a.

Periodo pérmico

Al final de este periodo, se produce una extinción masiva. El 95% de las especies desaparece, incluidos los trilobites.

251 m.a.



145 m.a.

Periodo cretácico

Época de los tiranosaurios. Al final de este periodo se produjo una catástrofe que provocó importantes cambios en el planeta, y causó la extinción de los dinosaurios.

65 m.a. EÓN: FANEROZOICO
ERA: CENOZOICA

Periodo terciario.

En esta época alcanzaron pleno desarrollo las plantas con flores, las aves y los mamíferos.

2,6 m.a.



0 m.a.

Periodo cuaternario

Época actual. Aparición y desarrollo de la especie humana. Fauna y flora actuales.

* Dataciones según la ICS (Comisión Internacional de Estratigrafía), revisión 2009.



Los fósiles: la memoria de la vida

Los fósiles nos permiten conocer la vida en tiempos remotos y, por lo tanto, su análisis es imprescindible en el estudio de la evolución.

¿Qué es un fósil?



Fragmento de ámbar que contiene la tela de araña en la que está atrapada una avispa.

Un fósil es cualquier resto de un ser vivo que habitó en el pasado, o cualquier evidencia de su actividad, que ha llegado a nuestros días gracias a su mineralización o conservación en las rocas.

Hay muchos tipos de fósiles. Podemos distinguir, por ejemplo, los restos de partes duras, los moldes corporales y las huellas de actividad.

El estudio de los fósiles proporciona mucha información. El problema es que, generalmente, solo se conservan conchas y caparazones, o sus moldes, mientras que las partes blandas se pierden. No obstante, en algunos casos en los que se dan unas condiciones de fosilización excepcionales, se conservan las partes blandas de los fósiles.

Un ejemplo de conservación excepcional de fósil es el que se produce gracias al ámbar. El ámbar es resina fósil. A veces, cuando esta resina cae del árbol, engloba algún insecto o algún otro pequeño animal, que se conserva en el interior de la resina y llega a nuestros días perfectamente preservado.

Los restos de partes duras, como los esqueletos externos o internos, la dentadura, los caparazones, etc., son fósiles muy comunes. Ejemplos son las conchas de los moluscos, los exoesqueletos de los artrópodos o los dientes y los huesos de algunos vertebrados.



Conchas fósiles de gasterópodos

Los moldes corporales son huellas del cuerpo de un ser vivo que se han conservado mineralizadas. Pueden ser moldes internos, como el que queda cuando se petrifica el barro que penetra en la concha vacía de un molusco, o moldes externos.



Molde interno de un ammonites

Las huellas de actividad son un conjunto muy variado de fósiles, que muestran evidencias de la actividad biológica. Ejemplos son los fósiles de excrementos (coprolitos) de dinosaurios, las pistas de reptación de invertebrados, las huellas de las pisadas de dinosaurios y aves, etc.



Pisadas de terópodos en Querulpa, Arequipa

La fosilización

El proceso de fosilización es realmente raro y depende de muchos factores. Por lo tanto, los fósiles son escasos y no se encuentran más que en rocas que se formaron bajo unas determinadas circunstancias, favorables a la preservación de fósiles.

La fosilización consiste en la sustitución de las estructuras orgánicas por minerales que, a su vez, sufren sucesivas sustituciones (silicación, piritización y fosfatización) con el tiempo.

EN LA BIBLIOTECA

Para conocer más sobre la evolución consulta el libro *La Biblia de las ciencias naturales* de la biblioteca del Ministerio de Educación (MINEDU).

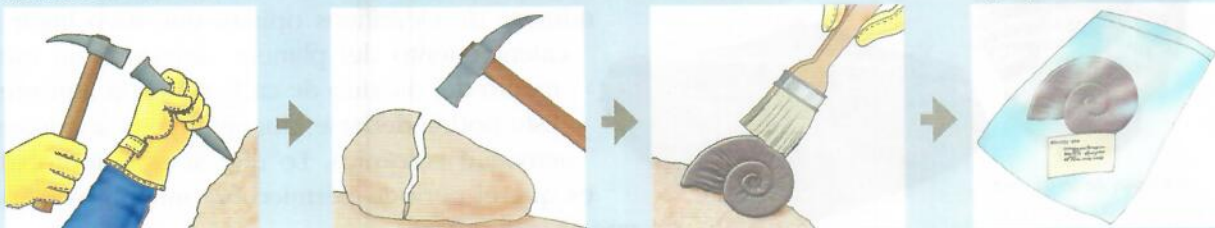
Mecanismos de la fosilización



PARA SABER MÁS

El trabajo del paleontólogo de campo

1. Cuando un paleontólogo localiza un yacimiento, ha de evaluar las características de los fósiles que quiere estudiar y establecer un programa de actuación que cuente con las personas y los materiales más adecuados.
2. Los restos paleontológicos incluidos en materiales requieren una recolección superficial y una excavación adecuadas. Los fósiles que se encuentran en rocas duras deben extraerse picando con el martillo y el cincel.
3. Algunas rocas contienen fósiles en su interior. En otras, los fósiles son tan pequeños que deben observarse con lupa y mojando la superficie de la roca. En ambas ocasiones, es necesario romper los fragmentos rocosos con el martillo.
4. Los restos fósiles se pueden limpiar ligeramente en el campo. Lo más importante, sin embargo, es protegerlos inmediatamente envolviéndolos en papel y guardándolos en bolsas.
5. Todos los hallazgos se han de etiquetar adecuadamente, indicando la localización geográfica del yacimiento, la fecha y el nombre de la persona que lo ha recogido, y una referencia, que también se anota en el propio fósil.





Seres desaparecidos: las extinciones



Fauna de Ediacara. No solo desaparecen especies, sino faunas enteras.

EN LA WEB

<http://www.dinopolis.com/>

Página web del Parque temático Dinópolis, con información sobre los dinosaurios, principales especies y enlaces a otras páginas de interés.

Del estudio de los fósiles es fácil deducir que el destino final de cualquier especie de ser vivo es la extinción. Tras un periodo de tiempo más o menos largo, todas las especies terminan extinguiéndose.

Las extinciones

A lo largo de la historia de la Tierra, los grupos de seres vivos han cambiado sucesivas veces. Muchos de ellos se han extinguido y otros han aparecido. La extinción de las especies de seres vivos, o incluso de grupos enteros, es un fenómeno habitual que podemos observar en la actualidad. Por ejemplo, el grupo de los anfibios está en regresión en todo el mundo por diversas causas. Sería posible que dentro de unos cientos o miles de años se hayan extinguido.

En diversos momentos de la historia de nuestro planeta, se han producido extinciones a gran escala, en las que han desaparecido muchos grupos de seres vivos a la vez.

Los científicos reconocen cinco grandes extinciones. Las más conocidas se produjeron hace 225 millones de años, al final del periodo pérmico de la era paleozoica, y hace 65 millones de años, al final del periodo cretácico de la era mesozoica. La última, menos importante que estas dos, sucedió apenas hace 10 000 años. El motivo de estas extinciones masivas es aún desconocido, aunque se han formulado numerosas hipótesis.

La extinción en el Pérmico

A finales del periodo pérmico, se produjo la primera gran extinción conocida. Desaparecieron más del 95 % de las especies, especialmente las marinas, como los trilobites.

La gran cantidad de fósiles de trilobites que se han encontrado hace pensar que estos eran muy abundantes en los mares del Paleozoico; sin embargo, desaparecieron por completo en el Pérmico.

Es muy difícil saber con certeza qué ocurrió en aquella época para que se extinguieran tantos grupos de seres vivos. Algunos autores opinan que tuvo que ver con el impacto de un cometa. Sin embargo, un gran

número de científicos opinan que tuvo lugar un calentamiento del planeta, debido a un incremento del dióxido de carbono en la atmósfera. Esto podría deberse, por ejemplo, a una intensa actividad volcánica. Lo que sí es comprobable es que el periodo pérmico fue mucho más árido que el carbonífero.



Ejemplos de seres vivos desaparecidos durante la gran extinción del Pérmico



La desaparición de los dinosaurios

La más famosa de las extinciones es la que condujo a la desaparición de los dinosaurios, los seres más formidables que han caminado sobre la Tierra.

Los paleontólogos llaman límite K/T (Cretácico-Terciario) al límite entre las eras mesozoica y cenozoica. En muchos lugares se pueden encontrar juntos estratos del periodo cretácico y del comienzo de la era cenozoica. Investigando estos estratos se intenta saber qué sucedió hace 65 millones de años, cuándo se extinguieron, además de los dinosaurios, los reptiles voladores, los grandes reptiles acuáticos, los ammonites (moluscos con concha) y muchas especies de mamíferos.

La hipótesis catastrofista para explicar esta gran extinción hace referencia al choque de un meteorito de gran tamaño contra la Tierra. La teoría se debe a L.W. Álvarez, de la Universidad de Berkeley. Este paleontólogo observó que en muchos lugares del planeta había una capa de arcilla de apenas 2 centímetros de grosor entre los estratos del Cretácico y los del Terciario. Esta capa podría haberse debido a una gran nube de polvo que cubriera todo el planeta, lo que habría sucedido si se hubiera estrellado un gran meteorito. Además, la arcilla era rica en iridio, un elemento escasísimo que procede del polvo cósmico originado al desintegrarse pequeños meteoritos en la atmósfera.

Gracias a una prospección petrolífera en 1991, se descubrió en la costa de Yucatán el cráter que podría haber provocado el choque de dicho meteorito. Este catastrófico choque habría ocasionado una nube de polvo que oscurecería el cielo, lo que produciría un descenso global de las temperaturas, con efectos drásticos sobre los ecosistemas.

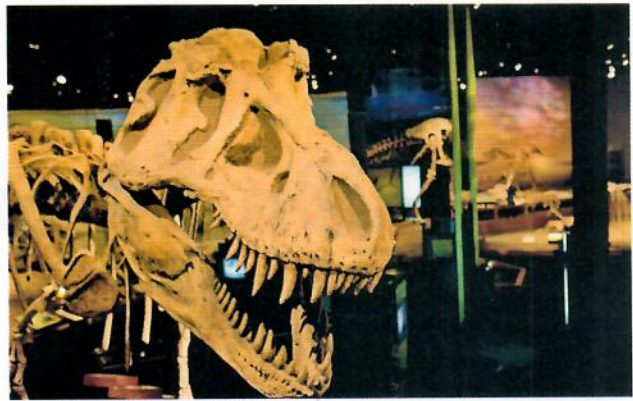
Existe una teoría gradualista, que no niega la posibilidad del choque del meteorito, pero señala como causa de la extinción masiva pequeños cambios graduales en el clima del planeta, que lo habrían hecho más cálido. Los cambios se habrían producido como consecuencia tanto del meteorito como al calentamiento global por erupciones volcánicas y otros fenómenos naturales.

La desaparición de los dinosaurios dejó el campo libre a los mamíferos, que se diversificaron y pasaron a ocupar multitud de nichos ecológicos que los dinosaurios dejaron libres.

La última gran extinción

En el periodo entre 20 000 y 90 000 años antes de nuestra era, se produjo la última de las grandes extinciones, que conocemos por la desaparición de grandes mamíferos, como el mamut, el rinoceronte lanudo, el oso de las cavernas, el ciervo gigante, el tigre de dientes de sable, etc.

Las extinciones fueron más drásticas en América del Norte y del Sur, y algo menos en Europa. En África apenas se extinguieron algunos grupos de seres vivos. El motivo de esta gran extinción habría sido la transición de un clima glacial a uno templado, como el que tenemos en la actualidad. No obstante, no se descarta que los hombres prehistóricos fueran responsables de la extinción de algunos grandes animales, como los mamuts.



Cráneo de tiranosaurio. Pocos animales prehistóricos despiertan tantas pasiones como los dinosaurios.



Fósil de ammonites



Cráter de meteorito. Se encuentra en el desierto de Arizona y mide 1 200 metros de diámetro. El que acabó con los dinosaurios tuvo que ser mucho mayor.



Huesos de mamut



Teorías sobre el origen de la vida

La humanidad siempre se ha preguntado por su propio origen y por el de la vida. Quizá nunca lleguemos a conocer la respuesta, pero siempre hemos tratado de ofrecer explicaciones.

La generación espontánea

La idea de la generación espontánea surgió en la antigua Grecia y predominó durante más de 2 000 años. Se pensaba que podrían surgir seres vivos a partir de la carne en descomposición, el grano, la tierra húmeda, etc. La creencia se basaba en que, efectivamente, de la carne en descomposición parecían surgir gusanos y larvas. Francesco Redi, en el siglo xvii, descubrió que las larvas no surgían por sí solas, sino que provenían de huevos de moscas. Lazzaro Spallanzani, en el siglo xviii, demostró que en frascos herméticamente cerrados que contenían caldo de carne no aparecían microorganismos, mientras que en los que estaban mal cerrados sí lo hacían.

EL EXPERIMENTO DE REDI

En un primer experimento, Redi metió un trozo de carne en un recipiente abierto y otro en uno sellado con cera. Observó que solo aparecían larvas en el frasco abierto, en el que las moscas podían entrar para poner huevos. El experimento recibió críticas, pues pudiera ser que las larvas no crecieran en el bote sellado porque no podía entrar aire. Por lo tanto, repitió el experimento y empleó un frasco abierto y otro cerrado con una gasa, que permitía la entrada de aire, pero no de moscas. De nuevo, en el frasco cerrado no aparecieron larvas.

A pesar de este convincente experimento, se siguió sin rechazar totalmente la idea de la generación espontánea, pues esta se hallaba fuertemente implantada en la sociedad de la época.



Colocó un trozo de carne en un recipiente abierto y otro en uno que cubrió con una gasa.

Al cabo del tiempo observó que la carne se había descompuesto, pero solo aparecían larvas en el frasco abierto.

La refutación de la generación espontánea

Louis Pasteur, en 1864, demostró la imposibilidad de la generación espontánea de la vida. Ya se aceptaba que no se podían formar seres vivos complejos, como insectos, a partir de la nada, pero aún no estaba claro en el caso de microorganismos. Con sus experimentos demostró que son los microorganismos del aire los que descomponen la materia orgánica, concluyendo que todo ser vivo procede de otro ser vivo.

Esta refutación de la generación espontánea fue un gran hito para la ciencia, por cuanto representó un gran avance; ahora bien, planteaba un grave problema: si no se puede formar materia orgánica a partir de la inorgánica, ¿cómo apareció la vida en la Tierra primitiva?

El origen cósmico de la vida: hipótesis de la panspermia

Según esta hipótesis, la vida se ha generado en el espacio exterior y viaja de unos planetas a otros, y de unos sistemas solares a otros.

El filósofo griego Anaxágoras (siglo IV a.C.) fue el primero que propuso un origen cósmico para la vida, pero fue a partir del siglo XIX cuando esta hipótesis cobró auge, debido a los análisis realizados en los meteoritos, que demostraban la existencia de materia orgánica, como hidrocarburos, ácidos grasos, aminoácidos y ácidos nucleicos.

La hipótesis de la panspermia postula que la vida es llevada al azar de planeta a planeta y de un sistema planetario a otro. Su máximo defensor fue el químico sueco Svante Arrhenius (1859-1927), que afirmaba que la vida provenía del espacio exterior en forma de esporas bacterianas que viajan por todo el espacio impulsadas por la radiación de las estrellas.

Hipótesis de la síntesis prebiótica

En 1923, dos científicos, el ruso Aleksandr Oparin y el inglés John B.S. Haldane, propusieron por separado la misma hipótesis sobre el origen de la vida, según la cual todo se habría originado en el mar. Debido a la interacción de los componentes de la atmósfera con la radiación solar, muy rica en radiación ultravioleta, se formaron algunas moléculas orgánicas. Estas primeras sustancias orgánicas se irían acumulando en el mar, donde se combinarían con otras gracias a la energía proporcionada por las tormentas eléctricas. Esta mezcla de sustancias orgánicas, que sería especialmente rica en algunos mares someros, recibe el nombre de "sopa primitiva".

El experimento de Miller

En 1953, el científico norteamericano Stanley Miller comprobó experimentalmente la hipótesis de Oparin y Haldane. Para ello, Miller diseñó un aparato de laboratorio que simulaba las condiciones ambientales de la Tierra hace 3 500 millones de años.

En ese aparato, Miller introdujo una mezcla de gases que pensaba que debían formar parte de la atmósfera primitiva: dióxido de carbono, metano y amoníaco. Previamente, extrajo todo el oxígeno del interior del dispositivo.

Miller hizo circular vapor de agua por todo el aparato y produjo descargas eléctricas en el recipiente que contenía los gases. Al cabo del tiempo, los gases condensados se recogían en un recipiente que representaba el océano primitivo.

Al analizar el contenido del matraz, Miller observó que se habían formado moléculas orgánicas sencillas, como urea, ácidos grasos y diferentes aminoácidos.

EL EXPERIMENTO DE PASTEUR

1. Pasteur vertió caldo en dos matraces de cuello largo y estrecho, que curvó a la llama.



2. Hirvió cada matraz para esterilizarlo. Tras varios días, comprobó que el caldo no se estropeaba.



3. Cortó el cuello de uno de los matraces y al cabo de unos días observó que el caldo que contenía se había descompuesto.



Pasteur concluyó que en ambos matraces entraba aire, pero los microorganismos, adheridos a partículas de polvo, se quedaban retenidos en el cuello, lo que impedía que se estropease el caldo. Al romper el cuello, los microorganismos podían entrar y contaminar el caldo.



Relámpagos en una tormenta.

Es posible que la energía de las tormentas eléctricas sirviera para crear moléculas orgánicas.

EN LA WEB

http://www.educativo.utalca.cl/medios/educativo/estudiantes/media/recursos/generacion_experimentos.pdf

Experimentos para rebatir la generación espontánea.



Las primeras células

Las moléculas se organizan en macromoléculas, y estas, en organelos que integran las células.

EN LA WEB

<http://cab.inta.es/es/inicio>

Página del Centro de Astrobiología de España donde podrás encontrar diferentes temas relacionados con el origen de la vida, su distribución, evolución, etcétera.



Paisaje lleno de vida en la Tierra primitiva. En realidad, la fotografía está hecha en la bahía Shark, en Australia. Las formaciones rocosas que aparecen son estromatolitos, y se forman por la acción de bacterias que depositan granos minerales al tiempo que van creciendo. Se piensa que en la Tierra primitiva abundaban los estromatolitos.

El origen de las primeras células

Una vez formadas las moléculas más pequeñas que constituyen los seres vivos comenzaron a reaccionar entre ellas y a formar moléculas más grandes. Como consecuencia se formaron proteínas y ácidos nucleicos. Con el tiempo, algunas de estas grandes moléculas se asociaron, formando los organelos de las primeras células.

Estas eran células procariotas muy sencillas, que debían de tener una cadena de ácido nucleico –que almacenaría su información genética–, y se alimentaban de materia orgánica suspendida en el mar.

Se piensa que el momento clave en el nacimiento de la célula fue la aparición de una membrana biológica. Una membrana permite separar el medio interno del medio externo, lo que hace posible la existencia de un metabolismo. Algunos lípidos disueltos en agua tienen tendencia a formar membranas espontáneamente.

Se cree que las primeras células eran heterótrofas fermentadoras, ya que es el metabolismo conforme a una atmósfera sin oxígeno (atmósfera primitiva) y adecuado a un medio rico en moléculas orgánicas (el caldo primitivo). Al ir desapareciendo las moléculas, como consecuencia del metabolismo de las primeras células, resultaron más aptos aquellos organismos capaces de realizar otras formas de metabolismo, como la fotosíntesis sin desprendimiento de oxígeno, llamada fotosíntesis anoxigénica.

PARA SABER MÁS

El mundo del ARN

Se piensa que las primeras células debían usar ARN como material genético.

Para afirmarlo, los científicos se basan en que el ARN puede almacenar información genética, como aún hacen hoy día los virus de ARN, y también puede catalizar algunas reacciones, como hacen las enzimas.

Más adelante, el ARN sería sustituido por ADN, químicamente más estable.

La evolución de las células

Los primeros microorganismos constituyen un puente hasta la aparición de las cianobacterias, capaces de llevar a cabo la fotosíntesis con desprendimiento de oxígeno (fotosíntesis oxigénica), como lo hacen las plantas actuales. Las cianobacterias consumían dióxido de carbono y liberaban oxígeno a la atmósfera primitiva, contribuyendo al enriquecimiento en este gas.

Hace 2500 millones de años, la atmósfera era similar a la actual. Los rayos ultravioletas del Sol transformaron parte del oxígeno atmosférico en ozono, que hizo de pantalla de estos rayos, posibilitando la vida fuera del agua.

La existencia de oxígeno en la atmósfera favoreció la aparición de células procariotas quimiosintéticas. Estas fueron capaces de oxidar compuestos inorgánicos en estado reducido y obtener energía. Aparecieron las bacterias heterótrofas, que se alimentan de materia orgánica y necesitan oxígeno para la respiración (respiración aeróbica).

Se piensa que algunas células procariotas evolucionaron y dieron lugar a las primeras células eucariotas, que debieron de ser muy parecidas a las algas unicelulares y a los protozoarios que viven en la actualidad. Fueron los antepasados de todos los seres vivos eucariotas.

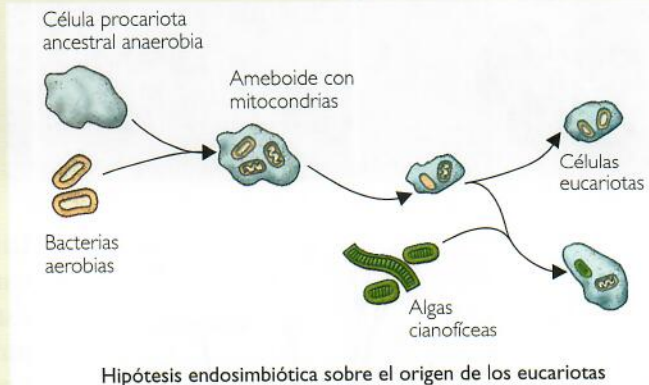
Para explicar el origen de las células eucariotas, Lynn Margulis y otros investigadores desarrollaron la teoría endosimbiótica. Según esta teoría, una célula eucariota ancestral (urcariota), el antepasado de las eucariotas, era anaerobia que podía ingerir partículas de gran tamaño. Esta englobaría a otras células u organismos procariotas, estableciéndose una relación endosimbiótica, dando origen a un organelo.

Esta teoría se basa en el parecido de las mitocondrias con las bacterias aeróbicas, y de los cloroplastos con las cianobacterias.

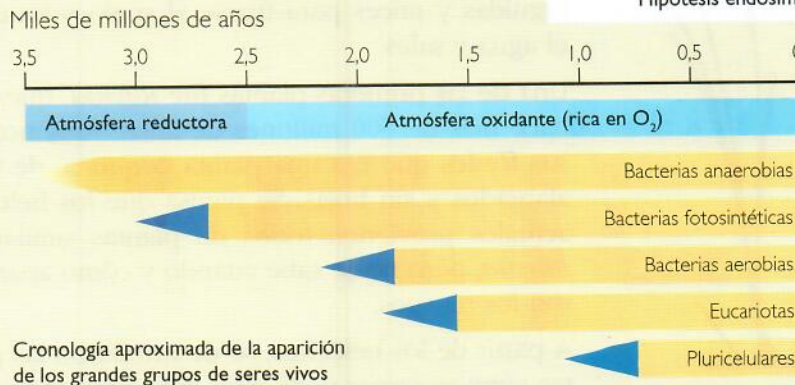


LA CRONOLOGÍA DE LA VIDA

La Tierra se formó hace unos 4 500 millones de años. Se han encontrado señales de vida en rocas de hace 3 500 millones de años. Las primeras células que aparecieron eran procariotas. Durante 1 500 millones de años solo hubo células procariotas, hasta que, hace unos 2 000 millones de años, aparecieron las primeras células eucariotas. Aún hubo de pasar mucho tiempo hasta que, hace menos de 1 000 millones de años, surgieran los primeros seres pluricelulares.



Hipótesis endosimbiótica sobre el origen de los eucariotas



Cronología aproximada de la aparición de los grandes grupos de seres vivos



Los caminos de la evolución: plantas y animales

EN LA WEB

<http://ayura.udea.edu.co/practica/tutorias/curbiologia.html#busqueda2>

Información sobre la evolución de las algas ancestrales y las tendencias evolutivas de las plantas vasculares.

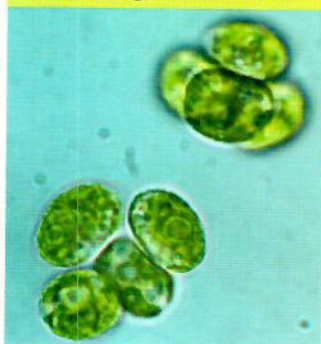
Dentro de los grupos de seres vivos, los más estudiados son las plantas y los animales. No podemos decir, ni mucho menos, que lo sepamos todo acerca de su evolución, pero disponemos de bastante información.

La evolución de las plantas

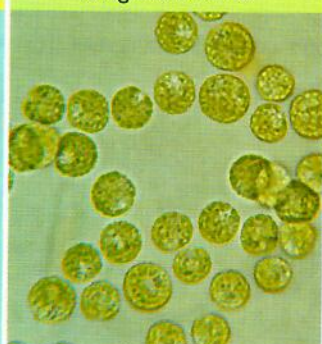
Las plantas provienen de las algas clorófitas. Dentro de este grupo de algas encontramos varios tipos de organización. Hay algas unicelulares de vida libre, algunas se agrupan en colonias esféricas, otras que forman filamentos y otras que constituyen talos. Dentro de estas últimas se incluye un grupo de algas, del género *Chara*, que parece que están bastante relacionadas con las plantas terrestres.

TIPOS DE ORGANIZACIÓN DE LAS ALGAS CLORÓFITAS

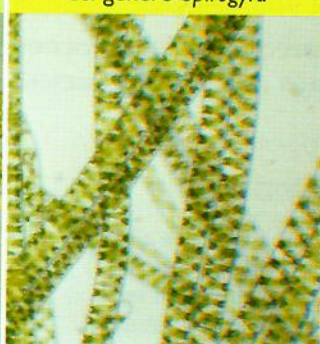
Algas unicelulares de vida libre del género *Chlorella*



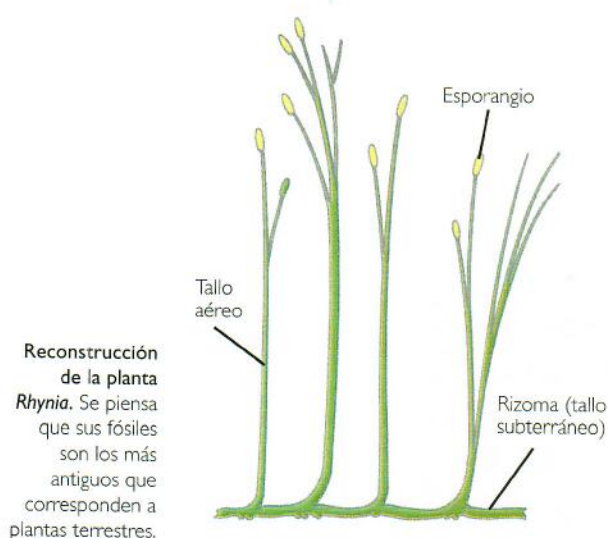
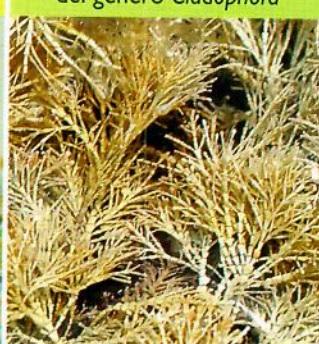
Colonias esféricas del género *Volvox*



Algas filamentosas del género *Spirogyra*



Talos de algas del género *Cladophora*



Reconstrucción de la planta *Rhynia*. Se piensa que sus fósiles son los más antiguos que corresponden a plantas terrestres.

Las primeras plantas terrestres debieron de tener características que les permitieran sobrevivir en este medio: tejidos protectores para soportar el ambiente seco, tejidos de sostén para mantenerse erguidas y raíces para fijarse al suelo y tomar de él agua y sales.

Una de las primeras plantas fue *Rhynia*, que vivió hace más de 500 millones de años. Sabemos por sus fósiles que era una planta pequeña, de tallos alargados y sin hojas. Se piensa que los helechos actuales provienen todos de plantas similares a *Rhynia*, pero no se sabe cuándo y cómo aparecieron los musgos.

A partir de los helechos, se desarrollaron las plantas gimnospermas y, de ellas, las angiospermas.



Algunos ejemplos de fósiles de la fauna de Ediacara

La evolución de los animales

Es probable que los animales se formaran a partir de un grupo de protistas heterótrofos llamados coanoflagelados. Estos son seres unicelulares cuya morfología recuerda a la de los coanocitos, un tipo de célula que se encuentra en los poríferos y se encarga de la alimentación.

Algunos coanoflagelados forman colonias. Así, el precursor de los animales sería parecido a una de estas colonias.

A partir del antecesor común a todos los animales se formarían las siguientes tres ramas:

- La de las esponjas, que guardan poca relación con el resto de los animales.
- La de los cnidarios y otros animales relacionados, con estructura muy sencilla, como los ctenóforos o peines de mar.
- Todo el resto de los animales, desde los gusanos hasta los vertebrados, con simetría bilateral.

Los primeros animales tendrían cuerpos blandos, sin conchas ni caparazones. Por ello, es muy difícil encontrar fósiles que nos hablen del inicio de la evolución de los animales. Los primeros fósiles de animales datan de hace casi 600 millones de años. Entre ellos se pueden identificar algunos similares a esponjas y cnidarios.

En la evolución de los animales, encontramos varios hitos importantes; en primer lugar, el paso de las esponjas a los cnidarios cuyas células se disponen formando dos tejidos diferentes, una epidermis externa y una gastrodermis interna. Entre ambas, se dispone una capa gelatinosa. Tienen, además, una red nerviosa difusa.

Otro hito importante fue la aparición de los primeros gusanos planos, con simetría bilateral y una tercera capa de células, el mesodermo. La presencia de simetría bilateral define un polo anterior, en el que se comienzan a concentrar las células nerviosas y los órganos de los sentidos, para formar una primitiva cabeza.

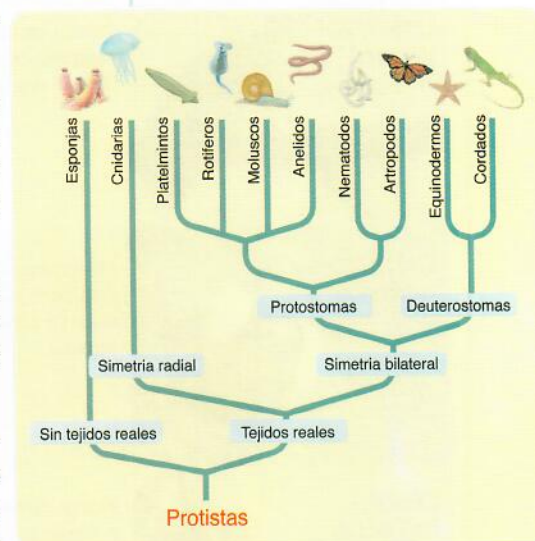
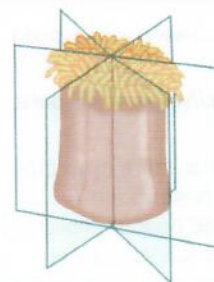
A partir de los anélidos surge el celoma, una cavidad llena de líquido en la que se sitúan diversos órganos. También aparece la segmentación, es decir, su cuerpo está formado por una serie de módulos que se repiten con una estructura similar.

Los artrópodos son los primeros con un esqueleto articulado externo, el caparazón, que recubre todo el cuerpo y sus numerosos apéndices, con lo que se hace más eficiente el desplazamiento. Los insectos fueron los primeros animales que conquistaron plenamente el medio aéreo. Además, influyeron en la evolución de las plantas con flores, pues muchos de ellos participan en la polinización.

Los vertebrados, por su parte, también desarrollaron un esqueleto articulado, aunque en este caso es interno.

GLOSARIO

Simetría radial. Se establece cuando dos o más ejes de simetría se cortan en el mismo punto, que es el centro de simetría, y dividen al plano en partes iguales. Por ejemplo, las estrellas de mar, los cnidarios, etc.



Origen y principales grupos de animales. A veces, el grupo de las esponjas se considera un subreino, pues guarda poca relación con el resto de los animales.



Nuestros parientes: los primates

La especie humana, desde el punto de vista de la zoología, es una especie del grupo de los primates, dentro de los mamíferos placentarios. Por lo tanto, para nosotros, el estudio de este grupo tiene un interés especial.

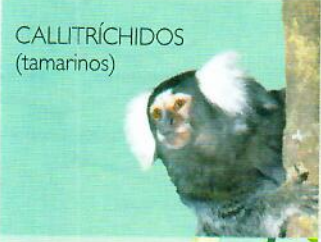
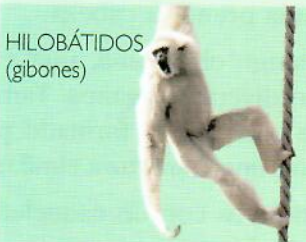
El grupo de los primates

Los primates forman un grupo de mamíferos que se caracterizan por tener manos y pies con cinco dedos, ojos en posición frontal y mamas en el pecho, no en el abdomen, como la mayoría de los mamíferos.

El grupo de los primates abarca todos los animales que normalmente llamamos monos y simios. En total, hay 243 especies de primates. La especie humana es una de estas 243, y se llama, científicamente, *Homo sapiens*.

La diversidad de los primates

Los primates se clasifican actualmente en 16 familias. En el siguiente cuadro se resumen algunas de las principales.

LAS PRINCIPALES FAMILIAS DE PRIMATES			
FAMILIAS	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES	FAMILIAS	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES
LEMÚRIDOS (lémures) 	Monos de tamaño pequeño o mediano, con aspecto de perro. Tienen una larga cola.	CERCOPITÉCIDOS (babuinos, mandriles y macacos) 	Monos medianos o grandes, con hocico largo. Algunos tienen cola (que no es prensil) y otros carecen de ella.
CALLITRÍCHIDOS (tamarinos) 	Monos muy pequeños con larga cola, pero que no es prensil (no les sirve para agarrarse a las ramas).	HILOBÁTIDOS (gibones) 	Monos de tamaño mediano, sin cola, con brazos muy largos.
CÉBIDOS (titís, monos ardilla, capuchinos, monos aulladores) 	Monos de tamaño pequeño o mediano, con extremidades largas y cola prensil.	HOMÍNIDOS (gorilas, chimpancés, orangutanes, y seres humanos) 	Primates grandes, sin cola. Anteriormente, esta familia solo incluía al ser humano.

UN MUNDO DE PRIMATES

1



Mono aullador. Familia: cébidos. Selvas tropicales de Centro y Sudamérica. Emite unos gritos que se oyen a mucha distancia.

2



Mono araña. Familia: cébidos. Selva del Amazonas. Tiene extremidades muy largas y cola prensil.

3



Mona de Gibraltar. Familia: cercopitécidos. Gibraltar y norte de África. No tiene cola. Es el único mono autóctono de Europa.

4



Babuino. Familia: cercopitécidos. Sabana africana. Mono con aspecto de perro, larga cola y hocico afilado.

5



Tamarino león dorado. Familia: callitricidos. Selva del Amazonas. Vive en las copas de los árboles más altos.



6



Mandrill. Familia: cercopitécidos. Sabana africana. Mono de gran tamaño, con el hocico grande y coloreado.

7



Chimpancé. Familia: homínidos. Sabana y selva africanas. Vive en grupos familiares.

8



Gorila. Familia: homínidos. Selvas africanas. Es el primate más grande.

9



Orangután. Familia: homínidos. Selvas del sudeste Asiático. Solitario.

10



Lémur anillado. Familia: lemúridos. Exclusivo de Madagascar.



Nuestros antepasados

EN LA WEB

<http://www.unav.es/cryf/evolucion2006.html>

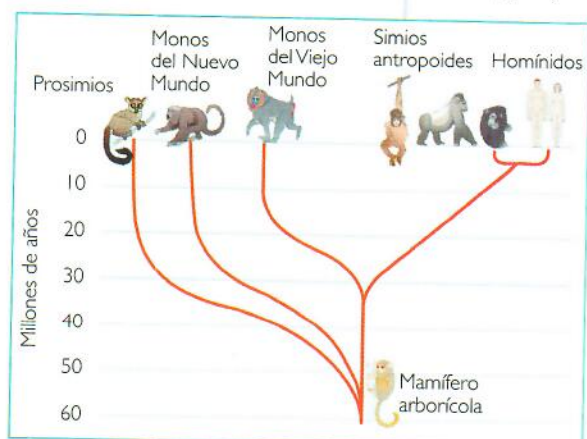
Información sobre la evolución de los homínidos. Incluye datos de cada especie, una línea de tiempo, nuevos hallazgos, artículos, imágenes de todos los fósiles y enlaces adicionales.

Una frase que se suele escuchar, en relación con la teoría evolutiva, es que “el hombre desciende del mono”. Eso no es cierto. No descendemos de ninguna especie viviente de primate, aunque nuestro pariente vivo más cercano es el chimpancé.

Nuestra corta historia

Nuestra especie, *Homo sapiens*, surgió hace solo 100 000 años. Pero los antepasados más remotos de la especie humana vivieron hace unos cuatro millones y medio de años.

La historia de nuestra especie es muy corta comparada con la de la Tierra. Imagina que la historia de nuestro planeta se concentrara en 24 horas. Si la Tierra se formara a las 0:00 horas, las primeras evidencias de vida aparecerían a las 5:15 horas. A las 21:30 horas, el mar estaría lleno de vida. A las 23:00 horas, aparecerían los dinosaurios, que se extinguirían a las 23:42 horas. A las 23:59 horas surgirían los primeros antepasados de la especie humana, y 1,7 segundos antes de las 24:00 horas aparecería nuestra especie.



La línea del tiempo de nuestros antepasados

En la actualidad, la familia de los homínidos engloba a la especie humana y a simios, como el chimpancé, el gorila y el orangután. Pero, en el pasado, existieron otros homínidos.

Los primeros primates aparecieron sobre la Tierra hace unos 60 m.a. Vivían en los árboles y tenían el tamaño de una musaraña.

Hace unos 35 m.a., los monos se separaron del resto de los primates, y hace tan solo unos 5 m.a. se produjo la separación de los simios antropoides y los homínidos.

LOS ÚLTIMOS 5 MILLONES DE AÑOS EN LA EVOLUCIÓN DE LOS PRIMATES.



EN LA WEB

<http://www.atapuerca.tv/>

Página web que ofrece amplia información sobre las excavaciones de Atapuerca con videos e imágenes.

LOS PRINCIPALES ANTEPASADOS DE LA ESPECIE HUMANA



Ardipithecus ramidus.
Primer homínido conocido.

Vivió hace 4,5 m.a. en las selvas de Etiopía. Su aspecto era similar al chimpancé actual con menor tamaño.

Se alimentaba de frutos y hojas. Aún no se sabe con seguridad su tipo de locomoción.

Australopithecus. Primer homínido bípedo. Dio lugar al género *Homo*.

Los representantes de este género, del que se conocen varias especies, vivieron entre 4 y 2 m.a. en los bosques de África.

Caminaban erguidos y se alimentaban de frutos y brotes. Su capacidad craneal era de 500 cm³.



Homo habilis. Primera especie del género *Homo*.

Vivió entre 2,5 y 1,6 m. a. en las sabanas del valle del Rift en África.

Fabricó las primeras herramientas e incluyó carne en su dieta. Tenía una capacidad craneal aproximada de 600 cm³.

Homo ergaster. Comenzó a aprovechar el fuego.

Vivió entre 1,6 y 1,3 m.a. en las sabanas del sur y este de África.

Tenía unas proporciones corporales similares a las actuales, pudiendo llegar a medir 180 cm de estatura. Era omnívoro y probablemente cazador. Su capacidad craneal estaba entre 800 y 900 cm³.



Homo erectus. Colonizó Asia.

Vivió entre hace 1,3 m.a. y 50 000 años en China y Asia en zonas abiertas.

Físicamente era parecido al *Homo ergaster*. Esta especie fue la primera en salir de África. Tenía una capacidad craneal entre 900 y 1280 cm³.

Homo antecessor.
Colonizó Europa.

Vivió hace 800 000 años en zonas boscosas de Europa.

Era cazador recolector y utilizaba herramientas de hueso y madera.

Es el último antepasado común entre nuestra especie y los neandertales. Tenía 1000 cm³ de capacidad craneal.



Homo heidelbergensis.
Posiblemente realizó los enterramientos más antiguos.

Vivió entre 500 000 y 180 000 años en Europa.

Colonizó todo tipo de ambientes.

Era omnívoro y tenía una estructura corporal robusta con una mezcla de rasgos primitivos. Fabricaba herramientas de piedra. Tenía una capacidad craneal entre 1100 y 1390 cm³.

Homo neanderthalensis.
Dominaba el fuego, cuidaba de sus enfermos y practicaba ritos funerarios.

Vivió entre 230 000 y 28 000 años. Habitó todo tipo de ambientes de Europa, Oriente Próximo y Asia central.

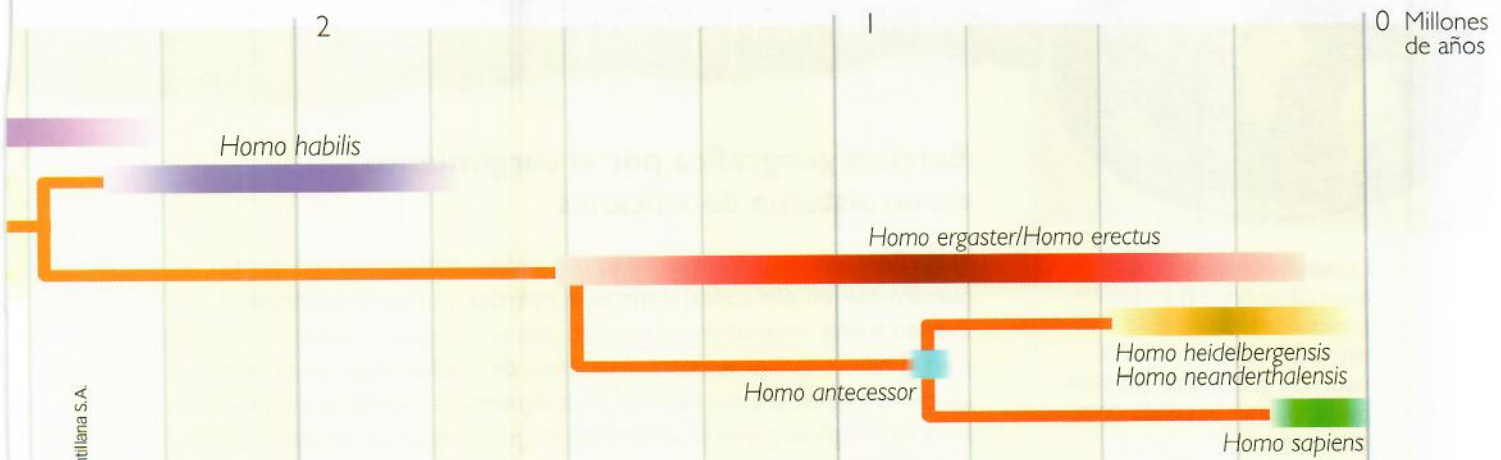
Presentaba una serie de características anatómicas exclusivas, fruto del aislamiento genético. Perfeccionó la técnica de tallado de la piedra. Tenía una capacidad craneal de 1750 cm³, superior a la de nuestra especie.



Homo sapiens sapiens. Única especie actual de homínidos.

Nuestra especie apareció hace aproximadamente 150 000 años y colonizamos todo el planeta. Nuestro cuerpo se estilizó, y nuestra inteligencia y capacidad de comunicación fueron fundamentales para desarrollar una cultura compleja y una conciencia.

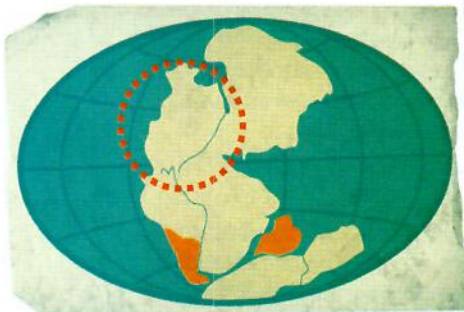
Nuestra capacidad craneal es de 1400 cm³.



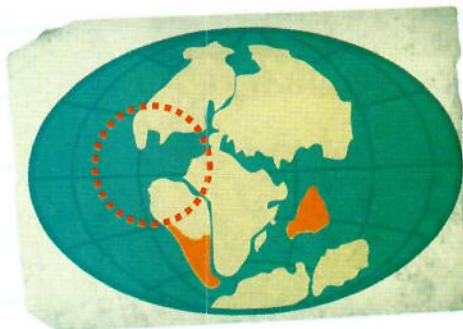


Las especies y las barreras geográficas

Barrera geográfica por separación de continentes



Hace 225 millones de años los continentes estaban unidos en uno solo.



Hace 135 millones de años los continentes comenzaron a separarse por el movimiento de las placas tectónicas. Esto impidió el libre paso de los seres vivos.



La separación de la Pangea en continentes más pequeños provocó la formación de barreras geográficas, lo que favoreció que muchas especies evolucionaran en condiciones diferentes.

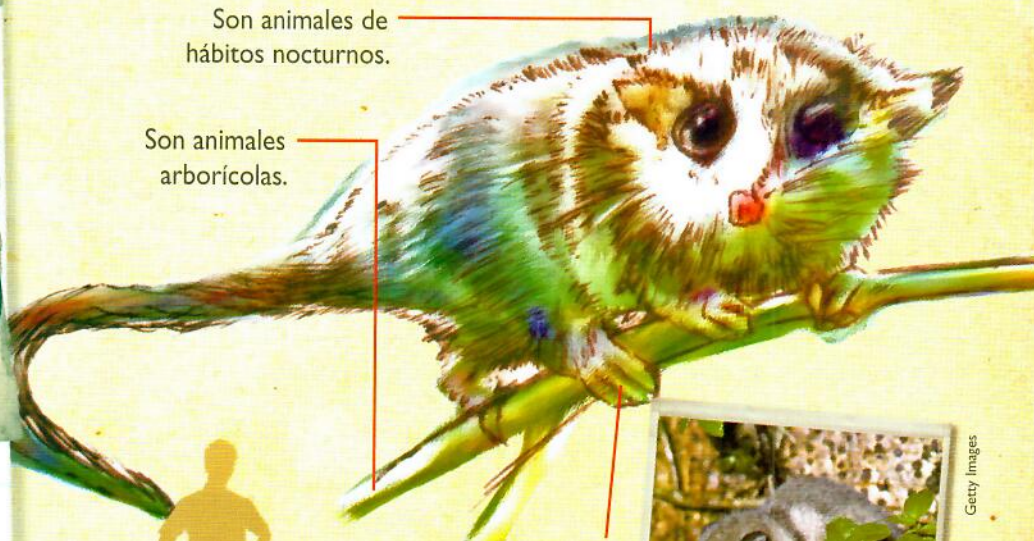
Monito del monte

Existen marsupiales en Argentina y Chile, emparentados con algunos de Australia.



Son animales de hábitos nocturnos.

Son animales arborícolas.



Tienen pulgares oponibles, como los seres humanos.

Persona

Gato

Monito del monte



Dromiciops gliroides
Especie amenazada

Getty Images

Barrera geográfica por el surgimiento de un sistema de volcanes

El Eje Neovolcánico Transversal es una cadena montañosa que divide nuestro país en dos zonas: al norte, la neártica, y al sur, la neotropical. Debido a esta separación, en nuestro país se observan cambios en el clima y en el relieve que propician la existencia de muchas especies endémicas, así como que en la zona neártica haya algunas muy similares a las de la zona neotropical, como es el caso de los puercoespines norteamericano y mexicano.

El planeta cambia, aparecen nuevas montañas, algunos lagos se secan, los continentes se separan y los océanos amplían o reducen su espacio.

Las plantas también se diversificaron. Por ejemplo, en América y África existen plantas típicas de zonas con escasez de agua.



Quol oriental

Es originario de las selvas y bosques australianos, aunque en la actualidad solo existe en la isla de Tasmania.



Dasyurus viverrinus
Especie amenazada

Carece de un dedo en las patas posteriores.



Lithops

- Es originaria de África.
- No tiene espinas.
- Pertenece al orden Caryophyllales.
- Da una o dos flores al año.



Astrophytum

- Es originaria de América.
- No tiene espinas.
- Pertenece al orden Caryophyllales.
- Da una o dos flores al año.

Son animales solitarios y nocturnos que construyen nidos en las rocas.



Coendou bicolor
Está en riesgo bajo.



Erethizon dorsatum
Está en riesgo bajo.

Puercoespín norteamericano

- Habita en los bosques de Alaska, Canadá y el noreste de Estados Unidos.
- Es de hábitos nocturnos.
- Se alimenta de hojas, ramas pequeñas, plantas verdes, como el trébol.

Puercoespín o coendú bicolor

- Se encuentra en Bolivia, Perú, Colombia y Ecuador.
- Es nocturno y solitario.
- Se alimenta de ramas tiernas, frutos, semillas y hojas.

Resumen

Ideas principales

La evolución

Teorías de la evolución

- Lamarckismo. Los órganos se desarrollan o desaparecen según el uso. Los cambios son heredables.
- Darwinismo. La evolución es un proceso gradual guiado por la selección natural.
- Selección natural. Las condiciones ambientales determinan qué características perduran con el tiempo. Sobreviven los individuos mejor adaptados.
- Neodarwinismo o teoría sintética. Las causas de la evolución son la variabilidad genética y la selección natural. Toma largos periodos de tiempo.
- Equilibrio puntuado. Existen largos periodos en que las especies permanecen inmutables (periodos de estasis) y periodos cortos donde grandes cambios forman muchas nuevas especies (periodos de especiación), pero solo algunas sobrevivirán. Cuestiona el ritmo de la evolución.
- Neutralismo. El azar provoca la variación en las poblaciones. Las mutaciones se heredan o desaparecen aleatoriamente.
- El gen egoísta. Los genes sufren la selección natural, no las especies ni las poblaciones. El gen es la unidad de selección natural.
- Pruebas de la evolución. Taxonómicas (árbol evolutivo), biogeográficas (ubicación geográfica), paleontológicas (fósiles), embriológicas (desarrollo embrionario), anatómicas (anatomía comparada), bioquímicas (ADN).



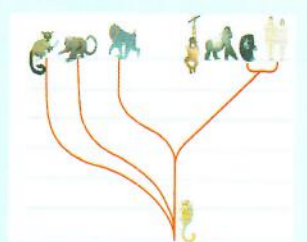
Teorías del origen de la vida

- Generación espontánea. Se generan seres vivos a partir de materia en descomposición.
- Panspermia. La vida tiene su origen en el espacio exterior.
- Síntesis prebiótica. Las primeras moléculas orgánicas son formadas en el océano (sopa primitiva), a partir de estas se conformaron moléculas más grandes (proteínas y ácidos nucleicos, que con el paso del tiempo se asociaron formando organelos, células y organismos, que evolucionaron en la vida que conocemos actualmente.

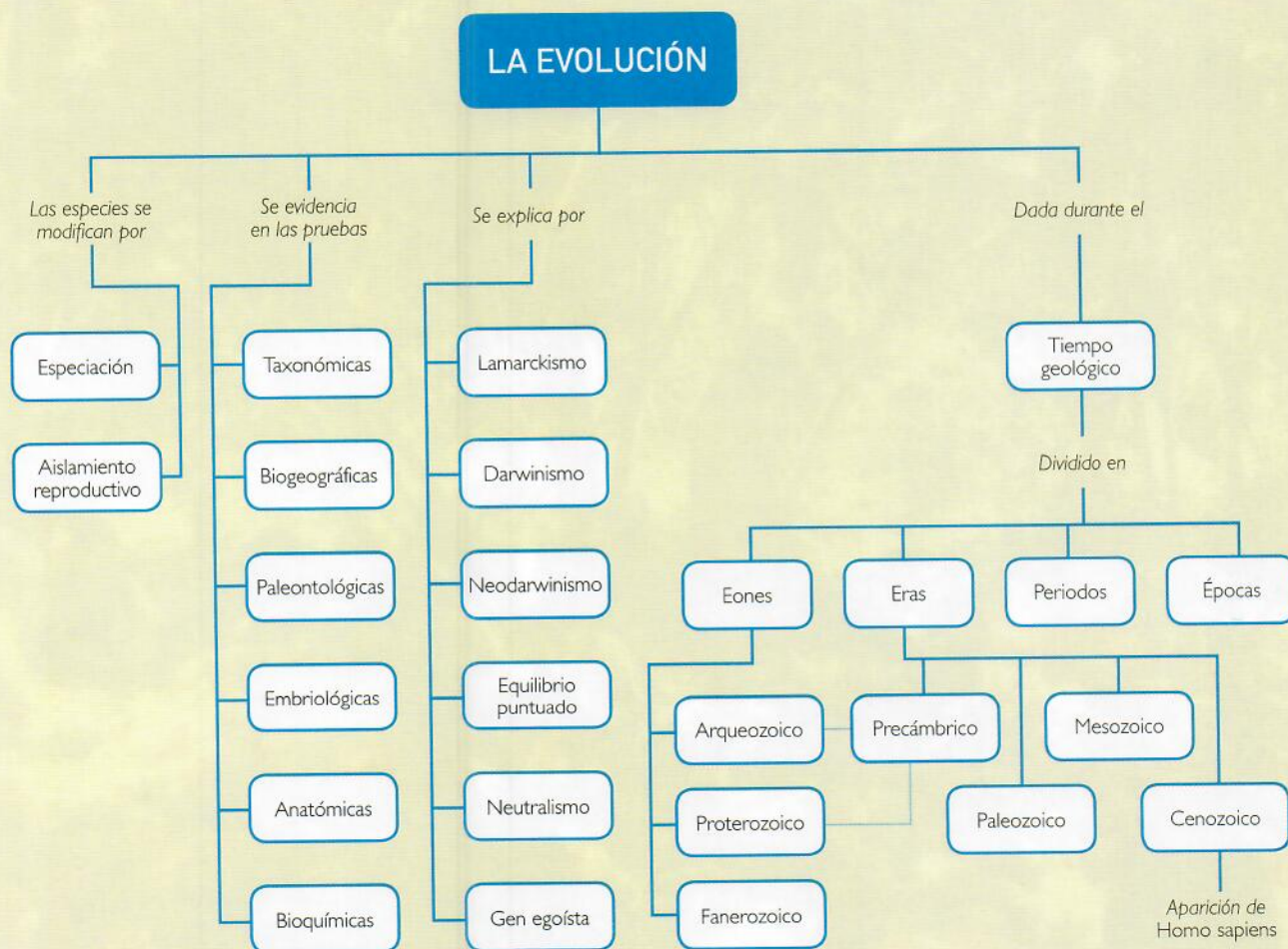


Evolución humana

- Primeros primates hace 60 m.a. Tenían el tamaño de una musaraña.
- Pariente vivo más cercano a los humanos: chimpancé.
- Primer homínido: *Ardipithecus ramidus* (4,5 m.a. atrás).
- Antecesor del hombre actual. *Australopithecus*, *Homo habilis*, *Homo ergaster*, *Homo erectus*, *Homo antecessor*, *Homo heidelbergensis*, *Homo neanderthalensis*, *Homo sapiens sapiens* (hombre moderno).



Organizador visual: mapa conceptual



Opciones de consulta

Para reforzar

En los siguientes sitios web encontrarás información acerca de las teorías evolutivas, la evolución del hombre y los fósiles en el Perú que reforzarán lo aprendido.

- <http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/4ESO/evolucion/index.htm>
- <http://porlasendadelahistoria.blogspot.com/2013/02/dinosaurios-en-el-peru.html>

Con este libro de la biblioteca del Ministerio de Educación, podrás complementar tus conocimientos sobre el tema desarrollado en esta unidad.

- Gispert, C., Miller, G., Gay, J., Vidal, J. (Eds.). (2003). *Enciclopedia didáctica de las Ciencias Naturales*. Barcelona, España: Océano.

Para ampliar

Claude Nuridsany y Marie Pérennou (Dirs., 2004), *Génesis*, Francia e Italia.

- <http://tu.tv/videos/genesis-2004-documental>

Un griot africano (Sotigui Kouyaté), es decir, un anciano trovador, responsable de transmitir la historia de manera oral, narra, a través de un lenguaje evocador, la creación del universo y de las estrellas, los ardientes comienzos de nuestro planeta y la aparición de la vida en la Tierra.

Nos habla del tiempo, la materia, el nacimiento, el amor y la muerte. También nos cuenta sobre la vida, transformación, reproducción, supervivencia y, finalmente, su desaparición.



IDEAS CLAVE

- Conceptos básicos de ecología
- El flujo de energía en los ecosistemas
- El ambiente y el ser humano
- El impacto ambiental
- Efectos de la contaminación atmosférica
- El cambio climático
- Fuentes de energía alternativa
- Desarrollo sostenible

Kemito significa 'árbol de cacao' en asháninka.

9

La ecología

LEEMOS

Equilibrio del ambiente

Kemito Ene es una asociación de productores asháninkas de cacao y café del río Ene ubicada en la provincia de Satipo en el departamento de Junín. A través de la asociación, los asháninkas del río Ene han demostrado con su cultura que pueden utilizar un sistema productivo para aprovechar correctamente sus tierras protegiendo el ambiente.

Tras su inicio, Kemito Ene cuenta con más de 200 socios en 11 comunidades asháninkas del río Ene. Solo en el primer semestre del primer año, lograron producir más de 14 000 kilogramos de cacao orgánico, bajo la modalidad de comercio justo, que promueve un salario justo, equidad de género, derechos humanos y conservación del ambiente en las actividades productivas.

Los socios de Kemito Ene recibieron de Central Asháninka del Río Ene (CARE) las herramientas necesarias para poner en marcha su proyecto, y capacitaciones y asistencias personalizadas en manejo agronómico y control de calidad. La visión de Kemito Ene es fortalecerse cada vez más.

Ruth Buendía, presidenta de la CARE, resalta preocupada que “si realizan las hidroeléctricas, no podríamos producir más cacao asháninka porque nuestras tierras estarían inundadas”.

¿Cómo se vería afectada la vida de los asháninkas con la construcción de hidroeléctricas en sus tierras? ¿Será más importante la construcción de hidroeléctricas o el negocio de los asháninkas? ¿Por qué? ¿Es este un proyecto sostenible? ¿Por qué? Investiga sobre las zonas donde se cultivan los principales alimentos orgánicos en el Perú. ¿Siguen todos este mismo modelo? ¿Qué proyectos de aprovechamiento de recursos similares hay en su región?

Marine Doudy/CARE

LO QUE DEBEMOS APRENDER

Al finalizar esta unidad, lograrás comprender cómo se relacionan los organismos y la energía en el ecosistema y por qué es tan importante mantener el equilibrio ecológico. Podrás descubrir cómo nos está afectando el cambio climático en el Perú y qué debemos hacer para atenuarlo. También podrás aplicar tus conocimientos sobre ecología y tomar una posición crítica acerca de los impactos ambientales que generamos en todo el planeta.

Introducción a la unidad

El Perú es uno de los países más biodiversos del planeta. Abunda en recursos naturales, flora y fauna muy variadas, incluso con especies únicas en el planeta. Es atravesado por la cordillera de los Andes, que cuenta con bosques andinos, puna, nevados y volcanes.

En esta unidad conocerás la dimensión científica de la naturaleza y comprenderás cuál es la función

que cumple cada tipo de organismo en los diferentes ecosistemas, cómo fluye la energía a través de ellos y cómo se recicla la materia.

La extracción irracional pone a nuestros recursos naturales en peligro de desaparecer. Preservarlos y aprovecharlos sosteniblemente es el reto de nuestra generación en beneficio de toda la comunidad.

El concepto de hábitat y de nicho ecológico

El hábitat, es decir, el lugar físico que ocupa una especie, junto a los factores bióticos y abióticos propios del ecosistema al que pertenece y que la especie utiliza, forman el nicho ecológico de esta especie.

El hábitat

Es el lugar físico que ocupa una especie en el ecosistema, el cual reúne las condiciones necesarias para que esta pueda sobrevivir. Cada hábitat presenta un conjunto de factores ambientales bióticos (interacciones entre especies) y abióticos (condiciones físico-químicas) que lo caracterizan y que influyen sobre todas las especies que lo habitan. Aquellos factores que limitan el crecimiento de una población o su distribución se denominan factores limitantes.

Las especies presentan adaptaciones para la supervivencia en su hábitat. Por ejemplo, las nutrias de río tienen pies palmeados, cuerpo hidrodinámico, y una gran capacidad para el buceo, que le permiten vivir en un medio acuático, ríos y lagunas (cochas).

El nicho ecológico

Son aquellos factores bióticos y abióticos de un ecosistema utilizados por una especie. El ecólogo Eugene Odum lo explicaba de la siguiente manera: si el hábitat de una especie es el "domicilio", el nicho sería su "profesión". Por lo tanto, el nicho ecológico es el papel que juega dicha especie en un ecosistema.

Así pues, el nicho ecológico de la nutria de río es ser un carnívoro que captura peces y otros animales acuáticos y que vive asociado a cursos de agua dulce. Compite con otros animales que también se alimentan de peces, como caimanes. Sin embargo, dos especies no pueden ocupar exactamente el mismo nicho, así que deben diferir en algún aspecto, si no, una de las dos sería desplazada por la otra en un fenómeno llamado exclusión competitiva.



El nicho ecológico de la nutria de río



Heinz Plenge

La nutria gigante de río, *Pteronura brasiliensis*, también se alimenta de todo tipo de peces incluyendo las pirañas.

El nicho y la adaptación

En una biocenosis o comunidad, cada especie ocupa su nicho, es decir, posee las adaptaciones que garantizan su supervivencia, evitando en la medida de lo posible la competencia y su posible exclusión. Los problemas surgen cuando los recursos son limitados. En este caso, es necesario buscar otras fuentes de energía, es decir, un nuevo nicho, aunque en ocasiones esto exige nuevas habilidades o rasgos distintos. Las explicaciones de cómo aparecen estos nuevos rasgos en una especie, y de cómo incluso surge otra especie, que se especializa en un nuevo nicho, han revolucionado la ciencia a lo largo de los siglos XIX y XX.

El nicho y la especialización

Según el nivel de especialización, podemos distinguir dos tipos de especies:

- **Especies especialistas.** Son aquellas especializadas en el aprovechamiento de un recurso determinado, pero también son muy vulnerables ante cualquier cambio que efectúe este recurso. Las especies especialistas están disminuyendo al no adaptarse a los cambios introducidos por el ser humano en el ambiente.
- **Especies generalistas.** Son aquellas menos especializadas, que tienen nichos más amplios y que no son tan hábiles, pero se adaptan más fácilmente a nuevas situaciones. Las especies generalistas están presentes en diferentes hábitats y adaptadas a condiciones relativamente distintas.



El oso hormiguero gigante (*Myrmecophaga tridactyla*) se alimenta exclusivamente de hormigas y termitas.

VIREO



La gaviota peruana (*Larus belcheri*) se distribuye por todas las costas del Perú y come prácticamente cualquier cosa.

EN LA WEB

<http://www.las400clases.org/videos/curriculares/antes-y-despues-darwin/biodiversidad>

Página que relaciona en un video la biodiversidad y la evolución, las extinciones y el calentamiento global.

BIOGRAFÍA

Charles Darwin 1809-1882

Naturalista y evolucionista británico que entre 1831 y 1836 realizó un viaje por todo el mundo, en un barco llamado Beagle, trayendo consigo las pruebas para una nueva teoría sobre la evolución biológica, que fue publicada en 1859, en su famoso libro *El origen de las especies*.

Su teoría se basaba en que las especies cambian mediante la selección natural y la descendencia con modificación. La reproducción no tiene como resultado una descendencia idéntica a los progenitores, y estos cambios son seleccionados por las condiciones naturales del entorno. Aquellos con rasgos ventajosos tendrán más descendientes, consolidándose la frecuencia de las nuevas características en la población.



El archipiélago de Galápagos, formado por un puñado de islas e islotes rocosos de origen volcánico, cuenta con una gran variedad de ambientes y ecosistemas.

En ellas se han registrado trece especies distintas de pinzones, que varían según su tamaño, forma de pico, costumbres y alimentación.

Las investigaciones concluyeron que todas ellas son descendientes de un primer grupo que llegó por azar a estas islas, y ante las presiones por la limitación de los recursos, sufrieron un intenso proceso de selección natural y adaptación a diferentes nichos, a lo largo de todo el archipiélago.

Las relaciones alimentarias



Nivel trófico de los productores (plantas)



Nivel trófico de los consumidores primarios (herbívoros)



Nivel trófico de los consumidores secundarios (carnívoros)



Nivel trófico de los descomponedores (bacterias y hongos)

Las relaciones alimentarias existentes entre las especies de una comunidad biológica reflejan el sentido de flujo de la materia y la energía, que va desde los productores, pasando por los consumidores, hasta los descomponedores.

Los productores

Son los organismos que fabrican materia orgánica a partir de la materia inorgánica; es decir, los seres autótrofos. En este nivel trófico, encontramos a los vegetales en el medio terrestre, y las algas en los ecosistemas acuáticos, ambos fotosintéticos y, por lo tanto, dependientes de la energía proveniente del Sol. Actualmente, se conocen otros ecosistemas, en los fondos marinos donde no llega la luz solar, en donde los productores son microorganismos autótrofos quimiosintéticos.

Los consumidores

En este nivel están los organismos heterótrofos, es decir, los que toman la materia orgánica contenida en otros seres y la transforman en la suya propia. Dentro de este nivel podemos encontrar varias categorías:

- **Consumidores primarios.** Son los que se alimentan de los productores, como los herbívoros en el medio terrestre.
- **Consumidores secundarios.** Son los que se alimentan de otros consumidores. A esta categoría pertenecen los carnívoros.

Los descomponedores

Son los encargados de desaparecer los cadáveres y los desechos de todo el ecosistema, pero su función no es meramente limpiadora, sino que con su acción devuelven al ecosistema la materia que en su día extrajeron los productores para fabricar su materia propia.

A pesar de que la mayoría de ellos tiene tamaño microscópico, su importancia en los ecosistemas es vital, y si desaparecieran, peligraría toda la vida de la Tierra.

Estructura trófica de la biocenosis

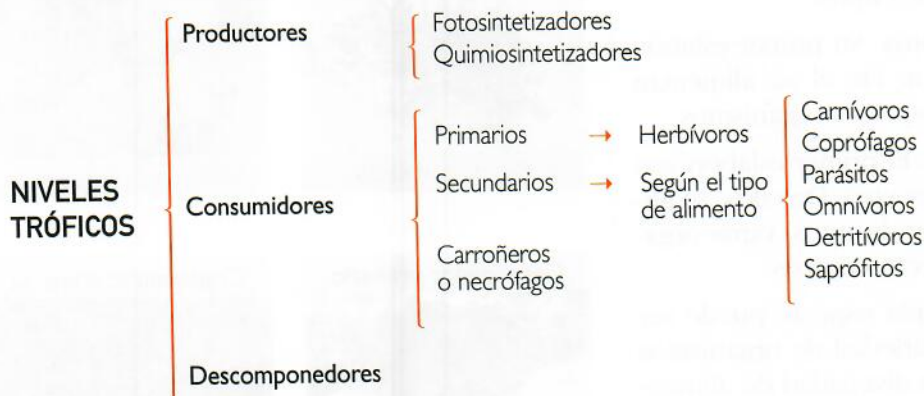
En una biocenosis podemos diferenciar los mencionados niveles tróficos, productores, consumidores y descomponedores. Cada nivel trófico agrupa a todas aquellas especies que tienen el mismo tipo de alimentación.

Así, el flujo de materia y energía, que entra en el ecosistema gracias a los productores, pasa de un nivel trófico al siguiente.

Se acepta, en general, que un nivel aprovecha como mucho el 10% de la energía del nivel anterior. Es decir, si partimos de 100 unidades de energía en los productores, los consumidores primarios solo tendrán 10; los consumidores que se alimenten de ellos, 1; y los que se alimenten de estos, 0,1; es decir, mil veces menos que el nivel inicial.

Cada nivel trófico representa un eslabón de la cadena; pero, como en cada transferencia entre los seres vivos se pierde una gran cantidad de energía (en torno al 90%), los eslabones son limitados (tres, cuatro o, a lo sumo, cinco).

Dentro de cada nivel trófico, según cómo produzcan, obtengan o transformen los nutrientes, a los seres vivos se les puede denominar de diferentes formas, como se recoge en el siguiente esquema:



EN LA BIBLIOTECA

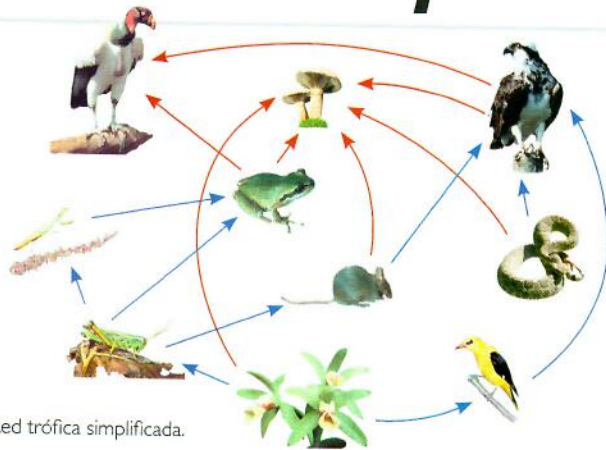
Para conocer más sobre la ecología consulta el libro *La Biblia de las ciencias naturales* de la biblioteca del Ministerio de Educación (MINEDU).

GLOSARIO

Biocenosis. Conjunto de organismos de especies diversas que viven y se reproducen en un determinado biotopo.



Cadenas y redes tróficas



De cadenas a redes tróficas

Dependiendo del primer eslabón de la cadena trófica, se pueden distinguir dos tipos:

- **Cadenas de los herbívoros.** Su primer eslabón siempre es un productor. De él se alimentan los herbívoros, y de estos, otros organismos.
- **Cadenas de los detritus.** El primer eslabón son los restos de cualquier ser vivo. De ellos, se alimentan los detritívoros, y de estos, otros organismos, generalmente microscópicos.

Pero en los ecosistemas cada especie puede ser consumida por una gran variedad de organismos y, a su vez, comer una gran diversidad de alimentos. Por ello, las relaciones lineales se convierten en un entramado de flechas que nos recuerdan e trenzado de una red.

Cuando la representación gráfica de las relaciones tróficas entre las especies de un ecosistema forma un entramado de relaciones alimentarias, la denominamos **red trófica**. Las redes tróficas describen la realidad mejor que las cadenas tróficas, pero pueden ser sumamente complejas.

EN LA WEB

<http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/4ESO/Dinamica/contenidos.htm>

Contenidos didácticos correspondientes a la unidad de ecología dentro del amplio Proyecto Biósfera. Bien ordenados y de fácil utilización.

http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/4esobiologia/4quincena10/4quincena10_contenidos_2e.htm

Aplicación didáctica que explica una sencilla pirámide trófica de manera clara y ordenada.

Las cadenas y redes tróficas son representaciones gráficas lineales del flujo de energía entre los niveles tróficos.

Mediante flechas indican quién suministra la energía y quién la consume: parten de quien es consumido y apuntan hacia el organismo que consume.

CADENA DE HERBÍVOROS

Productor



CADENA DE DETRITUS

Restos orgánicos



Consumidor primario



Consumidor primario



Consumidor secundario



Consumidor secundario



Consumidor terciario



Consumidor terciario



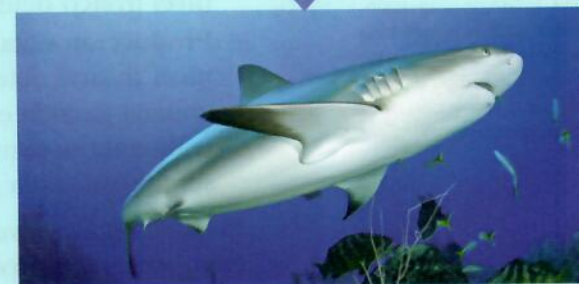
Niveles tróficos

En un ecosistema de puna



En la puna abundan el ichu y una gran diversidad de hierbas, alimento fundamental para vicuñas y guanacos, que son a su vez presas de los pumas. Las aves carroñeras como el cóndor andino se alimentan de los restos de animales muertos, muchos de ellos cazados por los consumidores secundarios, por lo que se especializan en comer lo que estos no pueden o lo que desechan. Los principales descomponedores son las bacterias y los hongos.

En un ecosistema marino



En el medio marino, los productores son sobre todo las algas y el fitoplancton fotosintético que flota en superficie. Existe una gran variedad de consumidores primarios, muchos de ellos forman grandes bancos, lo que aumenta sus probabilidades de supervivencia frente a los depredadores, algunos de los cuales, como los tiburones, están en lo más alto de la red trófica marina. Los descomponedores son principalmente las bacterias marinas.

Las pirámides ecológicas



Selva tropical (arriba) y campo de cultivo de trigo (abajo). En la selva, la tasa de renovación es cercana a 0, ya que se trata de un bosque maduro con gran biomasa. En el campo de cultivo es casi 1, por la renovación rápida y continua de la biomasa.

UNIDADES DE BIOMASA Y PRODUCCIÓN

Las unidades que se usan para medir la biomasa son g/m^2 , kg/ha o g/m^3 , entre otras. Además, teniendo en cuenta que 1 g de biomasa equivale a 4 kcal, también se puede expresar como kcal/m^2 o kcal/m^3 . Las unidades que se emplean para medir la producción son $\text{g/m}^2/\text{día}$, $\text{g/m}^3/\text{año}$, $\text{kcal/m}^2/\text{día}$, etc.

Las pirámides ecológicas representan gráficamente la estructura trófica de un ecosistema, mediante rectángulos horizontales superpuestos que nos informan de las transferencias que se producen en una comunidad hasta llegar al último nivel trófico.

Los parámetros tróficos

Permiten evaluar la acumulación y transferencia de energía o materia que se produce en un ecosistema.

Nos informan del flujo de energía que se transmite por el ecosistema en su conjunto o de un nivel trófico a otro. Hay varios parámetros de interés:

- **Biomasa (B).** Es la masa seca o húmeda de todos los organismos que forman un nivel trófico o un ecosistema, por unidad de superficie o volumen.
- **Producción (P).** Es la cantidad de energía que se almacena en forma de biomasa en cada nivel trófico o en el ecosistema, por unidad de superficie o volumen y por unidad de tiempo. Dentro de la producción, distinguimos la producción bruta y la producción neta.
 - **Producción bruta (PB).** Es la cantidad total de energía captada por un nivel trófico determinado y por unidad de tiempo.
 - **Producción neta (PN).** Es la cantidad total de energía captada por un nivel trófico determinado y por unidad de tiempo, tras descontar la energía gastada en la respiración celular (R). Es decir, es la energía que realmente se convierte en biomasa por unidad de tiempo, y que puede ser aprovechada por otros niveles ($\text{PN} = \text{PB} - \text{R}$).

En función del nivel trófico, también podemos distinguir entre producción primaria y producción secundaria:

- **Producción primaria:** es la energía captada por los productores de un ecosistema.
- **Producción secundaria:** es la energía captada por los consumidores mediante la alimentación.
- **Productividad (p).** Este valor expresa la «rentabilidad» de un nivel trófico, pues relaciona su producción anual con su biomasa inicial ($p = P/B$). Podemos hablar de la **productividad bruta** ($pB = \text{PB}/B$) y de la **productividad neta** o **tasa de renovación** ($r = \text{PN}/B$). Este parámetro varía entre 0 y 1, y es muy interesante. En el plancton o en un campo de cultivo es muy elevado, y se acerca al valor 1 (100%) debido a que la biomasa se renueva con gran rapidez. En un bosque maduro es mucho menor, cercana a 0, pues posee una gran biomasa, y la producción se emplea, simplemente, para reponer dicha biomasa y para la respiración.

$$\text{Producción (P)} = \text{Biomasa (B)} / \text{Tiempo}$$

$$\text{Producción neta (PN)} = \text{Producción bruta (PB)} - \text{Respiración (R)}$$

$$\text{Productividad bruta (pB)} = \text{Producción bruta (PB)} / \text{Biomasa (B)}$$

$$\text{Productividad neta (pN)} = \text{Producción neta (PN)} / \text{Biomasa (B)}$$

Pirámides ecológicas

Son representaciones gráficas de algunos parámetros tróficos en forma de barras horizontales superpuestas.

En las pirámides ecológicas, cada nivel trófico equivale a una barra cuya anchura es proporcional al valor del parámetro que queremos representar.

En la base de la pirámide se indican los productores; sobre ellos, los consumidores primarios; a continuación, los secundarios, y así sucesivamente. Como, normalmente, el valor del parámetro va disminuyendo desde los productores hasta los distintos consumidores, adopta forma de pirámide.

Los parámetros tróficos utilizados son la energía, la biomasa y el número de individuos, que dan lugar a tres tipos de pirámides ecológicas.

- **Pirámides de energía.** En estas pirámides se representa la producción neta de cada nivel trófico; es decir, la energía que queda disponible para el nivel trófico superior.

La energía disponible varía mucho de unos niveles a otros. En general, la energía de cada nivel supone, aproximadamente, un 10% de la del nivel inferior, del cual la toman. Por ello, las cadenas alimentarias no pueden ser muy largas, pues la energía disponible se agota con mucha rapidez.

- **Pirámides de números.** Lo que se representa en este tipo de pirámides es el número de individuos de cada nivel trófico. No aportan demasiada información, porque no tienen en cuenta el tamaño de cada individuo, sino solo su número. Así, una encina contaría igual que una amapola.

Estas pirámides pueden adoptar una forma invertida, como en un bosque, donde los productores son los árboles; pocos, pero con una gran biomasa.

- **Pirámides de biomasa.** En ellas se representa la biomasa de cada nivel trófico en un momento dado o en un corto período de tiempo.

Estas pirámides nos aportan información muy interesante sobre la estructura del ecosistema y sobre su funcionamiento.

En general, su forma es similar a la de las pirámides de energía, aunque hay casos en los que la pirámide se puede invertir. Por ejemplo, esto sucede en algunas cadenas marinas.

A veces, la biomasa del zooplankton es mayor que la del fitoplancton. Esto ocurre porque el fitoplancton se puede reproducir a gran velocidad y reponer rápidamente la biomasa perdida.

Consumidores terciarios
(superdepredadores)

Consumidores secundarios
(carnívoros)

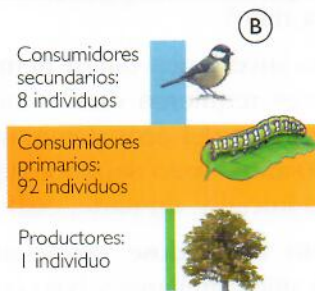
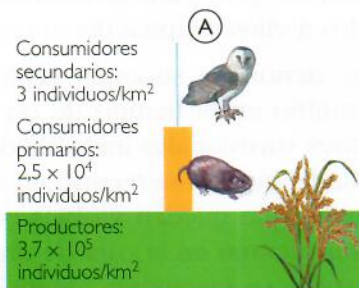
Consumidores primarios
(herbívoros)

Productores
(autótrofos)



Pirámides de energía. Como en el paso de un eslabón de la cadena trófica al siguiente la eficiencia es de aproximadamente el 10%, las pirámides de energía nunca pueden ser invertidas, ya que la energía almacenada en un nivel siempre es superior a la que se almacena en el siguiente.

Pirámides de números. En el caso A, se representa una pirámide en la que los productores son de pequeño tamaño y todos los consumidores son de mayor tamaño que sus presas. En el caso B, hay un gran número de consumidores primarios que son más pequeños que los productores de los que se alimentan.



Consumidores terciarios:
1 g peso seco /m²

Consumidores secundarios:
12 g peso seco /m²

Consumidores primarios:
43 g peso seco /m²

Productores:
950 g peso seco /m²



Consumidores primarios:
21 g peso seco /m²

Productores:
5 g peso seco /m²



Pirámides de biomasa. En el caso A, la biomasa de los productores es muy superior a la de los consumidores. En el caso B, existen casos en que las pirámides de biomasa se pueden invertir, como en algunos ecosistemas acuáticos, debido a la elevada tasa de reproducción de los productores (fitoplancton), suficientes para sostener un enorme número de consumidores primarios.

La sucesión ecológica

Todo ecosistema es el resultado de un largo proceso, en el que el biotopo va siendo colonizado sucesivamente por distintas comunidades de seres vivos, haciéndose cada vez más complejo.

La sucesión ecológica

Los ecosistemas cambian en el tiempo, como los organismos. Aparecen, crecen, se desarrollan, envejecen pero, a diferencia de ellos, no mueren. Incluso propician la formación de otros parecidos a ellos, ampliando su territorio.

Se denomina sucesión ecológica al proceso de cambio en el tiempo de un ecosistema. Existen fases sucesionales iniciales, de juventud y de madurez, incluso se reconocen rasgos de etapas pasadas que quedan visibles en el ecosistema maduro (como en la cara de una persona adulta en la que se mantienen algunos rasgos de cuando era niño).

Las sucesiones duran tiempos muy variables. A veces requieren días o meses hasta alcanzar la madurez del ecosistema; o décadas, hasta 150 o 200 años. Todo depende de cómo sea el ecosistema inicial y, en parte, cuál sea su desarrollo.

Pero iniciándose desde un mismo ecosistema, en sitios similares y bajo condiciones iguales, los cambios siempre son muy parecidos y terminan en comunidades análogas.

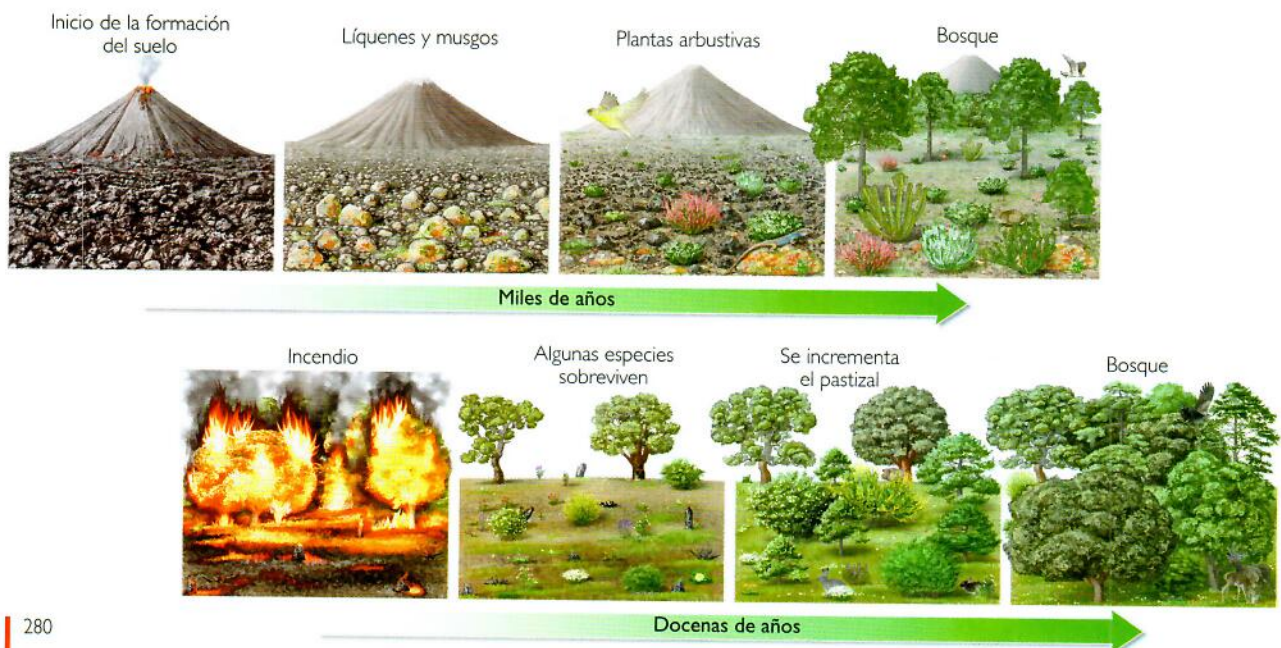
Tipos de sucesión

Estas modificaciones se desarrollan espontáneamente en la naturaleza. Son los propios organismos los que van transformando elementos de su biotopo, haciéndolo más adecuado para otros nuevos. Por ejemplo, las raíces de los arbustos retienen partículas del suelo aumentando su profundidad; así en el futuro podrán crecer grandes árboles. Las interacciones entre factores abióticos también van cambiando poco a poco.

Las sucesiones primarias son naturales, es decir, no interviene el ser humano. Es el caso de la colonización de suelos volcánicos, la sucesión en lagunas no contaminadas o las variaciones en las dunas costeras.

El ser humano puede construir ecosistemas sencillos, por ejemplo, un campo de cereales, o interferir en una sucesión natural, por ejemplo, acelerando o frenando la contaminación del agua. En estos casos, se habla de sucesiones secundarias.

Otros ejemplos de sucesiones son la regeneración del bosque después de un incendio, la colonización de un meandro fluvial, el avance del bosque manglar sobre las costas tropicales, etc.



El proceso de sucesión ecológica

La sucesión comienza con el establecimiento de especies pioneras en un lugar árido, por ejemplo, algas, líquenes y musgos, que descomponen la roca para formar el suelo.

Después se suman las primeras especies vegetales que aportan materia orgánica que enriquecerá el nuevo suelo. También se establecen gusanos y artrópodos. Con la capa del suelo, rica y profunda, el ecosistema se puebla de árboles y arbustos que irán modificando el biotopo y favoreciendo la presencia de nuevas especies animales y vegetales, y la desaparición de alguna de las existentes.

Tendencias generales

En todos los ecosistemas y sucesiones se cumplen las siguientes tendencias en el tiempo:

- Aumenta la complejidad del ecosistema: más especies y más ejemplares.
- Se incrementa el peso y el volumen de sus organismos (su biomasa).
- Se perfeccionan los mecanismos de autocontrol que impiden la desaparición de especies.
- Los organismos aprovechan mejor los recursos del medio.
- El ecosistema se hace más resistente a los cambios.

Las fases clímax

Dos áreas parecidas con condiciones ambientales análogas desarrollan ecosistemas similares con el tiempo. La fase clímax es la última etapa que alcanza un ecosistema tras pasar por todos los cambios sucesionales. Si bien existen variaciones entre dos fases clímax de un mismo tipo de ecosistema, son poco importantes algunas especies accesorias como pequeños cambios en algún factor abiótico, etc.

En un ecosistema clímax, se reconocen señales del devenir del tiempo.

- Los estratos vegetales de un bosque (costráceo, herbáceo, arbustivo, arbóreo) contienen especies análogas a las de otras tantas fases sucesionales pasadas (líquenes y musgos, gramíneas, matorrales y árboles), de las más antiguas a las modernas.
- Las orlas de vegetación concéntricas que se establecen a partir de las orillas de una laguna corresponden a otras tantas fases sucesionales, de manera que las más alejadas del agua han tardado más en formarse.



Bosque recién quemado



Bosque en regeneración



Bosque totalmente recuperado

El flujo de energía en los ecosistemas



Bosque en Tarapoto,
San Martín

Carlos Sala

Los seres vivos de una biocenosis captan materiales y energía del exterior, que usan y transfieren a otros seres vivos. Por lo tanto, las biocenosis ecológicas son sistemas naturales abiertos que intercambian energía con el exterior.

¿Cómo utilizan los ecosistemas la materia y la energía?

Un ecosistema capta energía y la utiliza en las reacciones químicas de los seres vivientes. Gracias a esta energía, los organismos son capaces de desarrollar todas las reacciones químicas que intervienen en las funciones de relación, reproducción, nutrición, etc.

Se dice que la energía fluye entre los seres vivos de un ecosistema porque se reutiliza una vez que alguno de aquellos la ha usado en sus reacciones químicas. Cuando esto sucede, la energía se degrada, pierde utilidad transformándose en calor.

Por el contrario, los elementos químicos materiales siempre son útiles, ya que son transferidos de unos a otros, reutilizados una y otra vez por todos y en el propio biotopo de cada ecosistema. Se dice que siguen ciclos bioquímicos. Los ecosistemas son sistemas casi cerrados para la materia.

Intercambios entre biotopo y biocenosis

En cualquier ecosistema, hay dos actividades vitales imprescindibles: la fotosíntesis (quimiosíntesis, excepcionalmente) y la descomposición-degradación. Mediante la primera se incorpora materia y energía desde el biotopo hacia la biocenosis.

Los organismos descomponedores transfieren la materia desechada por los seres vivos (cadáveres, excrementos, fragmentos...) hacia el biotopo de su ecosistema y se aprovechan de los últimos restos de energía química que queda en ellos.

ENERGÍA-LUZ
(ÚTIL)

Fotosintetizadores
o productores

Consumidores

Descomponedores

Fotosintetizadores

Descomponedores

Consumidores

ENERGÍA-CALOR
(INÚTIL)

Ciclo de la
energía en un
ecosistema

Ciclo de la
materia en
un ecosistema

Desde el biotopo hacia los seres vivos

La fotosíntesis es el principal proceso bioquímico que traslada materiales desde el biotopo hasta la biocenosis de un ecosistema.

Una vez incorporados como parte de los organismos autótrofos, los heterótrofos (por ejemplo, los animales) solo tienen que aprovecharse de aquellos; con la presencia de pequeñas cantidades de agua, todo está preparado para que el ecosistema comience a funcionar. Además, siempre habrá animales depredadores, carnívoros, que seguirán aprovechando los materiales de otros.

Hay ecosistemas excepcionales (por ejemplo, las profundidades marinas) que carecen de vegetales productores porque no disponen de luz. Los encargados de conseguir materia a partir del biotopo son los microorganismos quimioautótrofos.

La desintegración

Con el pasar del tiempo, los vegetales podrían terminar con los recursos del suelo; asimismo, los cadáveres, excrementos, residuos, etc., envenenarían poco a poco el ecosistema.

Estas son dos grandes dificultades que los ecosistemas deben resolver para perdurar. Para ello, disponen de la presencia de organismos descomponedores en sus suelos, en el agua o en los fondos acuáticos. Los hongos y las bacterias son algunos de ellos.

Descomponer es desintegrar las uniones entre átomos y moléculas presentes en los restos de organismos. Al desorganizarlos, quedan libres y pasan de nuevo a ser parte del suelo, recuperándose así para un nuevo uso.

Además, los procesos de descomposición les proporcionan cierta cantidad de energía, que es liberada al romperse dichas uniones entre átomos, la cual es suficiente para que vivan los microbios descomponedores.

Existen otros muchos que no necesitan el oxígeno para vivir, sino que descomponen la materia orgánica (restos de seres vivos) en su ausencia; se les denomina anaerobios fermentadores. Por ejemplo, las bacterias del yogur o del queso son de este tipo.

Se cierran así los ciclos de uso de todos los elementos químicos que forman parte de los seres vivos de los ecosistemas. Prácticamente, toda la materia se recicla dentro de ellos. No se necesitan nuevas materias, porque tampoco se pierden. Es un constante trasiego desde el biotopo hasta la biocenosis y viceversa.

PARA SABER MÁS

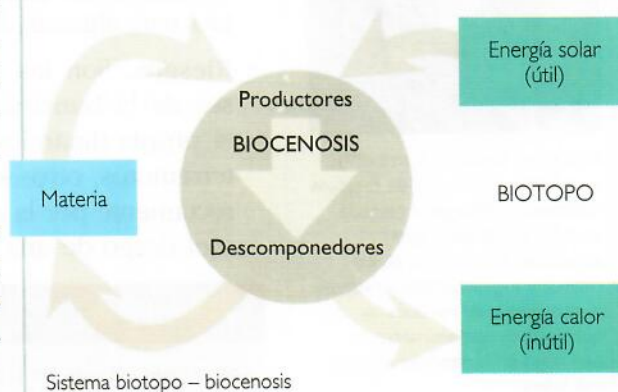
El calor es un residuo muy importante

Según el segundo principio de la termodinámica, el de la entropía, en cualquier transferencia de energía, parte de ella deja de ser útil, es decir, no puede ser usada para producir un trabajo.

En los sistemas cerrados, la materia y energía no cambian y la entropía o desorden interno necesariamente aumenta.

Los organismos vivos, al igual que los ecosistemas, son sistemas abiertos. Por ello, además de energía, intercambian materia con su entorno. Esto les permite mantener niveles bajos de entropía y por lo tanto, su estructura interna ordenada.

Para ello, incorporan de su entorno la materia que necesitan y energía de alta calidad. A cambio, devuelven al exterior materia oxidada y energía térmica prácticamente no reutilizable, llamada de baja calidad.

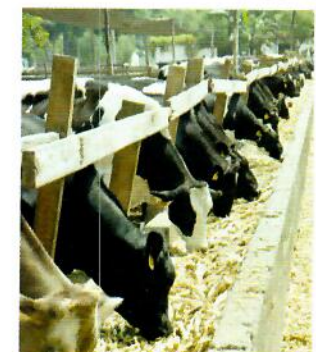
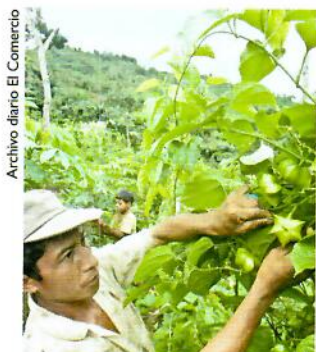


EN LA BIBLIOTECA

Para conocer más sobre la ecología consulta el libro Ciencia de Adam Hart-Davis de la biblioteca del Ministerio de Educación (MINEDU).



El ambiente y el ser humano



Para el ser humano, el ambiente es, además, una fuente de recursos naturales, como agua y oxígeno; un lugar donde se realizan actividades productivas, como cultivos y explotaciones ganaderas; y un receptor de residuos, ya que muchos contaminantes se depositan en la atmósfera y en la hidrósfera.

Algunas actividades humanas pueden afectar a los elementos, tanto bióticos como abióticos, que forman el ambiente, y degradar las condiciones de vida en el planeta.

El ambiente

El ambiente de un ser vivo es su entorno, es decir, todo aquello que lo rodea e influye sobre él. Está constituido por los factores bióticos y los factores abióticos. Los primeros están conformados por los seres vivos con los que comparte el medio; los segundos son la temperatura, la humedad, el relieve del terreno, etc.

En la conferencia de las Naciones Unidas, celebrada en Estocolmo en 1972, se definió al ambiente de la siguiente manera:

El ambiente es el conjunto de componentes físicos, químicos, biológicos y sociales capaces de causar efectos directos o indirectos, en un plazo corto o largo, sobre los seres vivos y las actividades humanas.

La humanidad interactúa intensamente con su ambiente, ya que nuestra existencia depende totalmente de él. Estas interacciones permiten definir lo siguiente:

- **Recursos.** Son todo aquello que extraemos del medio para satisfacer nuestras necesidades: energía, alimentos, materias primas para las industrias, agua, el aire que respiramos, el espacio en el que habitamos, etc.
- **Impactos.** Son las alteraciones que provocamos en el ambiente, consecuencia de distintas actividades. Según criterios humanos, unas son inocuas; algunas, beneficiosas; y otras, perjudiciales.
- **Riesgos.** Son las situaciones que suponen un peligro para los intereses de la humanidad. Algunos son riesgos naturales, consecuencia de la propia dinámica del ambiente, como las erupciones volcánicas o los terremotos; otros son riesgos antropogénicos o antrópicos, causados directamente por la actividad humana, como la contaminación atmosférica o el riesgo de una guerra nuclear.

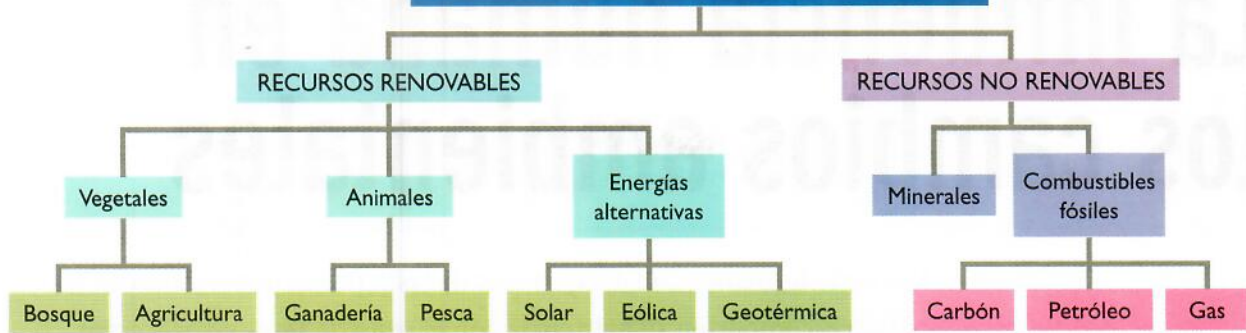
PARA REFLEXIONAR

Las consecuencias en el ambiente

Durante siglos, la humanidad ha tenido una actitud desinteresada hacia su ambiente, contemplándolo como si fuera un banco de recursos inagotables. El ser humano ha realizado severas modificaciones en su ambiente, interponiendo sus intereses inmediatos a cualquier consideración sobre los efectos a mediano y largo plazo de sus actividades. Como resultado, ahora está pagando los efectos que estos impactos han tenido, por ejemplo, la contaminación.

- ¿Cuál crees que debe ser nuestra actitud hacia el ambiente? Reflexiona y argumenta tu respuesta.

EL SER HUMANO SATISFACE SUS NECESIDADES MEDIANTE LA EXTRACCIÓN DE...



Los recursos

Los recursos renovables son aquellos que se regeneran a una velocidad comparable a la que se consumen, por ejemplo, la madera o el agua; o a aquellos considerados inagotables tomando como referencia una escala del tiempo humana, como la luz del Sol o el calor interno de la Tierra.

Los recursos no renovables son los que no se regeneran, o lo hacen a una velocidad muy lenta considerando el periodo de tiempo humano. Estos recursos naturales, como muchos minerales, el carbón y el petróleo, disminuyen a medida que son extraídos.

La reserva de un recurso natural no renovable se define como la cantidad no explotada de un recurso cualquiera almacenada en la naturaleza, cuya ubicación se conoce o se especula, y que puede ser extraída con la tecnología actual a un precio competitivo.

Las siguientes circunstancias conllevarían a crecimiento de las reservas de un recurso:

- El precio del recurso se incrementa, como consecuencia de lo anterior la explotación de yacimientos de bajo rendimiento es más rentable.
- Se desarrollan nuevas tecnologías que facilitan la explotación de yacimientos hasta el momento inaccesibles.
- Se descubren nuevos yacimientos.

La degradación del ambiente

En la actualidad, los seres humanos que viven en las sociedades desarrolladas necesitan cantidades tan grandes de materia y energía que se han visto obligados a explotar el biotopo y la biocenosis de la mayoría de los ecosistemas del planeta. Como esta explotación se realiza a escala mundial, los recursos se tienen que transportar de un lugar a otro. Esta actividad provoca dos efectos negativos: por un lado, este desplazamiento supone un gran gasto de energía adicional y, por otro, se impide el posible reciclaje de las sustancias en su propio hábitat. Además, los elementos residuales entrarán a formar parte de las grandes cantidades de basura que se producen.

Cuando la sobreexplotación se produce de manera continua, los ecosistemas se agotan y entran en un estado de regresión, es decir, se inicia un proceso de marcha atrás, volviendo a las etapas iniciales de su desarrollo. Los ecosistemas se degradan, lo que supone una gran pérdida de especies y un grado de organización mucho menor.

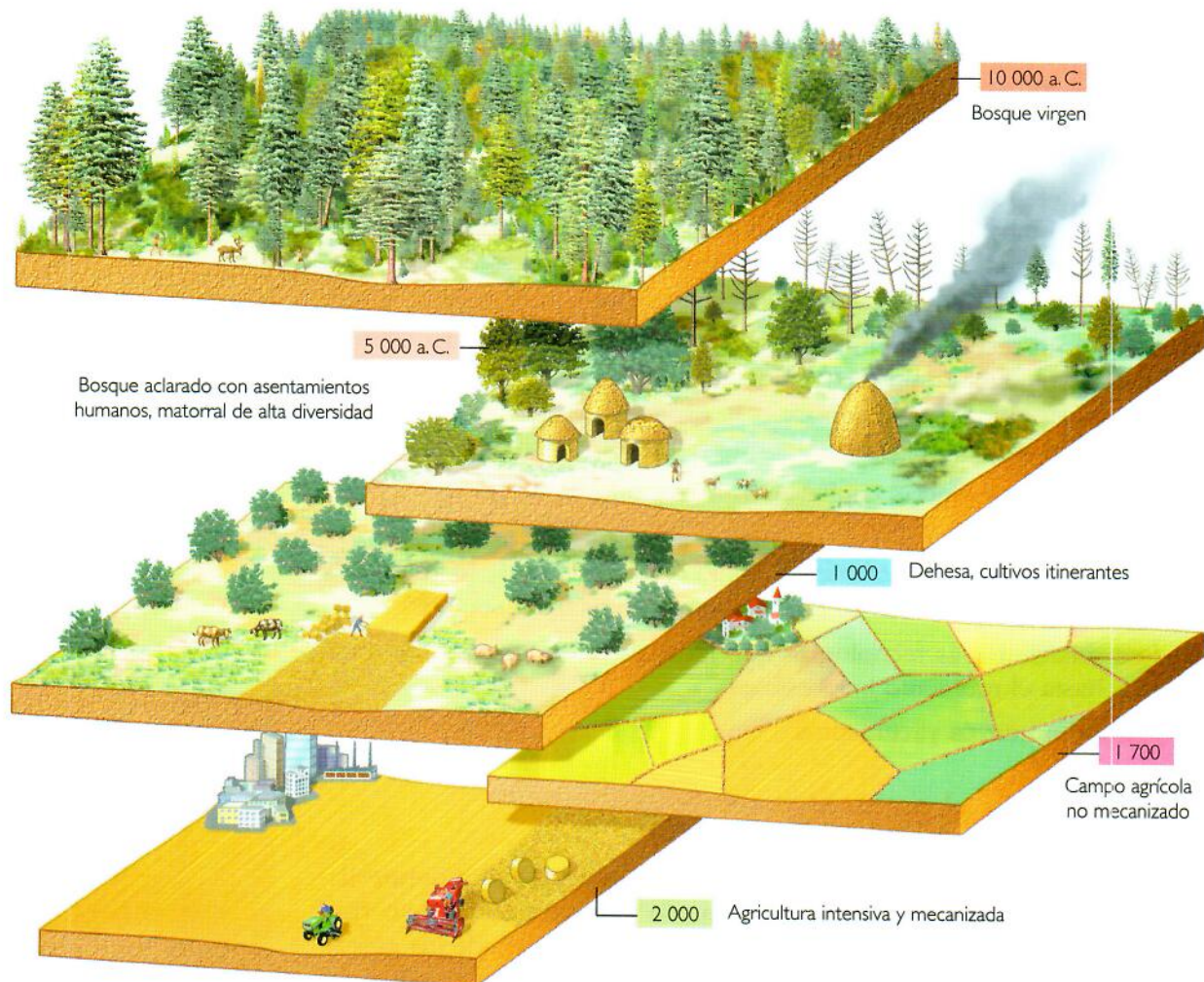


Todas las ciudades, especialmente las más grandes, son fuentes de contaminación atmosférica. Esto se debe al gran número de coches que circulan, a las calefacciones de las casas, a las industrias y, en algún caso, a las incineradoras que queman la basura. Como resultado, en la atmósfera se acumula gran número de contaminantes.



La influencia humana en los cambios ambientales

Los seres humanos constituyen una de las especies que habitan en la biósfera, comparten su existencia con el resto de seres vivos y están sometidos a las mismas leyes naturales que todos ellos.



La transformación humana del paisaje. Los bosques han ido talándose cada vez a mayor escala, desde la aparición de la agricultura y el pastoreo, y como consecuencia de la explotación maderera desmedida para la obtención de combustible y otros fines, como la elaboración de papel.

La humanidad en la naturaleza

Al comienzo, el ser humano formaba parte de un entorno natural equilibrado, en el que su actuación apenas ejercía influencia. Como cualquier otra especie, sufrió la acción de los elementos naturales, el frío, la sed y el acoso de otros depredadores. Pero, al estar dotado de un mayor grado de inteligencia, pudo situarse con rapidez en una posición de dominio sobre los demás seres vivos, causando un impacto sobre los ecosistemas mayor que el que puede provocar cualquier otra especie.

Cambios producidos por el ser humano

Los dos factores que más condicionaron el impacto sobre el ambiente son la explosión demográfica y el consumo creciente e imparable de energía.

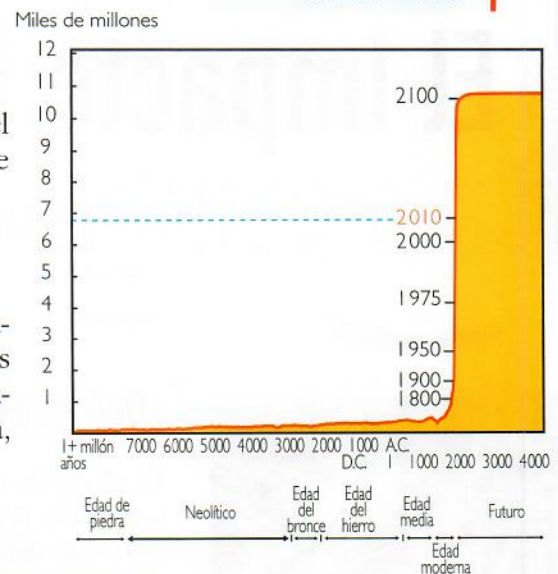
La explosión demográfica

Desde hace unos 150 años, la población humana ha experimentado un crecimiento acelerado como consecuencia de los progresos científicos y tecnológicos y, sobre todo, por los avances en el campo de la medicina, como los antibióticos, las vacunas, la cirugía, etc., que han permitido alargar la vida media del ser humano.

Consumo creciente de energía y materias primas

Debido al crecimiento de la población, se produce un aumento creciente del consumo de energía. En un principio, la vida del ser humano dependía fundamentalmente de la cantidad de energía que necesitaba para realizar sus funciones vitales, nacer, crecer y reproducirse; es decir, energía de consumo interno, proveniente de los alimentos y del Sol, la llamada energía endosomática. Las acciones realizadas por el ser humano para conseguir ese tipo de energía apenas causaban impacto sobre los ecosistemas y era semejante al producido por cualquier otro ser vivo de la biocenosis.

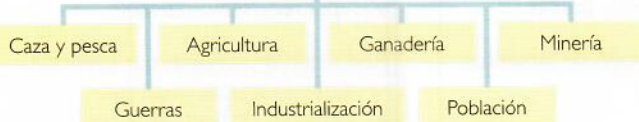
Pero el ser humano consume, además, elevadas cantidades de energía externa o exosomática para realizar otras actividades, como la industria, la agricultura y la iluminación. El consumo de este tipo de energía ha sufrido un crecimiento espectacular, y en la actualidad representa el 88% del total del consumo energético.



La alta mortalidad infantil, las epidemias, las guerras y hambrunas mantuvieron un crecimiento lento de la población mundial hasta la revolución industrial. En 1800 se estima que había menos de 1 000 millones de habitantes. Pasados 210 años se han superado los 6 800 millones.

ACCIONES DEL SER HUMANO SOBRE LOS ECOSISTEMAS

producidas por



ALTERACIONES HUMANAS SOBRE LOS ECOSISTEMAS

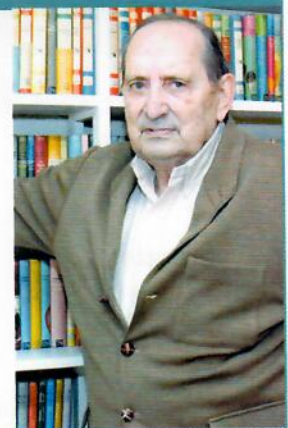
producidas por



LECTURA

En mi novela de 1949, *El camino*, Daniel, mi pequeño héroe, se resistía a integrarse a una sociedad despersonalizada, pretendidamente progresista, pero, en el fondo, de una mezquindad irrisoria. Y esta intuición, cuyos principios, auténticamente revolucionarios, fueron luego formulados por un plantel respetable de sabios humanistas, es lo que indujo a algunos comentaristas a tachar de reaccionaria mi postura. Han sido suficientes cinco lustros para demostrar lo contrario, esto es, que el verdadero progresismo no estriba en un desarrollo ilimitado y competitivo, ni en fabricar cada día más cosas, ni en inventar necesidades al hombre, ni en destruir la naturaleza, ni en sostener a un tercio de la humanidad en el delirio del despilfarro mientras los otros dos tercios se mueren de hambre, sino en racionalizar la utilización de la técnica, facilitar el acceso de toda la comunidad a lo necesario, revitalizar los valores humanos, hoy en crisis, y establecer las relaciones hombre-naturaleza en un plano de concordia. He aquí mi credo y, por hacerlo comprender, vengo luchando desde hace muchos años. [...]

Miguel Delibes. (1997). *Un mundo que agoniza*. Barcelona, España: Plaza & Janes.





El impacto ambiental

La peculiar forma de vida que caracteriza a la especie humana implica una cierta presión sobre los ecosistemas que, en algunos casos, puede suponer su degradación total.

¿Qué es el impacto ambiental?

Es el efecto que puede provocar la intervención del ser humano sobre el ambiente. Aunque en ocasiones resulte beneficioso, en la mayoría de los casos da origen a problemas ambientales que se derivan del aprovechamiento desmedido de los recursos naturales, de la ejecución de grandes obras públicas y de algunas actividades, como el turismo.

La explotación de los recursos naturales por parte de los seres humanos produce un fuerte impacto ambiental en muchos de nuestros ecosistemas. Estos impactos son diferentes según los recursos que se exploten, sean renovables o no renovables, tal y como se indica en las siguientes tablas:

RECURSOS NATURALES RENOVABLES			
RECURSOS	EXPLOTACIÓN	BENEFICIOS	IMPACTOS AMBIENTALES
Biomasa vegetal	Forestal	Obtención de maderas, celulosa, resinas, caucho, colorantes.	Desaparición progresiva de los bosques y empobrecimiento del suelo.
Biomasa vegetal	Agrícola	Obtención de alimentos y materias primas.	Desaparición progresiva de los bosques y empobrecimiento del suelo.
Biomasa animal	Ganadera	Obtención de alimentos y materias primas.	Desaparición progresiva de los bosques y empobrecimiento del suelo.
Biomasa animal	Pesquera	Obtención de alimentos.	Reducción en el número o extinción de algunas especies acuáticas; agotamiento de bancos de pesca.
Energías alternativas	Energía solar; eólica y geotérmica	Producción de energía eléctrica.	Sin efectos negativos.

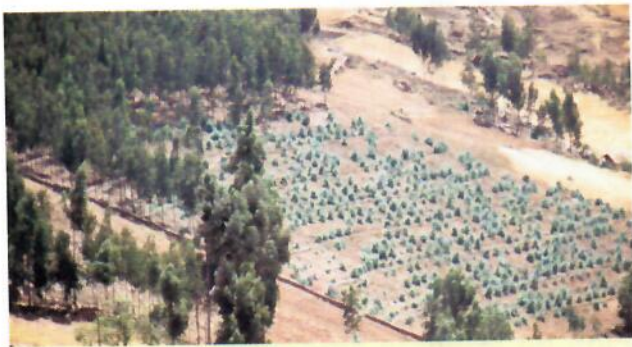
RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES			
RECURSOS	EXPLOTACIÓN	BENEFICIOS	IMPACTOS AMBIENTALES
Combustibles fósiles	Carbón, petróleo, gas natural.	Fuentes de energía para vehículos, industrias, calefacción.	Aumento continuo y peligroso de la contaminación. Agotamiento rápido de los recursos.
Hidrogeológicos	Aguas subterráneas fósiles	Obtención de agua en zonas que carecen de ella en la superficie.	Agotamiento de los acuíferos.
Minerales	Diferentes minerales	Obtención de materias primas.	Agotamiento de los recursos y fuerte impacto en el paisaje.



El impacto de las actividades humanas en los ecosistemas puede llegar a ser muy grave.

Efectos negativos de una explotación abusiva

Algunas actividades humanas provocan efectos negativos en el ambiente:



Repoblación forestal en Cajamarca. La repoblación de grandes extensiones con una misma especie vegetal como el eucalipto (*Eucalyptus globulus*) —muchas veces inadecuada— puede producir ventajas económicas a corto plazo, pero también puede provocar una importante pérdida de biodiversidad.

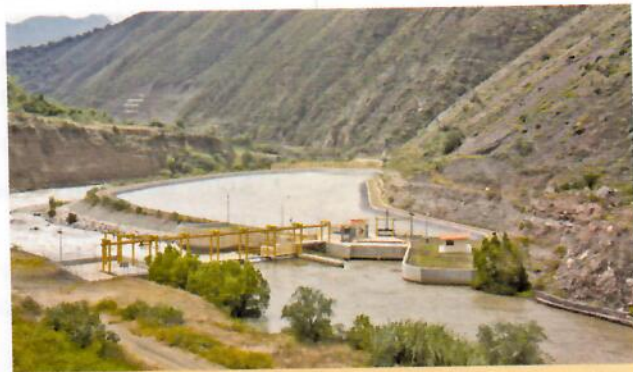


Fábrica contaminando el entorno. La emisión de residuos tiene gran impacto en el medio y ha provocado el rechazo de la población a residir cerca de las zonas industriales.

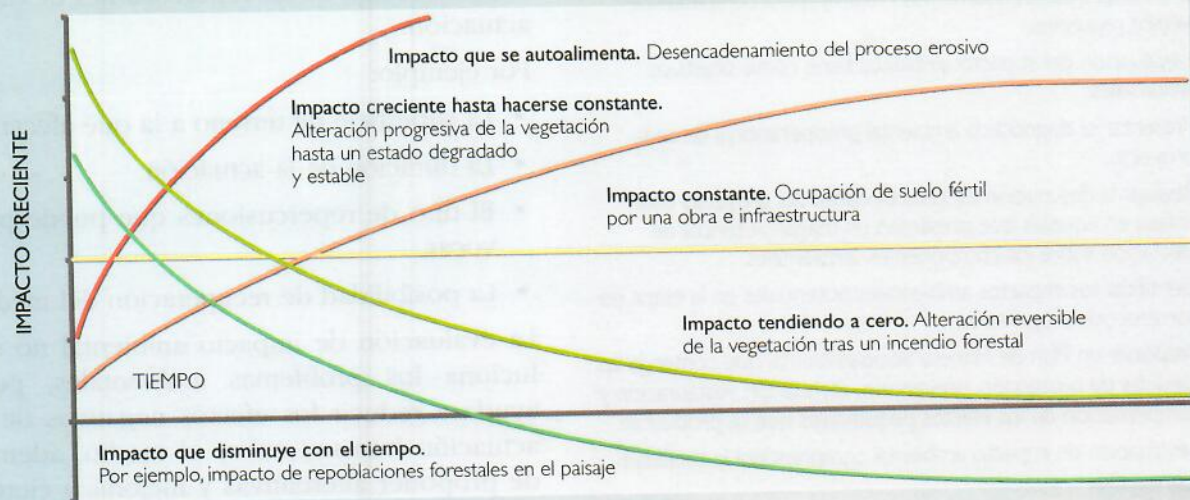
Archivo diario El Comercio



Cantera de mármol, Batán Grande. La extracción de áridos sin control para la construcción puede agotar los recursos en un plazo breve y, además, altera gravemente el paisaje.



Represa del cañón del Pato. Las presas nos abastecen de agua y sirven para la obtención de energía eléctrica. A pesar de estos beneficios, el impacto directo de la construcción de una presa es muy grande. También debe ser objeto de estudio el impacto de la ampliación de la zona regable.



© Santillana S.A.

Diversos tipos de impacto ambiental en relación con su evolución positiva o negativa



La evaluación del impacto ambiental



Grupo interdisciplinar llevando a cabo un trabajo de campo. Los problemas de ambiente requieren necesariamente el trabajo de grupos interdisciplinarios.

Actualmente, ante el deterioro ambiental debido a las actividades humanas se ha introducido la exigencia mediante leyes del estudio del impacto ambiental.

¿Qué es una evaluación de impacto ambiental?

A los seres humanos se les presupone cierta capacidad de analizar y reflexionar sobre el efecto y las repercusiones de sus actividades sobre los ecosistemas en los que actúa. Pero debido a la gran cantidad de problemas ambientales provocadas por estas acciones humanas, se ha impuesto la necesidad de realizar estudios previos de los efectos sobre el ambiente, además de tener en cuenta que una actuación sea técnicamente posible, económicamente rentable y socialmente positiva.

Las evaluaciones de impacto ambiental pueden ser realizadas:

- Antes de la intervención humana sobre el medio; es decir, con carácter preventivo.
- Después de la intervención. En este caso, se valora el efecto producido para adoptar medidas de restauración.

OBJETIVOS DE LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

La evaluación del impacto ambiental puede guiar a los responsables de la toma de decisiones (los gobiernos) para conseguir el desarrollo sostenible. Incorpora los costos de las medidas de protección ambiental y pone a disposición de dichos responsables alternativas creativas para compatibilizar diversos requisitos.

La evaluación del impacto ambiental tiene como objetivos primordiales:

- Presentar el diagnóstico ambiental preoperacional de cada proyecto.
- Realizar la descripción de las actividades del proyecto con énfasis en aquellas que presenten un mayor potencial de afectación sobre los componentes ambientales.
- Identificar los impactos ambientales potenciales en la etapa de construcción y operación.
- Proponer un Plan de Manejo Socioambiental que contenga las medidas de protección, prevención, atenuación, restauración y compensación de los efectos perjudiciales que se produzcan.

La evaluación de impacto ambiental comprenderá la totalidad del proyecto.

La evaluación de impacto ambiental es un proceso largo y complejo en el que participan especialistas de distintos campos de conocimiento, y que debe incluir, además del análisis de las características del impacto, un estudio del medio natural y social sobre el que se van a realizar una identificación y una valoración de las repercusiones de dicha actuación.

Por ejemplo:

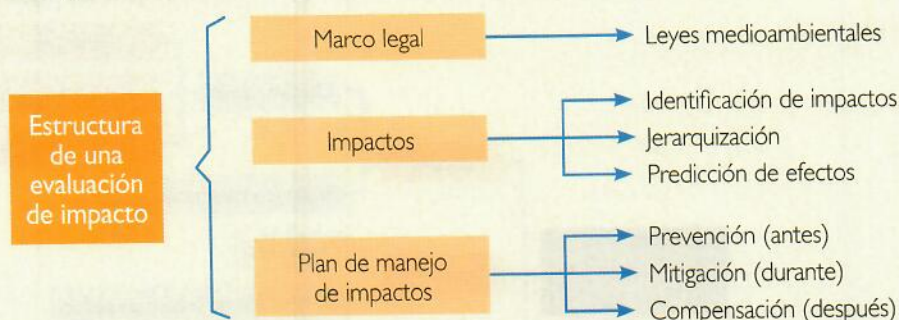
- La superficie de terreno a la que afecta.
- La duración de la actuación.
- El tipo de repercusiones que puede provocar.
- La posibilidad de recuperación del medio.

La evaluación de impacto ambiental no soluciona los problemas ambientales, pero ayuda a reducir los efectos negativos de la actuación humana sobre el medio, además de proponer alternativas y mejoras a ciertos impactos.



ESTRUCTURA DE LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Debe tener las siguientes secciones:



LA DECLARACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Las autoridades ambientales analizan el Estudio de Impacto Ambiental junto a las alegaciones o comentarios que el público o las instituciones consultadas hayan hecho, después de que este estudio haya estado disponible durante un tiempo de consulta pública.

Finalmente, se determina si es conveniente o no la actividad estudiada y se deciden cuáles deben ser las medidas para proteger el ambiente.

CARACTERIZACIÓN Y TIPOS DE IMPACTOS AMBIENTALES

	CARACTERÍSTICAS DEL IMPACTO	EJEMPLOS
Extensión	• Si afecta a mucha superficie • Si afecta a poca superficie	• Urbanización costera • Construcción de una vivienda
Duración	• Si el efecto es temporal • Si es permanente • Si es intermitente	• Ruido por una obra • Balsa de residuos mineros • Turismo
Repercusión	• Sobre el objeto del impacto • Sobre otros aspectos • Acumulación de efectos	• Desección de humedales • Fauna y flora se ven afectadas por la desecación • Captación de aguas subterráneas
Efecto producido	• Reversible • Irreversible • Recuperable • No recuperable	• Acumulación temporal de residuos • Explotación de una cantera • Explotación abusiva • Eliminación de zonas de descanso de aves migratorias
Tipo de daño	• Si es inmediato • Se produce pasado el tiempo	• Contaminación • Residuos radiactivos de una central nuclear



Efectos de la contaminación atmosférica

EN LA WEB

<http://www.pnuma.org/ozono/>

Enlace con el área del Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente (PNUMA) dedicado a la protección de la capa de ozono.

Algunas emisiones procedentes de ciertas actividades humanas pueden causar graves daños a la atmósfera, como la lluvia ácida, la destrucción de la capa de ozono y el efecto invernadero.

Impactos sobre la atmósfera

Los impactos ambientales que más afectan a la atmósfera relacionados con las diversas actividades humanas se recogen en el esquema siguiente:



SABÍAS QUE...

El esmog

Esmog es una palabra inglesa que viene de otras dos: *smoke*, 'humo', y *fog*, 'niebla'. El esmog es una niebla baja que contiene grandes cantidades de contaminantes. Es muy perjudicial para los seres vivos y los materiales.

El efecto invernadero

Quizás el más grave impacto causado por los seres humanos sea el calentamiento global originado por el efecto invernadero.

El efecto invernadero es un proceso natural generado por los gases de invernadero (CO_2 , CH_4 , N_2O y clorofluorocarbonados), que absorben las radiaciones infrarrojas emitidas desde la superficie del planeta e impiden que se escapen hacia el espacio exterior. Esto provoca que la temperatura del aire superficial sea más cálida. Por eso, la temperatura media de la Tierra se ha mantenido alrededor de unos 15°C y es adecuada para el desenvolvimiento de la vida. En los últimos tiempos, la humanidad está vertiendo grandes cantidades de gases de efecto invernadero a la atmósfera, debido, fundamentalmente, a la quema de los combustibles fósiles, la deforestación, los incendios forestales y la ganadería.

El resultado de un incremento del efecto invernadero natural del planeta puede ser el aumento de la temperatura global o calentamiento global de la Tierra, que podría acarrear graves consecuencias: los hielos polares se derretirían, subiría el nivel del mar, amplias zonas sufrirían graves cambios climáticos, las cosechas se reducirían y determinadas enfermedades, como la malaria, se extenderían. Por sequías y hambrunas, las poblaciones se desplazan y se generan condiciones para conflictos sociales de gravedad.



Los mismos principios del efecto invernadero a nivel planetario se observan, a escala reducida, en los invernaderos de cultivo.

La lluvia ácida

Se considera lluvia ácida a cualquier precipitación con un pH inferior a 5,65. En las redes de estudio de la lluvia ácida que se han puesto en marcha en diversos países, se han detectado numerosas precipitaciones con valores de pH inferiores a 5.

Desde el principio se sospechó que existía relación entre la contaminación atmosférica y la acidez de las lluvias. La composición química del agua de lluvia depende de la composición de la alta atmósfera, donde se forman las gotas por condensación, y también de las sustancias presentes en el recorrido de las gotas desde la alta atmósfera hasta el suelo. La precipitación tiene, pues, capacidad de incorporar los contaminantes existentes en el aire.

Efectos en los ecosistemas

En los bosques se han observado daños directos originados sobre todo por esos depósitos de partículas que se pueden convertir en ácidos posteriormente, pero también por las nieblas o lluvias con pH muy bajo. Además, parte de los efectos de lo que se ha llamado el declive de los bosques se debe muy posiblemente a la influencia de las lluvias ácidas sobre los suelos, que quedan empobrecidos de elementos minerales básicos, como potasio, magnesio y calcio.

En los lagos y ríos se han advertido también descensos del pH debidos a las lluvias ácidas. En muchas ocasiones, se ha observado una disminución del número de especies tanto vegetales como animales, ya que muchas de ellas son sensibles a la acidificación.

El deterioro de la capa de ozono

Hace algunos años se detectó que, en ciertas zonas de la Tierra, la concentración del ozono en la estratósfera era menor de lo habitual.

La disminución de la capa de ozono es más notable en los polos, principalmente en el polo sur. En estas zonas, donde la cantidad de ozono es menor, se encuentran los llamados "agujeros de la capa de ozono". Allí, la radiación ultravioleta llega hasta la superficie de la Tierra, y puede producir daños en los seres vivos.

La emisión al aire de una serie de productos, los llamados clorofluorocarbonos (CFC) y otros, que normalmente se empleaban en los aerosoles y en las refrigeradoras, son los causantes del deterioro de la capa de ozono. Estos productos, por la acción de la luz, desprenden cloro activo, que reacciona con el ozono y lo descompone.

Formación de ácido sulfúrico y ácido nítrico

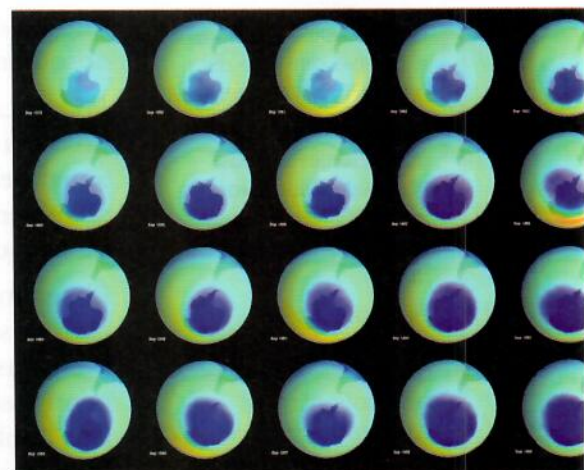


Proceso de la formación de la lluvia ácida. Las combustiones de carbón y derivados del petróleo generan cantidades apreciables de óxidos de azufre y de nitrógeno. En el caso del dióxido de azufre, las emisiones naturales son muy escasas, aunque los volcanes producen volúmenes importantes de ácido sulfhídrico, que termina oxidado a dióxido de azufre.

En los óxidos de nitrógeno, las emisiones naturales a la atmósfera son unas veinte veces mayores que las producidas por la acción del hombre. Los óxidos de azufre y nitrógeno se pueden convertir en ácidos sulfúrico y nítrico, que son los compuestos químicos responsables de las lluvias ácidas.



Bosque contaminado por lluvia ácida debido a su proximidad a una fábrica siderúrgica en Eslovaquia



Evolución del agujero de la capa de ozono sobre la Antártida (falso color)



El cambio climático



Bosque después de un incendio. Los largos períodos de sequía favorecen los incendios.

El progresivo incremento del efecto invernadero causa un aumento de temperaturas en todo el planeta, es decir, un calentamiento global que puede dar lugar a un aumento de la inestabilidad climática, lo que ha producido una alarma científica y social.

¿Qué es el cambio climático?

En la actualidad, la superficie del planeta está en una fase de calentamiento que puede modificar de forma importante el clima. Se supone que se está alterando el balance de radiación solar en el sentido de que una parte de la emisión calorífica que la Tierra envía al espacio quedaría retenida, lo que se conoce como efecto invernadero.

Este efecto existe desde hace mucho tiempo en el planeta y ha sido muy importante para el desarrollo de la vida. Sin este, la temperatura media del planeta sería de 217 °C, en vez de los 15 °C actuales. El problema no es, pues, la aparición de un efecto nuevo, sino que el que siempre existió parece incrementarse y producir un sobrecalentamiento.

¿Cómo se produce?

La acumulación en la atmósfera de una serie de gases es la causa que explica el exceso de efecto invernadero que parece darse en la actualidad.

El principal gas responsable del efecto invernadero es el vapor de agua, debido a su capacidad para absorber una parte importante de la radiación infrarroja que desde la Tierra se devuelve al espacio. Hay una parte de la radiación infrarroja que se llama la “ventana atmosférica”, ya que retorna al espacio sin apenas interferencias. Gracias a ello, se evita el excesivo calentamiento de la atmósfera.

Ahora bien, hay una serie de gases en pequeñas concentraciones que se han ido acumulando en los últimos años. El problema de estos gases es que absorben intensamente el infrarrojo y muchos de ellos precisamente absorben las ondas de la “ventana atmosférica”.

Por su cantidad, el gas más importante es el dióxido de carbono, que representa un 0,04 % en volumen del aire y que se incrementa con una tasa anual del 0,04 %. El incremento de este gas en la atmósfera se debe tanto al aumento de las emisiones como a la eliminación de grandes superficies de bosque que dejan de asimilarlo en la fotosíntesis.

El segundo gas en importancia es el metano, que tiene una concentración doscientas veces menor que el dióxido de carbono, pero que crece a una tasa anual del 1 %. Este gas se origina por fermentaciones sin oxígeno y se emite en cantidades importantes desde los pantanos y arrozales. También las fermentaciones digestivas del ganado y de las hormigas blancas que ocupan los termiteros producen cantidades considerables de gas metano.

EN LA WEB

<http://cambioclimatico.minam.gob.pe/>

Portal web oficial sobre el cambio climático del Ministerio del Ambiente.

http://www.ite.educacion.es/w3/eos/MaterialesEducativos/mem2008/explorando_cambio_climatico/index.html

Aplicación de la asociación Ambientech que explica los factores, tanto astronómicos como terrestres, que influyen en el cambio climático.



Deshielo en el glaciar Perito Moreno, Argentina



Efecto de la deforestación en la región de Petén, Guatemala

¿Qué efectos puede tener?

Se ha especulado mucho sobre el efecto que tendría un calentamiento atmosférico. La mayoría de las previsiones se hacen con modelos de circulación atmosférica en los que se supone una cantidad de dióxido de carbono doble de la que existe en la actualidad.

En ese escenario todas las predicciones apuntan a un incremento de la temperatura media que oscilaría entre 1,5 y 4,5 °C. Los aumentos térmicos previstos varían no solo en su magnitud, sino también en su distribución en el espacio, y la misma Comisión Intergubernamental antes citada aconseja que se tomen con ciertas reservas.

El posible cambio del régimen de precipitaciones es una de las mayores preocupaciones de cara al futuro. Las predicciones en este terreno son todavía más inseguras, pero en lo que por desgracia coinciden es en que se espera una disminución de las precipitaciones de menor intensidad y un incremento de las más caudalosas, así como una mayor concentración de las épocas lluviosas.

Estas variaciones pueden afectar a la retención de agua por los suelos y hacer que se acentúen las épocas de sequía.

El aumento de temperatura y las alteraciones en el régimen de precipitaciones pueden producir cambios en la distribución de los seres vivos y de los cultivos.

La fusión de los hielos polares y el consiguiente aumento del nivel del mar es otro de los efectos del cambio climático que más preocupa, ya que afecta a las zonas costeras, donde viven dos quintas partes de la población mundial.

¿Cómo se puede evitar?

Los esfuerzos para evitar la amplificación del efecto invernadero deben concentrarse necesariamente en la reducción de las emisiones de los gases que lo originan.

El vapor de agua no es en principio un problema, aunque preocupa que se vaya acumulando en la estratósfera como consecuencia de la entrada en ella de metano, que, al oxidarse, produce agua.

Es importante, por lo tanto, controlar en lo posible las emisiones de dióxido de carbono y metano, así como intentar detener la deforestación de las zonas tropicales y llevar a cabo repoblaciones en las zonas templadas.

INFORMACIÓN REGIONAL



La COP 20 en el Perú

La Cumbre sobre Cambio Climático de la ONU, o propiamente la Conferencia de las Partes, "COP", es el principal espacio donde nuestros países buscan llegar a un acuerdo internacional y vinculante para reducir las emisiones de CO₂ y hacerle frente a la crisis climática, ambiental, y sistémica. La COP20 en Lima es la última reunión en el proceso hacia este acuerdo internacional a finales de 2015.

La presidencia del Perú en la COP20 permite además que nuestro país sea visible en todo el mundo como nunca antes.

Para Didier Trebucq, representante residente adjunto PNUD Perú, la COP20 se presenta como una gran oportunidad para la estabilidad, el progreso sostenible de la economía, la consolidación y el fortalecimiento del desarrollo humano y el bienestar colectivo que garantice paz y armonía al país.

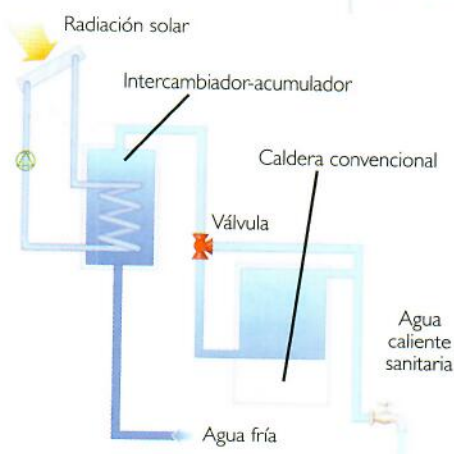


Fuentes de energía alternativa



En la naturaleza existen fuentes energéticas que son más abundantes y menos peligrosas que el petróleo: la energía solar, la eólica, la geotérmica, la maremotriz... Solo es necesario impulsar la tecnología que nos permita usarlas.

La energía solar

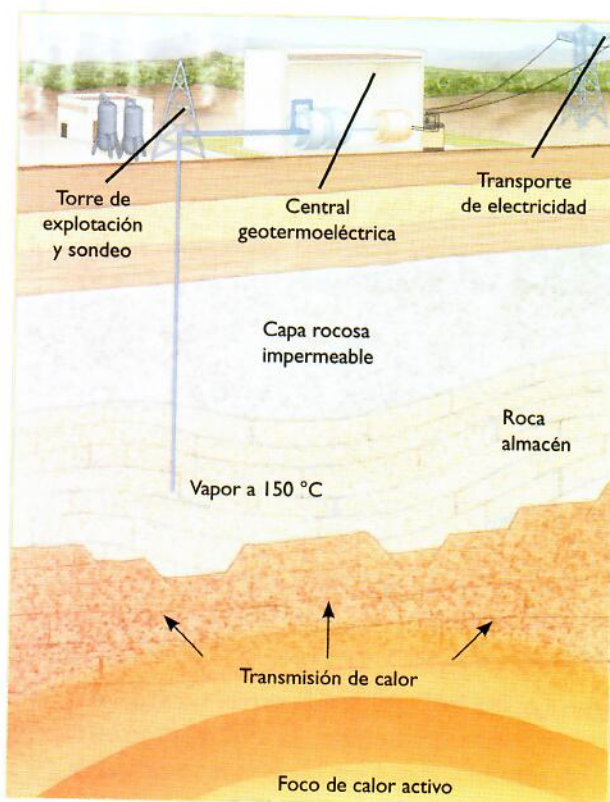


Esquema de una instalación solar para producir agua caliente sanitaria

El Sol proporciona la energía para el mantenimiento de la vida en nuestro planeta. Además, tiene un coste nulo: la luz del Sol nos llega continuamente, y a toda la superficie del planeta.

Sin duda alguna, aprovechar más esta energía que nos llega ininterrumpidamente puede ayudar a resolver nuestros problemas energéticos. Además, la energía solar es limpia: las centrales solares no contaminan.

El inconveniente de la energía solar es la baja eficiencia de las centrales. Aunque la luz del Sol nos aporta una gran cantidad de energía, esta se encuentra dispersa por todo el planeta, por ello es necesario concentrarla para obtener energía eléctrica de una manera rentable.



Yacimiento geotérmico de alta temperatura

La energía geotérmica

El interior de la Tierra constituye otra fuente de energía. Una prueba la tenemos con los volcanes, en los que salen materiales a elevada temperatura hasta la superficie.

Aunque es una fuente no renovable, la energía geotérmica constituye una alternativa interesante en determinadas regiones del planeta, pues puede emplearse para calentar el agua de un sistema de calefacción, por ejemplo.

La energía eólica

La energía del viento también puede ser aprovechada de una manera útil. Las personas la hemos utilizado para impulsar barcos o molinos de viento, pero ahora existe otra aplicación interesante: las centrales eólicas productoras de energía eléctrica.

El problema de las centrales eólicas es el condicionante geográfico: solo son rentables en zonas en las que el viento sopla con fuerza regularmente.

La energía hidráulica

Una corriente de agua transporta energía mecánica que puede aprovecharse de manera útil. La forma más sencilla es transmitir este movimiento a algún mecanismo, como ocurre en una noria.

En otros casos, como en las centrales hidroeléctricas, la energía mecánica puede transformarse en energía eléctrica. Para ello, se construyen embalses. El agua se almacena y desciende por conductos hasta llegar a una turbina acoplada a una máquina generadora de electricidad.

La energía de las mareas

El movimiento del agua del mar ofrece otra posibilidad para obtener energía. Para ello, las mareas deben ser bastante pronunciadas para poder aprovechar esta energía, llamada energía maremotriz.



Esquema de una central de energía maremotriz

La energía de la biomasa

La materia orgánica acumula energía química que también puede aprovecharse. El caso de la madera es el más conocido. Pero ahora también se aprovechan restos orgánicos (excrementos de ganado, basuras, etc.) para producir electricidad al quemarlos.

Aunque este método no está muy extendido, es muy interesante, pues a la vez que se produce energía se eliminan residuos de la naturaleza.



Planta de biomasa



Esquema de una central eólica. La energía eólica es una energía limpia y renovable. No es una fuente de energía alternativa a gran escala, pero puede abastecer de energía a regiones concretas, aunque la inversión inicial en los molinos generadores de la electricidad es importante.



Central eléctrica de San Gabán, Puno. Las centrales de bombeo tienen dos embalses situados a diferente altura: el embalse superior se utiliza cuando la demanda de energía diaria es alta, y el embalse inferior cuando la demanda es baja.



La gestión ambiental para un **desarrollo sostenible**



Las actividades industriales generan residuos que contaminan la atmósfera, el suelo y las aguas.

En la actualidad, el ser humano se preocupa por legar a las futuras generaciones un ambiente de calidad y dotado de recursos suficientes, siguiendo el modelo de desarrollo sostenible.

Nuestro planeta, un sistema en continuo cambio

Desde su formación hace 4 500 millones de años, la Tierra ha experimentado cambios continuos. La atmósfera evolucionó hasta la composición actual, que permite la presencia de vida. A ello han contribuido, sobre todo, los fenómenos naturales: la radiación solar, las erupciones volcánicas, la evolución de las especies, etc.

Pero desde hace algunos siglos, la actividad humana está teniendo una influencia notable en nuestro planeta. La actividad industrial, por ejemplo, genera residuos contaminantes que alteran la composición de la atmósfera, y esto tiene efectos dañinos para los seres vivos que habitamos la Tierra.

Los cambios producidos por las personas alteran el medio natural

La actividad humana altera considerablemente el medio natural. A diferencia de la mayor parte de los seres vivos, que también influyen en el medio, nuestra especie produce efectos a gran escala que alteran el normal desarrollo de la vida de muchas plantas y animales, sobre todo en los últimos siglos, tras la Revolución Industrial.

Nuestro comportamiento afecta a otras especies, por lo que el impacto humano puede causar estragos terribles en la naturaleza.



El impacto sobre los ecosistemas amenaza a muchas especies, algunas de las cuales ya se han extinguido.



La destrucción de la vegetación contribuye a la erosión del suelo y a la desertización.

EN LA WEB

<http://www.bvsde.paho.org/eswww/fulltext/repind68/roj/roj.html>

Desarrollo Sostenible una visión crítica desde el Perú.



La modificación de los hábitos de vida de las personas puede contribuir a conseguir un desarrollo sostenible, en armonía con la Tierra.

LA SUPERVIVENCIA DE LA ESPECIE HUMANA Y LA GESTIÓN AMBIENTAL

La naturaleza está sometida a unos principios de funcionamiento que aseguran su permanencia. A no ser que acaezca una catástrofe natural o que las personas intervengan de alguna manera, los ecosistemas suelen mantenerse en su etapa clímax.

Cuando acontece alguna alteración, los ecosistemas sufren regresiones. Muchos recursos de los ecosistemas son utilizados también por el ser humano; de hecho, casi todas las materias que necesitamos están en ellos. Y las personas las empleamos bien en estado natural o bien transformándolas en nuestras industrias.

Es decir, dependemos completamente de la naturaleza. Y esto es así porque, en realidad, somos parte de ella. Así,

lo que le suceda a los ecosistemas termina afectando a la sociedad humana. Si, por ejemplo, extraemos algunos recursos naturales en exceso, sin darles tiempo a que se regeneren, descomponemos ecosistemas o interrumpimos su funcionamiento, antes o después no existirán dichos recursos en cantidad suficiente. Por lo tanto, el futuro del ser humano está supeditado al futuro de la naturaleza.

Hoy día existen recursos suficientes para mantener, incluso, a una especie tan numerosa como la humana; lo importante es aprender a no derrochar esos recursos y a repartirlos adecuadamente. La producción excesiva de desechos, basura y contaminantes por parte de las personas puede terminar envenenándolo todo: desde los ecosistemas hasta la propia civilización.

Soluciones desde la actuación humana: el desarrollo sostenible

Adoptar los hábitos de la época preindustrial no parece factible en la sociedad occidental actual. Sin embargo, no debemos caer en la desidia y seguir actuando como si la actividad humana no tuviera consecuencias negativas para el suelo que pisamos o el aire que respiramos.

Ahora que muchos de los problemas causados por las personas están comenzando, es cuando se deben poner más medios para solucionarlos e intentar convivir en paz con nuestro planeta.

En 1987, la Comisión Mundial del Ambiente y del Desarrollo definió el desarrollo sostenible como "el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades".



La reutilización de materiales es una alternativa que ya se maneja para evitar la sobreexplotación de los recursos naturales.



La recuperación de especies amenazadas permite rebajar el impacto negativo de la actividad humana en los ecosistemas.



La utilización de energías alternativas es otra vía para reducir las emisiones contaminantes a la atmósfera.

Resumen

Ideas principales

La ecología

Ecosistema

- Hábitat. Lugar donde viven las especies.
- Nicho ecológico. Función que cumple una especie dentro del ecosistema.
- Niveles tróficos. Productores, consumidores y descomponedores.
- Cadenas y redes tróficas. Representan relaciones alimentarias.
- Pirámides ecológicas. Representación gráfica de algunos parámetros tróficos (biomasa, producción o productividad).
- Sucesión ecológica. Primaria (no interviene el ser humano; son naturales) y secundaria (por intervención humana).
- Flujo de energía. Desde los organismos autótrofos hasta los descomponedores. La energía disponible en cada nivel corresponde al 10% de la energía del nivel anterior.



Ambiente y ser humano

- Ambiente. Conjunto de componentes físicos, químicos, biológicos y sociales capaces de causar efectos directos e indirectos, en un plazo corto o largo, sobre los seres vivos y las actividades humanas.
- Recursos. Renovables (se regeneran) y no renovables (no se regeneran o lo hacen muy lentamente).
- Reserva. Cantidad de recurso no renovable almacenada en la naturaleza.
- Impactos. Positivos (recuperación, mejora) y negativos (daños, deforestación, erosión, pérdida de biodiversidad, cambio climático y otros). Locales, regionales y globales.



Contaminación atmosférica

- Calentamiento global. Provocado por el aumento en la emisión de gases del efecto invernadero debido a la quema de combustibles fósiles, deforestación, incendios forestales y ganadería.
- Lluvia ácida. Precipitación de un pH menor a 5,65, debido al incremento de óxidos de azufre y nitrógeno en la atmósfera que se convierten en ácidos sulfúrico y nítrico al mezclarse con las moléculas de agua de las nubes.
- Deterioro de la capa de ozono. Provocado por la emisión de clorofluorocarbonos (CFC) y otros gases en el siglo pasado.
- Cambio climático. Como consecuencia del calentamiento global. El aumento de la temperatura media podría causar sequías, inundaciones, pérdida de biodiversidad, derretimiento de los cascos polares, entre otros.

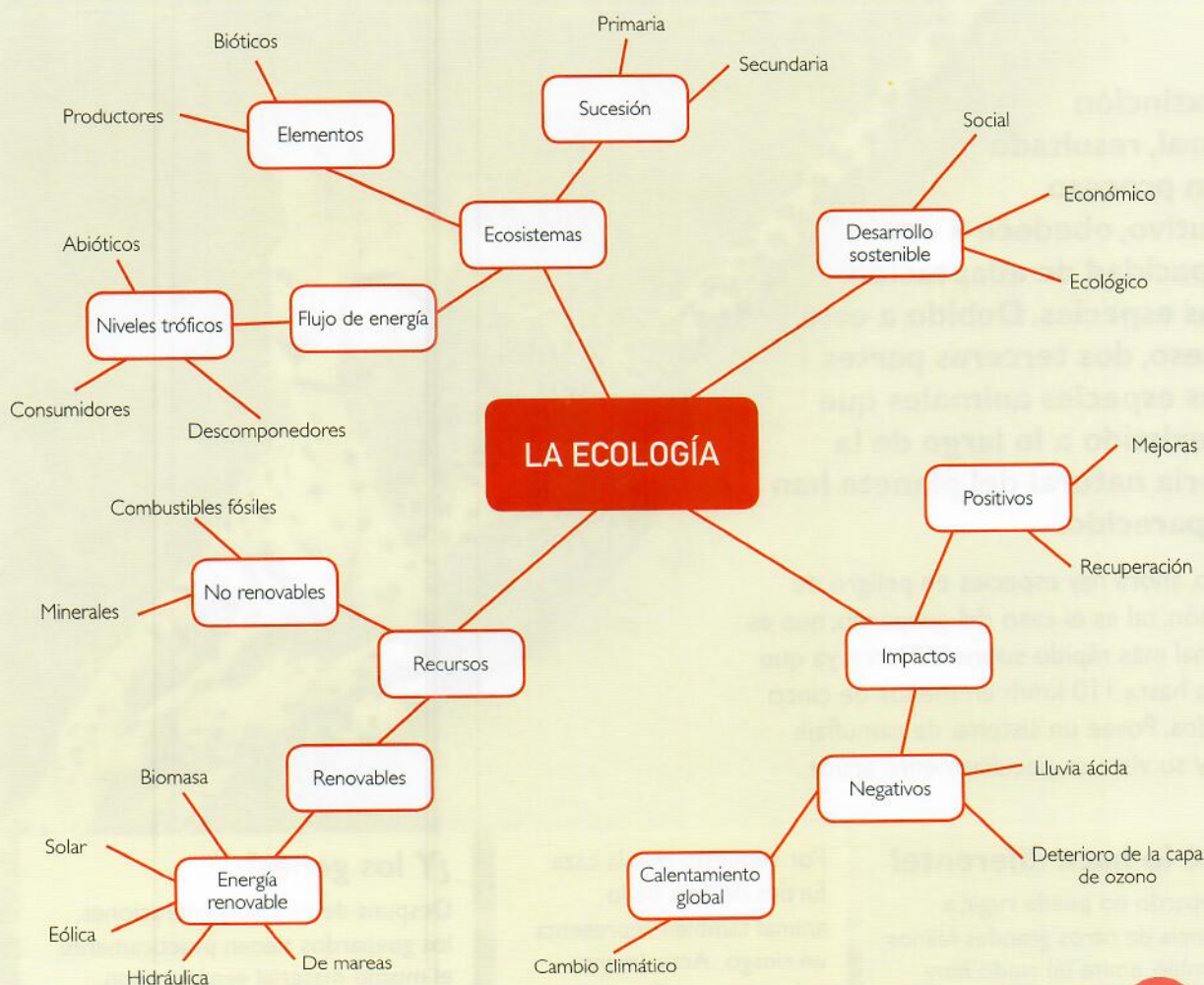


Desarrollo sostenible

- Comisión Mundial del Ambiente y del Desarrollo (1987). El desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades.
- Involucra cambio de hábitos para garantizar la sobrevivencia de generaciones futuras.



Organizador visual: mapa de ideas



Opciones de consulta

Para reforzar

En los siguientes sitios web encontrarás información acerca de los ecosistemas, el cambio climático y el desarrollo sostenible que reforzarán lo aprendido.

- <http://www.bbc.co.uk/spanish/especiales/clima/ghousedefault.shtml>
- <http://www.un.org/es/climatechange/changes.shtml>

Con este libro de la biblioteca del Ministerio de Educación, podrás complementar tus conocimientos sobre el tema desarrollado en esta unidad.

- Gispert, C., Miller, G., Gay, J., Vidal, J. (Eds.). (2003). *Enciclopedia didáctica de las Ciencias Naturales*. Barcelona, España: Océano.

Para ampliar

Davis Guggenheim (Dir., 2006), *Una verdad incómoda*, Estados Unidos.

- http://www.documaniatv.com/naturaleza/al-gore-una-verdad-incomoda-video_417669111.html

Al Gore, exvicepresidente de los Estados Unidos presenta de manera clara y directa los efectos del calentamiento global sobre la Tierra.

Expone información sobre el retroceso de los glaciares, el incremento de las concentraciones de los gases de efecto invernadero en la atmósfera y las consecuencias para la supervivencia de las especies en el planeta.

Gracias a este documental, Al Gore recibió el Premio Nobel de la Paz en el 2007.

Anexo: Extinción natural

La extinción natural, resultado de un proceso evolutivo, obedece a una incapacidad de adaptación de las especies. Debido a este proceso, dos terceras partes de las especies animales que han existido a lo largo de la historia natural del planeta han desaparecido.

Incluso, ahora hay especies en peligro de extinción, tal es el caso del guepardo, que es el animal más rápido sobre la Tierra, ya que alcanza hasta 110 km/h en menos de cinco segundos. Posee un sistema de camuflaje único y su vista es peculiarmente aguda.



¿Qué lo hace diferente?

El guepardo no puede rugir, a diferencia de otros grandes felinos; en cambio, emite un ruido muy parecido al de las aves. Posee la desgracia de padecer estrés, así que en los zoológicos se aleja a las madres con crías y se separan los machos y las hembras hasta el tiempo del celo.

Por supuesto que la caza furtiva de este bello animal también representa un riesgo. Actualmente, existen zonas de reserva en diversos países con medidas de conservación para que esta especie perdure el mayor tiempo posible.

¿Y los genes?

Después de muchas generaciones, los guepardos tienen prácticamente el mismo material genético: son como clones. Esta poca variabilidad genética provoca que sea vulnerable a infecciones, virus y bacterias. Si una enfermedad atacara a los guepardos, existen pocas posibilidades de que la especie sobreviviera.

En los mismos zapatos

La **pava aliblanca** es un ave que habita los bosques secos de la costa norte del Perú. Se le creía extinta hasta 1977.

No solo se encuentra amenazada por la destrucción de los bosques que constituyen su hábitat, sino por su inusual baja tasa de reproducción y lento proceso de madurez.



Alejandro Tabini

Bibliografía y sitios web

- Audesirk, T. (2008). *Biología. La vida en la Tierra*. México D. F.: Pearson.
- Begon, M., Colin, R., Harper, J. (2006). *Ecology* (4.^a ed.). United Kingdom: Blackwell Publishing.
- Burns, R. (2003). *Fundamentos de la química*. México D. F.: Pearson Educación.
- Chang, R. (2010). *Química*. México D. F.: McGraw-Hill.
- Campbell N., y Reece J. (2007). *Biología*. Madrid, España: Editorial Médica Panamericana.
- Evers, C., Starr, L., Betancourt, G., y Contreras. (2008). *Biología. La unidad y la diversidad de la vida*. México D. F.: Editorial Cengage Learning.
- Geoffrey, M., y Cooper, E. (2006). *La célula* (2.^a ed.). Madrid, España. Editorial Marbán.
- Guyton, A., y Hall, J. (2012). *Compendio de fisiología médica*. Barcelona, España: Elsevier.
- Nabors, M. (2011). *Introducción a la botánica*. Madrid, España: Pearson.
- Purves, W., Sadava, D., Heller, G., Orians, G., y Hillis, D. (2009). *Vida: la ciencia de la biología*. Madrid, España: Editorial Médica Panamericana.
- Pulido, V. (2013). *Ecología general y del Perú*. Lima: Editorial Universidad Inca Garcilaso de la Vega.
- Campbell, N., Reece, J., Urry, L., Cain, M., Steven A., Wasserman, S., Minorsky, P., y Jackson, R. (2011). *Biology*. Estados Unidos: Pearson.
- Ruppert, E., y Barnes, R. (1996). *Zoología de los invertebrados*. México D. F.: Editorial McGraw-Hill Interamericana.
- Storer, T. (2003). *Zoología general*. Barcelona, España: Omega.
- Tamariz, C., y Olivera, P. (2011). *Diccionario ilustrado de botánica*. Lima: Editorial Asamblea Nacional de Rectores.
- Tortora, G., Reynolds, S. (2003). *Principios de anatomía y fisiología*. México D. F.: Oxford. University Press.
- Falcón, N. (2007). *Compendio de Anatomía*. Lima: Editorial San Marcos.
- Biblioteca Virtual Educared. (2011). *Educared*. Fundación Telefónica. Recuperado de <http://bibliotecavirtual.educared.org/>
- Biología y Geología – 3.º ESO. (2012). *Proyecto Biósfera*. Recuperado de <http://recursostic.educacion.es/ciencias/biosfera/web/alumno/3ESO/apararep/aparep.htm>
- Centros y docentes. Espacios para docentes TIC activos del programa escuela 2.0. (2012). *Escuela 20.com*. Recuperado de http://www.escuela20.com/recursos-educativos-aplicaciones-web/recursos-tic/material-didactico_71_1_ap.html
- Enciclopedia de las plantas: Estudios, lecciones, partes y actividades. (2012). *Botanical-online*. Recuperado de <http://www.botanical-online.com/lasplantas.htm>
- Fauna peruana. (2012). *Perú Ecológico*. Recuperado de <http://www.peruecologico.com.pe/opciones.html>
- Flora peruana. (2012). *Perú Ecológico*. Recuperado de <http://www.peruecologico.com.pe/opciones.html>
- La taxonomía de Bloom y sus dos actualizaciones. (2011). *Eduteka*. Recuperado de <http://www.eduteka.org/TaxonomiaBloomCuadro.php3>
- Instituto del Mar del Perú. (2008). *Biodiversidad marina*. Recuperado de <http://www.imarpe.pe/imarpe/>
- Ministerio del Ambiente del Perú y Ministerio de Educación del Perú. (2012). *Ciudadanía Ambiental, Guía de Educación en Ecoeficiencia*. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/educacion/wp-content/uploads/sites/20/2013/10/Gu%C3%ADa-Educ-en-Ecoef-en-Word-18-Jul.pdf>
- Ministerio de Salud del Perú. (2009). *Tablas peruanas de composición de alimentos*. Recuperado de <http://www.ins.gob.pe/insvirtual/images/otrpubs/pdf/Tabla%20de%20Alimentos.pdf>
- Ministerio del Ambiente del Perú. (2000). *Perú: Economía y diversidad biológica*. Recuperado de http://redpeia.minam.gob.pe/admin/files/item/4d7a8ad85949a_Peru_-_economia_y_diversidad_biologica.pdf

EL ACUERDO NACIONAL

El 22 de julio de 2002, los representantes de las organizaciones políticas, religiosas, del Gobierno y de la sociedad civil firmaron el compromiso de trabajar, todos, para conseguir el bienestar y desarrollo del país. Este compromiso es el Acuerdo Nacional.

El acuerdo persigue cuatro objetivos fundamentales. Para alcanzarlos, todos los peruanos de buena voluntad tenemos, desde el lugar que ocupemos o el rol que desempeñemos, el deber y la responsabilidad de decidir, ejecutar, vigilar o defender los compromisos asumidos. Estos son tan importantes que serán respetados como políticas permanentes para el futuro.

Por esta razón, como niños, niñas, adolescentes o adultos, ya sea como estudiantes o trabajadores, debemos promover y fortalecer acciones que garanticen el cumplimiento de esos cuatro objetivos que son los siguientes:

1. Democracia y Estado de Derecho

La justicia, la paz y el desarrollo que necesitamos los peruanos sólo se pueden dar si conseguimos una verdadera democracia. El compromiso del Acuerdo Nacional es garantizar una sociedad en la que los derechos son respetados y los ciudadanos viven seguros y expresan con libertad sus opiniones a partir del diálogo abierto y enriquecedor; decidiendo lo mejor para el país.

2. Equidad y Justicia Social

Para poder construir nuestra democracia, es necesario que cada una de las personas que conformamos esta socie-

dad, nos sintamos parte de ella. Con este fin, el Acuerdo promoverá el acceso a las oportunidades económicas, sociales, culturales y políticas. Todos los peruanos tenemos derecho a un empleo digno, a una educación de calidad, a una salud integral, a un lugar para vivir. Así, alcanzaremos el desarrollo pleno.

3. Competitividad del País

Para afianzar la economía, el Acuerdo se compromete a fomentar el espíritu de competitividad en las empresas, es decir, mejorar la calidad de los productos y servicios, asegurar el acceso a la formalización de las pequeñas empresas y sumar esfuerzos para fomentar la colocación de nuestros productos en los mercados internacionales.

4. Estado Eficiente, Transparente y Descentralizado

Es de vital importancia que el Estado cumpla con sus obligaciones de manera eficiente y transparente para ponerse al servicio de todos los peruanos. El Acuerdo se compromete a modernizar la administración pública, desarrollar instrumentos que eliminen la corrupción o el uso indebido del poder. Asimismo, descentralizar el poder y la economía para asegurar que el Estado sirva a todos los peruanos sin excepción.

Mediante el Acuerdo Nacional nos comprometemos a desarrollar maneras de controlar el cumplimiento de estas políticas de Estado, a brindar apoyo y difundir constantemente sus acciones a la sociedad en general.