



Universidad Autónoma
del Estado de México



Morfofisiología

Libro de texto basado en competencias

Cindy Ursula Rivas Arzaluz · Julieta Jiménez Rodríguez
Gabriela Morales Pacheco · Sandra Beltrán Durán
Orestes Pérez Villalva · Hugo Heriberto Rodríguez Mejorada

6°
Semestre

Morfofisiología

Libro de texto basado en competencias

DIRECCIÓN DE PUBLICACIONES UNIVERSITARIAS
Editorial de la Universidad Autónoma del Estado de México

Doctor en Ciencias e Ingeniería Ambientales
Carlos Eduardo Barrera Díaz
Rector

Doctora en Humanidades
María de las Mercedes Portilla Luja
Secretaria de Difusión Cultural

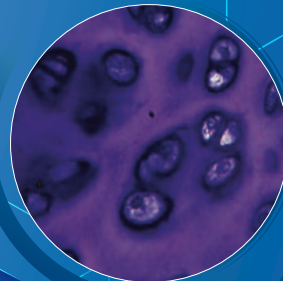
Doctor en Administración
Jorge Eduardo Robles Alvarez
Director de Publicaciones Universitarias

Doctora en Investigación Educativa
Eva Lilia García Escobar
Directora de Estudios de Nivel Medio Superior

Morfofisiología

Libro de texto

basado en competencias



Cindy Ursula Rivas Arzaluz
Julieta Jiménez Rodríguez
Gabriela Morales Pacheco
Sandra Beltrán Durán
Orestes Pérez Villalva
Hugo Heriberto Rodríguez Mejorada

Primera edición, febrero 2022

MORFOFISIOLOGÍA

Libro de texto basado en competencias

Autores

Cindy Ursula Rivas Arzaluz

Plantel Dr. Ángel Ma. Garibay Kintana de la Escuela Preparatoria de la UAEM

Julieta Jiménez Rodríguez

Plantel Dr. Ángel Ma. Garibay Kintana de la Escuela Preparatoria de la UAEM

Gabriela Morales Pacheco

Plantel Dr. Ángel Ma. Garibay Kintana de la Escuela Preparatoria de la UAEM

Sandra Beltrán Durán

Plantel Lic. Adolfo López Mateos de la Escuela Preparatoria de la UAEM

Orestes Pérez Villalva

Plantel Lic. Adolfo López Mateos de la Escuela Preparatoria de la UAEM

Hugo Heriberto Rodríguez Mejorada

Plantel Isidro Fabela Alfaro de la Escuela Preparatoria de la UAEM

Universidad Autónoma del Estado de México

Av. Instituto Literario 100 Ote.

Toluca, Estado de México

C. P. 50000

Tel: (52) 722 277 38 35 y 36

<http://www.uaemex.mx>

El contenido de este material es responsabilidad de los autores, así como el tratamiento basado en competencias realizado a los libros de texto. Queda prohibida la reproducción o transmisión total o parcial del contenido de la presente obra, sin el consentimiento previo y por escrito del editor. La Universidad Autónoma del Estado de México se deslinda de cualquier acción legal derivada de este material.

® Derechos reservados, 2018

ISBN: 978-607-633-420-1

Hecho en México

Responsable del Programa de Diseño y Producción Editorial: L. D. G. Miguel Angel Conzuelo Endeje

Corrección de estilo: L. L. L. Daniela Arellano Bautista

Portada e interiores: L. D. G. Atziri Camacho Gutiérrez



MENSAJE

A través de su historia, la Universidad Autónoma del Estado de México ha tenido como uno de sus objetivos fundamentales lograr que el estudiantado reciba una educación basada en el libre pensamiento, apelando a un sentido científico. La Escuela Preparatoria de la UAEM continuará mostrándose como un punto de inflexión para la comunidad estudiantil por la calidad de la educación que se ofrece al tiempo que se enseña a adquirir conocimientos, valores, habilidades y destrezas que favorezcan el entendimiento de nuestro entorno social y ambiental.

La responsabilidad de la Universidad Autónoma del Estado de México es asegurar que la educación que se imparte en la Escuela Preparatoria contribuya a ampliar el horizonte personal y profesional de los estudiantes. El enfoque para la apropiación del conocimiento parte de aprovechar la experiencia de vida y desde la autonomía de pensamiento y la reflexión lograr una comprensión más amplia de la realidad.

El material educativo que tienes en tus manos ha sido elaborado colegiadamente entre especialistas de cada una de las áreas del conocimiento. La creatividad, el pensamiento crítico y reflexivo, así como el espíritu científico del claustro de docencia e investigación se reúne en esta antología con el fin de que te acerques al conocimiento con una mirada crítica. Este ejemplar ha sido elaborado con el fin de establecer un aprendizaje dialógico que estimule tu curiosidad, que te sirva como guía, y que invariablemente te provoque pasión por el conocimiento.

El objetivo es lograr que recibas una educación integral e incluyente que incida de manera positiva en tu trayectoria escolar. Por ello es importante que asumas un compromiso personal, empeño y dedicación que te permita apropiarte del conocimiento.

Patria, Ciencia y Trabajo

Doctor en Ciencias e Ingeniería Ambientales
Carlos Eduardo Barrera Díaz
Rector

MÓDULO 1. Morfofisiología de los procesos vitales en vertebrados

1.1 Procesos de diferenciación celular

1.1.1 Capas germinales

1.1.2 Tejidos básicos animales (características y funciones)

1.1.2.1 Epitelial

1.1.2.2 Muscular

1.1.2.3 Conectivo

1.1.2.4 Nervioso

1.1.3 Morfofisiología comparada de vertebrados. Generalidades

1.1.3.1 Digestión

1.1.3.2 Respiración

1.1.3.3 Circulación

1.1.3.4 Excreción

1.1.3.5 Locomoción

1.1.3.6 Protección y soporte

MÓDULO 2. Morfofisiología de los procesos de relación en vertebrados

2.1 Características generales del sistema nervioso en vertebrados

2.1.1 Sentidos de relación. Diferencias en vertebrados

2.1.1.1 Tacto

2.1.1.2 Gusto

2.1.1.3 Olfato

2.1.1.4 Oído

2.1.1.5 Vista

2.1.2 Tipos de reproducción según el desarrollo embrionario en vertebrados

2.1.2.1 Ovíparos

2.1.2.2 Ovovivíparos

2.1.2.3 Vivíparos

2.1.2.4 Marsupiales

MÓDULO 3. Morfofisiología de los procesos de nutrición en angiospermas y gimnospermas

3.1 Tejidos básicos vegetales (características y funciones)

3.1.1 Tejido meristemático

3.1.2 Tejido fundamental

3.1.3 Tejido vascular

3.1.4 Tejido dérmico

3.2 Morfofisiología de órganos

3.2.1 Raíz

3.2.2 Tallo

3.2.3 Hoja

MÓDULO 4. Morfofisiología de la reproducción en plantas con semilla

4.1 Estructura de la flor

4.1.1 Polinización

4.2 Estructura de fruto

4.3 Estructura de semilla

4.3.1 Dispersión y germinación

Presentación

Debido a las últimas reformas y adecuaciones curriculares en el Nivel Medio Superior de la Universidad Autónoma del Estado de México, en el área de Biología han surgido asignaturas optativas como Morfofisiología que se imparte en el sexto semestre y que representa el tema central del presente texto.

En esta ocasión se planteó abordar esta materia con un enfoque 100% biológico. Por ende, nos centramos en tópicos cuyo rango va desde los animales vertebrados hasta las plantas gimnospermas y angiospermas. Asimismo, se abordan las bases anatomofisiológicas de algunos órganos que presentan estos grandes grupos de seres vivos que, con toda seguridad, son de los que más conocemos.

El enfoque de la presente antología está basado en competencias, con la intención de propiciar en los jóvenes estudiantes el ser autodidactas para tener la oportunidad de adentrarse con mayor profundidad. Así, el contenido de este libro está acorde con el nivel superior, tanto en complejidad como en cantidad, así como en el uso de un lenguaje más técnico.

Está organizado de la siguiente manera:

- Morfofisiología de los procesos vitales en vertebrados (módulo 1).
- Morfofisiología de los procesos de relación en vertebrados (módulo 2).
- Morfofisiología de los procesos de nutrición en angiospermas y gimnospermas (módulo 3).
- Morfofisiología de la reproducción en plantas con semilla (módulo 4).

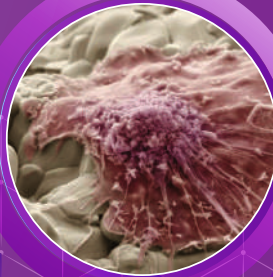
El presente libro está diseñado con base en el rescate de conocimientos previos, actividades, glosarios y evaluaciones para que tú, estudiante, desarrolles competencias genéricas y disciplinares como lo marca la Reforma Integral de la Educación Media Superior (RIEMS).

Con este libro de texto profundizarás en temas como:

- Capas germinales en vertebrados
- Tejido muscular.
- Circulación.
- Características generales del sistema nervioso en vertebrados.
- Los órganos de los sentidos de diferentes seres vivos.
- La reproducción de los marsupiales.
- Morfofisiología de la raíz de los vegetales.
- Polinización.
- Dispersión de semillas y germinación en angiospermas.

¡Desarrolla tus competencias genéricas y disciplinares!

Módulo 1



Morfofisiología de los procesos vitales en vertebrados



MÓDULO 1. Morfofisiología de los procesos vitales en vertebrados

1.1 Procesos de diferenciación celular



Objetivo

Objetivo

Enuncia los conceptos de protección, soporte y locomoción en vertebrados.



Conocimientos previos

Rescate de conocimientos previos (5 minutos)

Un organismo completo se origina a partir de una única célula, la célula huevo o cigoto. Investiga y trata de dar respuesta estas preguntas:

- 1) ¿Cómo es posible que a partir de esa primera célula se originen los más de doscientos tipos celulares diferentes que conforman un organismo?
- 2) ¿Las células intestinales tienen la misma información genética que las células del músculo o las neuronas?
- 3) ¿La información genética se fragmenta y pierde en las células "especializadas"?
- 4) ¿Qué promueve la diferenciación celular?
- 5) ¿Pueden "desespecializarse" las células que se han especializado en cumplir una función?



Contenido temático

Desarrollo del contenido (30 minutos)

El proceso de **diferenciación celular** es muy importante para el desarrollo de un individuo. Es considerado un **proceso estable**, dado que ha experimentado pocos cambios en su plan principal. Tiene un gran valor científico, debido a que nos conduce a tópicos como la regeneración de órganos o la clonación.

La transformación morfológica y fisiológica de las células meristemáticas en tejidos adultos o diferenciados constituyen el proceso de **diferenciación celular**, las cuales, junto con la consecuente especialización de la célula, traen consigo la división de trabajo, a partir de lo cual se forman células con funciones específicas. La diferenciación se produce por la activación de algunos genes y la represión de otros.

Tanto plantas como animales presentan este tipo celular, las células germinales. El **cigoto**, la primera célula del individuo, es **totipotente**, lo cual implica que es capaz de dar lugar a todos los tipos celulares de un individuo.

En el desarrollo embrionario, el óvulo fecundado (el cigoto) da origen a un organismo completo, es decir, a un organismo que se encuentra formado por órganos y tejidos especializados que permiten la vida.

Las células que forman los tejidos poseen una forma y una función específica que alcanzan por medio de la diferenciación celular. Esta ocurre en los reinos

pluricelulares (fungi, plantas y animales), donde diferentes células expresan diferentes genes en diferentes momentos, por lo que todos los organismos pluricelulares experimentan el desarrollo embrionario.

Se deben considerar dos ideas sobre el desarrollo embrionario:

- 1) En la mayoría de los casos, las células somáticas contienen todos los genes presentes en el cigoto; en otras palabras, la diferenciación celular no es el resultado de la pérdida de ADN.
- 2) Los cambios celulares durante el desarrollo y la diferenciación celular son el resultado de la expresión diferencial de genes.

Se debe recordar que el desarrollo es el proceso en el cual un organismo experimenta una serie de cambios progresivos, tomando las sucesivas formas que caracterizan su ciclo de vida. Consta de tres procesos: crecimiento, diferenciación y morfogénesis.

- **Crecimiento:** implica aumento en el tamaño; ocurre a través de la división y la expansión celular en todos los organismos pluricelulares, causado por las repetidas divisiones mitóticas del cigoto. En algunas especies el crecimiento continúa a través del ciclo de vida del individuo, pero tiende a ser más o menos estable desde un punto determinado.
- **Diferenciación:** es la generación de células especializadas. Este proceso define las estructuras específicas y la función de una célula. La mitosis produce células hijas genética y cromosomalmente idénticas a la que las produjo al dividirse. Sin embargo, las células de un organismo pluricelular son obviamente distintas en estructura y función en relación con el cigoto. La solución a esta aparente contradicción se explica por la regulación de la expresión diferencial de varias partes del genoma. Cuando el embrión consta de unas pocas células, cada una de ellas tiene la potencialidad de desarrollarse de muchas diferentes formas. A medida que el desarrollo avanza, las posibilidades disponibles de las células se reducen gradualmente, o sea, el destino de la célula está determinado y la célula comienza a diferenciarse.
- **Morfogénesis:** (literalmente "creación de la forma") es la formación del cuerpo pluricelular y de sus órganos. Es el resultado de patrones de formación y la organización de los diferentes tejidos en estructuras específicas.

En la diferenciación celular, todos los organismos pluricelulares emplean los mismos mecanismos básicos en el desarrollo embrionario; de hecho, los mecanismos moleculares son muy similares. Esto sugiere que estos mecanismos evolucionaron muy temprano en la historia de vida de los pluricelulares; **los mecanismos son: migración celular, inducción celular, determinación, patrones de formación, la muerte celular programada y la expresión de los genes homeóticos.**

Los genes homeóticos permiten activar un grupo particular del genoma, con lo que inicia la producción de partes específicas del cuerpo. Estos genes funcionan en todas las células del cuerpo, regulando la expresión de una batería completa de genes. Además, determinan el orden de las partes del cuerpo, pues se encuentran alineados en el cromosoma en el mismo orden que éstas.

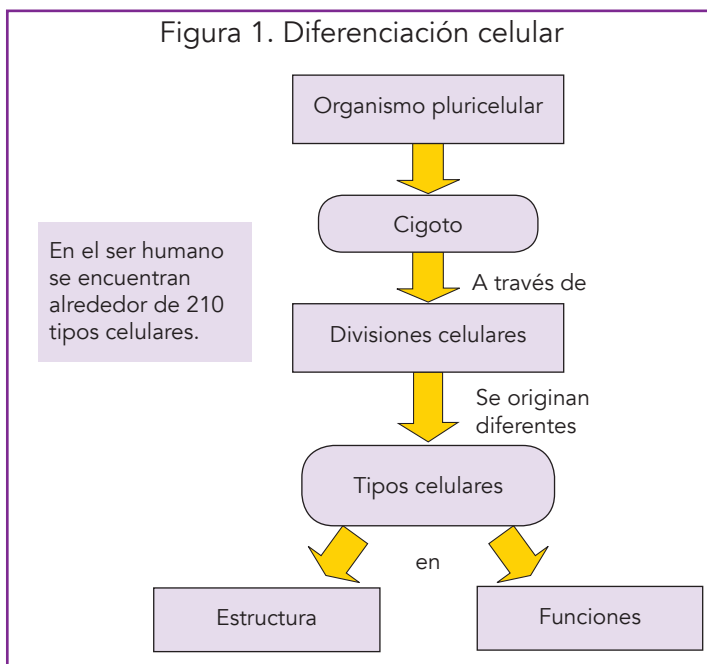


Los genes homeóticos están en todos los organismos pluricelulares (en plantas reciben el nombre de genes MADSbox y en animales, genes HOX) y poseen estructuras similares, por lo tanto, cumplen la misma función en el organismo. Así, si intercambiamos un gen homeótico, que determina la posición de la cabeza en un humano, por el gen homeótico de una mosca (*Drosophila melanogaster*), ambos permitirán que se forme una cabeza a pesar de que provengan de especies distintas. Como dato importante, la cabeza que se forma corresponde a la de un humano, aunque se le haya puesto un gen homeótico de una mosca, y viceversa. **Los genes homeóticos no forman estructuras**, sólo indican cuál es la que se debe formar.

Los genes homeóticos codifican polipéptidos, llamados factores de transcripción, que activan o desactivan (a modo de un interruptor) un bloque de genes que especifica estructuras particulares del cuerpo.

Los individuos adultos tienen células madre, que son las encargadas del crecimiento y de la reparación de daños, como heridas o muerte celular por envejecimiento. En animales, las células madre se encuentran diseminadas por todos los tejidos y no presentan una forma especial que las diferencie del resto de células.

Un conjunto de señales hormonales son las encargadas de marcar el inicio de la diferenciación. Las células madre se mantienen en un estado indiferenciado hasta que reciben señales externas que les llevan a alterar su patrón de expresión genética para dar lugar a células con funciones concretas. Sin embargo, el proceso molecular que lleva a la célula madre a iniciar la reprogramación de su expresión génica está poco caracterizado, pues no se sabe cuáles son los encargados de señalar, dentro de ésta, el cambio de estado de la célula madre.



La asociación de células que realizan funciones específicas da origen a los tejidos; esta especialización en las funciones trae como consecuencia la diferenciación celular. Las células tienden a adoptar características estructurales, que las capacitan al desempeñar su función específica.

Un vegetal o un animal tienen órganos diferentes por su forma y funciones, pero dispuestos y coordinados de tal manera que constituyen un individuo capaz de realizar las funciones propias de cada ser vivo. Cada órgano, a su vez, está formado por tejidos diferentes que desempeñan determinadas funciones.

Actividad (10 minutos)

Actividad

Observa el siguiente video y escribe cuál es la importancia de la diferenciación celular.

<https://www.youtube.com/watch?v=Q-2mFnp6m0M>

Evaluación (5 minutos)

Evalúa

Elige la palabra que complete los siguientes enunciados.

nacimiento	órganos	función
especializadas	divisiones	formas
embrión	proceso	diferenciando
función	cualquier	nerviosas
millones	musculares	no

El cuerpo humano contiene _____ de células, casi todas son células diferenciadas o _____. La diferenciación celular es el _____ mediante el cual las células adquieren _____ y estructuras adecuadas para realizar una _____ determinada.

En las primeras etapas de formación de un _____, las células se pueden diferenciar en _____ tipo celular, pero según se van produciendo más _____ celulares y el embrión va creciendo, las células se van _____ y especializando más. En el momento del _____ casi todas las células ya se han diferenciado, y sólo pueden realizar una _____, como, por ejemplo, las células musculares, sanguíneas, _____ epiteliales, etc.

Cuando las células diferenciadas de una persona adulta se dividen, sólo pueden dar lugar al _____ tipo celular; las células musculares únicamente generan células _____, pero _____ pueden producir otro tipo de células, como ocurre en el embrión. Por eso no es posible regenerar _____ dañados.

Glosario básico

Glosario

Cigoto: célula que resulta de la unión de las células sexuales masculina y femenina, a partir de la cual se desarrolla el embrión de un ser vivo.

Células madre: células que conservan la capacidad de diferenciarse en cualquier tipo celular. Ejemplo claro de ellas es el cigoto, el óvulo fecundado que tiene la capacidad de dar un organismo completo.



Endosomas: tipo de orgánulo que se encontró en un principio en las células animales y en las células de hongos.

Diferenciación celular: proceso mediante el cual una célula se convierte en otro tipo celular más especializado.

Genes homeóticos: genes que participan en el desarrollo de los organismos y que determinan la identidad de los segmentos o partes individuales del embrión en sus etapas iniciales.

Genes MADSbox: familia de factores de transcripción basada en la similitud de las secuencias de sus genes. El nombre "MADS-box" es un acrónimo formado a partir de los nombres de los genes en cuya secuencia fue identificada por la caja MADS por primera vez: MCM1 (procedente de *Saccharomyces cerevisiae*), AGAMOUS (de *Arabidopsis thaliana* e implicado en su desarrollo floral), DEFICIENS (de *Antirrhinum majus*, donde interviene también en el desarrollo floral) y SRF (de *Homo sapiens*).

Genes HOX: grupo de genes selectores homeóticos, que a su vez conforman un subconjunto de la familia de genes homeobox y son uno de los conjuntos de genes más implicados en el desarrollo embrionario.

Totipotente: célula que tiene la capacidad de crecer, dividirse y dar lugar a un organismo completo, como las células de la placenta, que forman las tres capas embrionarias o el cigoto.



Saber más

Para saber más del tema

<http://www.revistaciencias.unam.mx/pt/151-revistas/revista-ciencias-8/1282-diferenciaci%C3%B3n-celular.html>



Bibliografía

Bibliografía

- Pierce, B.A. (2010). *Genética. Un enfoque conceptual*. Editorial Médica Panamericana, 3ª edición.
- Suzane M, Steller H. (2013). "Shaping organisms with apoptosis. Cell death and differentiation". 20: 669-675.

1.1.1 Capas germinales



Objetivo

Objetivo

Identifica qué son las capas germinales y su derivados.

Rescate de conocimientos previos (5 minutos)

Investiga y realiza un esquema de los siguientes términos y comenta en clase:

- Gastrulación
- Blástula
- Segmentación o clivaje



Desarrollo del contenido (30 minutos)

Una **capa germinal**, también llamada **capa germinativa**, **capa embrional**, **hoja embrionaria** u **hoja blastodérmica**, es un conjunto de células formadas durante el desarrollo embrionario animal a partir de las cuales se originarán los tejidos y órganos del adulto.



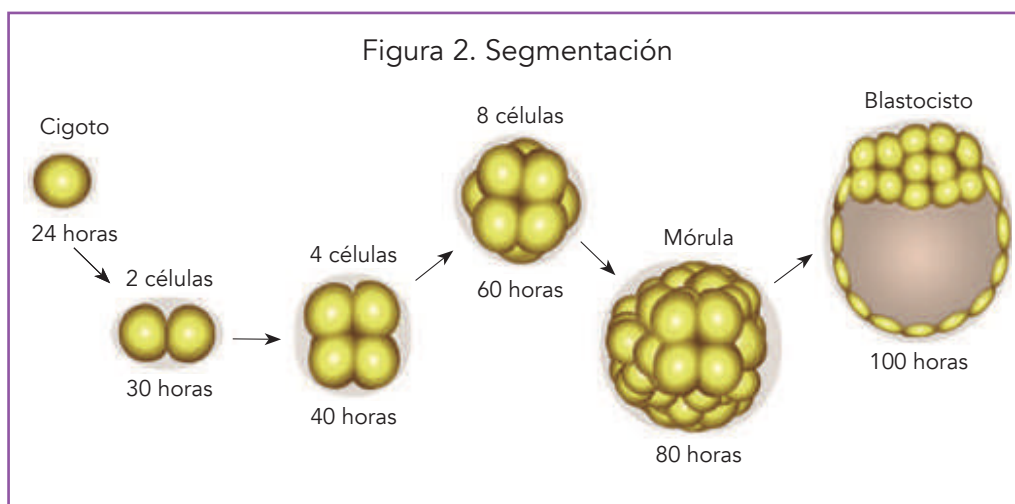
Historia del estudio de las capas germinales

La aceptación de la generalidad e importancia de las capas germinales data del siglo XIX. Christian Pander (1817) fue el primero en reconocerlas en un estudio que realizó en embriones de pollo. En 1825, Martin Heinrich Rathke identificó hojas embrionarias equivalentes en crustáceos. En 1828, Karl Ernst von Baer las descubrió en los embriones de otros vertebrados. En 1849, Julian Huxley mostró que las hojas externas e internas de los vertebrados eran homólogas a las dos capas de los celenterados. En 1877, Ray Lankester, inspirado en la teoría de Ernst Haeckel sobre la Gastraea (un hipotético ancestro común a todos los metazoos), dividió el reino animal en tres grandes grupos en función del número de capas germinales: homoblásticos (protozoos), diploblásticos (celentéreos) y triploblásticos (el resto de animales).

Embriogénesis o desarrollo embrionario

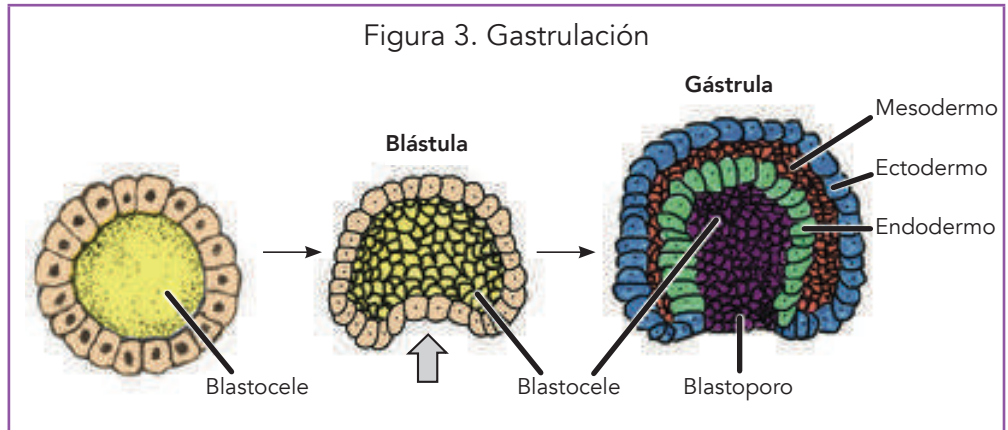
Hay cuatro grandes fases secuenciales:

1. **Segmentación:** el cigoto se divide por mitosis sucesivas hasta alcanzar el estado de blastocisto.

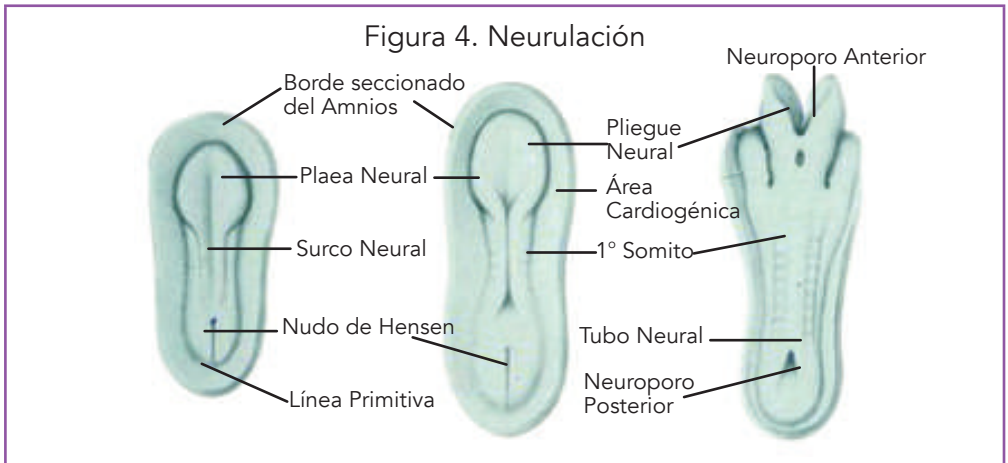




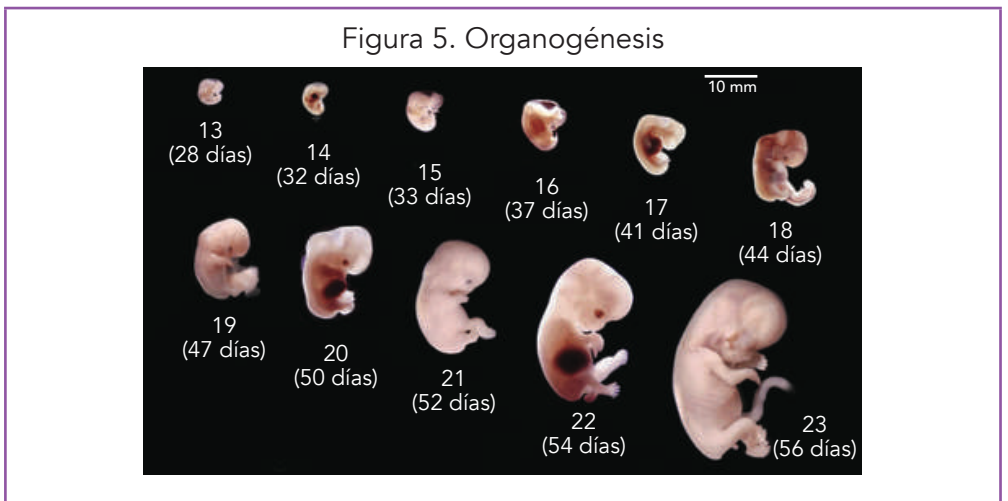
2. **Gastrulación:** creación de una invaginación en el blastocelo que más tarde dará lugar al ano. Forma tres capas germinales.



3. **Neurulación:** aparición de una línea en el eje rostro-caudal constituida por las crestas neurales que forma el tubo neural, el esbozo de la médula espinal y el encéfalo.



4. **Organogénesis:** proceso que comprende la formación de los diferentes órganos.



Capas germinales y sus derivados

- **Ectodermo:** capa germinal más externa. Es el origen del sistema nervioso, las vías respiratorias altas, el tubo digestivo superior (estomodeo), la epidermis y sus anexos (pelo y uñas), y las glándulas mamarias. El ectodermo surge durante la blastulación por epibolia (invaginación), seguidamente del desarrollo embrionario, y se completa durante la gastrulación.
- **Mesodermo:** capa germinal media. Se origina a partir de la masa celular interna y se sitúa entre el endodermo y el ectodermo. Constituye el origen del sistema esquelético, los músculos y de los aparatos circulatorio y reproductor. Se forma a través del proceso de mitosis del ectodermo.
- **Endodermo:** capa germinal más interna. Aparece cuando una capa de células se proyecta hacia afuera a partir de la masa celular interna que crece alrededor del blastocoele. Es el origen del intestino, el hígado, el páncreas, los pulmones y la mayor parte de los órganos internos.

Figura 6. Capas germinales.

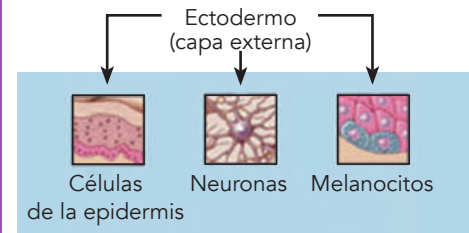


Figura 7. Mesodermo

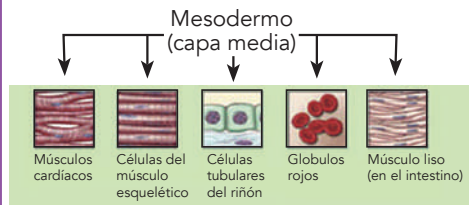
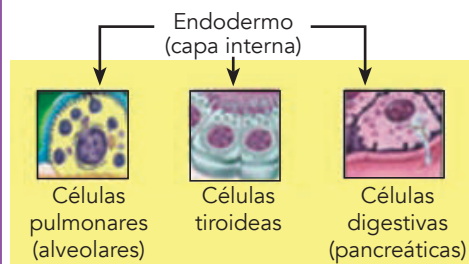


Figura 8. Endodermo



Actividad (10 minutos)

Realiza un cuadro comparativo de las capas germinales, en donde incluyas las estructuras anatómicas que derivan de cada una de ellas.

A

Actividad

Evaluación (5 minutos)

Investiga y completa el siguiente cuadro de las capas germinativas o embrionarias.

Evalúa

HOJA GERMINATIVA	TEJIDO BÁSICO	ÓRGANOS Y SISTEMAS	ESQUEMATIZA
Ectodermo			
Mesodermo			
Endodermo			



Glosario

Glosario básico

Blastocito: final de la fase de segmentación del desarrollo embrionario. Estructura que rodea al blastocele de alrededor de 50-100 células que aparecen a partir del 5° día del desarrollo embrionario.

Capas germinales: capas celulares (endodermo, mesodermo, ectodermo) que aparecen en la gastrulación y dan lugar a todos los tejidos y órganos del organismo.

Ectodermo: capa u hoja externa en la que se disponen las células del blastodermo y que dará origen a la piel y al sistema nervioso, entre otros.

Endodermo: capa u hoja interna que da origen a los pulmones y tracto digestivo, entre otros.

Gástrula: tercer estadio de desarrollo del huevo fecundado.

Mesodermo: capa intermedia que da origen al hueso, músculo, tejido conectivo, entre otros.



Saber más

Para saber más del tema

<https://www.youtube.com/watch?v=25S5C22MtYw>

<https://www.youtube.com/watch?v=ERCDMsAd-fw>

<https://www.youtube.com/watch?v=aiArpjp2J-0>



Bibliografía

Bibliografía

- Altaba, C. R. et al. (1991). *Invertebrats no artròpodes. Història Natural dels Països Catalans*, 8. Barcelona: Enciclopèdia Catalana, S. A.
- Hall BK, Balfour (2000). "Garstang and de Beer: The First Century of Evolutionary Embryology", en *American Zoologist*, vol. 40, núm. 5, octubre, pp. 718-728.
- Langman, J. (2006). *Embriología Médica*. México: Médica Panamericana, 10ª Edición.
- Moore. K., T. Persaud. y M. Torchia (2013). *Embriología clínica*. España: Elsevier.

1.1.2 Tejidos básicos animales (características y funciones)



Objetivo

Objetivo

Identifica los diversos tejidos animales que permiten diferenciar la estructura y función especializada que realiza: epitelial, muscular, conectivo y nervioso presentes en los organismos pluricelulares.

Rescate de conocimientos (5 minutos)

Contesta las siguientes preguntas:

¿Qué sucede en nuestro cuerpo para poder cerrar una herida?

¿Cómo es posible que de la unión de apenas dos células se cree un bebé de millones de células?

¡100 billones de células en mi cuerpo! ¿Cómo se producen?



Conocimientos
previos

Desarrollo del contenido (30 minutos)

Los tejidos animales están formados por células unidas entre sí y con la matriz extracelular por medio de uniones características.

La **matriz extracelular** que rodea a las células es un entramado de moléculas, proteínas y carbohidratos que se disponen en el espacio intercelular y que es sintetizado y secretado por las propias células.

Tiene múltiples **funciones**: aporta propiedades mecánicas a los tejidos, mantiene la forma celular, permite la adhesión de las células para formar tejidos, sirve para la comunicación intercelular, forma sendas por las que se mueven las células, modula la diferenciación celular y la fisiología celular, secuestra factores de crecimiento, etc. La cantidad, la composición y la disposición de la matriz celular depende del tipo de tejido considerado (Marí et al., 2015: 246).

Durante el desarrollo embrionario se forman cuatro clases de tejidos: **epitelial, muscular, conectivo y nervioso**.



Contenido
temático

1.1.2.1. Eitelial

Constituido por células fuertemente unidas y con escasa matriz extracelular que recubre de forma continua la superficie del organismo; también reviste cavidades, excepto las articulares, y tapiza el interior y exterior de los órganos.

Por lo general, los tejidos epiteliales son avasculares y se nutren por difusión desde los vasos del tejido conectivo subyacente. Poseen una amplia multiformidad estructural, una marcada capacidad para renovarse y regenerarse. Además pueden desarrollar cambios morfológicos y funcionales de un tipo de epitelio a otro (metaplasia) cuando las condiciones del medio local se alteran crónicamente.

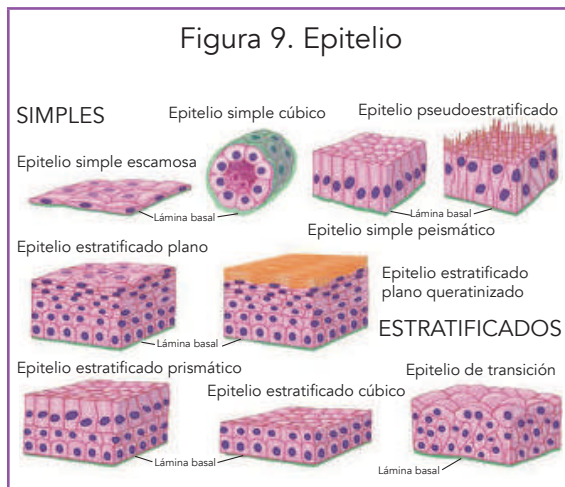
Efectúan diversas funciones: protección, lubricación, secreción, excreción, absorción, transporte, digestión, recepción sensorial, transducción, reproducción. Este tejido deriva de las tres hojas embrionarias: ectodermo, mesodermo y endodermo.

Las distintas variedades de tejido epitelial pueden agruparse en dos tipos:

1. El **epitelio glandular**: formado por células glandulares, especializadas en secretar sustancias. Las células glandulares pueden estar asiladas, como las que se encuentran intercaladas entre las células del epitelio pseudoestratificado de bronquios y bronquiolos, o agrupadas en órganos especiales llamados glándulas, que pueden ser unicelulares o pluricelulares.



2. El **epitelio de revestimiento**: forma cubiertas resistentes y elásticas para revestir las superficies externas e internas del organismo. Cuando recubren cavidades serosas del organismo, como las pleuras, se denominan **mesotelios**, pero cuando recubren la parte interna de los vasos sanguíneos o linfáticos se llaman **endotelios**. Los epitelios de revestimiento se caracterizan por poseer muy poca matriz extracelular y sus células están fuertemente unidas por complejos de unión. Son un tejido que suele carecer de capilares sanguíneos, pero que, en ciertos casos, tiene terminaciones nerviosas. Poseen una alta tasa de renovación celular debido a la proliferación de las células progenitoras presentes y a una muerte celular continuada. Pueden poseer especializaciones celulares que les permiten ser receptores sensoriales y, según los organismos, desarrollar estructuras complejas como pelos, plumas o escamas. Suele clasificarse atendiendo al número de capas celulares que lo componen y la forma de la capa más apical:



- **Epitelio simple o monoestratificado**: normalmente revisten conductos internos como los conductos respiratorios, digestivos y sanguíneos.
- **Epitelio estratificado**: revisten las superficies externas del organismo o las que se comunican con el exterior, como la epidermis de la piel y los epitelios que recubren la boca, el ano, la vagina y la lengua.
- **Epitelio pseudoestratificado**: los bronquios, los bronquiolos, la uretra y la vejiga urinaria poseen este tipo de epitelio (Marí et al., 2015: 246- 247).

1.1.2.2. Muscular

El tejido muscular es el responsable del movimiento, el cual compone aproximadamente entre 40% y 45% de la masa de los seres humanos.

Las células que lo forman están especializadas en la contracción, lo que permite que se muevan los seres vivos, ya que responden a estímulos que proceden de células nerviosas y luego consiguen relajarse, volviendo a su estado de reposo.

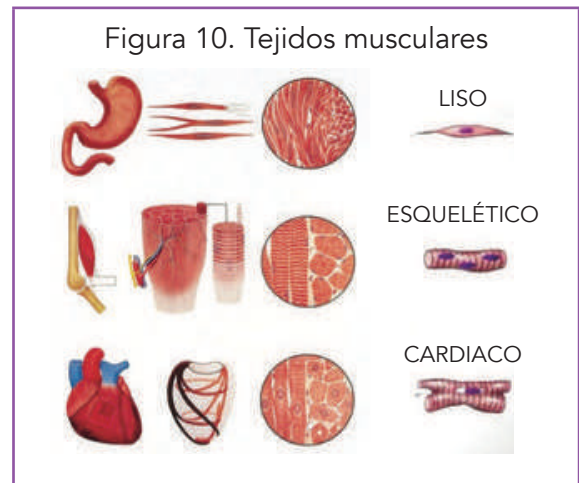
La membrana celular de la célula muscular se denomina sarcolema y el citoplasma, sarcoplasma. Contiene orgánulos celulares, núcleo o núcleos celulares, mioglobina, y en su citoplasma hay miofibrillas formadas por dos tipos de proteínas contráctiles, la actina y la miosina, cuya principal propiedad, la contractilidad, es la de acortar su propia longitud cuando son sometidas a un estímulo físico, químico, eléctrico o mecánico. Las fibras musculares están unidas por tejido conjuntivo y a través de él llegan a los músculos, a los nervios y a los vasos sanguíneos.

El tejido muscular puede ser:

- **Tejido muscular liso**: formado por células alargadas mononucleadas lisas. Como son estimuladas por el sistema nervioso autónomo, este tejido produce contracciones lentas y sostenidas de manera involunta-

ria. Se localiza en las paredes de los órganos internos huecos, como los vasos sanguíneos, estómago, vesícula biliar, útero e intestino. Ayudan a triturar el alimento, desplazarlo y eliminar los desechos.

- **Tejido muscular estriado o esquelético:** se llama así por estar cerca de los huesos. Su principal función es mover el esqueleto. Las fibras musculares estriadas son células largas, multinucleadas y con bandas claras y oscuras. Son estimuladas por el sistema nervioso central, por lo que están bajo control consciente y voluntario. La unidad funcional de la fibra muscular estriada se llama sarcómero, que está formado por la repetición ordenada de filamentos de actina y miosina. Durante la contracción y en presencia de iones Ca^{2+} cada sarcómero se acorta cuando las fibras actina y miosina se desplazan.
- **Tejido muscular cardíaco:** forma la pared del corazón. Sus células son muy cortas, ramificadas y mononucleadas con bandas claras y oscuras unidas entre sí por unas zonas llamadas discos intercalares que permiten que la contracción de una fibra se transmita a la siguiente, de manera que la contracción del conjunto sea coordinada. Son estimuladas por el sistema nervioso simpático y su contracción es rápida e involuntaria.



Actividad (10 minutos)

Realiza un cuadro comparativo entre el tejido epitelial y muscular, y compártelo con tus compañeros.

Evaluación (5 minutos)

- ¿Qué es un tejido?
 - Un tejido es un conjunto de sistemas organizados.
 - Un tejido está formado por células semejantes y por una sustancia intercelular.
 - Un tejido es un conjunto de fibras entrelazadas entre sí.
 - Un tejido es un conjunto de órganos especializados.
- ¿Cuáles son los tipos principales de tejidos del organismo?
 - Unicelular, pluricelular y nervioso.
 - Glandular, alveolar, intercelular y nervioso.
 - Microcelular, glandular, muscular y nervioso.
 - Epitelial, conjuntivo, muscular y nervioso.



Actividad



Evalúa



3. Según su función el tejido epitelial puede ser
 - A) Depende de cómo le pille el cuerpo.
 - B) De revestimiento y de aislamiento.
 - C) De revestimiento y glandular.
 - D) De revestimiento y celular.
4. El tejido epitelial de revestimiento
 - A) Puede ser también glandular.
 - B) Recubre todo el cuerpo, como la epidermis de la piel.
 - C) Es como las baldosas del cuarto de baño.
 - D) Está formado por varias microvellosidades.
5. El tejido epitelial glandular
 - A) Constituye las glándulas.
 - B) Es como la epidermis de la piel.
 - C) También tiene funciones de revestimiento.
 - D) Es un epitelio de revestimiento simple.
6. Marca los tipos de tejidos musculares que sean correctos.
 - A) Tejido muscular estriado.
 - B) Tejido muscular de revestimiento.
 - C) Tejido muscular denso.
 - D) Tejido muscular liso.
 - E) Tejido muscular laxo.
 - F) Tejido muscular cardíaco
7. ¿Qué tipo de fibra forma el corazón?
 - A) Fibra muscular estriada.
 - B) Fibra muscular cardíaca.
 - C) Fibra muscular lisa.
8. Este tejido se caracteriza porque entre sus células hay mucha sustancia intercelular.
 - A) Epitelial.
 - B) Conjuntivo.
 - C) Sanguíneo.
 - D) Nervioso.
9. El tejido muscular liso conforma el siguiente órgano:
 - A) Los bíceps.
 - B) El corazón.
 - C) El iris.
 - D) Los tríceps.

Glosario



Glosario

Tejido: conjunto de células similares que actúan conjuntamente en la realización de una determinada función

Tejido epitelial: capa única o estratificada de células que se disponen muy juntas y empaquetadas que cubren el cuerpo y tapizan sus cavidades, con excepción de los vasos sanguíneos y linfáticos.

Tejido muscular: tejido que constituye la sustancia propia del músculo.

Epitelio cilíndrico pseudoestratificado: está formado por varias capas de células. Es un epitelio simple cilíndrico en el que todas las células contactan con la membrana basal, aunque no todas llegan a la superficie. a veces tiene células ciliadas y entre ellas, hay células calciformes secretoras de mucus.

Epitelio monoestratificado: formado por una sola capa de células. Puede ser plano, cúbico y cilíndrico.

Fibras musculares: cada una de las células contráctiles que forman el tejido muscular: pueden ser estiradas y lisas.

Sarcolema: membrana no celular muy fina que envuelve por completo cada una de las fibras musculares.

Sarcoplasma: sustancia clara, semifluida, que se encuentra entre la fibrillas del tejido muscular.

Para saber más de este tema



Saber más

<http://www.biopedia.com/tejidos-cuerpo-humano/>
https://www.youtube.com/watch?v=JD8xiS_j7hs

Bibliografía



Bibliografía

- Marí N. F., Miguel García V. y M. M. Medina (2015). *Biología y Geología Bachillerato ciencias y tecnología*. España: Bruño.

1.1.2.3 Tejido conectivo

Objetivo



Objetivo

Conoce el tipo de células del tejido conectivo, así como las funciones que desempeña en el organismo.

Rescate de conocimientos previos (5 minutos)



Conocimientos previos

FLOWERY BRANCH –El receptor abierto de los Atlanta Falcons, Julio Jones, se vio limitado en la práctica, por segundo día consecutivo, por un dolor en la espalda.



El dos veces All-Pro quedó lastimado en la última jugada ofensiva de la victoria de la semana pasada por 30-26 cuando el profundo de los Detroit Lions, Glover Quin, realizó una tacleada limpia.

Julio Jones aseguró que su espalda no es motivo de preocupación para Atlanta. Dijo al cuerpo médico del club que estaba bien después de la jugada.

“No intenté hacerlo más grande de lo que era”, dijo Jones el jueves. “No era algo de lo que necesitamos preocuparnos”. Jones espera estar uniformado este domingo cuando Atlanta (3-0) reciba a los Buffalo Bills (2-1).

“Lo que sea que se necesite para salir y ayudar a mi equipo, es lo que voy a hacer”, dijo.

El *tackle* derecho Ryan Schraeder y el profundo libre Ricardo Allen se mantienen en el protocolo de conmociones de la NFL y no han recibido permiso para entrenar. Schraeder quedó lastimado en la Semana 2 y ha estado marginado desde entonces. Allen quedó lastimado la semana pasada.

Sí, probablemente este deporte es uno de los más rudos, violentos, con muchos golpes, pero ¿Te has dado cuenta que los órganos siguen en el mismo lugar? ¿Por qué no se mueven de su lugar? ¡Estos deportistas deberían tener un verdadero rompecabezas dentro de su cuerpo!



Desarrollo del contenido (30 minutos)

El tejido más abundante en el cuerpo humano es el tejido conectivo. Además, se caracteriza por tener una muy amplia distribución en el cuerpo humano. Dadas sus diferentes formas, puede abarcar diferentes funciones, como mantener unidos a otros tejidos, sostenerlos y reforzarlos. También tiene la función de proteger y aislar a órganos internos; compartimentaliza estructuras, como el músculo esquelético; representa el principal medio de transporte del organismo (la sangre es un tejido conectivo líquido); es el sitio principal de depósito de las reservas de energía (tejido adiposo), y es la principal fuente de las respuestas inmunes.

El tejido conectivo se origina en una capa embriológica llamada mesodermo. El tejido formado de las células de esta capa se conoce como mesénquima; de este tejido se forman los tejidos conectivos, incluyendo el cartílago, hueso y sangre.

Está constituido por dos elementos básicos: células y matriz extracelular. En histología, la matriz extracelular (MEC) es el conjunto de materiales extracelulares que forman parte de un tejido. En el tejido conjuntivo, la matriz extracelular está compuesta de una sustancia básica amorfa con ácido hialurónico y glicoproteína altamente glicosiladas llamadas proteoglicanos o proteoglicanos, glucosaminoglicanos y fibras constituidas de proteínas fibrosas, entre ellas el colágeno y la elastina.

La matriz extracelular es secretada generalmente por las células del tejido conectivo y determina las cualidades de éste. Por ejemplo, en el cartílago, la matriz extracelular es firme, pero flexible. La matriz extracelular del hueso, en comparación, es dura e inflexible.

En contraste con los epitelios, el tejido conectivo no se encuentra por lo común en las superficies corporales, hecho que marca una diferencia clara con el tejido epitelial; de igual forma, los tejidos conectivos están abundantemente irrigados, por lo que reciben gran cantidad de sangre. Las excepciones a esta regla son los cartílagos, avasculares y los tendones, con escasa irrigación. Excepto el cartílago, los tejidos conectivos, al igual que los epitelios, se hallan innervados.

Células del tejido conectivo

Cada tipo de tejido conectivo contiene una clase de células inmaduras con un nombre terminado en "blasto", que significa "retoño o germen". Estas células inmaduras se denominan fibroblastos en el tejido conectivo laxo y denso, condroblastos en el cartílago y osteoblastos en el hueso. Los blastos conservan la capacidad de división celular y secretan la matriz característica de cada tejido. En el cartílago y el hueso, una vez que se forma la matriz, las células inmaduras se diferencian en células maduras y sus nombres terminan en «cito», como condrocito y osteocito. Las células maduras tienen una capacidad reducida de división celular y de producción de matriz, e intervienen principalmente en el mantenimiento de la matriz.

Los tipos de células de tejido conectivo varían de acuerdo con el tejido y son las siguientes:

1. **Fibroblastos.** Son células grandes con prolongaciones citoplasmáticas que se ramifican. Se pueden observar aplanadas. Los fibroblastos son el tipo de célula del tejido conectivo más abundante; se encuentran en diversos tipos de este tejido. Producen fibras y sustancias fundamentales cuando migran por el tejido conectivo.
2. **Macrófagos.** Cierta tipo de leucocitos, llamados monocitos, producen a los macrófagos. Son de forma irregular, con proyecciones citoplasmáticas llamadas pseudópodos que se utilizan en el proceso de fagocitosis. Residen en tejidos particulares, por ejemplo: en los pulmones, los macrófagos alveolares, o en los brazos, los macrófagos esplénicos. Los macrófagos circulantes tienen la capacidad de atravesar los tejidos y agruparse en los sitios de infección o inflamación para realizar fagocitosis.
3. **Células plasmáticas.** Son derivados de linfocito B. Estas células secretan anticuerpos, proteínas que atacan o neutralizan sustancias extrañas del organismo, es decir, son parte importante de la respuesta inmune. Se encuentran ampliamente distribuidas en todos los tejidos conectivos, especialmente del tubo digestivo y las vías respiratorias. También abundan en las glándulas salivales, ganglios linfáticos y médula ósea.

Figura 11. Fibroblastos

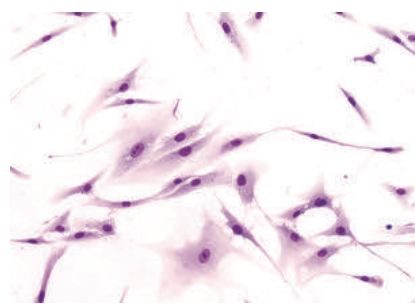
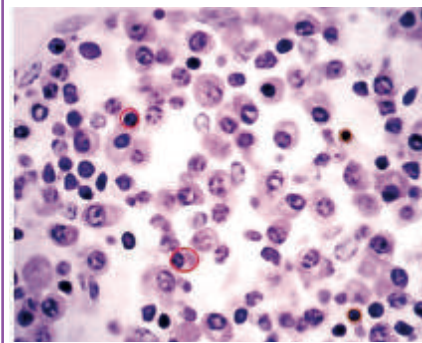


Figura 12. Macrófago



Figura 13. Células plasmáticas





4. **Mastocitos.** Son células que se encuentran normalmente en los tejidos conectivos; derivan de células mieloides y poseen numerosos gránulos en su interior con sustancias como la histamina y la heparina. Los mastocitos están relacionados con el sistema inmune, más concretamente con las reacciones de hipersensibilización y alérgicas. Se encuentran en todas las especies con circulación sanguínea. Tienen un aspecto redondeado y sus gránulos presentan metacromasia (adquieren un color diferente al del colorante). Los mastocitos o células cebadas son abundantes a lo largo de los vasos sanguíneos que irrigan el tejido conectivo. Producen histamina, sustancia que produce vasodilatación de capilares como parte de la reacción inflamatoria, respuesta a una lesión o infección. Se ha descubierto que los mastocitos pueden unirse a las bacterias, fagocitarlas y destruirlas.

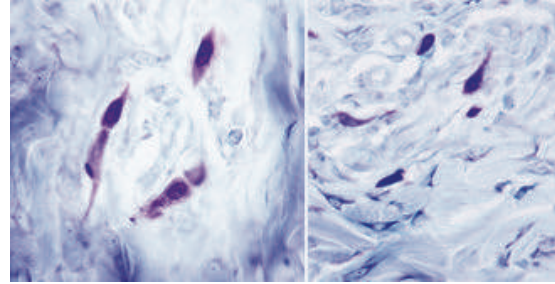
5. **Adipocitos.** También llamados células adiposas, células grasas o lipocitos, son las células del tejido conectivo que almacenan triglicéridos (grasas). Se encuentran debajo de la piel y rodeando a órganos como el corazón y los riñones.

Existen dos tipos de tejido adiposo constituido por adipocitos diferentes:

- **Adipocitos blancos:** contienen una gran cantidad de lípidos rodeados por un anillo de citoplasma. El núcleo es plano y se localiza en la periferia. Tienen grasa en un estado semilíquido, compuesta principalmente por triglicéridos y ésteres de colesterol. Secreta resistina, adiponectina y leptina.
- **Adipocitos marrones:** tienen una característica forma poligonal y, a diferencia de los adipocitos blancos, contienen una gran cantidad de citoplasma con fracciones dispersas de lípidos. Su núcleo es redondo; aunque esté ligeramente desplazado del centro de la célula, no se encuentra en la periferia. Su color marrón se origina por la gran cantidad de mitocondrias que poseen. Los seres vivos utilizan el tejido adiposo formado por estos adipocitos para mantener la temperatura, teniendo en cuenta los linfocitos del cuerpo

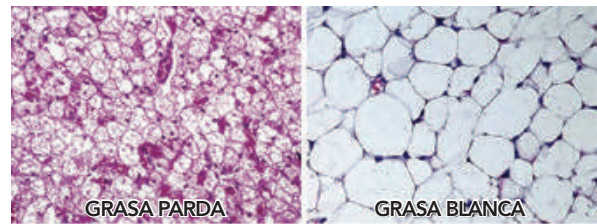
6. **Leucocitos (glóbulos blancos).** Son producidos en la médula ósea y el tejido linfático y comúnmente se encuentran en la sangre, las amígdalas, el bazo, los adenoides, los ganglios y demás partes del sistema inmune. Su función principal es prevenir las enfermedades, ayudando al organismo a combatir gérmenes y bacterias que puedan causar procesos virales o infecciones importantes.

Figura 14. Mastocitos, de color púrpura, en la dermis de la piel de cerdo



La tinción es con azul de toluidina pero los gránulos de los mastocitos presentan metacromasia y dan al citoplasma el aspecto púrpura

Figura 15. Adipocitos en los dos tipos de tejido adiposo



En tejidos conectivos normales están en poca cantidad. Sin embargo, tienen funciones muy importantes, por ejemplo, los neutrófilos, en ciertas ocasiones, migran hacia el tejido conectivo desde la sangre y los eosinófilos migran hacia sitios de invasión parasitaria y reacciones alérgicas.



Tipos de leucocitos:

Existen cinco tipos de glóbulos blancos:

a) Agranulocitos:

- **Linfocitos:** son los leucocitos de menor tamaño y son los más importantes para que el sistema inmune pueda reaccionar ante cualquier agente extraño.
- **Monocitos:** son los glóbulos blancos más grandes y viajan a través de la sangre hasta órganos como los pulmones, el hígado, bazo y huesos para eliminar distintos microorganismos o restos de células.

b) Granulocitos:

- **Neutrófilos:** son los que más abundan en la sangre y su principal función es eliminar hongos y bacterias. Tienen poca duración, sólo alcanzan a vivir algunas horas o un día.
- **Eosinófilos:** intervienen en las reacciones alérgicas y en la muerte de los parásitos. Suelen durar entre 4 y 5 días.
- **Basófilos:** son los menos abundantes y se alteran cuando el organismo está atravesando y combatiendo cualquier proceso alérgico.

La matriz extracelular del tejido le confiere las características propias a cada tipo de tejido conectivo, es decir, que las propiedades específicas de cada tipo derivan de la composición del material extracelular llamada "matriz extracelular", cuyos componentes principales son dos: 1) matriz amorfa o sustancia fundamental, y 2) fibras.

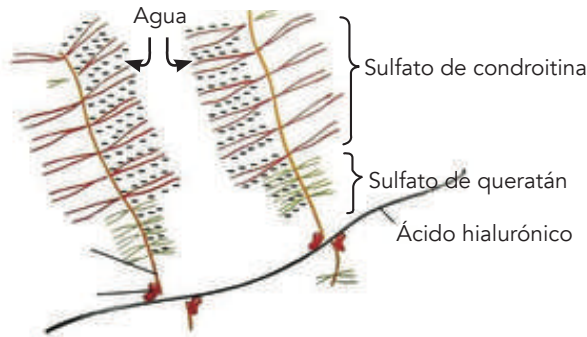
Matriz amorfa

Es el componente intercelular del tejido conectivo. Puede encontrarse en forma líquida, semilíquida, gelatinosa o calcificada. Sus principales funciones son dar soporte a las células, unir las una con otra, almacenar agua y proveer el medio para el intercambio de sustancias entre la sangre y las células.

Está constituida por agua y biomoléculas de gran tamaño, muchas de las cuales son combinaciones complejas de polisacáridos y proteínas. En los polisacáridos encontramos el ácido hialurónico, el condroitinsulfato o sulfato de condroitina, el dermatansulfato o sulfato de dermatán y el queratansulfato o sulfato de queratán. En conjunto, son llamados **glucosaminoglucanos** o GAG. Con excepción del ácido hialurónico, los GAG se asocian con proteínas y se los llama **proteoglicanos**. Éstos forman un núcleo proteico del que se proyectan los GAG como las cerdas de un cepillo. Una de las propiedades más importantes de los GAG



Figura 17. Matriz amorfa

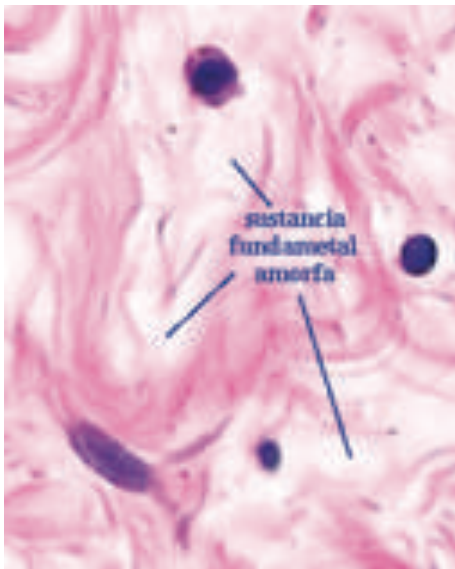


Los proteoglicanos ordenan y dirigen las moléculas de agua, permitiendo el flujo de nutrientes al tejido.

es que atrapan el agua y tornan más gelatinosa a la sustancia fundamental o matriz amorfa.

El **ácido hialurónico** es una sustancia viscosa que une a las células entre sí, las lubrica y contribuye a mantener su forma. Los glóbulos blancos (eritrocitos), espermatozoides y algunas bacterias producen hialuronidasa, enzima que desdobra el ácido hialurónico y hace que la sustancia fundamental del tejido conectivo se vuelva más líquida.

Figura 18. Tejido conectivo (técnica hematoxilina-eosina)

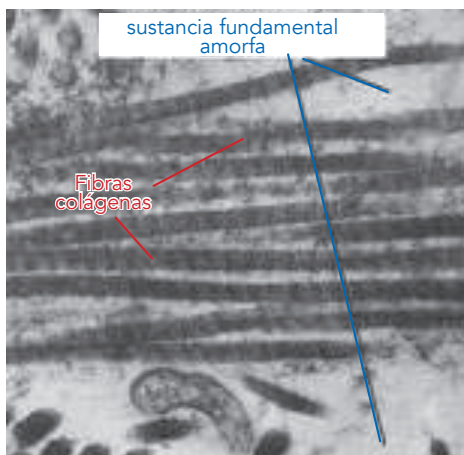


La producción hialurodinasa por los glóbulos blancos les facilita el libre desplazamiento a través del tejido conectivo para llegar a los sitios de infección y a la penetración de ovocito por el espermatozoide durante la fecundación. También es responsable de la rápida diseminación de las bacterias a través del tejido conectivo.

El **sulfato de condroitina** confiere soporte y adhesividad al cartílago, huesos, piel y vasos sanguíneos. La piel, los tendones, los vasos sanguíneos y las válvulas cardíacas contienen **dermatansulfato**, mientras que el hueso, el cartílago y la córnea contienen **queratansulfato**.

En la sustancia fundamental también se hallan presentes **proteínas de adhesión**, las cuales son responsables de unir los componentes de la matriz amorfa con las superficies celulares. La principal proteína de adhesión del tejido conectivo es la **fibronectina**, que une a las fibras colágenas con la matriz amorfa, y fija a ésta elementos celulares.

Figura 19. Micrografía de fibras colágenas en tejido conectivo



Fibras

La función de las fibras es reforzar y dar sostén al tejido conectivo. Hay tres tipos de **fibras** en la matriz extracelular: colágenas, elásticas y reticulares.

Las **fibras colágenas** proporcionan fortaleza y resistencia a las fuerzas de tracción, así como flexibilidad al tejido. Algunas de las propiedades de los diferentes tipos de fibras colágenas le proporcionan sus características al tipo de tejido conectivo que las contienen, por ejemplo, la consistencia del cartílago se debe a la propiedad de atraer más moléculas de agua que las fibras colágenas del hueso, por lo que el hueso es más duro y el cartílago más flexible. Frecuentemente, las fibras colágenas

se disponen en arreglos paralelos, lo que confiere mayor fuerza al tejido. La composición química de este tipo de fibras está determinada por la proteína más abundante de todo el organismo: **el colágeno**, que representa alrededor de 25% del total. Las fibras colágenas se encuentran en casi todos los tipos de tejido conectivo, especialmente el hueso, el cartílago, los tendones y los ligamentos que comparten la propiedad de flexibilidad, fortaleza y resistencia.

Las **fibras elásticas** son de diámetro más pequeño que las fibras colágenas. Forman una red en el tejido, ya que se unen y ramifican. Están compuestas de moléculas de proteína llamada **elastina**, además se encuentran rodeadas por una glucoproteína denominada **fibrilina**, lo que les proporciona mayor fuerza y estabilidad. Debido a lo anterior, las fibras elásticas son fuertes, pero pueden estirarse hasta 150% de su longitud en relajación sin romperse. Es importante resaltar su propiedad de retornar a su forma original después del estiramiento, razón por la que se les llama fibras elásticas. Éstas son abundantes en la piel, las paredes de los vasos sanguíneos y el tejido pulmonar.

Las **fibras reticulares** son conjuntos de fibras finas de colágeno con una cubierta glucoprotéica. Su función es dar soporte en las paredes de los vasos sanguíneos; se encuentran alrededor de las células en tejidos, como en el conectivo areolar, el adiposo y el músculo. Las producen los fibroblastos. Al igual que las fibras de colágeno, las fibras reticulares abundan en el tejido conectivo reticular, es decir, aquel que da soporte al armazón de muchos órganos blandos, como el bazo o los ganglios linfáticos.

Figura 20. Fibras elásticas de pared de aorta

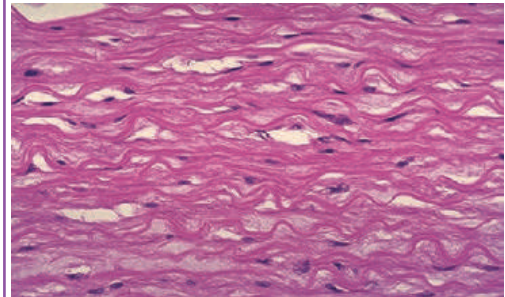
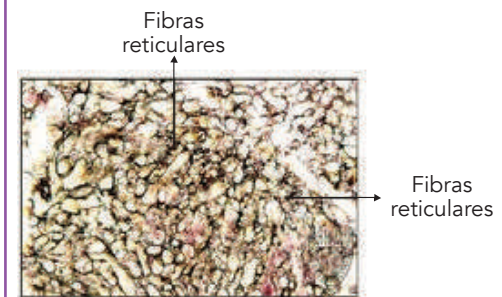


Figura 21. Fibras reticulares en tejido conectivo (impregnación argéntica)



Tipos de tejidos conectivos

El tejido conectivo no tiene una clasificación muy clara, ya que posee una amplia diversidad de células que lo componen, así como de la matriz extracelular y de las diferencias en sus proporciones relativas.

El tejido conectivo se clasifica en:

A. Tejido conectivo "propio". Se subdivide en:

a. Laxo

I. Areolar

II. Adiposo

III. Reticular

b. Denso

I. Denso regular

II. Denso irregular

III. Elástico

IV. Denso

B. Tejido conectivo cartilaginoso

C. Tejido conectivo óseo

D. Tejido conectivo sanguíneo



Figura 22. Tejido conectivo laxo

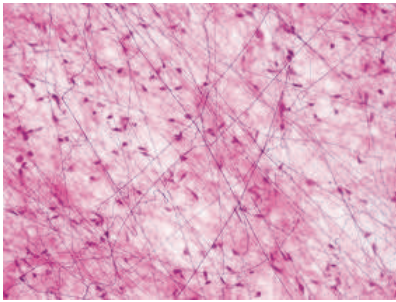


Figura 23. Estructura de tejido adiposo.

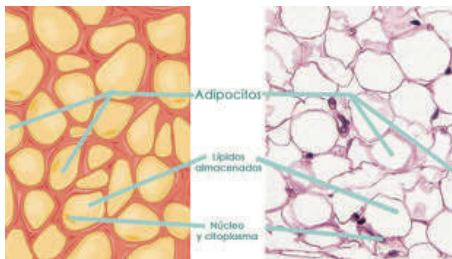


Figura 24. Fibras de reticulina



Figura 25. Corte de piel (HE)

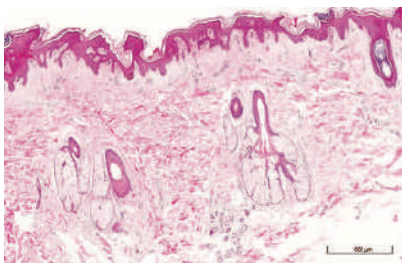
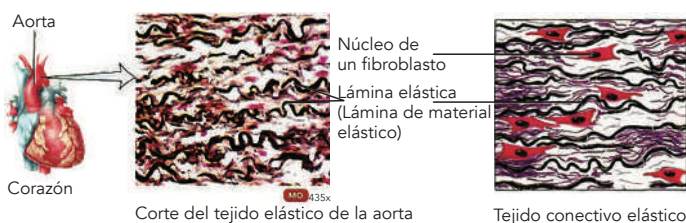


Figura 26. Tejido conectivo elástico



• **Tejido conectivo laxo o areolar**

Está ampliamente distribuido y sirve como material de embalaje universal entre otros tejidos. Las funciones del tejido conectivo areolar incluyen la sujeción y unión de otros tejidos. También ayuda en la defensa contra la infección. Cuando una región del cuerpo se inflama, el exceso de líquidos es absorbido por el tejido areolar del área, y la zona afectada se hincha y se convierte en un edema.

• **Tejido adiposo**

Tiene muy pocas fibras (semejante al tejido conectivo laxo). Sus células están especializadas en el almacenamiento de lípidos, por lo que su morfología es característica; se les denomina adipocitos. Están localizados bajo la dermis, rodeando a órganos internos como el riñón y en el interior de la parte central de los huesos largos (médula ósea amarilla o tuétano).

Su función es de reserva energética, así como aislante térmico y mecánico.

• **Tejido conectivo reticular**

El tejido conectivo reticular se asemeja al conectivo areolar, pero las fibras en la matriz son reticulares y forman una red delicada. Este tejido se limita a ciertos sitios del cuerpo, como estructuras que soportan los ganglios linfáticos, bazo y médula ósea.

• **Tejido conectivo denso irregular**

El tejido denso irregular tiene los mismos elementos estructurales que el denso regular, pero los haces de fibras de colágeno son mucho más gruesos y están dispuestos irregularmente. Este tejido se encuentra en áreas donde la tensión se ejerce en muchas direcciones. Forma parte de la dermis de la piel y en las cápsulas de las articulaciones.

• **Tejido conectivo elástico**

Aparece en fibras elásticas y permite que los tejidos retrocedan después de estirarse. Esto se ve sobre todo en las paredes de los tubos bronquiales y los vasos sanguíneos.

- **Tejido conectivo denso regular**

Consiste en paquetes llenos de fibras de colágeno en la misma dirección, ligeramente onduladas, que se pueden estirar un poco. Gracias a la resistencia del colágeno, este tejido forma los tendones, aponeurosis y ligamentos, así como la fascia, que es una membrana fibrosa que envuelve los músculos, vasos sanguíneos y nervios.

- **Tejido cartilaginoso**

Su matriz extracelular es muy rica en fibras de colágena y elastina. Es de consistencia gelatinosa, pero mucho más consistente que el tejido conjuntivo. A estas células se les llama condrocitos. Este tejido no tiene vasos sanguíneos ni nervios. Hay tres tipos:

- **Fibroso:**

Presente en meniscos y discos intervertebrales. Su característica es la gran resistencia y rigidez.

- **Elástico:**

Presente en el pabellón auricular, bronquiolos y epiglotis. Su característica es la gran flexibilidad y elasticidad.

- **Hialino:**

Tiene pocas fibras y más sustancia intercelular que los otros dos; es más rígido.

- **Tejido óseo:**

Lo componen las células osteonas, osteoblastos, osteocitos y osteoclastos (células encargadas de destruir hueso para remodelarlo).

- **Células osteonas:**

Células madre que pueden dividirse; sus células hijas son los osteoblastos. Están dentro del endostio y el periostio.

- **Osteoblastos:**

Crean los huesos y unen los componentes necesarios para crear la matriz del tejido óseo. Se encuentran en el endostio y periostio.

Figura 27. Tejido conectivo cartilaginoso fibroso de disco intervertebral

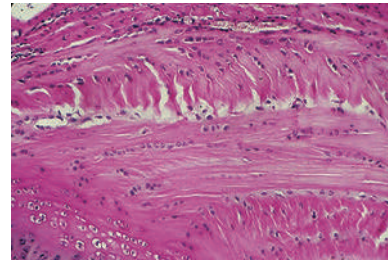


Figura 28. Tejido conectivo cartilaginoso elástico de epiglotis

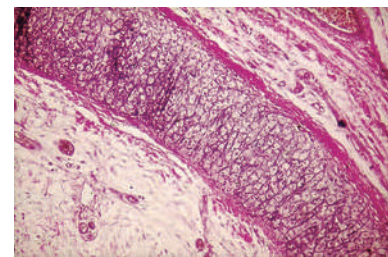


Figura 29. Tejido conectivo cartilaginoso hialino de articulación ósea

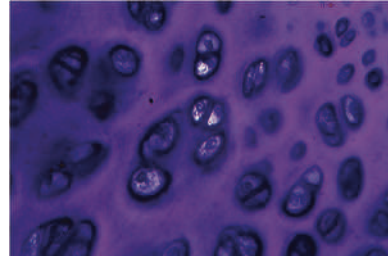


Figura 30. Células osteonas

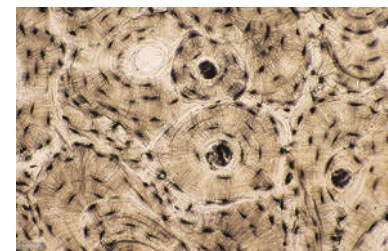
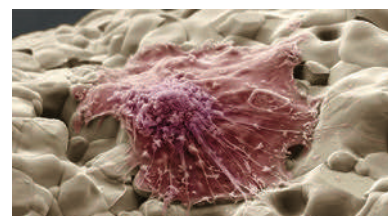
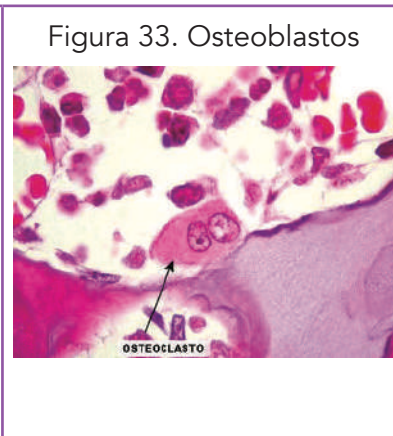
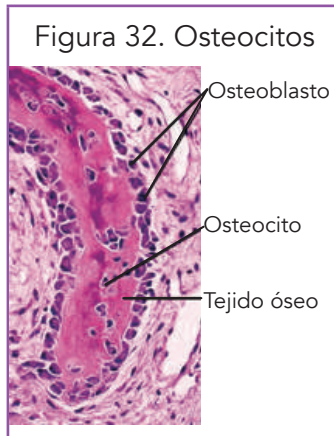


Figura 31. Osteoblastos





- **Osteocitos:**

Son células maduras que se crean a partir de osteoblastos y que están atrapadas en la matriz del tejido óseo. Se encargan de intercambiar nutrientes o eliminar desechos en la sangre.

- **Osteoclastos:**

Células grandes que se encuentran en el endostio. Destruyen el hueso para poder crecer y desarrollarnos.

La sustancia intercelular es sólida y rígida; está formada por fibras de colágeno y sales inorgánicas de fosfato y carbonato cálcico que le proporcionan resistencia.

El tejido óseo forma los huesos cuyas funciones son:

- Almacenamiento de calcio y fósforo.
- Protección órganos blandos.
- Participar en la estructura del cuerpo y en el movimiento. En su interior aloja la médula ósea roja (la cual fabrica células sanguíneas).

Hay dos variedades de tejido óseo:

- **Esponjoso:** se encuentra formado de tabiques que se entrecruzan como en una esponja llamado trabécula ósea y está presente en el extremo (epífisis) de los huesos largos y el interior de los huesos planos y cortos. Las trabéculas contienen a la médula ósea roja (tejido hematopoyético).
- **Compacto:** la sustancia intercelular se dispone alrededor de los conductos de Havers (conductos por donde se extienden los vasos sanguíneos y los nervios en el hueso) como una serie de capas concéntricas. Este tipo de tejido óseo se encuentra en la parte central de los huesos largos y en la parte externa de los huesos cortos y planos.

Tejido sanguíneo:

El estado de este tejido es líquido. Se encuentra en el interior de los vasos sanguíneos y tiene un papel importantísimo en el mantenimiento del equilibrio del medio interno. Representa entre 7 y 8% del peso corporal. Está compuesto por:

- **Plasma sanguíneo:** es la parte líquida (60% del volumen) formada por agua, sales minerales, iones y abundantes proteínas (fibrinógeno, albúmina e inmunoglobulinas). Cuando al plasma le quitamos la fase líquida encontramos:
- **Una parte sólida,** que son las células sanguíneas (40% del volumen); las hay de tres tipos:
 - **Hematíes o glóbulos rojos:** contienen hemoglobina que es responsable del color rojo de la sangre, la cual es una proteína

que contiene hierro y transporta oxígeno. Son células bicóncavas, sin núcleo; hay alrededor de 5 millones por cada mililitro.

- **Leucocitos o glóbulos blancos:** son mayores que los hematíes, esféricos y tienen núcleo. Se encuentran en cifras entre los 5000 y 10000 por mililitro. Los hay de diversos tipos y su función es defender el organismo de agentes infecciosos.
- **Plaquetas:** son fragmentos de otra célula mayor; se encuentran en número de 250 000 por mililitro y su función es formar el coágulo cuando se produce la rotura de un vaso sanguíneo para evitar la pérdida de sangre.



Actividad (10 minutos)

Elaborar, en equipo, un mapa conceptual del tejido conectivo.



Actividad

Evaluación (5 minutos)



Evalúa

Responde a estas preguntas:

1. ¿Cuál es la función del tejido conjuntivo cartilaginoso?
_____.
2. ¿Cuál es la función del tejido conjuntivo óseo?
_____.
3. ¿Cuál es la función del tejido conjuntivo laxo?
_____.
4. ¿Cómo se llaman las fibras que dan consistencia al tejido conjuntivo denso?
_____.
5. ¿Cuáles son los componentes del tejido conjuntivo sanguíneo?
_____.

Evalúa con ayuda de un compañero.



Glosario básico

Laxo: flojo, que no tiene la tensión que naturalmente debe tener. En histología aplica a un tipo de tejido conectivo abundante en el cuerpo que no tiene rigidez (*Diccionario de la Lengua Española*).

Denso: compacto, apretado, espeso. Que contiene mucha masa con respecto a su volumen (*Diccionario de la Lengua Española*).

Tejido: en biología, grupo de células similares, organizadas para realizar una o más funciones específicas; por ejemplo, en los animales, el tejido nervioso está especializado en percibir y transmitir los estímulos. En anatomía, conjunto de células con una estructura similar que realiza una función específica: los principales tipos de tejido corporal son epitelial, conjuntivo, muscular y nervioso (BioDic, 2017).

Reticular: dicho de un tejido, una membrana o una superficie que tiene aspecto y estructura similar a una red no uniforme, como la red venosa (Enciclopediasalud.com, 2017a).

Colágeno: proteína constituida por haces de fibrillas que se combinan para formar fibras colágenas. En los tendones, ligamentos y fascias las fibras colágenas son paralelas. En la piel forman estructuras reticulares. En el tejido óseo forman láminas superpuestas. El colágeno es secretado por unas células del tejido conjuntivo, los fibroblastos (Enciclopediasalud.com, 2017b).

Hematopoyético: referente al proceso por el cual se forman nuevas células sanguíneas. En la médula ósea hay unas células madre pluripotenciales que generan las distintas estirpes de células sanguíneas: los glóbulos rojos, los glóbulos blancos y las plaquetas. Las células que contienen la sangre están en constante renovación ya que su vida útil es limitada (Enciclopediasalud.com, 2017c).

Matriz extracelular: es un entramado de moléculas, proteínas y carbohidratos que se disponen en el espacio intercelular y que es sintetizado y secretado por las propias células (EcuRed, 2017).

Fascia: tejido conectivo fibroso que sostiene a los órganos blandos y recubre el tejido muscular, pero distinto a los tendones y ligamentos (Enciclopediasalud.com, 2017d).

Glucoprotéica: referente a la glucoproteína la cual es una proteína formada por aminoácidos y un grupo prostético constituido por glúcidos. Las glucoproteínas son frecuentes en las membranas celulares en forma de hormonas y anticuerpos. (Doctissimo, 2017).

Hialino: dicese de la sustancia homogénea translúcida o transparente muy rica en polisacáridos complejos y fibras de colágeno que forma parte del cartílago.



Bibliografía

- Anatolandia (2017). "Tejido conectivo: características, función y tipos de tejidos conectivos". <<http://www.anatolandia.com/2015/07/tejido-conectivo-caracteristicas-funcion-tipos-de-tejido-conectivo.html>>.
- BioDic (2017). "Concepto de tejido". <<https://www.biodic.net/palabra/tejido/#.Wc7xx1RL9dg>>.

- Doctissimo (2017). "Definición de glucoproteína". <<http://www.doctissimo.com/mx/salud/diccionario-medico/glucoproteina>>.
- Enciclopediasalud.com (2017a). "Definición de reticular". <<http://www.enciclopediasalud.com/definiciones/reticular>>.
- Enciclopediasalud.com (2017b). "Definición de colágeno". <<http://www.enciclopediasalud.com/definiciones/colageno>>.
- Enciclopediasalud.com (2017c). "Definición de hematopoyesis". <<http://www.enciclopediasalud.com/definiciones/hematopoyesis>>.
- Enciclopediasalud.com (2017d). "Definición de fascia". <<http://www.enciclopediasalud.com/definiciones/fascia>>.
- Ecured (2017). "Definición de matriz extracelular". <https://www.ecured.cu/Matriz_extracelular>.
- Lesson, C. R. y Lesson, T. S. (1977). *Histología*. México: Nueva Editorial Interamericana.
- Solomon, E. P., L. R. Berg y D. W. Martin (2013). *Biología*. México: Cenagage Learning Editores.

Para saber más del tema

Te sugerimos leer lo siguiente: "Avances conceptuales del tejido conectivo y su repercusión en la clínica"

M. del Carmen, G. Sacristán y P. Gutiérrez Sacristán.



El tratamiento del tejido conectivo y, en particular, el de la matriz extracelular, abre nuevas formas de entender la etiopatogenia de las enfermedades. A la sustancia fundamental se le ha restado importancia desde los principios de la histología al considerarla, primero, con el microscopio óptico como una sustancia amorfa e inerte y, más tarde, alterando su pH y desecándola con los métodos de tinción.

En la mayoría de los preparados rutinarios, la sustancia fundamental se ha perdido porque se extrae durante la fijación y la deshidratación del tejido. Sin embargo, la sustancia fundamental es sin duda uno de los componentes del cuerpo humano que permite abrir nuevas perspectivas en los tratamientos médicos.

El comportamiento de la sustancia fundamental se define como el de un fluido no newtoniano. Un coloide cuyas propiedades explican el funcionamiento de la matriz extracelular. Cuando una partícula se desplaza en un líquido en reposo o en movimiento y dicho líquido ejerce presiones y esfuerzos sobre la superficie de la partícula, la hidrodinámica entra en acción.

Cualquier técnica aplicada al cuerpo humano interactúa con la matriz extracelular, de la misma forma que lo hace a nivel celular. La ubicuidad de la sustancia amorfa afecta a todas las expresiones de enfermedad.

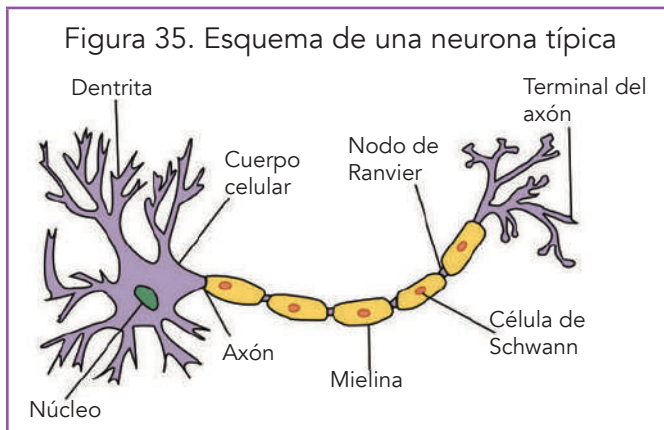
El desarrollo de la cirugía aponeurológica permite identificar, de manera no agresiva, los cambios en la matriz extracelular y hacerlo de una forma completa, integrando el cuerpo entero, como fluido que es, en un recipiente cerrado. La cirugía



aponeurológica corrige los desequilibrios de la matriz extracelular gracias al comportamiento de fluido no newtoniano de la sustancia fundamental. La capacidad de regeneración depende de la integridad de la matriz extracelular.

1.1.2.4. Tejido nervioso

Este tejido se encarga principalmente de la transmisión del impulso nervioso, función a cargo de las neuronas, las cuales hacen que el proceso sea sumamente eficiente. La reacción adecuada y rápida ante los estímulos del ambiente permite la sobrevivencia de los individuos que poseen un sistema nervioso.



Este tejido está compuesto por dos grupos de células: las neuronas, que transmiten el impulso nervioso, y las células de la glía, un grupo compuesto de diferentes células que suelen ser más abundantes que las propias neuronas, y que se encargan de sostener, nutrir, reparar y defender a las neuronas.

La neurona es la célula principal del sistema nervioso. Una neurona típica está conformada por un cuerpo celular, un axón, las vainas de mielina, el cono axónico, las dendritas y los nódulos de Ranvier.

El cuerpo celular almacena el núcleo y los demás organelos celulares, y a partir de él surgen dos tipos de extensiones, un tipo que conforman a las dendritas, las cuales asemejan a un grupo de ramas que perciben información que será transmitida a otras neuronas. El otro tipo conforma al axón, que es una proyección muy larga que manda señales a otras neuronas o células. Está rodeado por vainas de mielina que hacen eficiente la transmisión del impulso nervioso.

Los nodos de Ranvier son regiones del axón que no están cubiertas de mielina. Es ahí donde el impulso eléctrico toca al axón, provocando el viaje del impulso de manera saltatoria entre un nodo y otro. El axón se une al cuerpo celular mediante el cono axónico, que es donde se forman las señales a transmitirse por el axón. En el extremo terminal del axón existen ramificaciones en donde la señal eléctrica se transforma en señal química, estas ramificaciones tienen una terminación sináptica.

Por otro lado, las células gliales se dividen en:

Astroцитos: llamados así por su forma de estrella; se encargan de conectar a las neuronas con vasos sanguíneos y los dilatan para que, de esta forma, la neurona obtenga sustancias (como glucosa y oxígeno) con mayor rapidez, ya que son indispensables para su funcionamiento. Los astroцитos también se encargan de llevar los desechos metabólicos de las neuronas a la sangre, para que sean eliminados del sistema nervioso. Previenen la llegada de sustancias extrañas que impidan las funciones y pueden llegar a reparar (mas no regenerar) el tejido nervioso y forman cicatrices en el sistema nervioso central. También regulan las concentraciones de neurotransmisores.

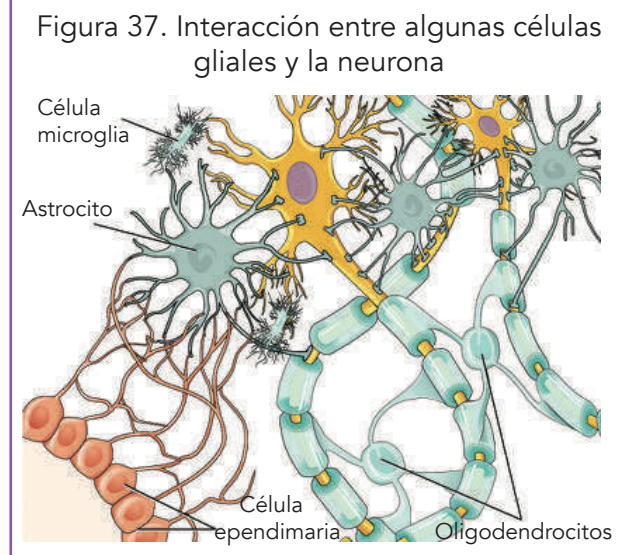
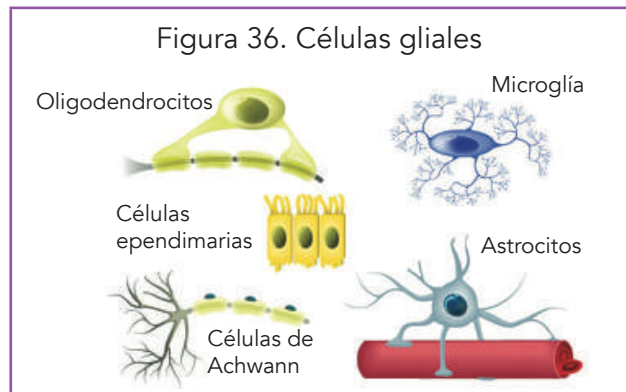
Oligodendrocitos: son las células más numerosas de la glía y están presentes en las neuronas que conforman el sistema nervioso central (SNC). Conforman las vainas de mielina. La vaina se constituye formando un rollo alrededor del axón.

Células de Schwann: son células presentes en las neuronas que conforman el sistema nervioso periférico (SNP); constituyen las vainas de mielina, cuyas membranas poseen lípidos deficientes en la conducción de la electricidad.

Microglia: estas células funcionan como defensa cuando existe algún tipo de infección. Eliminan desechos de las células mediante la fagocitosis y se deshacen de partículas extrañas (como los macrófagos del sistema inmune). Se encuentran cerca de los vasos sanguíneos.

Glía radial: presente en los embriones. Procura el movimiento de las neuronas de reciente formación en el tubo neural. Se dice que estas células tienen la facultad de generar tanto neuronas como otras células gliales.

Células endoteliales: contribuyen a formar el líquido cefalorraquídeo (LCR), también transportan hormonas y secreciones neuronales.



Bibliografía

- Banks, W. J. (1996). *Histología Veterinaria Aplicada*. México: Editorial El Manual Moderno.
- Campbell, N. y J. Reece (2007). *Biología*. España: Médica Panamericana.
- Solomon, E., L. Berg y D. Martin (2001). *Biología*. México: McGraw-Hill Interamericana Editores.
- Velázquez, M. P. (2007). *Temas Selectos de Biología 1, bachillerato*. México: ST Editorial.



1.1.3 Morfofisiología comparada de vertebrados. Generalidades

La clasificación más amplia de los animales implica dividirlos en vertebrados e invertebrados. La característica principal de los primeros es que poseen un esqueleto interno y columna vertebral; se clasifican en peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos.



Seguramente podrás diferenciar a estos grupos de animales basándote en algunas de sus características físicas, por ejemplo, los peces viven en el agua, respiran por branquias y su cuerpo está cubierto de escamas. En este grupo podemos encontrar al pez payaso, al pez beta y al tiburón.

Figura 38. Clasificación de los animales de acuerdo con la presencia o ausencia de un esqueleto interno

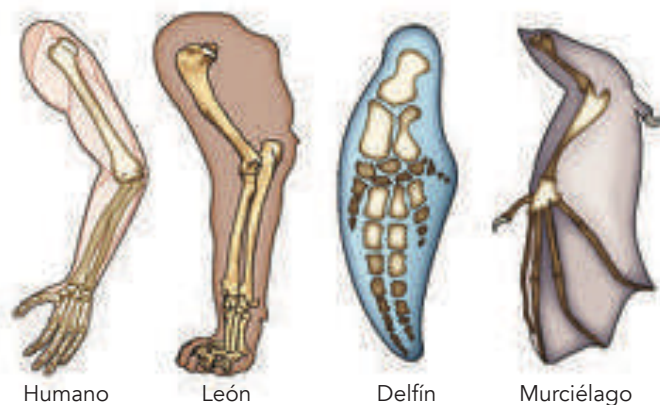


Los anfibios nacen en el agua y respiran por branquias mientras se desarrollan para convertirse en adultos. En esta etapa son capaces de vivir en la tierra y respirar por pulmones, aunque mantienen húmeda su piel. Ejemplos son las ranas, el ajolote, las salamandras, entre otros.

Los reptiles respiran por pulmones, tienen el cuerpo cubierto de escamas y se desplazan arrastrándose. Aquí encontramos a las tortugas, cocodrilos y serpientes.

Las aves también tienen respiración pulmonar. Su cuerpo está cubierto de plumas y la gran mayoría se desplaza volando, aunque algunas caminan sobre sus patas, mientras que otras pueden nadar. Los ejemplos de este grupo van desde el ave más pequeña, el colibrí, hasta la más grande, el avestruz.

Figura 39. Anatomía comparada de la extremidad anterior de cuatro especies de mamíferos. Estructuras homólogas



Finalmente están los mamíferos, entre cuyas características están la respiración pulmonar, la presencia de pelo en el cuerpo; al nacer se alimentan de leche, la cual toman de las glándulas mamarias de la hembra. La mayoría se desplaza caminando, excepto por los mamíferos acuáticos, como la ballena, o los mamíferos voladores, como el murciélago.

A excepción de los mamíferos, que en su mayoría nacen del cuerpo de su madre y son considerados como vivíparos, el resto de los vertebrados nacen de huevos, es decir, son ovíparos.

La morfología o anatomía comparada nos permite estudiar las semejanzas entre las estructuras de los vertebrados y de muchos otros organismos, con la finalidad de establecer relaciones evolutivas entre ellos y conocer el origen y función de las estructuras homólogas, análogas y vestigiales.

A continuación encontrarás información sobre los distintos procesos y funciones que llevan a cabo los vertebrados y podrás reconocer las diferencias y similitudes existentes entre ellos.

1.1.3.1 Digestión

Objetivo

Reconoce las diferencias y semejanzas en las estructuras y funciones que presentan los vertebrados dentro del proceso digestivo.



Objetivo

Rescate de conocimientos previos

La vida actual es el resultado de miles de millones de años de cambios, mutaciones y selección natural. A lo largo de todos esos años y en todas las especies, una necesidad ha permanecido invariable para sobrevivir: todos los organismos de la tierra necesitan energía. Para obtenerla, los animales la roban de otras formas de vida, desde microorganismos hasta otros animales. Una vez obtenida la comida, deben descomponerla y adquirir la energía y los nutrientes que requieren para crecer y sobrevivir. En la mayoría de los animales esa descomposición tiene lugar en el aparato digestivo.

El aparato digestivo es el encargado de romper las grandes moléculas que se encuentran en los alimentos para que puedan ser absorbidas y utilizadas por el cuerpo. Además, cada especie tiene adaptaciones o especializaciones que dependen de su tipo de alimentación.



Conocimientos previos

Desarrollo del contenido

El aparato digestivo de los vertebrados consiste en el tracto digestivo y glándulas asociadas a la digestión. El tracto digestivo incluye la cavidad bucal, la faringe y el canal alimentario, el cual se divide en esófago, estómago, intestinos y cloaca. Las glándulas asociadas al proceso de digestión son el hígado, la vesícula biliar y el páncreas.

La cavidad bucal está formada por los dientes, la lengua y el paladar. Las glándulas salivales vacían su contenido dentro de la cavidad bucal, la cual está formada por enzimas digestivas que permiten suavizar el alimento para comenzar la digestión química. La lengua es considerada una innovación evolutiva que sólo se encuentra presente en los vertebrados.

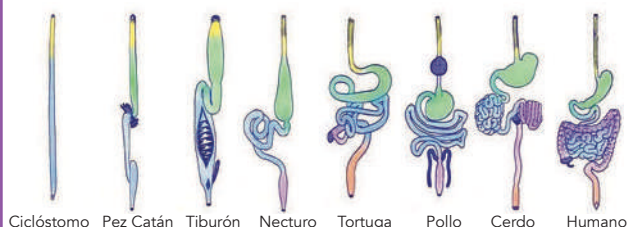
El canal alimentario es un conducto que se encarga de llevar los alimentos para convertirlos en sustancias químicas que aportan energía necesaria para el organismo.

Se cree que la evolución del aparato digestivo es el resultado de la búsqueda de otro tipo de alimento y, como consecuencia, de la necesidad de habitar nuevos nichos. Inicialmente, los vertebrados se alimentaban por filtración, proceso que fue cambiando y que resultó en la disminución del tamaño de la faringe y el número de hendiduras branquiales. En el resto de los



Contenido temático

Figura 40. Evolución del aparato digestivo en los vertebrados



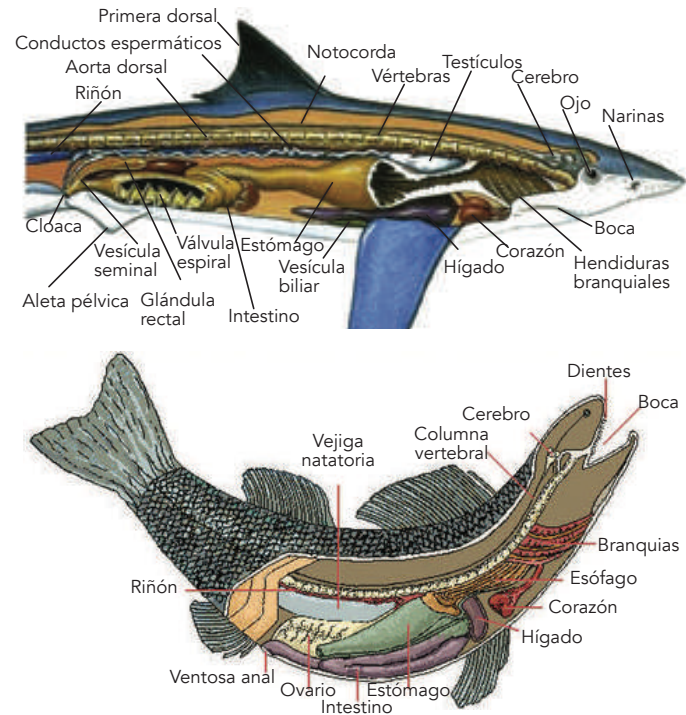
El tubo digestivo va adquiriendo complejidad a lo largo de la escala evolutiva.



vertebrados, los dos primeros arcos branquiales evolucionaron hasta convertirse en las mandíbulas y se especializaron en la captura del alimento.

Revisemos ahora cómo es cada una de estas estructuras en los diferentes grupos de vertebrados y algunos casos especiales.

Figura 41. A) Aparato digestivo de un pez óseo.
B) Aparato digestivo de un pez cartilaginoso (tiburón)



Peces

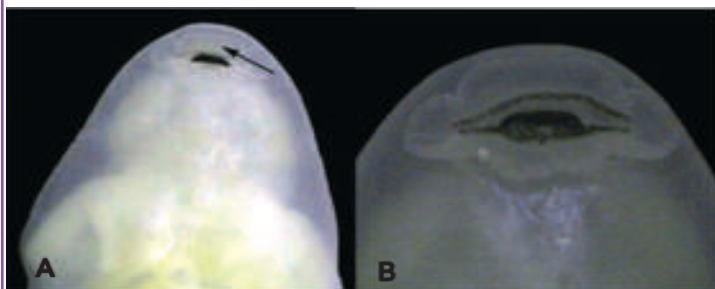
Los peces son animales con gran diversidad en el sistema digestivo, pues éste varía dependiendo del tipo de alimento, la edad y el ambiente en el que se encuentran. Su sistema digestivo presenta una boca, que difiere entre las especies, y que contiene una lengua inmóvil. Los dientes también son diferentes, dependiendo de los hábitos alimenticios e incluso pueden estar ausentes.

El esófago es corto y ancho; conecta la faringe y el estómago directamente con el intestino. Está cubierto de moco y tiene un saco muscular ciego que sirve para moler la comida.

El estómago está presente en todos los peces, excepto los pulmonados los cuales presentan un bulbo. La forma del estómago puede cambiar. En algunos casos presenta un ensanchamiento o una curvatura.

El intestino y el recto están separados físicamente por unas válvulas. En los peces herbívoros, el intestino es de mayor tamaño, lo que les permite aumentar el tiempo de residencia de la comida. También puede haber presencia de ciego, válvula espiral y ano.

Fig. 42. A. La flecha señala el disco oral de *Hyalinobatrachium ibama*. Debajo de esta estructura se encuentran los queratodontes.
En B se observan los queratodontes (filas oscuras), presentes en los renacuajos



Anfibios

Existen diferencias muy marcadas entre el aparato digestivo de los organismos en estadio larvario, o renacuajos, y en la etapa adulta de los anfibios.

En los renacuajos no hay presencia de dientes; sin embargo, presentan filas de estructuras queratinosas llamadas queratodontes, los cuales varían en número y en el grado de desarrollo durante el crecimiento. Son poco notorias al momento de la eclosión y pronunciadas conforme aumenta su desarrollo; se reducen al final del mismo y

son utilizadas para raspar la superficie del suelo y obtener de esta forma los microorganismos de los cuales se alimentan.

En los anuros, el estómago puede presentar cilios, mientras que en urodelos presenta movimientos peristálticos. A diferencia de lo que se podría pensar, el estómago en los renacuajos no tiene función digestiva, sino sólo de almacenamiento.

El intestino es delgado y muy largo, y tiene forma de espiral debido a que su alimentación es herbívora.

En los anfibios adultos la boca tiene una lengua muscular. En los anuros, la lengua sirve como elemento para capturar a las presas y se fija al piso de la cavidad bucal por la parte anterior de la boca. En los urodelos puede haber ausencia de lengua, pero, si está presente, es una estructura pegajosa que se adhiere a las presas y ayuda a la deglución.

Los dientes son pequeños y presentan un tipo de implantación acrodonta, es decir, se encuentran soldados al borde de la mandíbula.

El esófago es corto y se comunica directamente con el estómago, el cual posee cardias de forma longitudinal y un epitelio de secreción. El intestino grueso se encuentra enrollado y tiene como función principal la reducción de agua. La cloaca presenta el urodeo, estructura donde se acumula y concentra la orina; además, aquí llegan productos de los conductos genitales. Todos los anfibios adultos presentan vesícula biliar y páncreas.

Figura 43. Esquema de la función de la lengua retráctil en las ranas

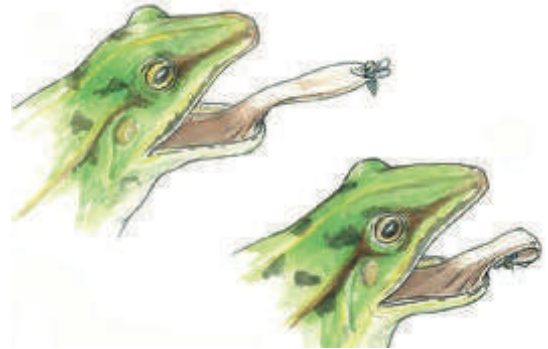
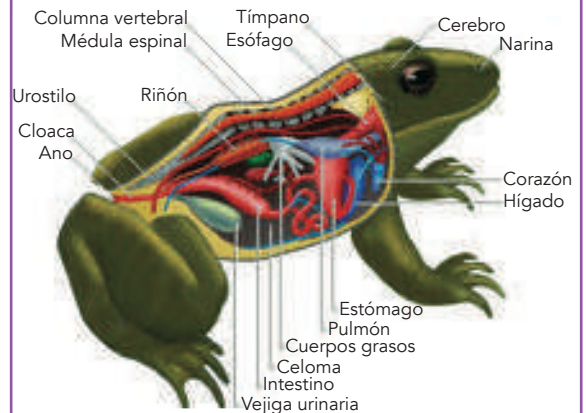


Figura 44. Esquema del aparato digestivo de los anfibios



Reptiles

En la boca de los reptiles se encuentra la lengua, los dientes y las glándulas salivares. En las serpientes y lagartijas, la lengua se puede proyectar a gran distancia para permitir la entrada de aire y/o para detectar las partículas químicas del ambiente que son evaluadas en su órgano vomeronasal, también conocido como órgano de Jacobson.

Muchas lagartijas, geckos y camaleones utilizan su lengua pegajosa para atrapar a su presa, la cual se proyecta fuera de la boca. En ella se mantiene la presa hasta que se retrae la lengua hacia la boca o hasta que las mandíbulas avanzan. Se cree que esta técnica, junto con la presencia de una lengua móvil y retráctil, representa una de las principales innovaciones de alimentación en la transición de los anfibios hacia la vida en la tierra, adaptación que posteriormente presentaron los reptiles. En tortugas y cocodrilos la lengua es carnosa; en las serpientes y lagartijas es delgada y bífida.

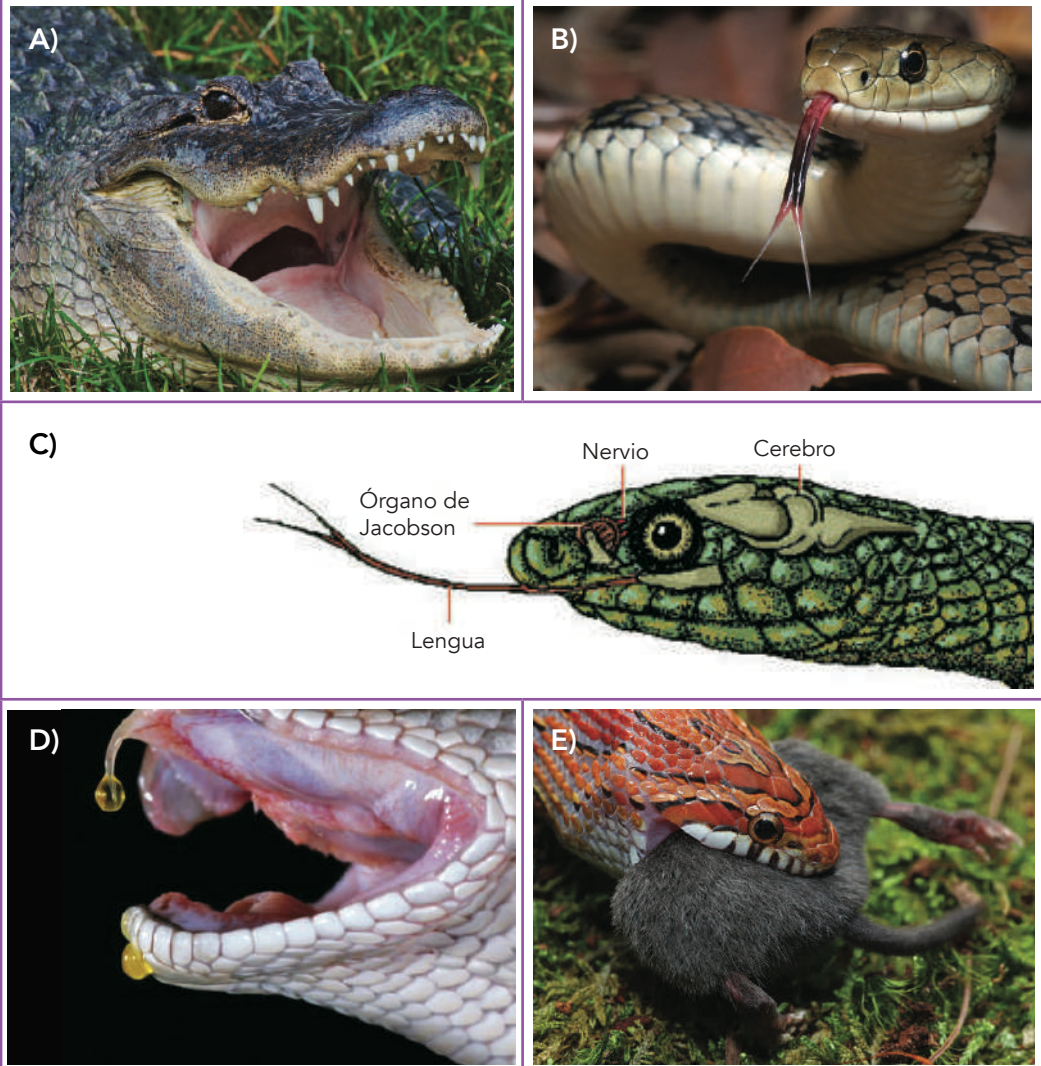
La dentición en los reptiles puede ser acrodonta, pleurodonta o tecodonta. La implantación de los dientes por anquilosis o acrodonta se presenta en las formas



más primitivas. El diente está unido a la mandíbula con los bordes a un mismo nivel como en algunas lagartijas; La implantación pleurodonta se da cuando el diente está apoyado en dos niveles para una mayor resistencia, por ejemplo, en los escamados. Por su parte, que los cocodrilos poseen implantación tecodonta.

Las glándulas salivales tienen la función de lubricar el alimento. En el caso de las serpientes, estas glándulas que contienen veneno y se localizan a los costados del cráneo. Sirven para iniciar la digestión de la presa y para defenderse.

Figura 45. Estructuras en la boca de los reptiles. A) Tipos de dientes presentes en los reptiles. Implantación tecodonta en cocodrilos. B) Lengua bífida en serpientes. C) órgano de Jacobson en serpientes. D y E) Glándulas salivales en las serpientes, las cuales tienen como función defenderse y lubricar el alimento



El esófago es un tubo elástico y presenta cilios para mover el alimento hacia el estómago. En especies de serpientes que se alimentan de huevos, dos vértebras se proyectan hacia el esófago para ayudar a romper el cascarón.

La forma del estómago depende de manera directa de la forma corporal del reptil. En especies con cuerpo alargado, como las serpientes y algunas lagartijas, el estómago también es alargado; en las tortugas tiene una forma globosa. El cardias, esfínter presente entre el esófago y estómago, está ausente en todos los reptiles.

El intestino delgado es corto y en él desembocan los conductos de glándulas digestivas como el hígado y el páncreas. En el intestino delgado se lleva a cabo la absorción de los nutrientes. El intestino grueso lleva a cabo la absorción de agua y desemboca en la porción ventral de la cloaca conocida como coprodeo. Por último, la cloaca es una estructura que recibe el contenido de los aparatos digestivo, urinario y reproductor.

El hígado y el páncreas son las dos glándulas digestivas accesorias. El primero produce jugos biliares que son almacenados en la vesícula y que desembocan en el intestino delgado; el segundo produce jugos digestivos para facilitar la absorción.

Aves

Las aves presentan órganos digestivos relativamente más cortos en comparación con los mamíferos.

Su sistema digestivo inicia en el pico, el cual está cubierto por una estructura conocida como ranfoteca, que cubre las mandíbulas. La forma del pico depende del tipo de alimentación y sustituye a los labios y dientes. Las cavidades orales y faríngeas son denominadas cavidades orofaríngeas, cuya característica principal es la presencia de un paladar largo y duro. La lengua se encuentra adaptada a la forma del pico. Algunas especies, por ejemplo el pájaro carpintero, la utilizan como una sonda para obtener insectos que se encuentran entre las grietas de los árboles o en agujeros que ellos mismos hacen. En los loros, pericos o cotorros, la lengua es dura y presenta músculos propios, además de tener mucha movilidad, lo que presumiblemente sea la razón por la que pueden emitir sonidos y palabras.

Figura 46. Esquema del aparato digestivo de dos grupos de reptiles, serpientes y tortugas

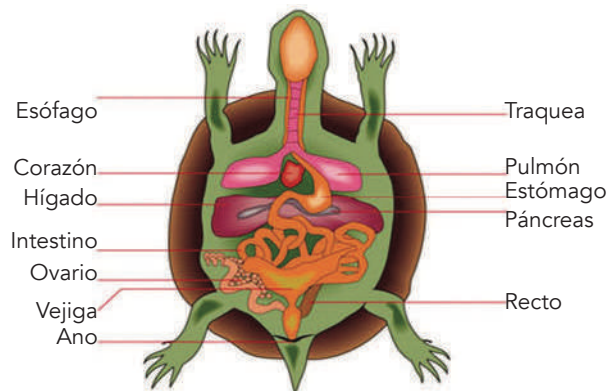
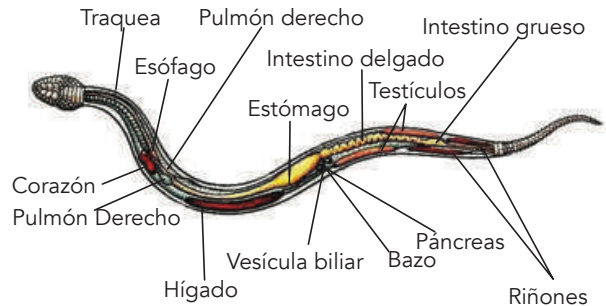


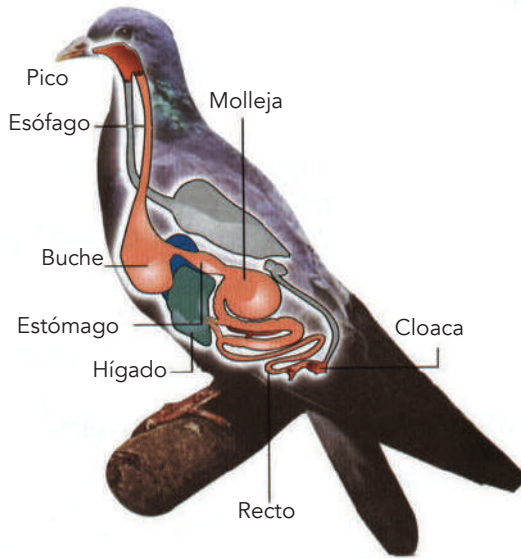
Figura 47. El tipo de pico en las aves depende de los hábitos alimenticios





Basado en Competencias

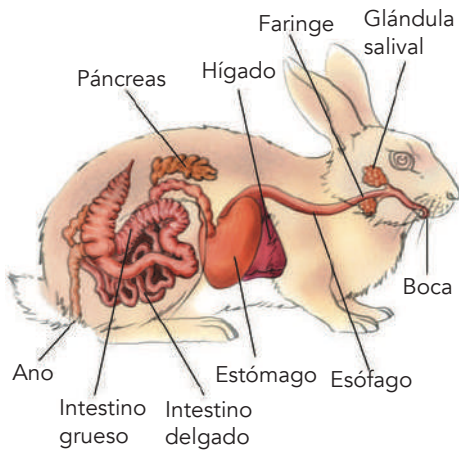
Figura 48. Esquema del aparato digestivo de las aves



El esófago contiene un ensanchamiento conocido como bucho. Por debajo de éste se encuentra el estómago glandular, también conocido como proventrículo o estómago verdadero, donde se realiza la digestión de los alimentos gracias a la presencia de enzimas. El alimento digerido pasa a la siguiente estructura conocida como estómago muscular o, más comúnmente, molleja, donde los alimentos son fraccionados en partículas aún más pequeñas debido a la presencia de granos de arena o piedras que favorecen la trituration del alimento, para que puedan ser absorbidas en el intestino.

En el caso de las aves rapaces, como el águila, la lechuza o el halcón, la molleja retiene desechos de los animales ingeridos, como pelo, huesos o plumas, que posteriormente son regurgitados como bolas denominadas egagrópilas.

Figura 49. Esquemas de aparatos digestivos de mamíferos herbívoros, carnívoros y omnívoros



El intestino delgado está formado por el duodeno, yeyuno, íleon, dos sacos ciegos y el recto, el cual desemboca en la cloaca. Al igual que el resto de las estructuras del aparato digestivo, el intestino delgado varía dependiendo del tipo de alimentación. En el caso de las aves granívoras y herbívoras, es un tubo muy largo, mientras que en las aves frugívoras y carnívoras es más corto.

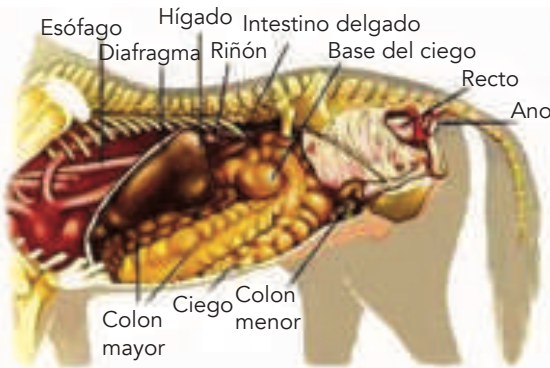
Se cree que los sacos ciegos permiten la absorción de agua y la digestión de la celulosa, molécula presente en las plantas.

Aquellas partículas que no alcanzaron a ser degradadas o absorbidas en el intestino delgado son transportadas al intestino grueso donde se alojan en el ciego para, posteriormente, ser aprovechadas. Al final del proceso digestivo, aquello que no se pudo absorber, se desecha o excreta a través de la cloaca, proceso que conocerás más adelante cuando estudies el aparato excretor.

Mamíferos

El aparato digestivo de los mamíferos depende del tipo de nutrición de los animales, ya sean herbívoros, como la vaca, carnívoros, como el león, omnívoros, como el cerdo, o insectívoros, como el oso hormiguero.

En los mamíferos la boca se encuentra bordeada por labios carnosos. Dentro de ella están los dientes, que son utilizados para masticar el

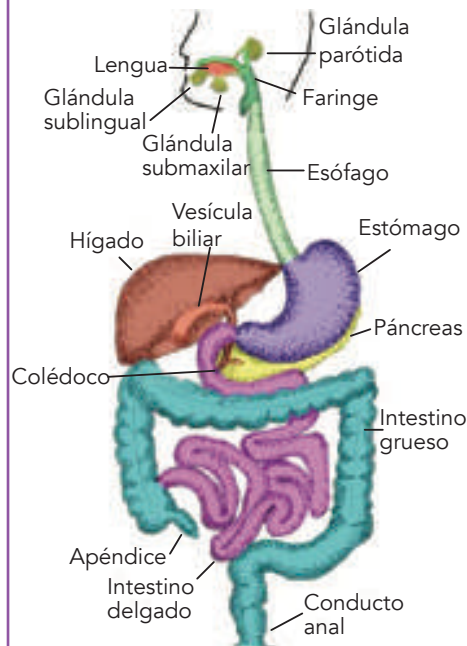


alimento y reducirlo a fragmentos pequeños. Éstos están formados por la corona y una o varias raíces que se insertan en el hueso. Excepto por algunas especies, como los monotremas o cetáceos, los dientes de los mamíferos son heterodontos y difiodontos, es decir, son de diferentes tipos (incisivos, caninos y molares) y dos generaciones de dientes, los deciduales, o de leche, y los definitivos. Sin embargo, su forma y disposición varía en función del tipo de alimentación.

Figura 51. Tipos de dientes en herbívoros, omnívoros y carnívoros



Figura 50. Aparato digestivo



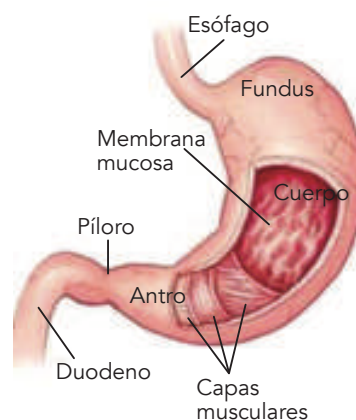
La lengua en los mamíferos presenta su máximo desarrollo, pues posee la musculatura más diferenciada entre los vertebrados. En la cavidad bucal desembocan las secreciones de las glándulas salivares. Se presenta una faringe corta; el esófago es un tubo que atraviesa el diafragma y conecta la faringe con el estómago. El bolo alimenticio, formado en la cavidad bucal, pasa a través del esófago para llegar al estómago a través de los movimientos peristálticos.

El estómago se presenta en forma de saco y las glándulas gástricas desembocan en esta estructura. El ácido clorhídrico es producido en el estómago. Dentro del estómago se mezcla la comida mecánicamente con las enzimas, el moco y el ácido clorhídrico producido por las células de la pared mucosa del estómago; a esta mezcla se le conoce como jugo gástrico.

De acuerdo con las características histológicas del estómago, se pueden reconocer tres regiones: el cardias, fundus y píloro. El cardias es la región de transición entre el esófago y el estómago. El fundus es la región más grande del estómago y contiene células gástricas responsables de la secreción de enzimas proteolíticas y de ácido clorhídrico, el cual se encarga de, entre otras funciones, retrasar la putrefacción de los alimentos por acción de las bacterias. Aquí se lleva a cabo la mayor parte del proceso digestivo mecánico y químico. Finalmente, el contenido gástrico pasa al píloro que contiene glándulas pilóricas que ayudan a neutralizar el contenido ácido que va a continuar su paso al intestino.

El intestino se divide en delgado y grueso. El intestino delgado se divide en tres regiones: el duodeno, el íleon y el yeyuno. En la primera porción se lleva a cabo parte de la absorción de

Figura 52. Esquema del estómago de un humano





los nutrientes gracias a la presencia de las microvellosidades intestinales y a los pliegues de las células epiteliales que incrementan el área de la superficie de absorción. Si el intestino delgado no presentara estas características y su interior fuera liso como el de un tubo de agua, no alcanzarían a absorberse los nutrientes por la velocidad con la que pasarían a través del tubo.

El intestino delgado se une al intestino grueso unos centímetros arriba su extremo, lo que permite la formación de un saco ciego. Esta estructura se encuentra muy desarrollada en los herbívoros y presenta una gran cantidad de bacterias, responsables de la digestión de la celulosa, proveniente de los alimentos de origen vegetal.

El intestino grueso es menos largo que el intestino delgado, pero su diámetro es mayor. En esta estructura se lleva a cabo la absorción de agua y la eliminación de desechos derivados de la materia no digerible y del quimo no absorbido. El intestino grueso se divide en intestino ascendente, transverso, descendente, colon sigmoidees, recto y ano.

Figura 53. Esquema del aparato digestivo de los rumiantes como la vaca

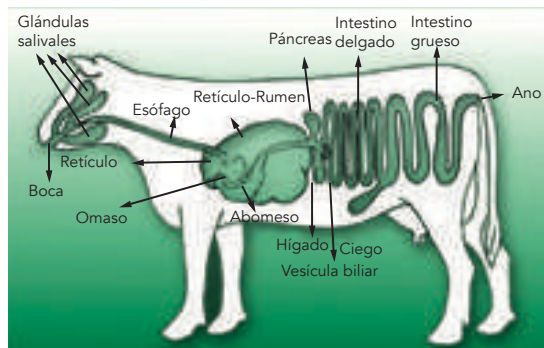
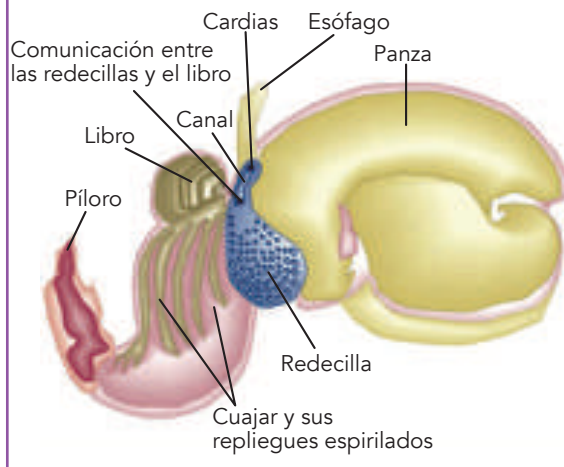


Figura 54. Esquema del estómago de los rumiantes con cada una de las cavidades que presenta



Aunque los mamíferos suelen tener salidas separadas para los sistemas digestivo, reproductor y excretor, los insectívoros son los únicos mamíferos que presentan cloaca.

Un caso especial de digestión en los mamíferos es la que presentan los rumiantes. Después de haber realizado la primera masticación de manera breve, tragan el alimento hasta llegar al estómago para después regurgitarlo hacia la boca y volver a masticarlo para tragarlo por segunda vez y ahora sí, continuar la digestión.

Sólo existe un estómago, como en el resto de los mamíferos; sin embargo, se encuentra dividido en cuatro regiones o cavidades, cada una con una función especial en el proceso digestivo.

La **panza** o **rumen** es la cavidad de mayor tamaño y donde se encuentra la mayor cantidad de microorganismos que permiten la descomposición y/o fermentación de los alimentos. La **redécilla** o **retículo** presenta una superficie interna en forma de alveolos. El **libro** u **omaso** lleva este nombre debido a que en su interior presenta láminas longitudinales que semejan las páginas de un libro. Por último, el **cuajar** o **abomaso**, esta es la única cavidad en la que se presentan glándulas digestivas; en sus paredes se presentan unos ligeros pliegues. Así que la próxima vez que comas un delicioso plato de pancita, seguro podrás identificar algunas de estas características.

Actividad



Actividad

Contesta las siguientes preguntas.

1. ¿Existe comunicación entre el aparato digestivo y el aparato respiratorio?

2. ¿La terminación del tubo digestivo es igual en todos los vertebrados?

3. Indica qué papel desempeña la bilis en el proceso digestivo.

4. En una diarrea se pierde gran cantidad de agua. Explica por qué.

Glosario



Glosario

Cloaca: cámara de vertebrados donde terminan el intestino, los conductos genitales y el conducto urinario.

Estructura análoga: son estructuras morfológicamente semejantes. Tienen la misma función, pero su desarrollo embrionario y su origen evolutivo son distintos; ejemplo: el ala de un insecto y el ala de un ave cumplen con la misma función, pero tiene origen distinto en el transcurso de la evolución.

Estructura homóloga: posee la misma posición con respecto a otros órganos e incluso pueden presentar el mismo patrón de desarrollo embrionario, pero su función es distinta. El ejemplo más claro son las extremidades anteriores de mamíferos como el humano, el león, el delfín y el murciélago.

Estructura vestigial: son estructuras que provienen de un ancestro común, pero no tienen ninguna función en el cuerpo de los organismos. Son la muestra de que alguna vez en nuestros antepasados cumplían con alguna función. Algunos ejemplos de órganos vestigiales en el humano es el apéndice, los terceros molares conocidos como "muelas del juicio", entre otros.

Larva: estado inmaduro de algunos organismos como los insectos, peces y anfibios.

Bibliografía



Bibliografía

- Hickman, C.P., R.G. Roberts y A.C. Larson (1997). *Zoología. Principios Integrales*. Madrid: McGraw-Hill-Interamericana.
- Kardong, K. V. (1999). *Vertebrados. Anatomía comparada, función, evolución*. España: McGraw-Hill Interamericana de España.



- Lawrence, Eleonor (ed.) (2000). *Diccionario Akal de términos biológicos*. Madrid: Akal Colecciones.
- Rada, M., J.V. Rueda-Almonacid., A. Velásquez-Álvarez y S. Sánchez-Pacheco (2007). *Descripción de las larvas de dos centrolénidos (Anura: Centrolenidae) del noroccidente de la Cordillera Oriental, Colombia*: Papeis Avulsos de Zoología.
- Solomon, E., L. Berg y D. Martin (2001). *Biología*. México: McGraw-Hill Interamericana.
- Young, J.Z. (1971). *La vida de los vertebrados*. Barcelona: Omega.

1.1.3.2 Respiración



Objetivo

Objetivo

Reconoce las diferencias anatómicas, morfológicas y fisiológicas del aparato con funciones de respiración en los vertebrados.

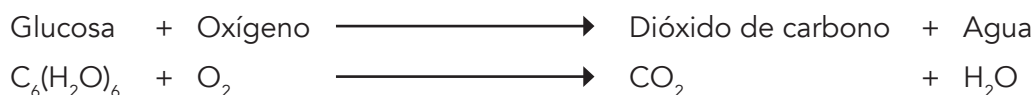


Conocimientos previos

Rescate de conocimientos previos (5 minutos)

La respiración es el proceso vital que llevan a cabo los seres vivos y que implica la captación de oxígeno del ambiente y la expulsión de dióxido de carbono incensario (Definición ABC, 2017).

Durante el proceso de la respiración la célula oxida a los carbohidratos para obtener energía:



Es fácilmente comprensible que una célula obtenga sus nutrientes de su medio ambiente inmediato y que éstos tengan que pasar la barrera de la membrana celular. Lo mismo realizan los metabolitos, producto de su metabolismo, los cuales tienen que ser desechados por la misma vía. Casos específicos son el oxígeno (O₂) y el dióxido de carbono (CO₂).

La ventilación pulmonar es el proceso mecánico por el cual el gas es transportado desde el aire hasta los alvéolos pulmonares y viceversa. El objetivo de esta función es transportar el oxígeno hasta el espacio alveolar para que se produzca el intercambio gaseoso, es decir, que ingrese el oxígeno al organismo y se elimine el dióxido de carbono.

Ventilación normal

Proceso similar al funcionamiento de un fuelle; sus componentes son:

Las vías aéreas: tubos de calibre regulable que comunican el exterior con la superficie de intercambio gaseoso.

El tórax y sus músculos: actúan como motor de la ventilación. El pulmón: superficie de intercambio gaseoso contenida dentro del tórax.

La frecuencia y amplitud de la respiración son reguladas por grupos de neuronas localizadas en el sistema nervioso que responden a los requerimientos del organismo.

A su vez, estos núcleos reciben información de sensores localizados en otras regiones del organismo (arterias, pulmones, bronquios, etc.) y factores químicos que funcionan como un sistema de retroalimentación que contribuyen a la preservación de una ventilación eficiente.

Estos centros o núcleos ubicados en el tallo cerebral (bulbo raquídeo y protuberancia) se conectan con las neuronas de la médula espinal que controlan la función de los músculos respiratorios.

La ventilación pulmonar se basa en la alternancia entre la inspiración y la espiración.

En condiciones normales la inspiración es activa, involuntaria y es realizada gracias a la participación de los músculos respiratorios, fundamentalmente el diafragma.

La espiración es un proceso pasivo. Sin embargo, acciones como soplar, toser, cantar o ejecutar instrumentos de viento requieren de la acción de los músculos espiratorios que son los abdominales (FAT, 2017).

Desarrollo del contenido (30 minutos)

Clasificación

Hay organismos que, para su respiración, requieren O_2 , el cual actúa como aceptor de electrones para la formación de agua. Esta respiración se llama **aeróbica**.

Otros organismos no requieren oxígeno, sino que utilizan moléculas inorgánicas como nitratos, sulfatos, azufre, dióxido de carbono, hierro, manganeso, etc., por lo que producen óxidos de nitrógeno, metano, etc. Esta respiración es llamada **anaeróbica**.

Cuando la célula toma el oxígeno y excreta el dióxido de carbono por difusión través de la membrana, se le llama **respiración directa**, mientras que los organismos pluricelulares incorporan el oxígeno a través de estructuras anatómicas especializadas, llamadas en su conjunto "aparato respiratorio" (**respiración indirecta**).

En el reino animal se encuentran distintos tipos de sistemas de respiración. Cada sistema presenta distinto nivel de complejidad, dependiendo del tipo de animal, de sus necesidades energéticas y del medio donde vive.

En organismos unicelulares, la adquisición de oxígeno del medio ambiente es por medio de difusión, mientras que en organismos multicelulares este proceso se lleva a cabo por medio de la piel (cutánea), bronquios, tráqueas y pulmones, cada uno con diferentes órganos propios.

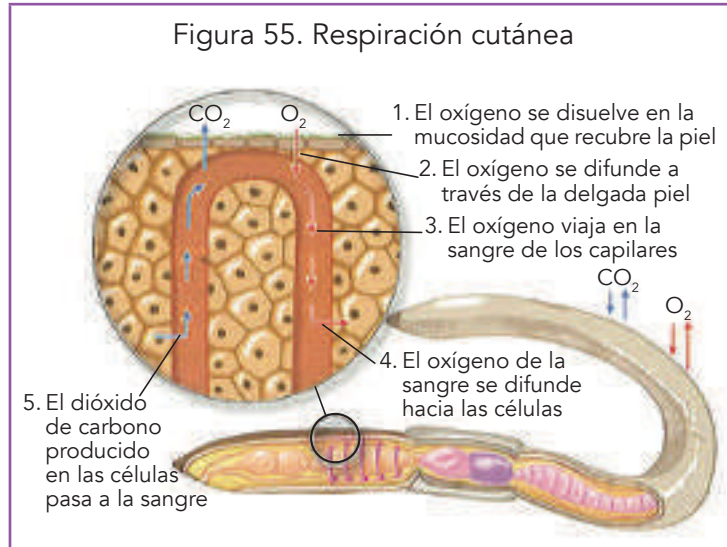
Finalmente, todas las células adquieren al aceptor de electrones y desechan el producto de la respiración hacia el respectivo medio que las rodea.





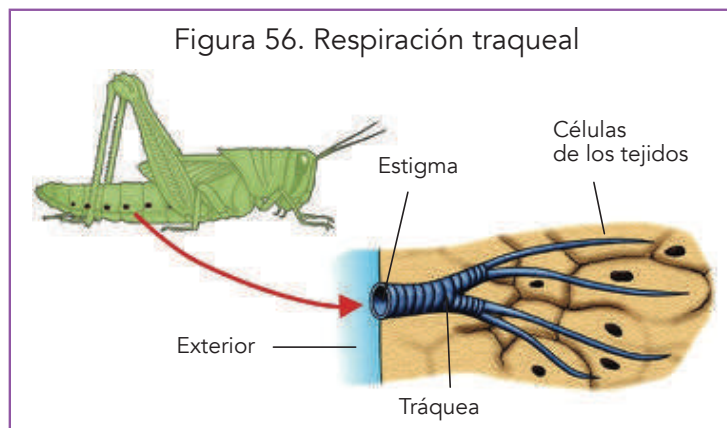
A. Respiración cutánea

Este tipo de respiración es propia de los anélidos (gusanos cilíndricos segmentados), de algunos moluscos (almejas, ostras, pulpos, babosas y diversos caracoles), de los anfibios (como las ranas) e incluso de ciertos equinodermos (estrellas de mar y erizos de mar).



Hay que distinguir el tegumento corporal, que configura la estructura respiratoria, y la piel, a través de la cual se realiza el intercambio gaseoso por medio de la epidermis, siempre y cuando la cutícula externa esté húmeda, algo que se consigue porque, intercaladas entre las células cúbicas del epitelio, hay células glandulares. Los anfibios, por ejemplo, las ranas y sapos, respiran en el interior del agua a través de branquias. Cuando sufren su metamorfosis para entrar en la edad adulta, pierden esas branquias y desarrollan unos pulmones para poder respirar en tierra.

B. Respiración traqueal



Tipo de respiración que presentan los insectos, miriápodos y arácnidos. Las tráqueas son tubos que dan al exterior por unos orificios llamados estigmas (en los arácnidos se les llama espiráculos). Desde ellos circula el aire del exterior hacia el interior y, conforme profundizan en el cuerpo, disminuyen de diámetro, al tiempo que sus paredes se hacen más delgadas y se ramifican, nombrándoseles traqueolas. Así, el oxígeno las atraviesa la pared de las traqueolas y llega a las células, mientras que el dióxido de carbono escapa de ellas y es conducido al exterior. El conjunto de tráqueas forma el sistema traqueal que es una red de tubos vacíos, que penetra en los tejidos y aporta oxígeno directamente a las células.

ga a las células, mientras que el dióxido de carbono escapa de ellas y es conducido al exterior. El conjunto de tráqueas forma el sistema traqueal que es una red de tubos vacíos, que penetra en los tejidos y aporta oxígeno directamente a las células.

C. Respiración por branquias

Es aquella que se lleva a cabo a través de las branquias (estructuras que también se conocen con el nombre de "agallas"). Una gran cantidad de animales acuáticos dispone de estos órganos que permiten absorber el oxígeno presente en el agua y eliminar el dióxido de carbono.

Las branquias son órganos inadecuados para ambientes aéreos, ya que, si los filamentos branquiales no están en el agua, se doblan y se pegan

entre sí. Un pez fuera del agua muere rápidamente por asfixia ya que las branquias no pueden tomar el oxígeno del aire, sino sólo el que se encuentra disuelto en el agua.

De acuerdo con su localización en los organismos, se clasifican como:

Branquias internas: órganos formados por numerosos filamentos branquiales que se ubican, por ejemplo, en las ventanas de la laringe de los peces óseos (comúnmente se le llaman agallas). Presentan elevada vascularización, de allí su color rojizo, y en peces óseos están cubiertos por una estructura rígida llamada opérculo. Están presentes también en el manto de los pulpos y calamares.

Branquias externas: filamentos ramificados muy vascularizados que emergen a cada lado del cuello del animal. En anfibios sin cola (sapos y ranas) sólo se presentan durante el estadio de renacuajo y en salamandras acuáticas, en estadio adulto.

En la respiración por branquias o branquial, el oxígeno es distribuido a todas las células del cuerpo por medio de un aparato respiratorio, mismo que llevará a las branquias el dióxido de carbono producido por el metabolismo celular.

D. Respiración pulmonar

Los mamíferos, las aves, los reptiles y muchos anfibios la utilizan para respirar. El principal órgano de este sistema son los pulmones. En estos órganos, la sangre recibe oxígeno desde el aire que se inhala de la atmósfera y se deshace del dióxido de carbono, el cual pasa al aire que es exhalado hacia la atmósfera. Ambos procesos, la inhalación y la exhalación, son llamados "ventilación".

El intercambio de gases se produce mediante la difusión del oxígeno y el dióxido de carbono entre la sangre y los alvéolos que forman los pulmones.

La respiración pulmonar requiere el apoyo del aparato circulatorio para la conducción de los gases.

En general, en las aves, el aparato respiratorio está compuesto por:

- **Tráquea:** tubo que conduce el aire del exterior a los bronquios.
- **Bronquio:** cada uno de los dos conductos fibrocartilaginosos en que se bifurca la tráquea y que entran en los pulmones.

Figura 57. Respiración por branquias

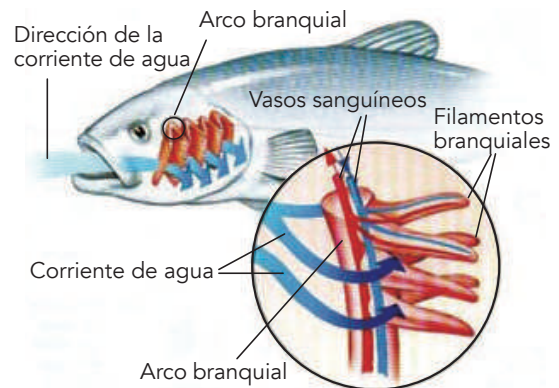
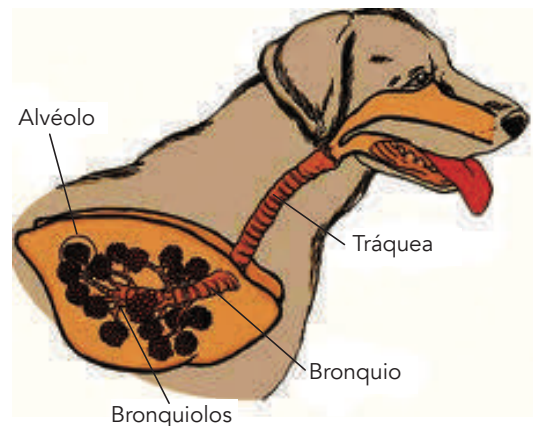


Figura 58. Respiración pulmonar



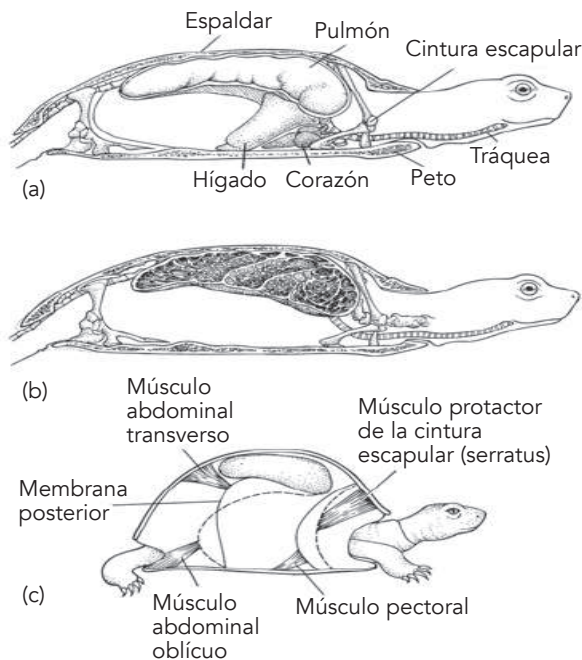


- **Pulmones:** órganos de estructura esponjosa, blanda y flexible, que se comprimen y dilatan. Ocupan una parte de la cavidad torácica y es donde se realiza el intercambio de gases.
- **Sacos aéreos:** cámaras comunicadas con los pulmones, que actúan como una prolongación de éstos y penetran en los huesos, aligerando el peso del ave. Sirven para almacenar el aire, aunque no se realiza aquí el intercambio de gases, sino sólo en los pulmones. Podemos distinguir entre los sacos aéreos anteriores (situados en la cavidad torácica) y los sacos aéreos posteriores (también llamados ventrales por situarse en el abdomen).

Cuando el ave inspira, el aire llega desde los bronquios hasta los sacos aéreos posteriores, donde es almacenado. Al expirar, éstos se colapsan e impulsan al aire hacia los pulmones, donde el oxígeno es captado. El aire que contiene grandes cantidades de dióxido de carbono (perjudicial para el organismo) es contenido en los sacos aéreos anteriores, y el animal inhala de nuevo aire fresco para enviar a los sacos aéreos posteriores. Al expirar, expulsa el aire consumido de los sacos anteriores (al exterior) y se lleva aire fresco de los sacos aéreos posteriores a los pulmones.

Los reptiles escamosos como las serpientes y los lagartos no tienen músculo diafragma para la ventilación pulmonar. Los que usan para la locomoción son los mismos utilizados por su sistema respiratorio. Los músculos contráctiles y flexibles del cuerpo mueven sus costillas y llenan sus pulmones.

Figura 59. Aparato respiratorio de reptiles testudines (tortugas)



Los reptiles cocodrilidos utilizan un músculo diafragma para la ventilación pulmonar pero, a diferencia de los mamíferos, utilizan una especie de pistón hepático, un proceso que implica el movimiento muscular de la pelvis y el hígado en lugar de la caja torácica. Este movimiento de órganos permite que los pulmones puedan expandirse.

En los reptiles testudines, el caparazón duro que tienen las tortugas marinas y las tortugas de tierra dificulta la expansión pulmonar. Usan sus extremidades para la ventilación pulmonar. Los pulmones de algunas tortugas se encuentran cubiertos con una lámina muscular. Cuando retraen sus miembros se expulsa el aire y, al empujarlos hacia afuera, se expanden los pulmones. En muchas tortugas, éstos se adhieren al caparazón y a los órganos internos. Al contraer y flexionar una serie de músculos, estas tortugas pueden empujar a estos órganos hacia arriba y abajo, contrayendo y expandiéndolos. El movimiento de sus extremidades ayuda a este proceso respiratorio.

El aparato respiratorio de los mamíferos es un conjunto de estructuras cuya función es que el organismo cuente con un buen aporte de oxígeno. El aire inspirado de la atmósfera es rico en oxígeno y usado por las células para llevar a cabo la respiración y generar energía. El aire expirado expulsa hacia la atmósfera los desechos de dióxido de carbono obtenidos en las células tras la respiración.

El intercambio de gases se hace a través de una membrana en los alvéolos pulmonares y la pared de los capilares sanguíneos. El oxígeno se une a la hemoglobina, un pigmento respiratorio de color rojo que se encuentra en el interior de los glóbulos rojos, y es transportado a cada célula del cuerpo gracias a la sangre. Una vez que llega al tejido y a las células, el oxígeno se desprende y se introduce en la célula, y el dióxido de carbono se introduce en el torrente, ya sea unido a la hemoglobina o disuelto en el plasma.

La porción conductora del aparato respiratorio en mamíferos se encarga de llevar el aire hacia los alvéolos, que están íntimamente ligados a los capilares sanguíneos.

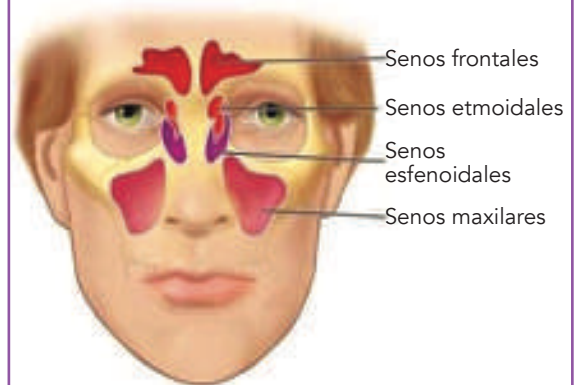
Partes del aparato respiratorio de mamíferos

Área nasal o fosas nasales

Las fosas nasales en mamíferos se abren al exterior a través de la nariz. Algunos mamíferos la tienen cubierta por piel pigmentada y está separada en dos partes por una línea continua denominada filtrum o espacio nasolabial. Los orificios nasales u ollares, también llamados narinas, están delimitados lateralmente por las aletas de la nariz. Cuando el aire penetra, se conecta con la cavidad nasal, en donde encontramos:

- **Tabique nasal:** separa ambos orificios nasales, ollares o narinas.
- **Órgano vomeronasal o de Jacobson:** responde a cierto tipo de moléculas presentes en el aire que comúnmente son portadoras de algún mensaje. Se localiza en la base de las fosas nasales y se relacionan con el olfato y el gusto. Con esta información, algunos animales son capaces de hacerse un mapa del espacio y una opinión acerca de sus congéneres y su entorno (como sexo, receptividad sexual o celo).
- **Cornetes nasales:** tejido óseo esponjoso muy fino y frágil enrollado sobre sí mismo que sirve para aumentar la superficie de filtrado, humidificación y calentamiento del aire que llegará a los pulmones.
- **Senos paranasales:** son 8 cavidades de las fosas nasales tapizadas de mucosa, introducidas en los huesos nasales, que se comunican con la cavidad nasal, aunque pueden estar cerrados por engrosamientos de la mucosa. Tienen como función dar ligereza a la cabeza y protección térmica, así como modificar la resonancia de la voz y servir como puntos de inserción de diferentes estructuras de la boca.

Figura 60. Senos paranasales





Senos frontales

Son dos cavidades separadas por el tabique interfrontal; cada seno, a su vez puede tener uno o más compartimentos. Se localizan adelante de la pared de la frente; abajo está la órbita y el techo de la cavidad nasal y, atrás, la fosa craneal anterior y los senos sagitales superior e inferior.

Seno etmoidal

Es el laberinto o celdillas etmoidales que se encuentran a cada lado de la mitad y el tercio superior de la cavidad nasal y medial del hueso de la órbita.

Seno maxilar

El seno maxilar es el más grande de los senos paranasales. Tiene forma piramidal irregular con base hacia la fosa nasal y vértice hacia la apófisis cigomática o piramidal del maxilar.

Seno esfenoidal

Está situado en el cuerpo del esfenoides, por lo que su tamaño y forma son variables.

Mucosa nasal

Es un tejido muy vascularizado y tapizado de glándulas mucosas que ayudan a crear un ambiente altamente húmedo.

La función las fosas nasales es limpiar, calentar y humedecer el aire que entra al organismo. Además, es muy importante en especies que tienen la olfacción muy desarrollada o cuya principal forma de termorregulación es el jadeo.

Faringe

Es una estructura con forma de tubo que ayuda a respirar. Está situada en el cuello y revestido de membrana mucosa. Conecta la cavidad bucal y las fosas nasales con el esófago y la laringe respectivamente, y por ella pasan tanto el aire como los alimentos, por lo que forma parte del aparato digestivo así como del respiratorio. Se distinguen tres partes:

- 1) **Orofaringe**, final de la boca.
- 2) **Nasofaringe**, final de la cavidad nasal.
- 3) **Faringe esofágica**.

La orofaringe y la nasofaringe están separadas entre sí por una lámina de paladar blando, que se mueve tapando una porción u otra en función de la acción que se esté llevando a cabo. Además, se comunica con las trompas de Eustaquio del oído para evitar problemas de diferencias de presión.

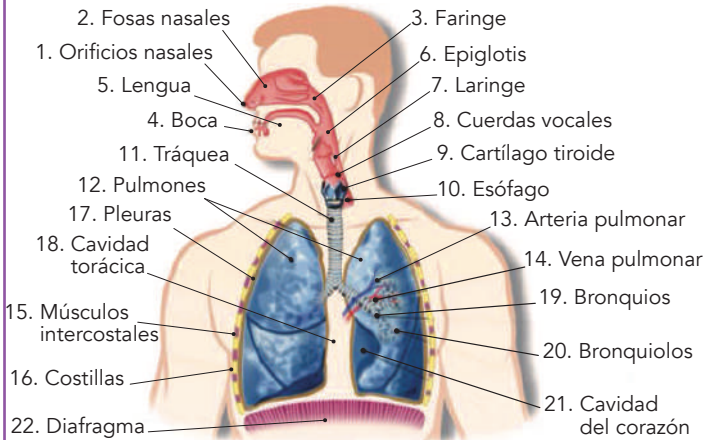
Laringe

La laringe en mamíferos es la puerta de entrada a las vías respiratorias que se cierra durante la ingesta y se abre durante la respiración. En la laringe vamos a encontrar las cuerdas vocales, que facilitan al animal emitir vocalizaciones. Está formada por cartílagos laríngeos tapizados de musculatura lisa y tejido mucoso:

- **Cartílago tiroideo**: el más grande y sirve de sostén (nuez o manzana de Adán).
- **Cartílago cricoides**: parte más nasal y tiene forma de anillo; se relaciona con el primer anillo traqueal.
- **Cartílago epiglótico**: tiene forma de hoja grande y cierra la laringe en la deglución.

- **Cartílagos aritenoides:** rodean la glotis en forma de v; están situados entre el cricoides y el epiglótico.
- **Glotis:** es el agujero de entrada a la faringe.

Figura 61. Aparato respiratorio humano



Tráquea

La tráquea en mamíferos es el conducto tubular que va desde la laringe hasta los bronquios en forma paralela al esófago. Es un tubo algo flexible para adaptarse a los movimientos del cuerpo del animal y de los órganos contiguos. No es colapsable pues evita la interrupción del flujo de aire a los pulmones, ya que está formado de anillos traqueales cartilaginosos con musculatura lisa. También puede expandirse para ajustarse a cambios en el volumen de aire que entre o salga. En su parte final se divide en dos bronquios.

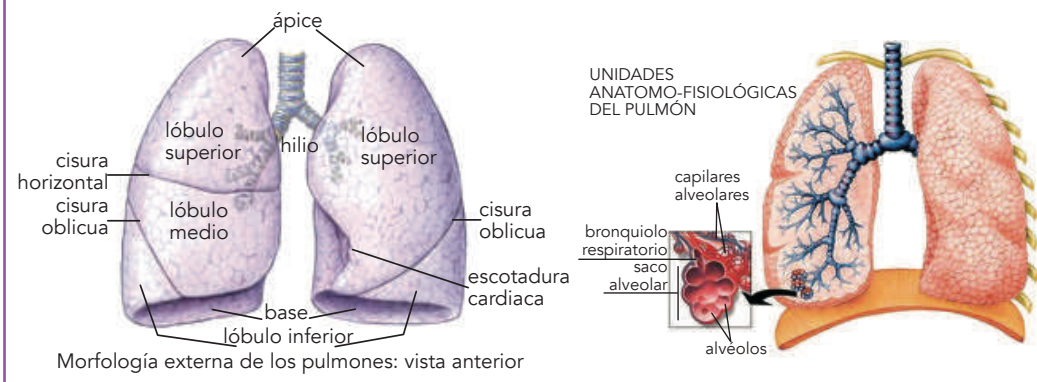
Bronquios

Son la bifurcación de la tráquea. Se van dividiendo, a su vez, en tubos más pequeños que, cuando miden menos de 1 milímetro de diámetro, se denominan bronquiolos. Los bronquios en mamíferos penetran en el saco pulmonar y están formados por musculatura lisa y mucosa respiratoria.

Alvéolos pulmonares

Los alvéolos son sacos que contactan íntimamente con capilares sanguíneos y es donde se lleva a cabo el intercambio de gases.

Figura 62. Morfología externa e interna de pulmones humanos



Pulmones

Se ubican dentro de la cavidad torácica, delimitada por la columna vertebral en el lado dorsal, por el esternón en el ventral, por la escápula y el húmero en el craneal, por el músculo diafragmático en el caudal, y por las costillas y los



músculos intercostales en el lateral. En la zona medial se encuentran delimitados por la tráquea, esófago y corazón.

Los pulmones están formados por el tejido elástico e incluyen a bronquios, bronquiolos y las zonas de intercambio de gases o alvéolos pulmonares. La zona que los rodea se denomina mediastino. En el hombre, el pulmón derecho está formado por tres lóbulos y el izquierdo por dos.

El hilio pulmonar es la zona de entrada y salida de estructuras su interior. Está situado medialmente y a él entran los bronquios, vasos sanguíneos (tanto la arteria como la vena pulmonar), vasos linfáticos y nervios.

Los pulmones están rodeados de láminas de tejido seroso. Existe una capa más externa e íntimamente unida a los pulmones llamada visceral. La más externa es la parietal y se denomina de diferentes formas según las estructuras que contacta: la parte parietal costal (en contacto con los músculos intercostales), la parietal diafragmática (en contacto con el diafragma), parietal mediastínica (en contacto con el mediastino). Entre estas dos capas, se encuentra la cavidad pleural llena de líquido.

El movimiento de los músculos provoca una presión sobre estas capas y este líquido, haciendo que el aire pueda entrar o salir del pulmón como si fuese un globo. Este líquido puede modificarse por infecciones o derrames que presionan el pulmón y provocan dificultad respiratoria. En el hombre están cubiertos por una doble membrana lubricada (serosa) llamada pleura. Están separados el uno del otro por el mediastino.

La pleura es una membrana elástica de tejido conjuntivo que evita la fricción directa de los pulmones con el tórax. Consta de dos capas: la que recubre y se adhiere al diafragma y a la parte interior de la caja torácica llamada pleura parietal o externa, y la que recubre el exterior de los pulmones, introduciéndose en sus lóbulos a través de las cisuras, llamada pleura visceral. Entre la pleura parietal y la visceral existe un líquido lubricante denominado líquido pleural (Ocaña, 2015).

Diafragma

Es un tejido músculo-tendinoso encargado de la respiración. Cuando una persona inhala, el diafragma se contrae y agranda el espacio disponible en la cavidad torácica. Tiene forma de bóveda que separa la cavidad torácica de la abdominal, compuesto de fibras musculares esqueléticas. En el humano, tiene una estructura de dos cúpulas, una para cada cavidad pulmonar, llamadas hemidiafragmas que se cierran por debajo de la cavidad torácica. Está atravesado por ciertos orificios que permiten el paso de ciertas estructuras:

- **Hiato esofágico:** agujero natural que permite el paso del esófago del tórax hacia el abdomen.
- **Hiato aórtico:** es el paso de la arteria aorta, la más grande del organismo.
- **Foramen caval:** por él pasa la vena cava inferior o caudal.

Ventilación pulmonar

- Durante la espiración se distienden los músculos intercostales y el diafragma, disminuyendo la cavidad torácica y empujando el aire hacia fuera.
- Durante la inspiración, los músculos intercostales y el diafragma se contraen, tirando de la pleura y aumentando el espacio de la cavidad torácica. Esto crea una fuerza de succión o una presión negativa hacia el interior del pulmón, permitiendo la entrada de aire.

Probablemente estos movimientos tengan su principal acción en las pleuras, al crear una cámara de vacío en su interior. Por medio de una serie de cambios de presiones, el aire pasa al pulmón o se expulsa.

Actividad (10 minutos)

A

Actividad

Resuelve la siguiente sopa de letras al contestar las preguntas señaladas.

APARATO RESPIRATORIO

R	W	U	A	E	I	Q	A	U	E	F	Y	Y	K	P	L
E	E	O	J	B	N	Q	Q	V	R	E	Q	I	V	U	O
U	E	A	H	V	P	I	F	G	U	K	R	L	P	L	I
R	U	E	O	T	R	A	Q	U	E	A	I	U	O	M	O
O	V	I	U	X	E	Q	N	A	R	I	Z	O	Y	O	I
X	B	R	O	N	Q	U	I	O	S	X	X	V	T	N	P
D	X	G	E	D	V	K	B	L	E	A	D	W	J	E	U
E	M	A	Q	T	K	O	O	A	P	X	Y	B	B	S	N
G	O	N	T	Q	Y	Y	I	R	I	M	F	U	Y	G	X
R	R	T	F	Y	O	L	P	I	G	A	E	A	Z	Y	V
Y	W	E	A	I	R	W	E	N	L	V	I	M	I	H	X
T	E	A	R	U	B	Y	G	G	O	I	X	C	I	Q	B
O	M	D	I	A	Z	U	Y	E	T	L	Q	I	C	B	J
A	O	M	N	O	X	I	N	E	I	L	S	T	H	Y	Y
E	I	P	G	M	V	J	C	E	S	Z	L	Z	A	U	E
A	L	V	E	O	L	O	S	Q	B	E	M	V	R	E	Z

RESPUESTAS:
 TRÁQUEA
 BRONQUIOS
 PULMONES
 EPIGLOTTIS
 ALVEÓLOS
 NARIZ
 LARINGE
 FARINGE

DESCRIPCIÓN	ÓRGANO
1. Conducto tubular que va desde la laringe hasta los bronquios en forma paralela al esófago.	
2. Es la bifurcación de la tráquea que, a su vez, se va dividiendo en tubos más pequeños.	
3. Se ubican dentro de la cavidad torácica delimitada por la columna vertebral en el lado dorsal, por el esternón en el ventral, por la escápula y el húmero en el craneal, por el músculo diafragmático en el caudal, y por las costillas y los músculos intercostales en el lateral.	
4. Tiene forma de hoja grande y cierra la laringe en la deglución.	
5. Es la puerta de entrada a las vías respiratorias que se cierra durante la ingesta y se abre durante la respiración.	
6. Es una estructura con forma de tubo que ayuda a respirar. Está situada en el cuello y revestido de membrana mucosa; conecta la cavidad bucal y las fosas nasales con el esófago y la laringe respectivamente. Por ella pasan tanto el aire como los alimentos.	
7. Son sacos que se contactan íntimamente con los capilares sanguíneos y es donde se lleva a cabo el intercambio de gases.	
8. Está compuesta por las fosas nasales.	



Evalúa

Evaluación (5 minutos)

Delante de la frase coloca una "F" si es falsa o una "V" si es verdadera. Una vez terminada la actividad, dásela a tu compañero para que la califique.

1. Los bronquios son los órganos donde se realiza el intercambio de gases. _____ ()
2. La tráquea es un tubo que conduce el aire hasta los bronquios. _____ ()
3. La faringe es una estructura con forma de tubo que ayuda a respirar, está situada en el cuello y revestido de membrana mucosa; conecta la cavidad bucal y las fosas nasales con el esófago. _____ ()
4. En la laringe se encuentran las fosas nasales. _____ ()
5. La función las fosas nasales es limpiar, calentar y humedecer el aire que entra al organismo; además es muy importante en especies que tienen la olfacción muy desarrollada y cuya principal forma de termorregulación es el jadeo. _____ ()



Glosario

Glosario

Cavidad torácica: cavidad formada por costillas, esternón y columna vertebral que tiene como función la protección de pulmones y corazón principalmente.

Hiato: fisura o hendidura en alguna formación del cuerpo. La hernia de hiato es una abertura en el diafragma que hace que la parte superior del estómago pase hacia el esófago (lo que se conoce como reflujo gastroesofágico) y se abulte.

Pleura: membrana delgada que recubre el exterior de los pulmones y reviste el interior de la cavidad torácica. Entre las membranas de la pleura existe un pequeño espacio que, normalmente, está lleno de una pequeña cantidad de líquido que ayuda a las dos membranas de la pleura a deslizarse suavemente una contra otra cuando los pulmones inhalan y exhalan.

Cartílago: tejido firme, pero flexible, que cubre los extremos de los huesos en una articulación. También da forma y apoyo a otras partes del cuerpo, tales como a las orejas, la nariz y la tráquea. El cartílago sano ayuda al movimiento, al permitir que unos huesos se deslicen por encima de otros. También protege a los huesos, impidiendo que se froten entre sí.

Mucosa: membrana rica en glándulas mucosas que alinea los conductos del cuerpo y las cavidades (como de los tractos digestivo, respiratorio y genitourinario) que conectan directa o indirectamente con el exterior.

Para saber más

Consulta sobre el aparato respiratorio:



Saber más

Bibliografía

- Alberts, B., A. Johnson et. al. (2004). *Biología molecular de la célula*. España: Omega.
- Asociación Colombiana de Neumología y Cirugía de Tórax (2017). *Revista colombiana de neumología*, vol. 29, núm. 1. <<http://revistas.asoneumocito.org/index.php/rcneumologia>>.
- Definición ABC (2017). "Definición de respiración". <<http://definicionabc.com>>.
- Definicion.de (2017). "Definición de hiato". <<https://definicion.de/hiato/>>.
- EcuRed (2017). "Definición de pleura". <<https://www.ecured.cu/Pleura>>.
- Expósito Ocaña, Miguel (2015). "Aparato respiratorio en mamíferos, descripción y partes" en *Paradais Sphynx*, disponible en <https://mamiferos.paradais-sphynx.com/informacion/aparato-respiratorio-mamiferos.htm> (consultado en septiembre de 2015).
- FAT (Fundación Argentina del Tórax) (2017). "Ventilación pulmonar". <<http://www.fundaciontorax.org.ar/page/index.php/anatomia-y-fisiologia/685-ventilacion-pulmonar>>.
- Laferla, Natalia (2016). *Aparato respiratorio del perro*. Disponible en <http://respiratorio-aparato-perro.blogspot.mx/2016/10/aparato-respiratorio-del-perro-unvm.html> (consultado en septiembre de 2017).
- MedlinePlus (2017). "Enfermedades del cartilago". <<https://medlineplus.gov/spanish/cartilagedisorders.html>>.
- Merriam-Webster (2017). "Definición de mucosa". <<https://www.merriam-webster.com/dictionary/mucosa>>.
- Monografías.com (2017). "Anatomía del sistema óseo". <<http://www.monografias.com/trabajos83/anatomia-del-sistema-oseo/anatomia-del-sistema-oseo.shtml>>.
- Solomon, E., Berg, L. y Martin, D. (2001). *Biología*. México: McGraw-Hill Interamericana.



Bibliografía

1.1.3.3 Circulación

Objetivo

Reconoce las diferencias anatómicas, morfológicas y fisiológicas del aparato con funciones de circulación en los vertebrados.



Objetivo

Rescate de conocimientos previos (5 minutos)

Es importante recordar que los miembros del Reino Animalia, Filo Cordata y Subfilo Vertebrados son animales que se caracterizan porque su columna vertebral está compuesta por vértebras.

Así mismo, se dividen en las siguientes superclases:

- **Superclase Agnatha** (vertebrados sin mandíbulas): sus miembros son las lampreas y los mixinos.



Conocimientos previos



- **Superclase Gnathostomata** (vertebrados con mandíbulas): sus miembros los tiburones, rayas y otros peces cartilaginosos, así como peces óseos.
- **Superclase Tetrapoda** (con cuatro extremidades): sus miembros son anfibios, reptiles, aves y mamíferos.

Todos ellos necesitan distribuir los nutrientes absorbidos por el intestino, el oxígeno absorbido por pulmones y las hormonas producidas por el sistema endócrino, a todas las células del organismo. Igualmente requieren remover desechos del metabolismo, incluido el CO_2 , desde las células del cuerpo hasta los respectivos órganos que los descartarán. Esta necesidad se satisface con la presencia de un sistema que realiza esta función: la circulación.



Contenido temático

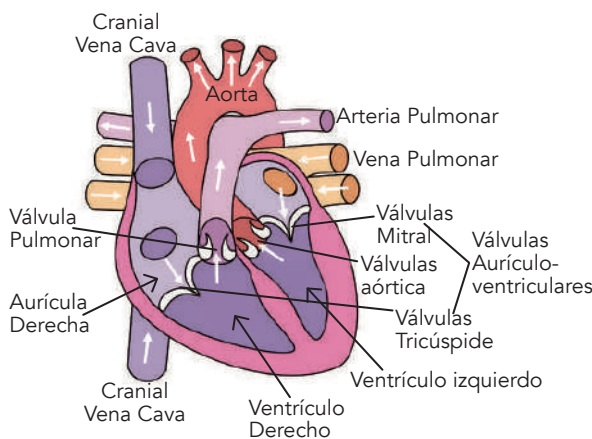
Desarrollo del contenido (30 minutos)

Corazón

Su función principal es impulsar el fluido sanguíneo para que circule por todo el organismo. Para lograr esto posee dos características:

- Presencia de cavidades con dos funciones principales: la primera, recibir la sangre que viene del exterior del corazón llamada aurícula y, la segunda, expulsar la sangre que ha ingresado al corazón, denominada ventrículo.
- Está constituido principalmente por un tejido muscular muy especial: tejido muscular cardíaco.

Figura 63. El corazón



La sangre llega al corazón por medio de conductos llamados venas y entra a las aurículas cuando se relajan las cuales, al contraerse, la impulsan a los ventrículos de los cuales sale para ser distribuida al cuerpo entero por medio de conductos llamados arterias.

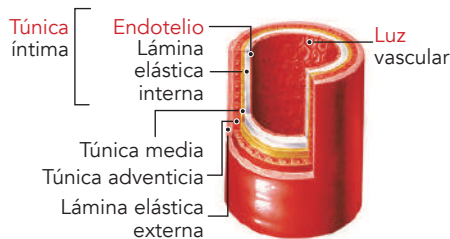
Al conjunto de arterias, venas y capilares se les conoce como vasos sanguíneos.

Arterias

Del latín *arteria*, una arteria es un vaso o conducto que se encarga de llevar la sangre desde el corazón hacia las demás partes del cuerpo. En ese sentido, cumple la tarea inversa de las venas, que trasladan la sangre desde los capilares hacia el corazón.

Las arterias son conductos elásticos y membranosos que presentan ramificaciones divergentes. Estos vasos sanguíneos están formados por tres capas: una externa o adventicia (de tejido conjuntivo), una media (con fibras musculares) y una interna

Figura 64. Arteria



o íntima (compuesta por el endotelio y una capa conjuntiva subendotelial).

Venas

Conducto o vaso sanguíneo que se encarga de llevar la sangre de los capilares sanguíneos hacia el corazón. Por lo general, transporta desechos de los organismos y CO_2 , aunque algunas venas conducen sangre oxigenada (como la vena pulmonar).

Las venas están compuestas por tres capas: una externa (también llamada adventicia), una media (muscular) y una interna (endotelial).

Capilares

Vasos sanguíneos de diámetro muy pequeño que llegan a medir el diámetro de un eritrocito (5 a 7.5 μm). Se originan del adelgazamiento de las arterias al irse ramificando. Están revestidos por una sola capa de células endoteliales apoyadas en una delgada membrana basal compuesta fundamentalmente por colágeno que permite la difusión de los nutrientes celulares como proteínas, hidratos de carbono, grasas, vitaminas, sales minerales y agua. También permite la salida del oxígeno contenido en la hemoglobina de los eritrocitos para ser utilizado en el metabolismo celular y absorbe el dióxido de carbono producido en el mismo metabolismo. Estos gases serán igualmente intercambiados en los capilares de los alveolos pulmonares.

Los capilares se clasifican en capilares arteriales, los que conducen sangre oxigenada hacia los tejidos, y venosos, que llevan sangre carboxilada hacia los pulmones.

Una clasificación más es:

- **Continuos:** las células del endotelio forman una película continua que favorece una relativa impermeabilidad a las moléculas grandes, como las proteínas plasmáticas. Se encuentra en capilares del músculo, corazón, pulmón, piel y sistema nervioso central.
- **Fenestrados:** son los capilares con endotelio fenestrado o con poros, los cuales tienen una membrana muy delgada. Se encuentran en las glándulas endócrinas, glomérulos renales y en algunos vasos del tracto gastrointestinal. Permiten un transporte más rápido de moléculas más grandes y líquidos.

Figura 65. Vena

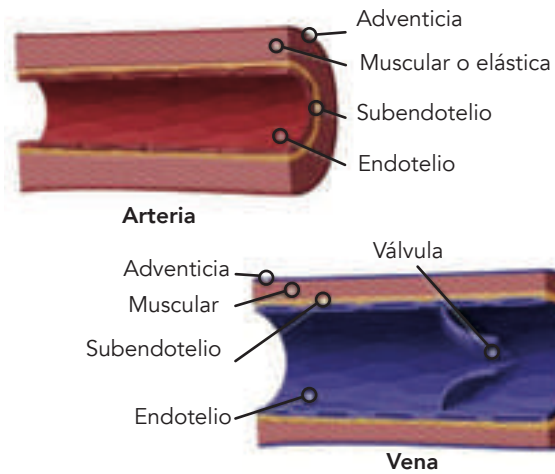
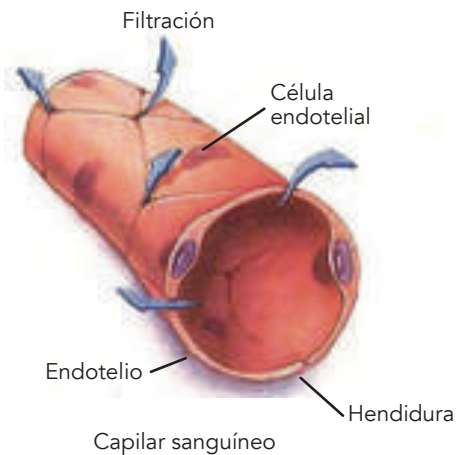


Figura 66. Capilares





- **Sinusoides:** permiten el paso de células a través de sus paredes. Presentan poros sin diafragma. Se encuentran en el bazo, hígado, en la médula ósea, en algunos órganos linfoides y en algunas glándulas endocrinas.

Sangre

A simple vista, la sangre parece un fluido homogéneo opaco y algo viscoso con un sabor característico metálico y salado. Su peso es de aproximadamente 8% del peso corporal, y su volumen ronda los 5 - 6 L en el adulto varón sano, y unos 4 - 5 L en las mujeres. En el microscopio se puede detectar fácilmente que está compuesta por células suspendidas en un líquido.

La sangre es una especialización del tejido conectivo y es transportada por los vasos sanguíneos hacia todo el organismo. Está constituida por una fracción celular (elementos formes: eritrocitos, leucocitos y plaquetas) y una parte líquida (agua, sales minerales disueltas, carbohidratos, lípidos y proteínas en solución).

Dependiendo de la cantidad de oxígeno que contiene, su color varía desde rojo carmesí (rica en oxígeno) hasta rojo oscuro (pobre en oxígeno). Su densidad es superior a la del agua y la viscosidad es mayor que ésta unas 5 veces.

Su pH está entre 7.35 y 7.45, lo que indica que es ligeramente alcalina y su temperatura, que ronda los 38°C, es algo más alta que la corporal (Hidrodinámica, 2016).

Componentes de la sangre

Las proporciones en porcentaje del volumen de los diferentes elementos constitutivos en un organismo sano típicamente son:

1. Eritrocitos: 47 ± 5 % en los hombres y 42 ± 5 % en las mujeres.
2. Leucocitos y plaquetas: menos de 1 por ciento
3. Plasma: el resto, 55 por ciento.

Como todo tejido, la sangre se compone de células y componentes extracelulares (su matriz extracelular). Estas dos fracciones tisulares vienen representadas por:

- Los **elementos formes** o **figurados**: son semisólidos y particulados (corpúsculos) y están representados por células y componentes derivados de las células.
- El **plasma sanguíneo**: fluido traslúcido y amarillento que representa la matriz extracelular líquida en la que están suspendidos los elementos formes. Representa un medio isotónico para las células sanguíneas, las cuales sobreviven en un medio que esté al 0,9 % de concentración, como la solución salina.

Elementos formes

Como ya se dijo, los elementos formes son los eritrocitos, los leucocitos y las plaquetas. Los eritrocitos y las plaquetas no son verdaderas células sino fragmentos de éstas, aunque los primeros no tienen los orgánulos característicos como ellos.

Eritrocitos

También llamados glóbulos rojos o hematíes, son los elementos formes más abundantes en cantidad en la sangre. Vistos al microscopio recuerdan una

rosquilla o salvavidas. Su forma es la de un disco con las superficies circulares de ambas caras deprimidas hacia la parte central, de modo que, al observarlos, los bordes más gruesos se ven de color más oscuro que el delgado centro del disco.

Los eritrocitos no son células verdaderas, pues no poseen núcleo ni orgánulos, lo que los hace, de hecho, algo así como unas pequeñas "bolsas" llenas de *hemoglobina*, la proteína que transporta el oxígeno en la sangre. Están presentes en ellas otras proteínas, pero sus funciones básicas están relacionadas con mantener la integridad de la membrana plasmática del eritrocito o promover cambios en su forma. Una de estas proteínas es la *espectrina*, que mantiene la forma bicóncava del eritrocito al formar una red de fibrillas adheridas a las membranas plasmáticas de ambas caras del disco.

El tamaño y la forma del eritrocito se adecuan a su función de recoger el oxígeno en los capilares pulmonares y a entregarlo a las células de los tejidos en otra localización, además de transportar de vuelta cerca de 20% del dióxido de carbono producido.

Es notable que:

1. Su tamaño pequeño (unos 7.5 μm de diámetro) y la forma aplastada, en vez de ser grande y de forma esférica, le proporcionan una mayor área activa relativa al volumen.
2. Dado que no existen puntos muy lejanos en el citoplasma de la superficie, la forma de disco bicóncavo es ideal para el intercambio de gases.
3. Sin contar el agua, el contenido de hemoglobina en el eritrocito es de 97% y es la que realiza el trabajo de transportar e intercambiar gases.
4. Como el eritrocito no tiene mitocondrias, no consume ningún oxígeno del que transporta para su supervivencia, lo que lo hace un vehículo muy eficiente.

El conteo normal de eritrocitos es algo menor en las mujeres que en los hombres, pues en las primeras oscila entre 4.3 y 5.2 millones de células por mm^3 de sangre, mientras que en los segundos el valor está entre 5.1 y 5.8 millones.

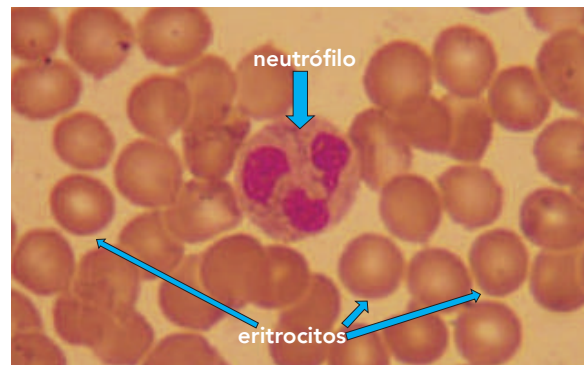
Leucocitos

También llamados glóbulos blancos, son las células sanguíneas encargadas de la defensa del organismo, es decir, son las responsables de responder a la agresión de cualquier tipo de agente, sustancia química, virus, microorganismo, parásito, etc., lo cual se conoce como respuesta inmune. Son producidos en la médula ósea y se clasifican en dos, granulocitos y agranulocitos.

Granulocitos

Este grupo está constituido por células teñidas con técnicas de tinción especiales, como la tinción de Wright. Unos gránulos que se encuentran en su citoplasma adquieren cierto color con base en su afinidad por ciertos colorantes. Tienen la

Figura 67. Eritrocitos



Un campo de preparación de sangre teñida con técnica Wright



característica de presentar un núcleo con diferentes formas, por lo que también se les llama leucocitos polimorfonucleares, y son:

Neutrófilos

Leucocitos que no muestran afinidad por colorantes ácidos ni básicos. Cuando se tiñen con tinción de Wright, su citoplasma adquiere una tonalidad clara. Se observa la presencia de finos gránulos y se ve claramente su núcleo polimorfo. Su principal función es la fagocitosis de bacterias y hongos.

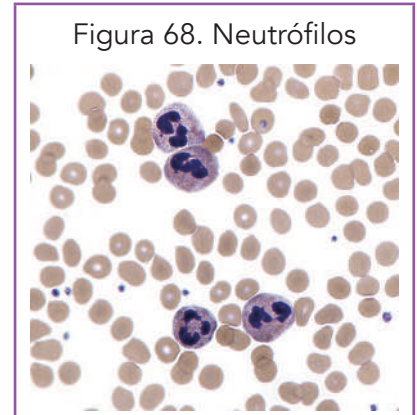


Figura 68. Neutrófilos

Basófilos

Son leucocitos que muestran afinidad por colorantes básicos (azul de metileno). Cuando se tiñen con tinción de Wright, su citoplasma adquiere una tonalidad rosa. Se observa la presencia de escasos gránulos de color azul oscuro, pero de tamaño, tal que imposibilitan ver claramente al núcleo. Estos gránulos contienen histamina y su principal función es implementar la respuesta de hipersensibilidad o alergia, por medio de la liberación de la histamina (vasodilatador), heparán sulfato (vasodilatador), heparina (anticoagulante) y leucotrienos (que contrae el músculo liso de vías respiratorias). Por esta razón se dice que es el mediador de la respuesta inflamatoria.

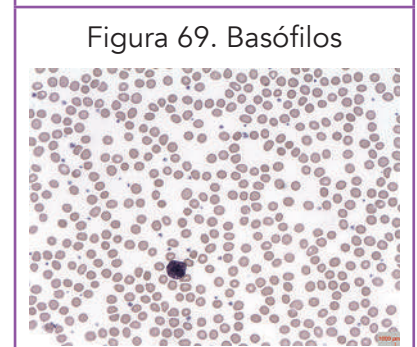


Figura 69. Basófilos

Eosinófilos

Son leucocitos que muestran afinidad por colorantes ácidos como la eosina. Cuando se tiñen con tinción de Wright, su citoplasma adquiere una tonalidad rosa. Se observa la presencia de gránulos de color amarillo oscuro o naranja.

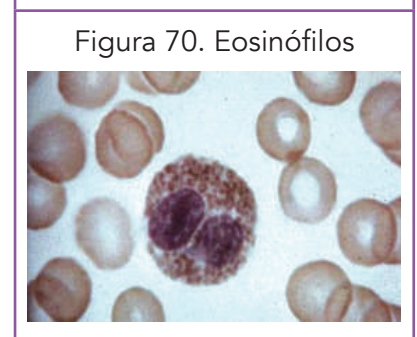


Figura 70. Eosinófilos

Estos gránulos contienen histamina y protegen el cuerpo de las bacterias y los parásitos. Hay eosinófilos que juegan un papel en la lucha contra infecciones virales. Son parte del sistema inmune innato y son importantes mediadores de las respuestas alérgicas y el asma. Están asociados con la gravedad de la enfermedad.

Agranulocitos

Los **agranulocitos**, también conocidos como **leucocitos mononucleares (MN)**, son las células blancas de la sangre con núcleo de un lóbulo. Se caracterizan por la ausencia de gránulos en su citoplasma, que los diferencia de los granulocitos. Los valores normales sanguíneos son alrededor de 35% de todas las células blancas de la sangre. Un aumento del número de MN es una indicación de las infecciones virales y las condiciones inflamatorias crónicas, por ejemplo, la mononucleosis infecciosa. Los dos tipos de agranulocitos en la circulación de la sangre son los linfocitos y los monocitos.

Linfocitos

La sangre tiene tres tipos de linfocitos:

- **Células B o linfocitos B:** producen anticuerpos que se unen a agentes patógenos para permitir su destrucción.
- **Células T o linfocitos T.** Los linfocitos T colaboradores CD4+ coordinan la respuesta inmune (que se vuelve defectuosa en una infección por VIH). Los linfocitos T citotóxicos CD8+ son capaces de matar a las células del cuerpo que están infectados por un virus. Las células T de memoria son esenciales para la respuesta inmune debido a que poseen un sistema único de "memoria" que les permite recordar invasores del pasado y prevenir la enfermedad cuando se encuentra un invasor nuevo.
- **Células asesinas naturales (células NK).** Son conocidas como "asesinos naturales", ya que no tienen que reaccionar a los antígenos específicos, sino que sólo tienen que reconocer a una célula extranjera que pertenece al organismo para destruirla. Debido a que estas células son tan poderosas, el cuerpo tiene una serie de medidas diseñadas para evitar que las células NK ataquen accidentalmente a su anfitrión.

Monocitos

Los monocitos comparten con los neutrófilos la función de fagocitosis, pero viven mucho más tiempo ya que tienen un papel adicional: presentan piezas de patógenos a las células T, de modo que los anticuerpos puedan reconocer y matar a los agentes patógenos.

Algunos monocitos viajan a los tejidos de su cuerpo, fuera de la corriente sanguínea. Cuando hacen esto, se transforman en macrófagos, cuya función es similar a la de un monocito.

Plaquetas

Las plaquetas son células producidas por los megacariocitos en la médula ósea mediante el proceso de fragmentación citoplasmática. Su principal función es la coagulación sanguínea. Para ello se acumulan en la red de fibrina, liberando sustancias que aceleran la coagulación y aumentan la retracción del coágulo sanguíneo. En las heridas, las plaquetas aceleran la coagulación y, al aglutinarse, obstruyen pequeños vasos y engendran sustancias que los contraen.

Si el número de plaquetas es demasiado bajo (trombocitopenia), se puede ocasionar una hemorragia excesiva. Por otra parte, si el número de plaquetas es demasiado alto (trombocitosis) se puede generar la formación de coágulos sanguíneos y ocasionar trombosis, los cuales pueden obstruir los vasos sanguíneos y ocasionar un accidente cerebro-vascular, infarto agudo de miocardio, embolismo pulmonar y el bloqueo de vasos sanguíneos en cualquier otra parte del cuerpo, como en las extremidades superiores e inferiores.

Figura 71. Linfocitos B

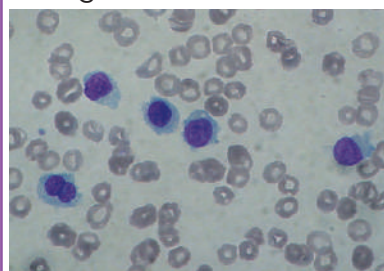


Figura 72. Linfocito T.



Figura 73. Monocito

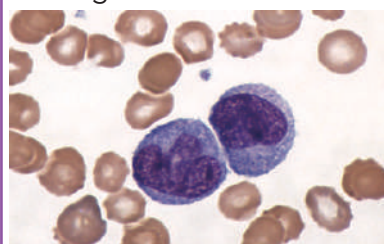
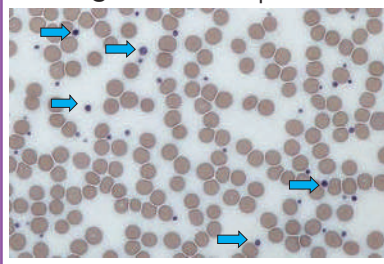


Figura 74. Plaquetas





Plasma sanguíneo

Es la parte líquida de la sangre. Debido a que se considera a la sangre como un tejido, el plasma sanguíneo es su líquido intersticial. La composición del plasma es muy compleja, aunque 91% es agua, en la que están disueltos una gran cantidad de compuestos químicos que van desde nutrientes como carbohidratos, aminoácidos, polipéptidos, vitaminas y lípidos (emulsificados), hasta desechos del metabolismo celular como el ácido úrico, la bilirrubina, etc.

Cuando la sangre se coagula, al líquido amarillo que se obtiene al separar el paquete celular se le conoce como suero sanguíneo.

Origen

Los componentes del plasma se forman en varias partes del cuerpo:

- En el hígado se sintetizan todas las proteínas plasmáticas salvo las inmunoglobulinas, que son producto de la síntesis de las células plasmáticas.
- Las glándulas endocrinas secretan sus hormonas correspondientes hacia la sangre.
- El riñón mantiene constante la concentración de agua y solutos salinos.
- Los lípidos son aportados por los colectores linfáticos.
- Otras sustancias son introducidas por absorción intestinal.

Características en cada clase de vertebrados. Semejanzas y diferencias con la morfofisiología del aparato circulatorio humano

Los miembros de la superclase Agnatha cuentan con un corazón con dos cámaras, dividido en aurícula y ventrículo, y se halla envuelto en un pericardio que, en el caso de las mixinas y los abocetes (larvas de lamprea), se comunica con la cavidad peritoneal, mientras que en lampreas adultas está cerrado. La sangre tiene corpúsculos sanguíneos nucleados y los pigmentos respiratorios se asemejan bastante a los de invertebrados.

La sangre venosa fluye a través del seno venoso hacia la aurícula y a través del bulbo arterial, mientras que la de la aorta ventral va hacia las branquias. La sangre oxigenada en los capilares branquiales se acumula en las aortas branquiales eferentes, uniéndose en la aorta dorsal que la lleva al resto del cuerpo. Una característica particular de este grupo es la presencia de un fragmento contráctil en el vaso porta hepático. El sistema vascular linfático es diferente al del resto de los vertebrados, pues posee lagunas en las zonas cefálica, branquial, abdominal y caudal, así como debajo de la piel. Esas lagunas se conectan entre sí por cordones linfáticos agrupados de a pares (Bessonart, s/f).

Superclase Gnathostomata

En ella, el corazón consta de dos cámaras: una aurícula y un ventrículo. La sangre del ventrículo pasa a una bombilla arterial, donde se va a las branquias, se oxigena y recoge, mediante una aorta, que lo distribuye al resto del cuerpo. Después de varios tejidos de compuestos oxigenados, regresa al corazón y fluye hacia el seno venoso encima del atrio (<https://es.wikipedia.org/wiki/Gnathostomata>).

Superclase Tetrapoda

Los miembros de esta superclase son animales vertebrados con cuatro extremidades o apéndices que, generalmente, usan para locomoción. En la actualidad sólo existen cuatro grupos con especies vivas: anfibios, reptiles, aves y mamíferos. Los dinosaurios fueron tetrápodos.

Su sistema circulatorio consta de un corazón dividido en cavidades que impulsa la sangre por las arterias, capilares y venas para realizar la función de circulación. Debido a que son lo más conocidos, haremos una comparación de los sistemas circulatorios de los anfibios, reptiles, aves y mamíferos.

DESCRIPCIÓN	ANFIBIOS	REPTILES	AVES	MAMÍFEROS	HOMBRE
CORAZÓN	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
NÚMERO DE CAVIDADES	3	4	4	4	4
AURÍCULAS	2	2	2	2	2
VENTRÍCULOS	1	2 PARCIALMENTE UNIDOS	2	2	2
HEMOGLOBINA	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
CIRCULACIÓN CERRADA	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
CIRCULACIÓN ABIERTA	NO	NO	NO	NO	NO
CIRCULACIÓN INCOMPLETA	SÍ	SÍ	NO	NO	NO
CIRCULACIÓN COMPLETA	NO	NO	SÍ	SÍ	SÍ
CIRCULACIÓN SIMPLE	NO	NO	NO	NO	NO
CIRCULACIÓN DOBLE	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
SISTEMA LINFÁTICO	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ

Recordemos que en la

- **Circulación cerrada** la sangre no sale nunca de los vasos sanguíneos.
- **Circulación abierta** la sangre o hemolinfa sale del interior de los vasos y entra en contacto directo con las células.
- **Circulación incompleta** la sangre circundante se junta con la sangre oxigenada que proviene de los pulmones y se junta con sangre no oxigenada proveniente de otras partes del cuerpo en el corazón.



Actividad



Evalúa

- **Circulación completa** la sangre circulante no se junta con la sangre que proviene de los pulmones.
- **Circulación simple** la sangre tiene un solo circuito.
- **Circulación doble** la sangre pasa dos veces por el corazón, siguiendo dos circuitos, que corresponden a la circulación menor o pulmonar y a la circulación mayor (Medicina Preventiva, 2013).

Actividad (10 minutos)

- Realiza un cuadro sinóptico con los órganos y funciones del aparato circulatorio humano.
- Realiza un esquema de la anatomía del aparato circulatorio humano.

Evaluación (5 minutos)

Contesta el siguiente cuestionario y pídele a tu compañero que te lo califique:

1. ¿Para qué sirven los glóbulos rojos?

_____.

2. ¿Cuáles son los tipos de vasos sanguíneos existentes?

_____.

3. ¿Cuántos tipos de circulación presentan los mamíferos?

_____.

4. ¿Cuál es la función del sistema circulatorio?

_____.

5. ¿Cuántos circuitos o circulaciones están presentes en mamíferos?

_____.

6. ¿Cuál es la circulación mayor?

_____.

7. ¿Cuáles son las cavidades del corazón?

_____.

Glosario



Glosario

Hemoglobina: proteína de color rojo, presente en los eritrocitos. Da a la sangre el color rojo. La hemoglobina es uno de los derivados nitrogenados de la ferroprotoporfirina (proteína conjugada que contiene las proteínas básicas incoloras), las globinas y la ferroprotoporfirina o hemo (la cual consta de una parte orgánica y un átomo de hierro). Esta proteína es la encargada de transportar el O_2 en la sangre. Por poseer el grupo hemo, es parecida a la mioglobina.

Fenestrado: relativo a una membrana u otro objeto que tiene numerosos orificios o pequeños agujeros. La palabra viene del latín *fenestra* que significa ventana, por lo tanto, fenestrado quiere decir, en términos literales, "con ventanas" (Pérez, 2017).

Bilirrubina: derivado del metabolismo de la hemoglobina por macrófagos en el bazo e hígado principalmente (Palomo, 2005).

Ácido úrico: es un químico que se crea cuando el cuerpo descompone sustancias llamadas purinas. (MedlinePlus, 2017).

Endotelio: es un tejido que ha dejado de considerarse una simple barrera que contiene al plasma y a las células de la sangre, que permite el intercambio de nutrientes y desechos. Es un tipo de epitelio plano monoestratificado (de una sola capa), formado por células endoteliales, que recubre el interior de todos los vasos sanguíneos, incluido el corazón, donde se llama endocardio (Ecured, 2017).

Micrómetro (mm)

El micrómetro es también conocido como:

- Micrón (plural: micrones), abreviado μ .
- Micra (plural: micras; plural latino: micra), abreviado μ .

En la fabricación mecánica el micrón es la unidad de longitud más pequeña en la que se vacotan las tolerancias de las piezas que son rectificadas.

Equivalencias:

Un micrómetro equivale a una milésima de milímetro:

$$1 \mu\text{m} = 0,001 \text{ mm} = 1 \times 10^{-3} \text{ mm.}$$

$$1 \text{ mm} = 1000 \mu\text{m.}$$

Un micrómetro equivale a una millonésima de metro:

$$1 \mu\text{m} = 0,000\,001 \text{ m} = 1 \times 10^{-6} \text{ m.}$$

$$1 \text{ m} = 1\,000\,000 \mu\text{m.}$$

Un micrómetro equivale a mil nanómetros (Academic, 2017).

Histamina: amina depresora sintetizada fundamentalmente por los mastocitos y los basófilos, mediante descarboxilación de la histidina. Se le considera como una hormona hística que contribuye a regularizar el tono de la musculatura lisa.

Figura 75. Estructura química de la bilirrubina

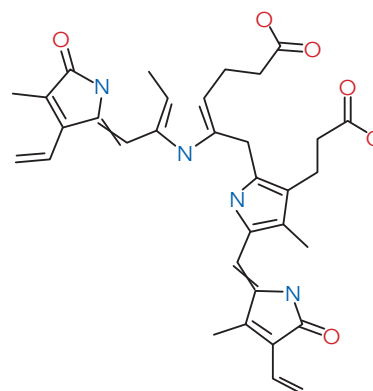


Figura 76. Ácido úrico

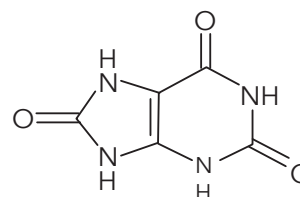
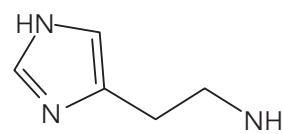


Figura 77. Fórmula de la histamina





Además, induce una vasodilatación, así como prurito. Sustancia responsable de reacciones alérgicas (Clínica Universidad de Navarra, 2015).

Eosina: es un colorante xanténico artificial y de naturaleza química ácida. Es un derivado hidroxianténico halogenado con tres grupos arilo. Las diferencias de coloración que existen entre ellos están motivadas por el tipo y número de átomos de halógeno que contienen (eosina Y: cuatro átomos de bromo y la eosina B: dos átomos de bromo) (Universidad de los Andes Venezuela, 2017).

Megacariocito: son células de origen sanguíneo producidas en la médula ósea. Dentro de la sustancia principal de la célula, conocida como citoplasma, se rompe en pequeños fragmentos para formar plaquetas o trombocitos (Leucocitos.org, 2016).

Trombo: el trombo es un coágulo sanguíneo que se forma en un vaso y permanece allí (MedlinePlus, 2016).



Actividad

Busca el significado de los siguientes términos:

Biometría hemática: _____

Factor rH: _____

Insuficiencia cardiaca: _____

Leucemia: _____

Insuficiencia venosa: _____



Para saber más del tema

Consulta los siguientes videos para saber más sobre la sangre:



Bibliografía

- Academic (2017). "Micrómetro (unidad de longitud)". <<http://www.esacademic.com/dic.nsf/eswiki/804636>>.
- Clínica Universidad de Navarra (2015). "Histamina", *Diccionario médico*. <<http://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/histamina>>.
- Definición.de (2017). "Definición de vena". <<http://definicion.de/vena/#ix zz4OfYxdfYa>>.
- EcuRed (2017). "Endotelio". <<https://www.ecured.cu/Endotelio>>.
- Hidrodinámica (2016). "Sangre". <<http://hidrodinamica-sangre.blogspot.mx/2016/10/>>.
- Leucocitos.org(2016). "Megacariocitos". <<http://leucocitos.org/megacariocitos/>>.
- Mayo M., Juan (2013). "Composición de la sangre", en *Biología y Geología 3º*. <<http://lmsextremadura.educarex.es/course/view.php?id=64>>.
- Medicina Preventiva (2013). "La circulación sanguínea". <<http://www.medicinapreventiva.com.ve/auxilio/circulacion.htm>>.
- MedlinePlus (2016). "Trombo". <https://medlineplus.gov/spanish/ency/esp_images/pages/18120.htm>.
- MedlinePlus (2017). "Ácido úrico en la sangre". <<https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/003476.htm>>.
- Palomo, G. I. et al. (2005). *Hematología: Fisiopatología y Diagnóstico*. Santiago de Chile: Universidad de Talca.
- Pérez, María (2017). "Definición de fenestrado", Blog OnSalus. <<https://www.onsalus.com/definicion-de-fenestrado-18713.html>>.
- Solomon, E., Berg, L., Martin, D. (2013). *Biología*. México: Cengage Learning.
- Telmeds.org (2017). Atlas de Hematología. <<http://www.telmeds.org/atlas/hematologia/>>.
- Universidad de los Andes Venezuela (2017). "Eosina". <<http://www.medic.ula.ve/histologia/anexos/atlas/1/practica1.htm>>.
- Wikipedia (2017). "Vertebrata". <<https://es.wikipedia.org/wiki/Vertebrata>>.



Bibliografía

1.1.3.4 Excreción

Objetivo

Reconoce las diferencias y semejanzas en las estructuras y funciones que presentan los vertebrados en la excreción.



Objetivo

Rescate de conocimientos previos

En los vertebrados, el aparato excretor es el encargado de mantener el equilibrio al ajustar selectivamente las concentraciones de sales, las sustancias en la sangre y el resto de los líquidos corporales. El producto de excreción que contienen



Conocimientos previos



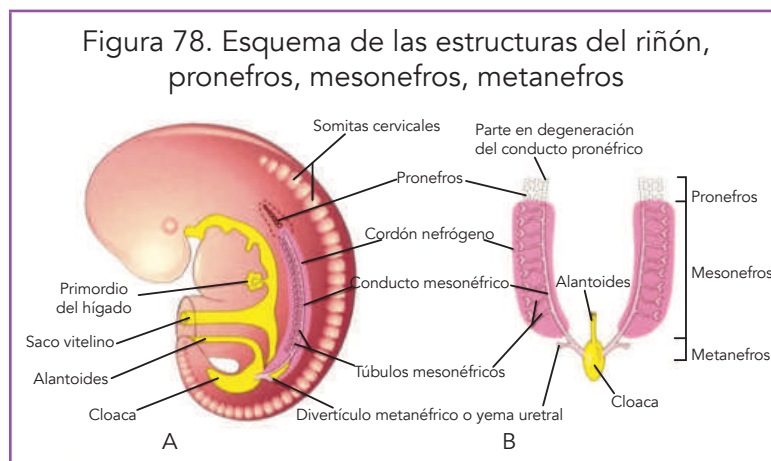
las sustancias en exceso o aquellas potencialmente tóxicas para el organismo, es expulsado del cuerpo. En muchos animales, este producto es la orina, una solución que contiene los desechos metabólicos como agua, dióxido de carbono y residuos nitrogenados.

El dióxido de carbono, producto del proceso respiratorio, es expulsado por las estructuras respiratorias. El exceso de agua se elimina a través de la piel en los animales terrestres, mientras que los residuos nitrogenados, así como gran parte del agua, son excretados a través de los riñones. La expulsión de los residuos nitrogenados puede hacerse a través de distintas moléculas como el amoníaco, la urea y el ácido úrico.

Los animales se clasifican de acuerdo con el tipo de sustancia que excretan. Los organismos que excretan amoníaco son, generalmente, animales que viven en agua como los peces y se les denomina amoniotélicos. Aquellos que expulsan urea se les conoce como ureotélicos, entre los que se encuentran los tiburones, los anfibios en etapa adulta, la tortuga y los mamíferos. A pesar de ser una sustancia tóxica, puede estar almacenada en el cuerpo siempre que se encuentre disuelta en agua, como la orina. Por último, son organismos que deben restringir la pérdida de agua como los reptiles o los que no pueden acumular mucha agua como las aves, por lo que se expulsa en forma sólida.

Como resultado de la evolución, los vertebrados habitan en una amplia diversidad de ambientes, desde agua dulce, agua de mar, tierra o en ambientes extremos como el desierto, por lo que han tenido que desarrollar diversas adaptaciones para poder mantener la homeostasis. El principal órgano encargado de cumplir esta función en los vertebrados es el riñón. Otros órganos como la piel, los pulmones o las branquias e incluso el aparato digestivo también participan en esta función.

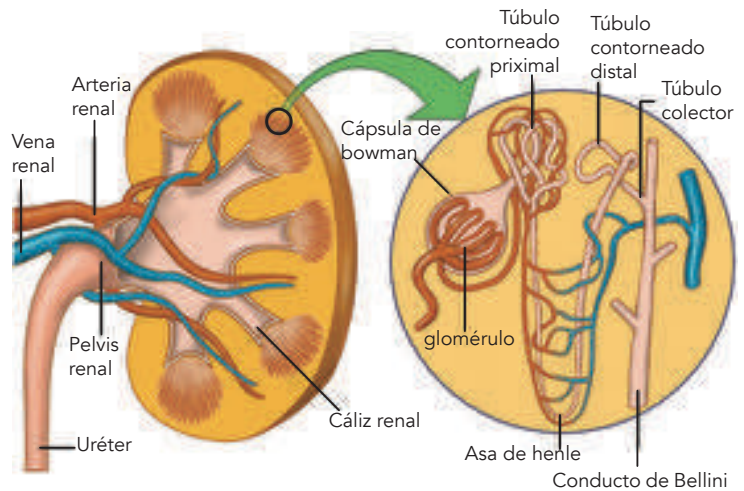
En el riñón existen tres estructuras encargadas de filtrar la sangre y las sustancias tóxicas desde las etapas embrionarias hasta la etapa adulta. El pronefros está presente en las etapas embrionarias de todos los vertebrados; el mesonefros se presenta en peces y anfibios en la etapa adulta, pero en reptiles, aves y mamíferos está presente en la etapa embrionaria; por último, el metanefros aparece en la etapa adulta de reptiles, aves y mamíferos.



Los riñones están formados por las nefronas, conocidas que son las unidades anatómicas y funcionales de los riñones. Cada nefrona está compuesta por un conjunto de capilares llamado glomérulo envuelto en una especie de copa denominada cápsula de Bowman. Se encuentra localizada en la corteza del riñón y presenta un largo tubo en forma de U. Cada riñón contiene aproximadamente un millón de nefronas altamente organizadas.

La función de la nefrona es la filtración de la sangre que llega a los capilares del glomérulo situados en la cápsula de Bowman. El líquido filtrado va pasando a través de los tubos en forma de U. Las paredes de estos tubos presentan células que reabsorben aquellas sustancias que el cuerpo necesita, como la glucosa, y las devuelven a la sangre. Algunas sustancias, como el agua y las sales minerales, se reabsorben sólo en las cantidades necesarias para mantener el equilibrio interno del cuerpo. A medida que se van reabsorbiendo los elementos a la sangre, el líquido restante se va convirtiendo en orina. Cuando la orina sale de los riñones, sólo contiene productos de desecho para el organismo.

Figura 79. Esquema de un riñón humano. Se diferencian las partes, así como la unidad anatómica, la nefrona



Los riñones humanos filtran unos 180 litros diarios de agua. La mayor parte se reabsorbe y apenas litro y medio pasa a la orina. La orina sale de los riñones a través de los uréteres que la depositan en la vejiga urinaria, donde se almacena hasta que es expulsada al exterior a través de la uretra.

Desarrollo del contenido

Peces

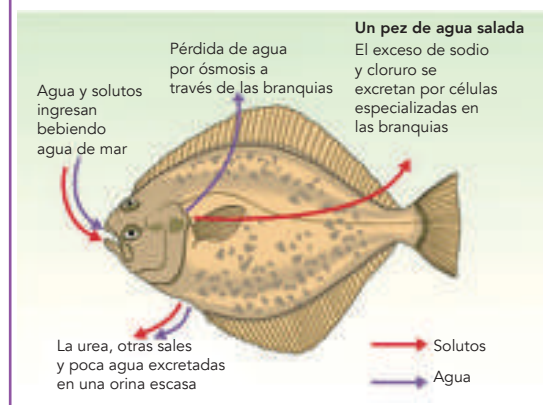
En los peces, el sistema excretor está formado por dos riñones situados de manera dorsal entre la vejiga natatoria y las vértebras. Los conductos que parten de los riñones se unen en su extremo final y forman una vejiga urinaria. La función principal de los riñones es el control del contenido hídrico.

La eliminación del nitrógeno procedente de la actividad metabólica se realiza principalmente por las branquias. Para mantener el equilibrio osmótico, las especies marinas se han adaptado a su ambiente, manteniendo las concentraciones de sales en el interior de su cuerpo más diluidas que en el exterior, por lo que se conocen como organismos hiperosmóticos. Estos peces pierden agua y ganan sales. Para compensar la pérdida de agua, los peces ingieren agua de mar y la sal de ésta es transportada a través de la sangre hasta las branquias donde es excretada. Los riñones presentan pocos glomérulos y la orina es escasa y concentrada.

Las especies de agua dulce son organismos hiperosmóticos, en los cuales las concentraciones de sales son más altas dentro de su cuerpo que en el ambiente exterior, por lo que el agua entra a su



Figura 80. Mecanismos de excreción en peces de agua salada y agua dulce





Basado en Competencias

Figura 81. Mecanismos de excreción en peces de agua salada y agua dulce



Figura 82. Esquema de los órganos excretores presentes en los anfibios adultos

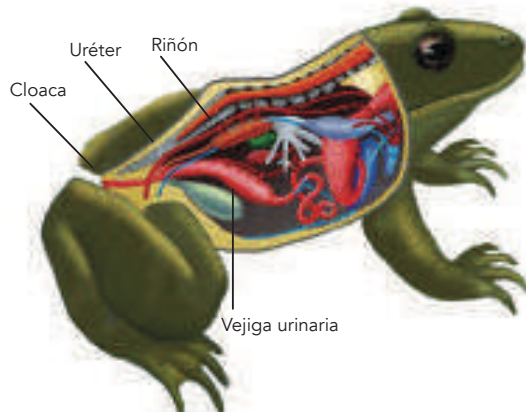
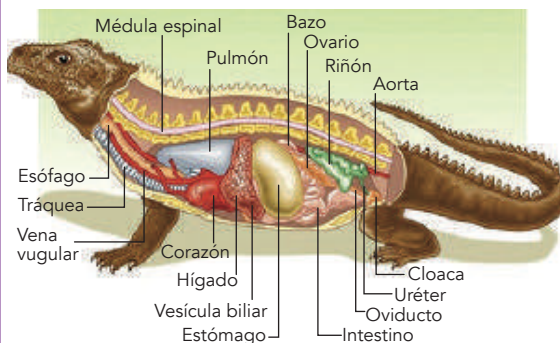


Figura 83. Esquema de los órganos excretores de los reptiles



cuerpo a través de ósmosis. De esta forma retienen iones y pierden agua. Los riñones en estos peces excretan grandes cantidades de orina diluida.

En los peces cartilaginosos (tiburones y rayas) la sangre transporta la urea que se excretará en la orina. El riñón de estos peces conserva grandes cantidades de urea y permite que se acumule en la sangre. Las concentraciones que almacenan pueden ser tóxicas para otros organismos. La urea sanguínea, junto con las sales sanguíneas, hace que la concentración interna supere ligeramente la del agua marina. De esta manera se solucionan su problema de pérdida de agua.

Anfibios

En los anfibios, el sistema excretor está estrechamente relacionado con el sistema reproductor, por lo que es conocido también como sistema urogenital. Los anfibios excretan urea y presentan mesonefros que, a lo largo del desarrollo embrionario, da lugar a la uretra, a la pelvis renal, al epidídimo y al conducto deferente en los machos.

Los anfibios permanecen parte de su vida dentro del agua, por lo que sus mecanismos para mantener el equilibrio osmótico es similar al de los peces de agua dulce. Además, a través de la piel y de la orina, son capaces de perder grandes cantidades de agua. Una forma de compensar la pérdida de sales a través de la orina y de la piel es el transporte activo de sales al interior de las células.

Reptiles

Los reptiles presentan un sistema excretor uricotélico, es decir, excretan ácido úrico que es menos tóxico que el amoníaco. Por lo tanto, la cantidad de agua que consumen es menor que en otros organismos. La orina es hipotónica, altamente concentrada. En algunos reptiles la orina pasa por la cloaca y en otros por una vejiga. En los reptiles que poseen cloaca, en una región conocida como urodeo, que es la cámara central de la cloaca, las proteínas son reabsorbidas y recicladas. Los riñones son lobulados y los uréteres que comunican con el exterior son los conductos encargados de transportar la orina del riñón hacia la cloaca. Pueden o no presentar una vejiga. No presentan diferenciación sexual, es decir, en hembras y machos no hay diferencias en los órganos mencionados.

Aves

En ellas, la mayor parte del agua es reabsorbida antes de la defecación. Presentan riñones pareados y cada uno tiene una uretra que se abre a la cloaca. En las aves no hay presencia de vejiga urinaria, por lo que los desechos nitrogenados son expulsados a través de las heces. Esto contribuye al bajo peso en las aves, lo que representa una ventaja para el vuelo. Las aves excretan ácido úrico con muy poca concentración de agua, por lo que esta sustancia es capaz de corroer las estatuas o la pintura de los autos en poco tiempo.

Las aves marinas pueden llegar a ingerir agua de mar o algún alimento muy salado; sin embargo, presentan mecanismo para contrarrestar la entrada de sales al cuerpo, por ejemplo, desarrollan unas glándulas de sal localizadas en la cabeza que se encargan de excretar un líquido salado cargado de cloruro y sodio.

Figura 84. Estructuras del sistema excretor en las aves

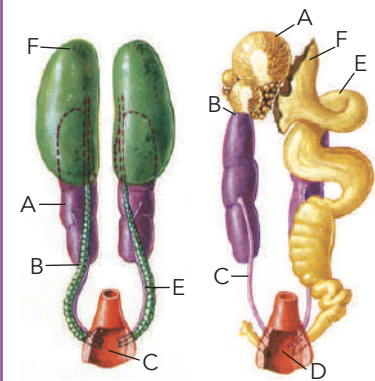
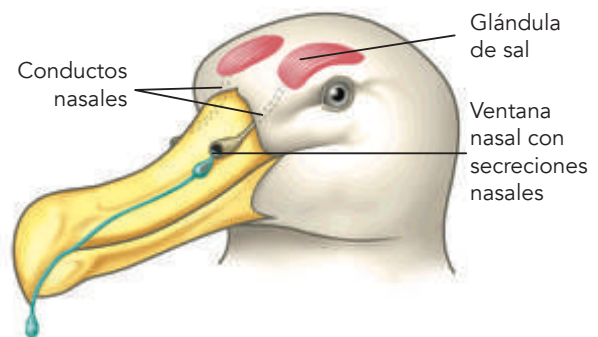


Figura 85. Foto de las estatuas de la Plaza de armas en Perú. Es visible el daño ocasionado por las heces de las aves



Figura 86. Localización de las glándulas de sal en las aves

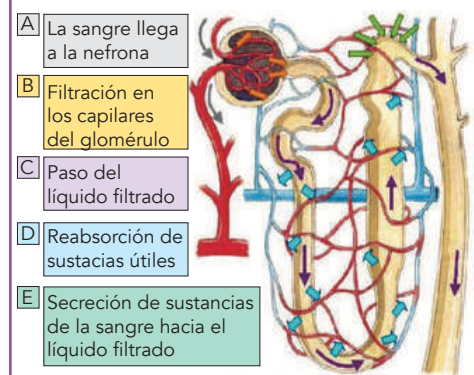


Mamíferos

En los mamíferos el aparato urinario está formado por dos riñones, la vejiga urinaria y los conductos que transportan la orina al exterior, los uréteres y la uretra. Aunque en este grupo de animales ya no se presenta la cloaca, sólo las hembras de algunos grupos de mamíferos desarrollan los sistemas urinarios y reproductores de manera aislada, por lo que tienen conductos separados; tal es el caso de los primates.

Los mamíferos son considerados como ureotélicos, lo que significa que el nitrógeno del amoníaco es eliminado en forma de urea altamente concentrada en la orina, para evitar la pérdida excesiva de agua. Al convertir el amoníaco en urea, los mamíferos se aseguran de poder almacenar la orina en la vejiga sin peligro de intoxicarse.

Figura 87. Esquema de la formación de la orina en los riñones de mamíferos





Los mamíferos marinos, como las ballenas y delfines, pueden ingerir agua de mar junto con el alimento, por lo que sus riñones producen orina mucho más salada que el agua de mar.

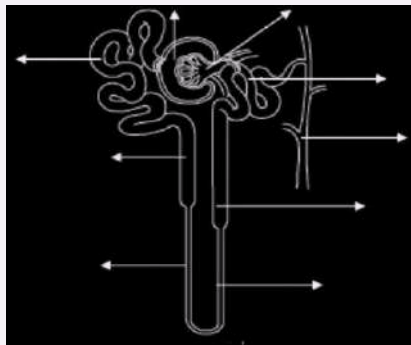
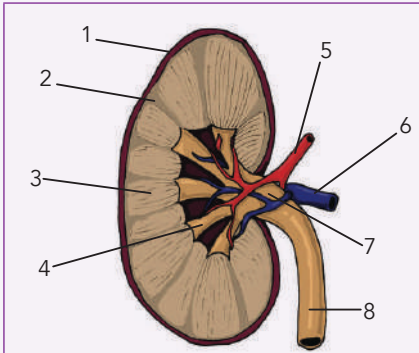
A

Actividad

Actividad

1. Investiga a partir de qué compuestos se obtienen los desechos nitrogenados en la excreción.

_____.
2. Observa el siguiente esquema del riñón y la nefrona e identifica cada una de las estructuras que lo conforman. En el recuadro escribe la función que le corresponde a la estructura.



3. Investiga y contesta:
 - a) ¿Por qué no se encuentra glucosa en la orina de manera normal?
 - b) ¿Por qué se encuentra la glucosa en la orina de los individuos con diabetes mellitus?
 - c) ¿Qué tipo de problemas de osmorregulación presentan los peces marinos y los de agua dulce?

Glosario

Homeostasis: mantenimiento de la constancia del medio interno de un cuerpo o de una parte del cuerpo. Mantenimiento del equilibrio entre los organismos y el medio ambiente. Es el equilibrio de la naturaleza.

Metabolismo: red integrada de reacciones que mantienen la vida de un organismo. Tiene dos fases: anabolismo y catabolismo.

Ósmosis: difusión de un disolvente, normalmente agua, a través de una membrana semipermeable desde una disolución diluida a una concentrada o desde un disolvente puro a una disolución.



Glosario

Bibliografía

- Hickman, C.P., R.G. Roberts y A.C. Larson (1997). *Zoología. Principios Integrales*. Madrid: McGraw-Hill Interamericana.
- Kardong, K. V. (1999). *Vertebrados. Anatomía comparada, función, evolución*. España: McGraw-Hill Interamericana.
- Lawrence E. (ed.) (2003). *Diccionario Akal de términos biológicos*. Akal Colecciones.
- Solomon, E., L. Berg y D. Martin (2001). *Biología*. México: McGraw-Hill Interamericana.
- Young, J.Z. (1971). *La vida de los vertebrados*. Barcelona: Omega.



Bibliografía

1.1.3.5 Locomoción

Objetivo

Identifica en los animales vertebrados las diferentes estructuras y tipos de locomoción.



Objetivo

Rescate de conocimientos previos (5 minutos)

Identifica la categoría de vertebrados a la que pertenece cada animal y las características particulares de cada uno. Para ello puedes acudir a páginas web e investigar sobre las características de cada animal. Comenta tus conclusiones con el grupo.



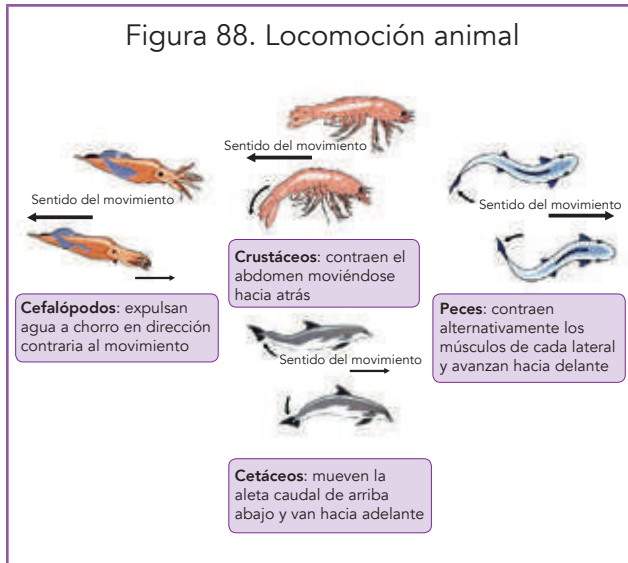
Conocimientos previos

	MAMÍFEROS	ANFIBIOS	REPTILES	AVES	PECES
Cubierta corporal					
Desplazamiento					
Reproducción					
Alimentación					
Respiración					
Hábitat					



Desarrollo del contenido (30 minutos)

En biomecánica, la **locomoción** es la función con la que el animal se traslada en busca de alimento, refugio, defensa o apareamiento.



El aparato locomotor de los animales (vertebrados) es el sistema encargado del movimiento y, en muchas ocasiones, de ejecutar la respuesta que el organismo procesa a partir de los estímulos externos. En algunos organismos también se ocupa de la protección de órganos internos y del sostén de estos.

El aparato locomotor de los animales más complejo está formado por el sistema osteoarticular (huesos, ligamentos y articulaciones) y el sistema muscular (músculos y tendones); sin embargo, en muchos animales, el aparato locomotor consta únicamente de células musculares para realizar estas funciones.

Los **huesos se constituyen** por el tejido conectivo formado por células óseas. En la parte externa están formados por hueso compacto y en su interior por hueso esponjoso. Posee tres tipos de células: los osteoblastos, los osteocitos y los osteoclastos. Los osteoblastos forman el hueso mientras que los osteocitos son células óseas maduras y los osteoclastos disuelven el hueso. Estas células participan en la reparación del hueso cuando hay una fractura.

Las **articulaciones** son los puntos de unión entre dos o más huesos. Tienen como función permitir el movimiento de los huesos y amortiguar las fuerzas que afectan al sistema cuando hay movimiento con un impacto fuerte, por ejemplo el correr o trotar.

Los **ligamentos** son pequeñas bandas elásticas formadas por tejido conectivo y mantienen los huesos unidos en las articulaciones.

El **músculo**, también llamado fibra muscular, puede contraerse y relajarse variando su longitud, lo cual produce el movimiento. La forma y el tamaño de los músculos son muy variados. Los hay largos, como los de las piernas, y cortos como los que une los huesos.

Los **tendones** son parte de los músculos, pero no son estructuras contráctiles. Están constituidos por fibras de tejidos conectivos y tienen la función de insertar el músculo en los huesos y transmitir la contracción para producir el movimiento.

La locomoción requiere energía para superar la fricción y, a menudo, también la gravedad. Se presenta en diferentes medios:

- 1) La locomoción en el **agua** (nadar) implica una considerable resistencia del medio. Los peces se han adaptado a ella generando movimientos ondulantes gracias a la aleta caudal (de la cola).

Los vertebrados acuáticos poseen, en general, buena estructura hidrodinámica, es decir, adecuada para movilizarse en el medio líquido. Las clases más importantes de vertebrados acuáticos, los peces (condrictios y osteíctios), se mueven en el agua por medio de aletas pares o impares. Las aletas son pliegues de la piel. Surgen del cuerpo como láminas, en número variable y se mueven accionadas por músculos. La aleta caudal es la cola del pez, que puede ser muy larga como en la raya o no existir.

En los delfines y las ballenas, las extremidades anteriores están convertidas en aletas que les permiten torcerse y girar. La cola termina en una aleta caudal que se mueve hacia arriba y hacia abajo facilitando la propulsión.

- 2) Locomoción en el **aire**. Sólo tres grupos de animales han logrado resolver el reto de volar: las aves, los insectos y los murciélagos. Para ello, utilizan estructuras llamadas alas. La mayor limitación que genera el vuelo es el gasto de energía requerido para elevar al individuo y desplazarlo a través del aire. Los murciélagos tienen antebrazos y cuatro de los dedos de los miembros anteriores muy alargados. Entre los dedos existe una membrana que permite el vuelo. En las aves, cuyo cuerpo está cubierto de plumas, los miembros anteriores están convertidos en alas. La cola funciona como timón que coadyuva al vuelo. Las aves poseen huesos largos delgados y con espacios llenos de aire.

No todas las aves vuelan. Los avestruces y los ñandúes tienen patas largas y vigorosas, adaptadas para correr a gran velocidad. Los pingüinos son eximios nadadores y buceadores, y ciertas aves acuáticas, como el pato, el pelícano, el alcatraz o el cormorán, vuelan más o menos torpemente pero nadan muy bien, por tener las patas palmeadas y los huesos de los dedos unidos por una membrana. Las aves nadadoras suelen ser torpes en tierra. Algunas trepadoras usan sus uñas y picos para escalar árboles. Hay especies con alas pequeñas pero de movimiento muy rápido como el colibrí, que ni siquiera pueden posarse.

- 3) Locomoción en la **tierra** (caminar, correr, saltar, reptar, etc.). Los movimientos de los animales sobre la tierra requieren de extremidades capaces de desplazar al individuo. El problema de la locomoción sobre la tierra se ha resuelto de varias maneras:

- Desplazamiento con cuatro patas (tetrapodismo) como las vacas.
- Desplazamiento con dos extremidades (bipedismo) como en el hombre.
- Desplazamiento reptando como las serpientes.

Figura 89. Locomoción en el aire

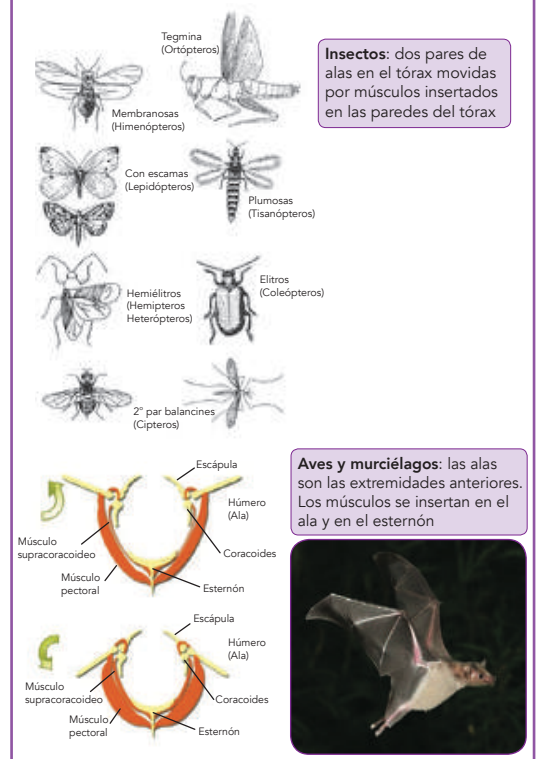




Figura 90. Locomoción animal



Los osos, por ejemplo, tienen las patas adaptadas para andar, los dedos muy fuertes y enormes uñas para trepar. En las patas anteriores falta un dedo y, al caminar, apoyan toda la planta del pie, por lo que se les llama "plantígrados". El perro apoya sólo los dedos "digitígrado". Los caballos, al caminar, apoyan sólo las uñas que forman el casco "ungulígrados".

Los monos pueden caminar, correr y trepar utilizando dos patas, las cuatro extremidades e incluso la cola.



Actividad (10 minutos)

Realiza un mapa conceptual e ilústralo con los diferentes tipos de locomoción de los vertebrados.



Evaluación (5 minutos)

¿Qué es la locomoción y para qué les sirve a los animales?



Actividad

Lee con atención el texto y después realiza el crucigrama.

Los animales vertebrados son los que tienen esqueleto interno formado por huesos y cartílagos, y presentan una columna vertebral. Los vertebrados se clasifican en cinco grupos: peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos.

Los peces son vertebrados acuáticos que tienen aletas. Las aletas les sirven para desplazarse en el agua. Su cuerpo está cubierto de escamas y respiran por branquias (respiración branquial), con las cuales toman el oxígeno del agua. Ejemplos de peces son la sardina, el tiburón y la trucha.

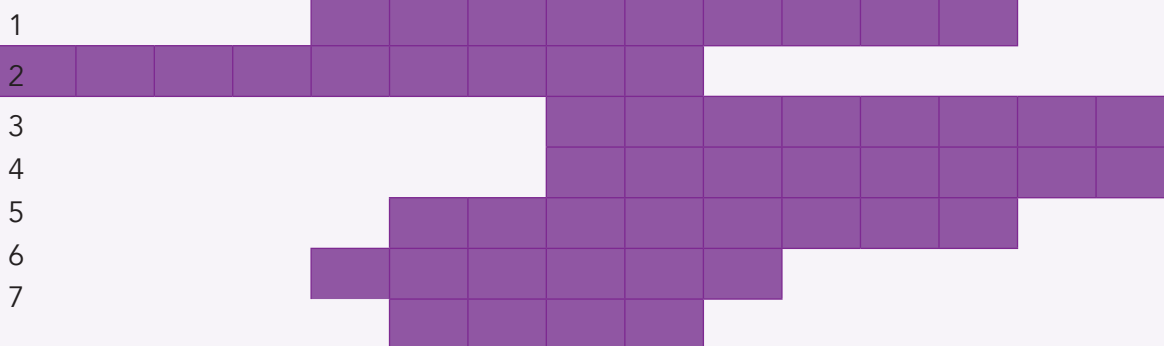
Los anfibios como la rana o el sapo son animales vertebrados que sufren cambios muy importantes en su vida. Durante un tiempo, después de nacer, viven en el agua y respiran por branquias. Cuando se hacen adultos, les crecen las patas, viven en el agua y en la tierra, y respiran por la piel y por unos pulmones sencillos. No tienen nada que les cubra la piel.

Los reptiles son vertebrados con la piel cubierta de escamas y tienen pulmones para respirar (respiración pulmonar). Casi todos son terrestres. No tienen patas o las tienen muy cortas y se desplazan arrastrándose ("reptil" viene de reptar, que significa arrastrarse), por ejemplo, los lagartos, los cocodrilos y las tortugas.

Las aves son animales vertebrados terrestres que tienen el cuerpo cubierto de plumas, poseen alas y respiran por pulmones. La paloma, el pato y la gallina son aves.

Los mamíferos son vertebrados que suelen tener el cuerpo cubierto de pelo y respiran por pulmones. Hay mamíferos terrestres y acuáticos. Las hembras producen leche para sus crías pequeñas. El perro, el ser humano, la ballena y el gorila son mamíferos.

HORIZONTALES	VERTICAL
1. Animal que vive en la tierra	Los peces tienen el cuerpo recubierto de ellas
2. Órgano respiratorio de los peces (plural)	
3. Animal que vive en el agua	
4. Animal que vive en la tierra y en el agua	
5. Órgano respiratorio de los mamíferos	
6. Los peces las utilizan para nadar	
7. Las aves las utilizan para volar	



Glosario

Condriictios: son una clase de vertebrados acuáticos conocidos como peces cartilaginosos, denominación que hace referencia a que su esqueleto es de cartílago, a diferencia de los peces óseos (osteictios) que lo tienen de hueso. Esta clase incluye a las subclases elasmobranquios (tiburones, rayas) y holocéfalos (quimeras).

Osteíctios: son vertebrados gnatóstomos. Son todos los peces dotados de esqueleto interno óseo, es decir, hecho principalmente de piezas calcificadas y muy pocas de cartílago.

Tetrapodismo: tipo de desplazamiento de los animales terrestres sobre cuatro patas.

Bipedismo: capacidad de los animales bípedos para andar sobre las dos extremidades inferiores, lo que les diferencia de los cuadrúpedos.

Ungulígrados: [mamífero cuadrúpedo] que al caminar apoya en el suelo solo la punta de los dedos revestidos por pezuñas. <https://es.oxforddictionaries.com/definicion/>



Glosario



Saber más



Bibliografía

Para saber más del tema

Te sugerimos ver los siguientes videos y comentar tus observaciones con tu grupo:

<https://www.youtube.com/watch?v=yxFthqia3Os>

<https://www.youtube.com/watch?v=cj36El19i-c>

Bibliografía

- Grassé, P. P. (2010). *La vida de los animales (La vida de los mamíferos)*. Barcelona: Planeta.
- Martínez, G. (2008). *Cocktail de datos del reino animal (Hábitos/comportamientos)*. Cuenca, Ecuador. <<http://www.diarioanimales.com/cocktail-de-datos-del-reino-animal-habitos-comportamientos/>>.
- Michelini, Z. (2011). *El Reino animal-integrantes del reino animalia*. <<http://ceibal.elpais.com.uy/el-reino-animal/>>.
- Monografías.com (2017). "Reino animal (parte 2)". <<http://www.monografias.com/trabajos101/de-reino-animalia/de-reino-animalia2.shtml#referencia#ixzz4tw1Vowpx>>.

1.1.3.6 Protección y soporte



Objetivo

Objetivo

Comprende la importancia funcional de los diversos mecanismos que tienen los vertebrados para protegerse del medio y dar soporte a su organismo.



Conocimientos previos

Rescate de conocimientos previos (5 minutos)

¿Por qué se llaman vertebrados? _____.

¿Todos los vertebrados tienen huesos calcificados? _____.

Señala cómo estos vertebrados se pueden proteger o defender de sus depredadores:

CLASE	MECANISMOS DE PROTECCIÓN
Aves	
Anfibios	
Mamíferos	
Peces	
Reptiles	

Desarrollo del contenido (30 minutos)**Protección**

El tegumento como capa externa de todo cuerpo animal incluye la piel y sus derivados, y presenta funciones específicas, como la de barrera de protección contra gérmenes y radiaciones ultravioletas del sol, aislamiento térmico, regulación hídrica o como función respiratoria y excretora. Además, le proporciona información al espécimen sobre su ambiente a través de receptores sensoriales. La piel, en la mayoría de los animales, es flexible y resistente.

La piel de los animales y la de los humanos está formada de epidermis (capa delgada) que da origen a pelos, plumas, uñas, pezuñas, cuernos, sedas, escamas, etc., y la dermis (capa profunda y gruesa) que contiene vasos sanguíneos, fibras de colágeno, nervios, células pigmentarias, adipocitos y células conjuntivas o fibroblastos que soportan, amortiguan y alimentan a la epidermis.

La piel presenta una proteína llamada queratina, que da origen a las diversas estructuras de protección en algunos animales como se verá más adelante.

En algunos vertebrados, los pelos táctiles detectan la orientación espacial respecto a la gravedad, así como vibraciones del aire y agua circundantes o del contacto con otros objetos.

Una medida de protección de algunas especies para no ser depredadas es su coloración (usada como camuflaje), debido a pigmentos llamados biocromos o colores estructurales que están contenidos en células llamadas cromatóforos las cuales reflejan la luz con distintas longitudes de onda y son responsables de los tonos más iridiscentes y metálicos en el reino animal.

El pigmento más abundante es la melanina (que va del color marrón al negro). Los pigmentos amarillos y rojos se deben a los carotenoides contenidos en las células xantóforas que se obtienen de las plantas. El color verde se debe a una superposición de los colores amarillo y azul. Por su parte, los iridóforos son cromatóforos que contienen cristales de guanina y adenina que producen efectos plateados o dorados al reflejo de la luz solar.

Sostén

La forma, el sostén y la rigidez del cuerpo de estos vertebrados se deben a la presencia de esqueletos rígidos, que permiten el anclaje de músculos y la protección de vísceras.

La mayoría de los animales vertebrados presentan un endoesqueleto, que les permite el crecimiento continuo sin mudas, la consecución de un gran tamaño corporal y la unión de éste con su musculatura. Es una estructura de soporte interno y de almacén del cuerpo, formado de huesos y cartílagos. El número de huesos es variable de acuerdo a la especie, por ejemplo, el encéfalo de los vertebrados que se encuentra protegido por un cráneo ya sea óseo o cartilaginoso. No todos tienen vértebras como, por ejemplo, los peces sin mandíbulas.

A continuación se mencionan algunas de las características de protección y soporte presentes en las clases de vertebrados.



Peces

La piel de los peces es de origen epidérmico y está protegida por una sustancia mucosa que funciona como escudo contra la penetración de bacterias, parásitos y hongos, además de la abrasión producida por el agua (modificaciones del pH, dureza, salinidad, temperatura, etc.). También tiene la función de impermeabilizar el cuerpo y de mantener su presión osmótica para evitar que se deshidraten o sobrehidraten si la densidad de su cuerpo fuera superior o inferior a la del medio que lo rodea.

La queratina en los peces da origen a las escamas dérmicas. Todos los peces de una misma especie poseen igual cantidad de escamas y, según las familias y géneros, pueden ser de diversas formas.

Figura 91. Línea lateral de los peces



Figura 92. Morfología de un pez condrictio

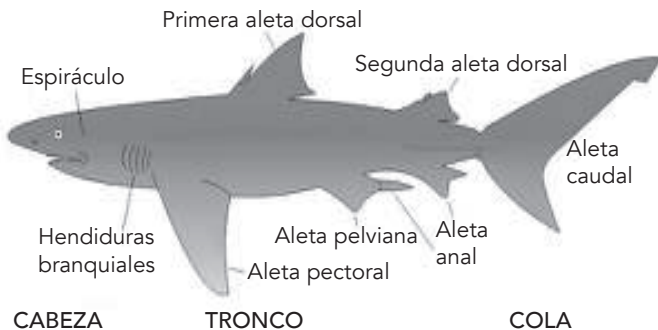
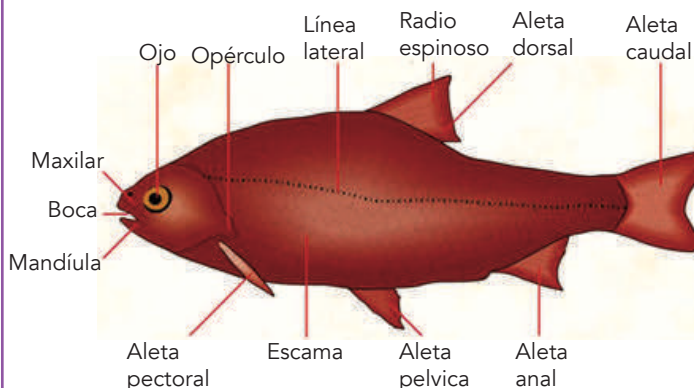


Figura 93. Morfología de un pez óseo



Las escamas de la línea lateral se ubican de tal modo que forman un canal sensorial por el cual penetra cualquier vibración de líquido. Las células de este canal sensorial hacen que el pez pueda percibir, a través de las ampollas de Lorenzini, movimientos, ruidos o cualquier vibración producida por objetos o animales. Esta es la forma en que los peces ciegos pueden “ver”, ya que poseen una extraordinaria sensibilidad en su línea lateral, la cual funciona como un verdadero radar de protección.

Hay peces con esqueleto cartilaginoso (condrictios), como los tiburones, rayas y quimeras), que perdieron su armadura dérmica al adoptar el cartílago en vez de hueso. Casi todos son depredadores. Tienen aletas pares (ventrales y pectorales) e impares (una caudal –con lóbulos distintos–, una anal y dos dorsales), todas ellas sostenidas por cartílagos. Sus escamas son pequeñas y en forma de placoides por asemejarse a dientes que nunca se superponen (denticulos dérmicos). Carecen de vejiga natatoria.

Los peces con esqueleto óseo (osteíctios) tienen vejiga natatoria. Su aleta caudal tiene lóbulos iguales y escamas de tipo cicloide o ctenoides.

Anfibios

La piel de estos organismos es desnuda y tiene glándulas mucosas que les permiten conservar la humedad y, al mismo tiempo, absorber oxígeno del aire y agua para su respiración. Son de piel

delgada y lisa, por ejemplo, las ranas de San Antonio o las *Litoria caerulea*. La piel en los sapos es rugosa. Algunas especies presentan glándulas venenosas que les sirven de protección contra hongos y bacterias, o para no ser depredadas. Para esto secretan un líquido tóxico e irritante detrás de los ojos o en todo el cuerpo (glándulas parótidas), lo que producirá ardor en la boca del atacante, obligándolo a dejar en libertad a su presa. Otro mecanismo de defensa del sapo es fingir su muerte al ponerse boca arriba o quedarse inmóvil.

La piel tiene la función de controlar el equilibrio hídrico, ya que cambia la permeabilidad de acuerdo con su actividad. Si el anfibio desea alimentarse fuera del agua, la permeabilidad aumenta para facilitar la absorción del alimento y, cuando está en ella, se reduce.

Algunos anfibios presentan unos pequeños dientes en su mandíbula superior y paladar como mecanismo de defensa. La columna vertebral de las ranas es pequeña y está formada por 10 vértebras. Sus huesos son fuertes, resistentes y aptos para saltar.

Reptiles

Los reptiles son los primeros animales en experimentar las adaptaciones de la queratina (proteína fibrosa muy resistente) que da origen a las escamas epidérmicas reptilianas, lo que les proporciona protección contra las rozaduras y la desecación. Éstas pueden ser imbricadas como en los ofidios y lagartos o desarrollarse en forma de placas como en los cocodrilos y tortugas.

La columna de algunos ofidios está integrada hasta por 300 vértebras procélicas según la especie, en las cuales se articulan las costillas flotantes.

Aves

Son los animales que más llaman la atención por la gran variedad y combinación de colores. En ellas, la queratina se localiza en las plumas, picos y garras.

Sus huesos son huecos (neumáticos) ya que contienen aire en su interior, lo que les permite adaptarse al vuelo. Las vértebras dorsales están fusionadas para proporcionar al tronco la rigidez necesaria para el vuelo. La columna vertebral termina en el pigostilo, sitio donde se insertan las plumas timoneras de su cola. Su esternón está muy desarrollado y presenta la forma de quilla o carena, sitio donde se insertan los músculos pectorales encargados de movilizar las alas durante el vuelo. Las articulaciones de las patas tienen forma de "Z" que les permite un suave aterrizaje.

Mamíferos

Tienen el cuerpo cubierto de pelo y presentan glándulas sudoríparas, odoríferas, sebáceas y mamarias. En las ballenas el pelo es reducido a pocas cerdas sensoriales en el hocico.

La queratina en los mamíferos está presente en los pelos, garras, uñas, pezuñas y cuernos.

El pelaje de estos mamíferos presenta las siguientes funciones:

- **Aislante.** Los pelos densos y suaves, llamados borra, atrapan una capa de aire aislante. En las focas, nutrias y castores es tan densa que no es posible mojarla.



- **Protección contra el desgaste del tiempo.** Los pelos gruesos y largos llamados individualmente cerdas o, en conjunto, jarra, sí pueden mojarse y se pliegan sobre la borra para formar una capa aislante.

El pelo de los conejos está cubierto por escamas que se enganchan entre sí cuando se presionan. El pelo rizado de las ovejas crece a partir de folículos curvados.

La mayor parte de los mamíferos presentan dos mudas de piel al año que, a veces, les sirve de camuflaje. Las vibrisas o bigotes son pelos sensoriales para el sentido táctil.

Los puercoespines hacen cascabelear sus púas contra sus agresores.

Las glándulas sudoríparas ecrinas secretan sudor acuoso que, cuando se evapora sobre la piel, absorbe su calor y la enfría, por ejemplo, en caballos y primates. Éstas pueden faltar en roedores, conejos, ballenas y otros mamíferos.

Las glándulas apocrinas secretan líquido lechoso, blanquecino o amarillento y se secan en la piel para formar un aspecto de plástico, lo cual es importante en el ciclo sexual.

Las glándulas odoríferas actúan como mecanismos de defensa al emitir sustancias repulsivas, como lo hace la mofeta, al lanzar un olor nauseabundo o desagradable (alcohol sulfurado) a través de sus glándulas anales para marcar su territorio, además de tener en su pelaje, dos rayas blancas en los costados de su cuerpo, que indican ser un animal peligroso para sus depredadores. Otros animales excretan un líquido repulsivo como el visón o la tortuga cuello de serpiente australiana (*Chelodina longicollis*).

Las glándulas sebáceas y mamarias tiene una función semejante a las de la especie humana.

A

Actividad

Actividad (10 minutos)

Elabora un cuadro comparativo de las similitudes y diferencias que hay entre el soporte de las cinco clases de vertebrados.

Figura 94. Soporte de un pez

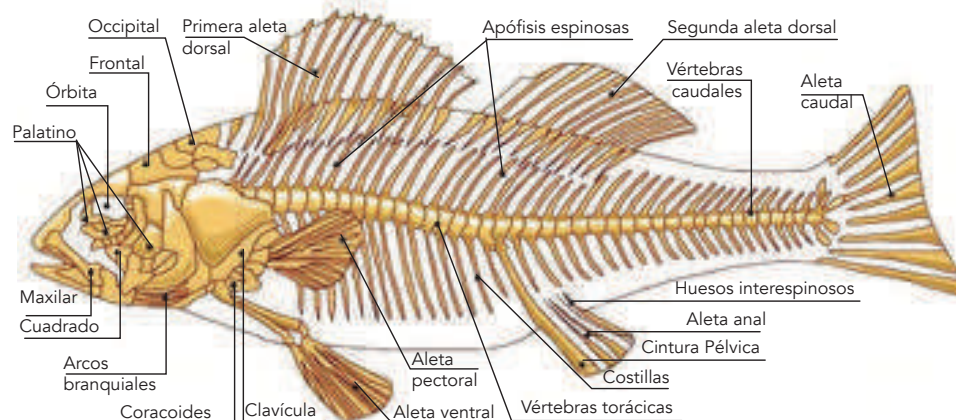


Figura 95. Soporte de un anfibio

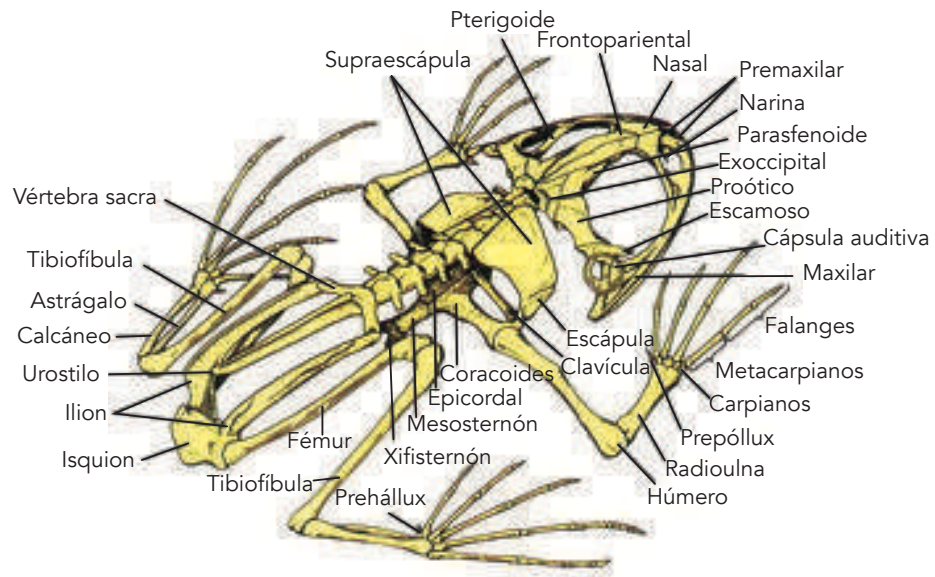




Figura 96. Soporte de un ave

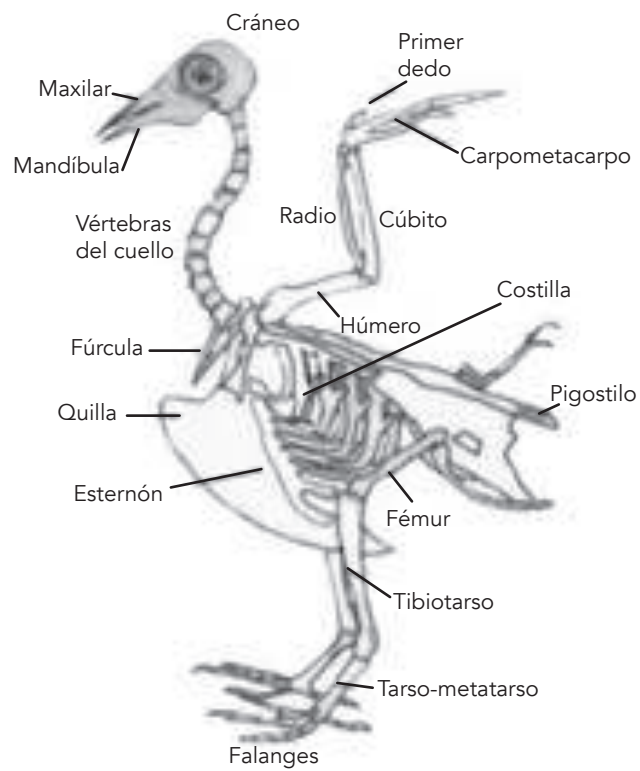


Figura 97. Soporte de un mamífero

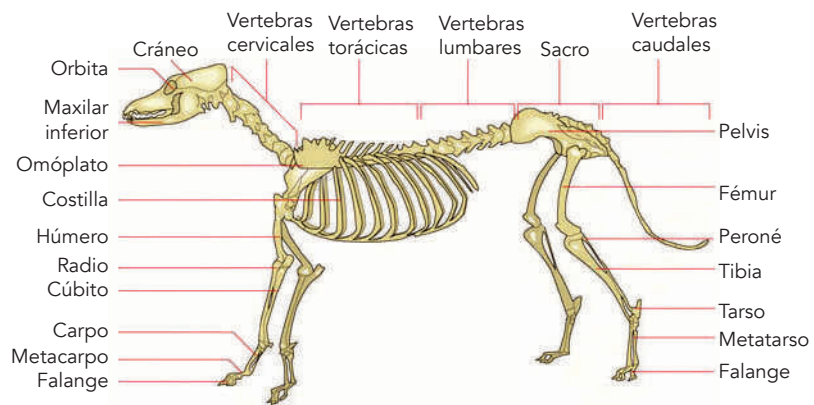


Figura 98. Soporte de un reptil (serpiente)





Figura 99. Soporte de una tortuga

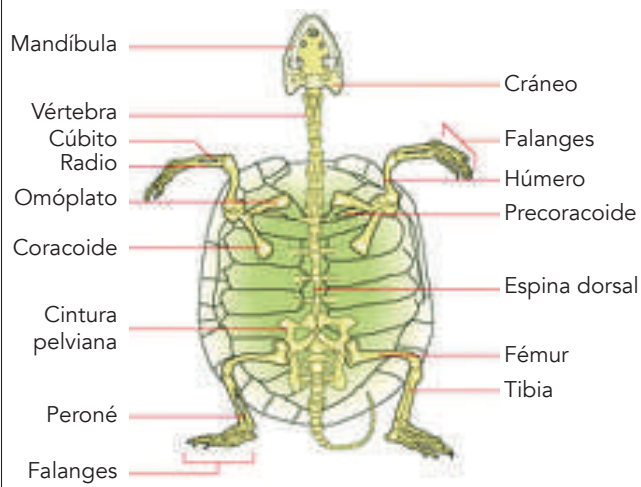
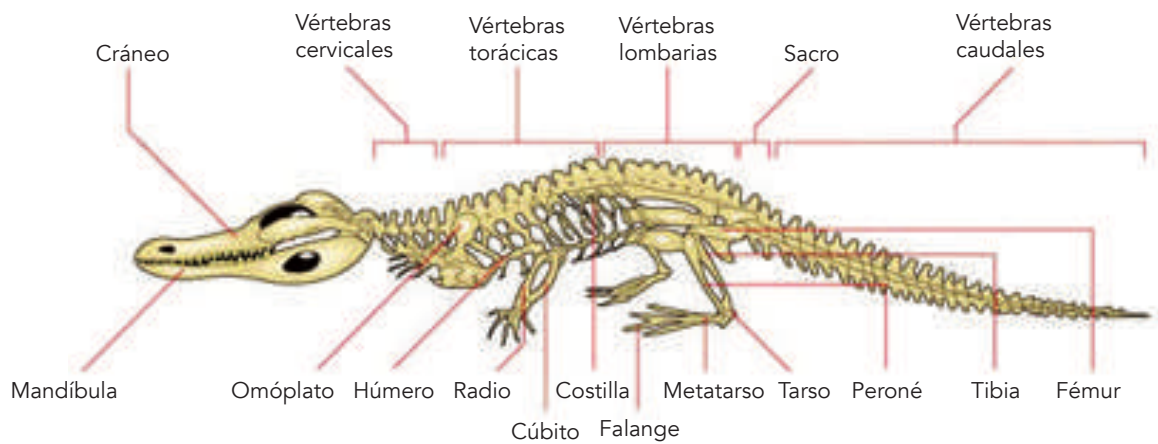


Figura 100. Soporte de un cocodrilo



Evaluación (5 minutos)

De manera voluntaria o al azar, cinco alumnos seleccionarán de forma secreta una clase de los vertebrados para representar sus características a través de mímica que tendrá que adivinar el resto de sus compañeros.



Evaluá

Glosario

Cromatóforos: pequeña célula en forma de saco, lleno de gránulos de pigmento rodeado de células musculares que, cuando se contraen, extienden todo su color a la zona pigmentada.

Biocromos: sustancias producidas por organismos vivos que tienen un color que resulta de la absorción selectiva de color. Los pigmentos biológicos incluyen pigmentos vegetales y pigmentos de flores. Muchas estructuras biológicas como los ojos, las plumas, la piel y el cabello, contienen pigmentos como la melanina en células especializadas llamadas cromatóforos.

Iridiscentes: son dos superficies delgadas superpuestas donde interfieren el reflejo de la luz de la camada inferior y la camada superior a la vez. Es por ello que nos parece ver más de un color.



Glosario

Glosario extendido

Busca y escribe el significado de los siguientes términos y anota la fuente de consulta.



Glosario

TÉRMINOS	SIGNIFICADO	FUENTE DE CONSULTA
Difiodontos		
Ecrinas		
Edentado		
Imbricadas		
Táctiles		



Para saber más del tema

Entre los agnatos (peces primitivos sin mandíbulas) tenemos a los mixines y lampreas marinas.

Las **lampreas marinas son animales anádromos**, lo que significa que pueden vivir en aguas dulces, pero también en los océanos. Son alargadas, llegan a alcanzar más de un metro de longitud y su esqueleto está formado de **cartílago**. Poseen una boca en forma circular que hace las veces de **ventosa**. Allí se pueden localizar los dientes y su la lengua. Emplean la boca tanto para construir su nido, como para pegarse a un pez mayor. Con los dientes abren pequeños agujeros en la piel del otro animal y absorben la sangre que necesitan para alimentarse. Pasa dos años así y luego emigra para aparearse.

Figura 101. Lamprea marina



Para conocer más

Te recomendamos los siguientes artículos:

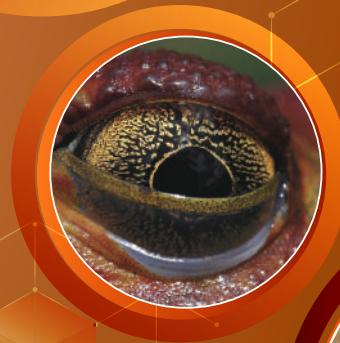
"El cambio de color en los camaleones: un arcoíris de emociones", "Monstruos y dragones: lagartos venenosos" y otros artículos disponibles en la página: <https://allyouneedisbiology.wordpress.com/category/castellano/contenidos/zoologia-contenidos/reptiles/reptiles-anatomia-y-fisiologia/>



Bibliografía

- Biggs, Alton et al. (2012). *Biología Ciencias de Glencoe*. New York: McGraw-Hill.
- Hickman, Cleveland et al. (2001). *Integrated principles of Zoology*. New York: McGraw Hill.
- López Bosch, David (2017). "El cambio de color en los camaleones: un arcoíris de emociones", *All you need is biology. Reptiles. Anatomía y fisiología*. < <https://allyouneedisbiology.wordpress.com/category/castellano/contenidos/zoologia-contenidos/reptiles/reptiles-anatomia-y-fisiologia/>>.
- Solomon, E. Pearl (1998). *Biología de Ville*. México: McGraw-Hill Interamericana.

Módulo 2



Morfofisiología de los procesos de relación en vertebrados



MÓDULO II. Morfofisiología de los procesos de relación en vertebrados

2.1 Características generales del sistema nervioso en vertebrados (peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos)



Objetivo

Objetivo

Sabe qué órganos intervienen en la realización de la función vital de relación en los vertebrados, principalmente en el humano.



Conocimientos previos

Rescate de conocimientos previos (5 minutos)

Todo ser vivo realiza las funciones de nutrición, reproducción y relación. El medio ambiente en el que viven los organismos está en constante cambio, pues se experimentan transformaciones físicas y químicas que, a veces, suceden muy rápido. Estos cambios se convierten en estímulos a los que el organismo debe adaptarse de muy diferentes maneras y que requieren de la intervención de diferentes órganos.

El sistema nervioso es el encargado de coordinar las respuestas en los organismos, por lo que participa principalmente en lo que se denomina función vital de relación.

La irritabilidad, por ejemplo, es la capacidad de los organismos de responder a cualquier estímulo, tanto externo como interno. Las células (neuronas) y órganos del sistema nervioso del individuo llevan a cabo la recepción y conducción del estímulo y su procesamiento para la emisión de una respuesta, así como su coordinación y conducción hasta el órgano efector.

El estímulo es conducido por medio de cambios en la polaridad de la membrana celular de la neurona mediante un mecanismo de alteración de las concentraciones de sodio y potasio en el interior y exterior de la célula que se llama "bomba de sodio/potasio" (Na^+/K^+). Este mecanismo se efectúa gastando ATP. Del interior de la célula se expulsan tres iones de sodio hacia el exterior de la neurona y se introducen dos iones de potasio del medio externo. La impermeabilidad de la membrana hacia el sodio impide su regreso.

Esto hace que la concentración de Na^+ en el exterior de la neurona sea elevada, ya que cada vez que funciona la bomba de sodio/potasio salen tres cargas positivas y entran dos en forma de K^+ , lo que crea una diferencia de potencial de aproximadamente -70 milivoltios. En este momento la neurona está lista para recibir el impulso nervioso, es decir, se encuentra en potencial de reposo. Cuando llega un impulso nervioso, la membrana se despolariza y se abren los canales para el Na^+ , invirtiéndose la polaridad. Si antes había más sodio en el exterior, y por lo mismo más cargas positivas, con la presencia del estímulo, el sodio entra a la célula y se introducen cargas positivas que se despolarizan, con un valor de potencial de aproximadamente 120 milivoltios.

En este momento el estímulo está en potencial de acción y produce neurotransmisores que permiten que el impulso vaya a la neurona siguiente. La unión entre dos neuronas se llama sinapsis, la cual está rodeada por una abertura entre las dos neuronas llamada espacio o hendidura sináptica. El impulso hace que la membrana celular de la neurona que lo conduce (la membrana de la neurona pre-sináptica) vierta en el espacio sináptico el neurotransmisor que, al entrar en contacto con la membrana de la neurona postsináptica, o sea, la que recibe el impulso, origina la apertura de los canales para que el Na^+ despolarizando entre así por la membrana de la neurona.

Desarrollo del contenido (30 minutos)



Las neuronas se clasifican en:

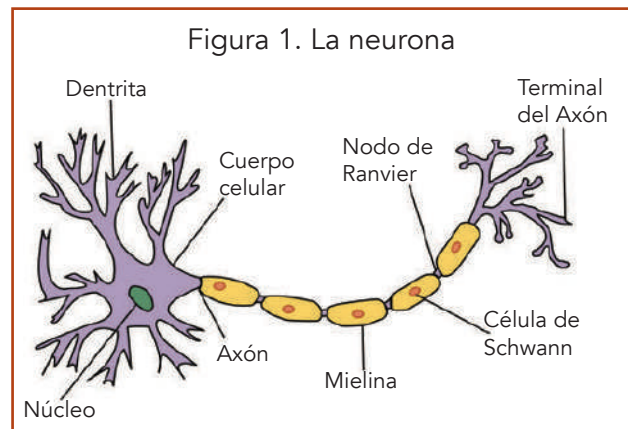
- **Sensitivas**, si reciben información que trasladan al sistema nervioso central.
- **De asociación**, que unen unas neuronas con otras.
- **Motoras**, si se conectan con un órgano efector.
- **Mixtas**, si realizan funciones sensitivas y motoras.

Es fácil deducir que la neurona es la unidad funcional del sistema nervioso y que el conjunto de éstas compone el tejido neuronal o nervioso y los órganos de este sistema.

Para mayor información, consulta las siguientes páginas:

<https://es.khanacademy.org/science/biology/human-biology/neuron-nervous-system/a/overview-of-neuron-structure-and-function>

<http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/1bachillerato/animal/contenidos16.htm>



Órganos del sistema nervioso central

El sistema nervioso central está dividido en dos: encéfalo y médula espinal.

El **encéfalo** es el conjunto de órganos que están delimitados por el cráneo y son:

• Cerebro

Es el principal centro controlador del organismo. Cuando recibe un estímulo sensorial interpreta su significado, integra la respuesta, coordina y emite las respuestas motoras. También participa en las funciones emocional e intelectual y es el responsable de la conciencia y la voluntad. Lo constituyen principalmente neuronas (tejido nervioso) y tiene forma ovoide. Mide aproximadamente 17cm de longitud, 14 cm de ancho, 13 cm de altura. Pesa aproximadamente 1 350 g. Su volumen varía entre 1350 a 1500 cm^3 , aunque es de menor tamaño en la mujer.

Organización externa del cerebro. Su aspecto es parecido a un tubo flexible que es introducido a la fuerza en un recipiente y que se dobla para que quepa.



Presenta hendiduras profundas o cisuras, y repliegues o circunvoluciones que aumentan la superficie cerebral. La cisura interhemisférica lo divide en dos mitades: el hemisferio izquierdo y el hemisferio derecho, que se conectan por el cuerpo calloso, que enlaza las funciones de cada mitad. Las cisuras delimitan 4 lóbulos: frontal, parietal, temporal y occipital. La zona más externa del cerebro es la corteza cerebral, cuyo espesor oscila entre 1.5 y 4 mm.

Organización interna del cerebro. Se pueden observar dos estructuras: la sustancia blanca, compuesta de fibras neuronales, y la sustancia gris, que contiene una gran cantidad de cuerpos neuronales. Inmersos en la sustancia blanca se hallan distintos núcleos basales de sustancia gris, como el núcleo caudado y el núcleo lentiforme, los cuales participan en la planificación y propagación de los movimientos, especialmente los que se realizan de manera automática e inconsciente.

En la zona central interna del cerebro está el sistema límbico, un conjunto de estructuras, entre ellas el hipocampo y la amígdala, alrededor de la parte superior del diencefalo, que conecta el hipotálamo con la corteza cerebral y otras estructuras. Integra los impulsos, las emociones, el placer y el desagrado, y la memoria.

• **Diencefalo**

En él se encuentra el tálamo e hipotálamo que son dos cuerpos ovoides:

Tálamo: conduce los impulsos cerebrales sensoriales que se dirigen hacia la corteza cerebral, excepto los que llevan información olfatoria. Es parte importante en la integración de los sentimientos y movimientos relacionados con las emociones.

Hipotálamo: controla la homeostasis del cuerpo, regula el hambre y la saciedad, controla temperatura corporal y el sueño, y regula los latidos del corazón, el comportamiento sexual y la presión sanguínea. Controla el funcionamiento de la principal glándula endocrina: la hipófisis.

• **Cerebelo**

Está ubicado debajo del cerebro, por detrás de la protuberancia anular y del bulbo. Establece comunicación con esos órganos por medio de los pedúnculos cerebelosos. El cerebelo tiene dos hemisferios y un lóbulo medio (vermis). Es el órgano del sistema nervioso central que controla los movimientos finos y coordinados como la escritura, la postura corporal (pues adquiere información de los propios receptores de los músculos y articulaciones) y el equilibrio (pues recibe información del sistema vestibular del oído interno). Pesa aproximadamente 140 g y tiene forma de corazón de naipes. Sus medidas son: 10 cm de ancho, 5 cm de longitud y 6 cm de espesor.

• **Tallo Encefálico**

Controla funciones vitales para el organismo y está compuesto de:

Mesencefalo: transmite impulsos nerviosos desde la corteza cerebral hasta la protuberancia y la medula espinal. Está muy relacionado con los pedúnculos cerebelosos. Contiene centros encargados de dar respuestas motoras, centros reflejados y de control del movimiento de los ojos.

Bulbo raquídeo: es la parte inferior del tallo encefálico que se continúa en la médula espinal. Aloja centros que controlan la vida vegetativa. Regula la presión arterial y las frecuencias respiratorias y cardíacas. Es donde 80% de las fibras motoras que descienden desde la corteza cerebral se cruzan y determinan que la mitad derecha del cuerpo esté controlada por el hemisferio cerebral izquierdo y viceversa.

Por otro lado, la **médula espinal** no pertenece al encéfalo y se encuentra fuera del cráneo. Es el órgano del sistema nervioso central alojado en el conducto raquídeo o canal espinal el cual es un espacio en las vértebras.

La médula espinal lleva los impulsos nerviosos a los 31 pares de nervios raquídeos, de tal forma que comunica al encéfalo con el cuerpo, mediante dos funciones básicas: la aferente, en los estímulos sensitivos del tronco, cuello y las cuatro extremidades van hacia el cerebro, y la eferente, en la que el cerebro emite una respuesta al estímulo y ordena a los órganos efectores realizar determinada acción y lleva estos impulsos hacia el tronco, cuello y extremidades. Es el órgano principal del arco reflejo en la que se integran respuestas a determinados estímulos, proceso en el cual no interviene el cerebro. Asimismo, integra el funcionamiento del sistema nervioso simpático y el parasimpático.

La médula espinal pesa aproximadamente 30 gramos y alcanza una longitud de 45 cm en los varones y 43 cm en la mujer. Es de forma cilíndrica en los segmentos cervicales superior y lumbar, y que ovoide en los segmentos cervical superior y torácico. Tiene un diámetro transversal mayor que el anverso.

El sistema nervioso está envuelto por tres membranas que, en conjunto, se llaman meninges: la piamadre, la aracnoides y la duramadre. La piamadre está en contacto con el tejido nervioso. Sobre ella se encuentra la aracnoides la cual cuenta con un espacio lleno de líquido cefalorraquídeo llamado espacio subaracnoideo y es como una red fina, transparente y laxa que no se llega a introducir en los surcos de la médula. Finalmente, la duramadre es la capa meníngea más externa, fibrosa y fuerte, y se encuentra en contacto con el hueso llamado cráneo. Entre la aracnoides y la duramadre se encuentra un espacio virtual llamado espacio subdural.

Puente de Varolio: también conocido como protuberancia anular o puente troncoencefálico, es una de las partes del cerebro más importantes. Una pequeña lesión en esta estructura podría suponer la muerte súbita o la entrada en un estado de coma.

La importancia del puente de Varolio es que constituye una de las porciones más grandes de una estructura conocida como tronco del encéfalo, encargada, entre otras cosas, de conservar en funcionamiento mecanismos automáticos que nos mantienen con vida. Establece conexión con todas las estructuras del encéfalo. Regula el ritmo respiratorio y otros factores que elaboran las respuestas reflejadas.

Figura 2. Puente de Varolio





Sistema nervioso periférico

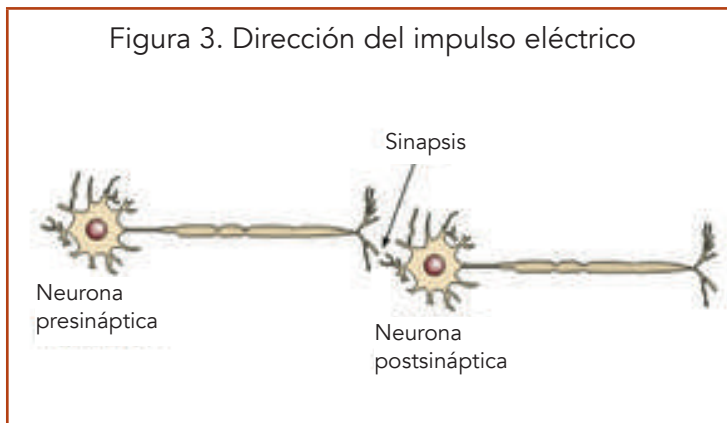
Para abordar este tema primero definiremos nervio.

Los **nervios** son un conjunto de **fibras nerviosas en forma de cordón blanquecino**, que conducen impulsos entre el **sistema nervioso central** y otras partes del cuerpo. Se originan en el cerebro y son capaces de transmitir sensaciones a la vez de distribuir **impulsos motores** por todo el cuerpo.

Los nervios tienen la capacidad de transmitir impulsos eléctricos, primeramente, como impulsos sensoriales que viajan por las dendritas de la neurona, llegando al soma o cuerpo neuronal, y luego saliendo hacia otra neurona por el axón.

Por su parte, el sistema nervioso periférico está formado por nervios craneales y nervios raquídeos o espinales.

Figura 3. Dirección del impulso eléctrico



Como ya se mencionó, el punto de unión entre un axón y una dendrita se le llama sinapsis, las cuales radican entre la parte terminal de un axón y el cuerpo o las dendritas de otra neurona. La estructura sináptica está formada por la membrana pre-sináptica, la hendidura sináptica o espacio inter-sináptico y la membrana post-sináptica. Las múltiples sinapsis son las estructuras que permiten la comunicación entre los millones de neuronas de nuestro sistema nervioso.

La comunicación entre dos neuronas se realiza mediante señales químicas y eléctricas, y se lleva a cabo en los botones sinápticos, situados en cada extremo de las ramificaciones del axón que se conectan con otra neurona en las sinapsis.

En el interior de cada botón sináptico o unión sináptica existen pequeños depósitos llenos de una sustancia química llamada neurotransmisores, que ayudan a traspasar la información de una célula a otra. Existen muchas moléculas que cumplen esta función de neurotransmisores, por ejemplo, la acetilcolina, dopamina, glutamato, glicina, etc.

Figura 4. Neurotransmisor

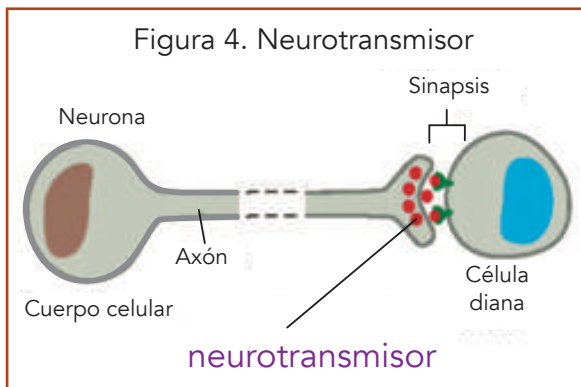
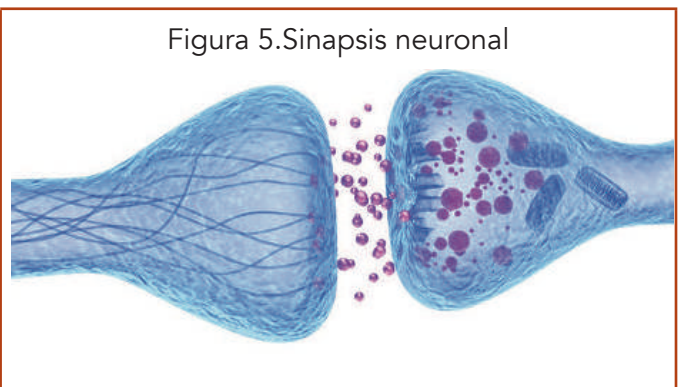


Figura 5. Sinapsis neuronal



En función del neurotransmisor que utilicen y de las partes de la neurona que conecten para la neurotransmisión, existe una variedad de clases de sinapsis: estimuladoras, inhibitoras, etc.

Los nervios pueden clasificarse de acuerdo a donde se originan: **nervios craneales** (que nacen en el bulbo o el encéfalo), **nervios raquídeos o espinales** (que proceden de la médula espinal) y los del **sistema nervioso simpático y parasimpático**.

De acuerdo con la manera de transmitir los impulsos nerviosos, pueden clasificarse en **nervios aferentes** (transmiten impulsos nerviosos al cerebro) y **nervios eferentes** (transmiten el impulso nervioso del cerebro a los músculos y glándulas).

Según su función, los nervios se clasifican en:

- **Nervios sensitivos o centrípetos:** conducen los "estímulos o excitaciones" que se producen en el ambiente exterior hacia los centros nerviosos.
- **Nervios sensoriales:** transmiten sólo estímulos que se originen en los **órganos de los sentidos como el tacto, el gusto, etc.**
- **Nervios motores:** encargados de conducir a partir de una secreción desde el centro nervioso hacia los **músculos o glándulas** las órdenes de movimiento.
- **Nervios mixtos:** funcionan a la vez como sensitivos y motores.

Figura 6. Tipos de nervios

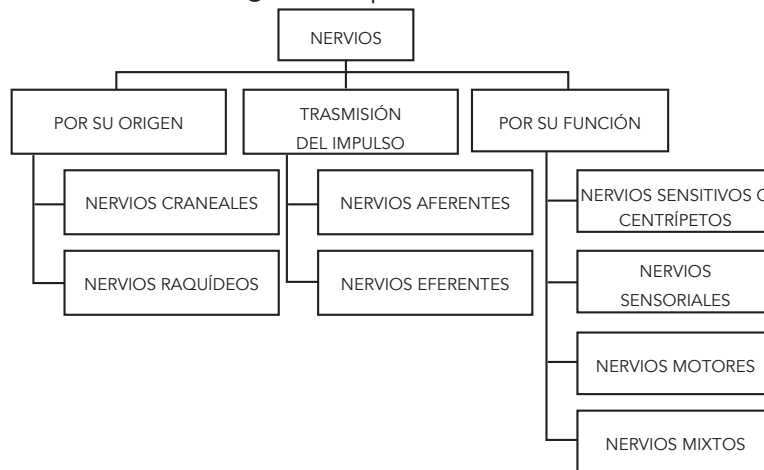
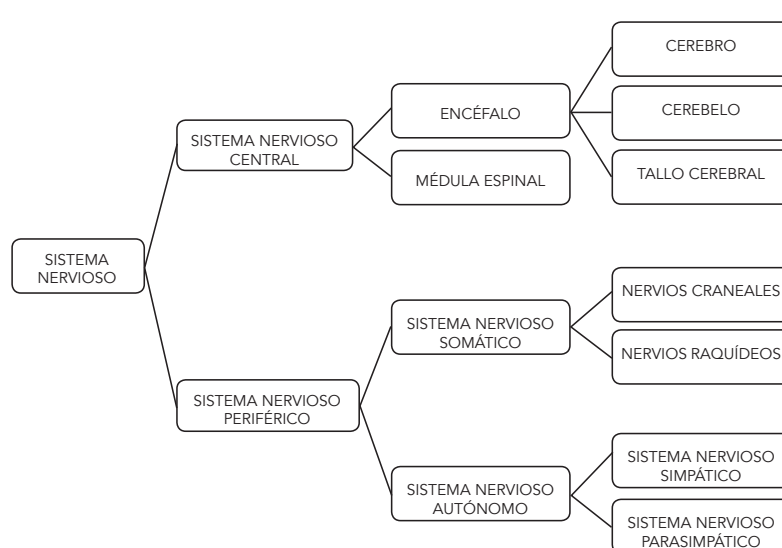


Figura 7. División del sistema nervioso





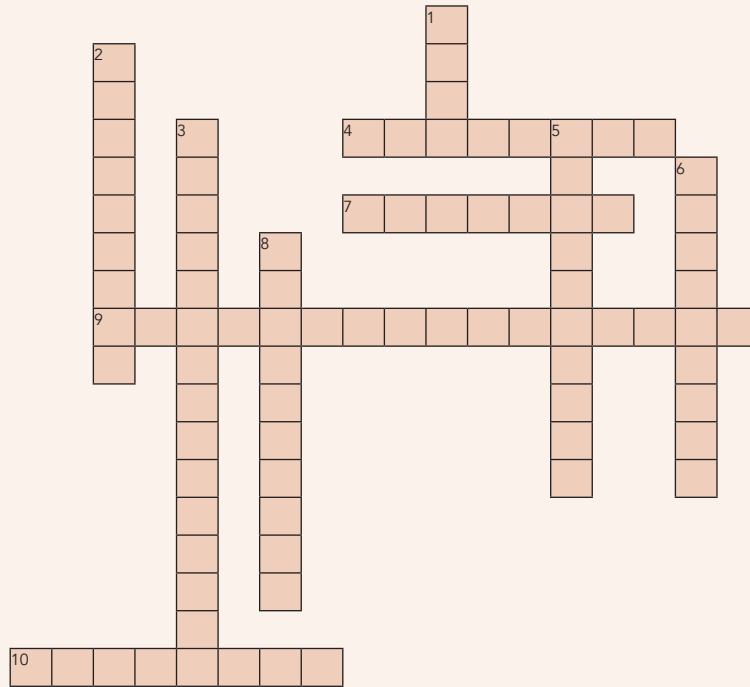
A

Actividad (10 minutos)

Actividad

Sistema Nervioso

Contesta el crucigrama colocando la respuesta en el número de la cuadrícula que le corresponde



Cruzada

4. Unión entre dos neuronas, también se le llama botón sináptico.
7. Célula que compone al sistema nervioso.
9. Receptores nerviosos que reciben estímulos externos como los cambios en el ambiente, como los ojos y los oídos.
10. Extensión de la neurona que conduce el estímulo del exterior al cuerpo neuronal.

Abajo

1. Prolongación de la neurona que conduce el estímulo hacia el exterior de la neurona.
2. Los nervios que transmiten el impulso de la respuesta se llaman nervios.
3. Sustancia producida en la sinápsis y que da continuidad a la transmisión del impulso nervioso
5. Los nervios que transmiten el impulso sensitivo se llaman nervios:
6. Los nervios _____ se originan en bulbo raquídeo o en el encéfalo.
8. Está formado por nervios craneales y raquídeos o espinales.

Respuestas al crucigrama:
 neurona, peritérico, sinápsis, dendrita, axón, neurotransmisor, craneales, sensitivos, eferentes, exteroceptores.

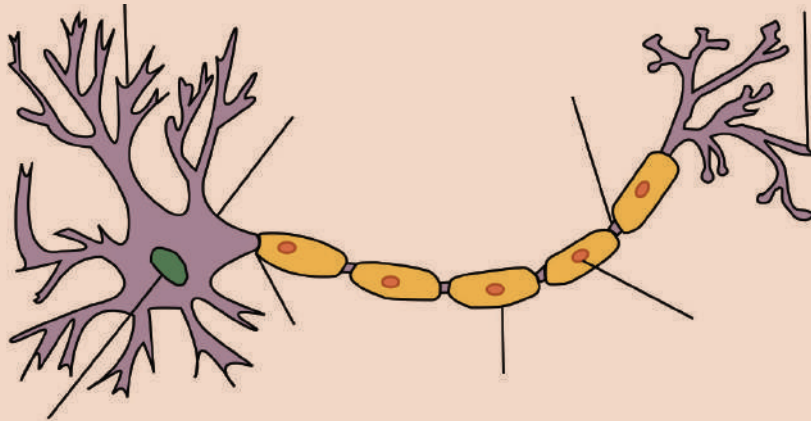
Evaluación (5 minutos)

E

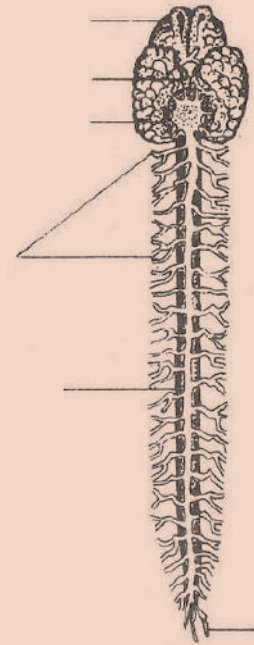
Evalúa

Coloca los nombres de cada elemento en los siguientes esquemas y dáselo a tu compañero para que lo califique.

Esquema 1



Esquema 2



Glosario

G

Dopamina: es uno de los muchos neurotransmisores que utilizan las neuronas para comunicarse entre ellas. Tiene una función muy importante en los espacios sinápticos, es decir, los espacios microscópicos en los que las células nerviosas establecen conexiones entre sí. Está frecuentemente mencionada como la causante de las sensaciones placenteras y la sensación de relajación.

Diencefalo: es una estructura situada en la parte interna central de los hemisferios cerebrales. Se encuentra entre los hemisferios y el tronco del encéfalo. A través de él pasan la mayoría de fibras que se dirigen hacia la corteza cerebral. Se compone de: tálamo, hipotálamo, subtálamo y epitálamo.

Figura 8. Dopamina

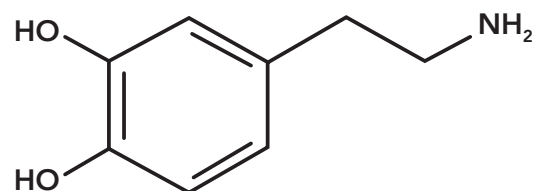
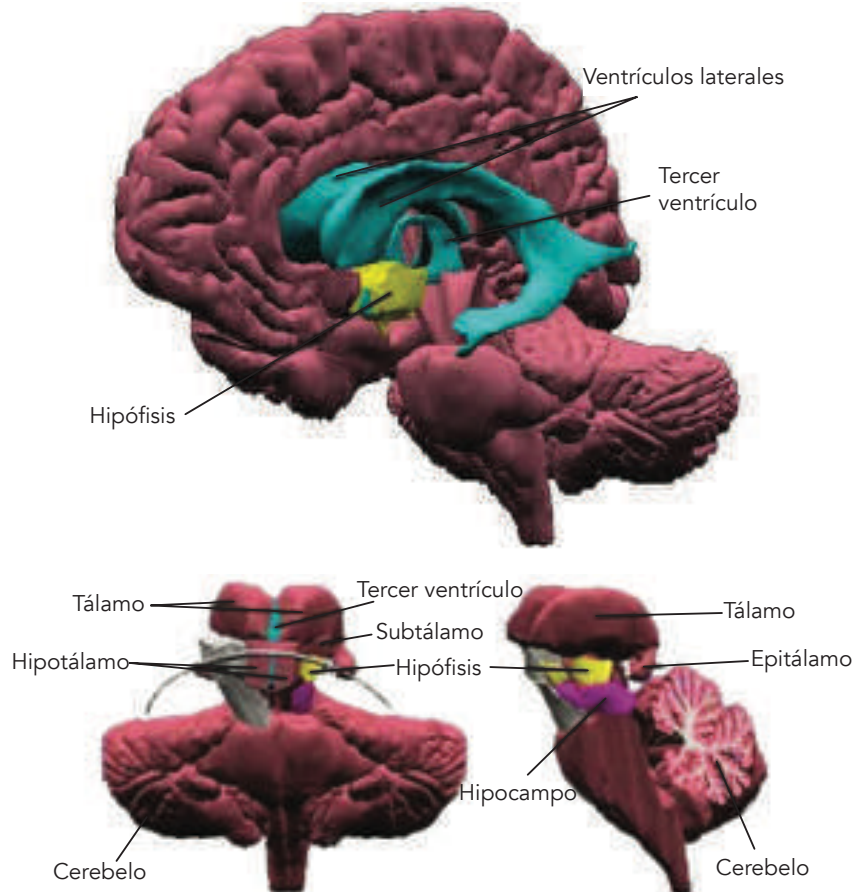




Figura 9. Diencéfalo



Para saber más

Te sugerimos leer: <http://www.monografias.com/trabajos24/sistema-nervioso-vertebrados/sistema-nervioso-vertebrados.shtml#ixzz4Ur3bkj7L>

Como puedes observar, las diferencias estriban en la forma en que el organismo lleva a cabo la función de relación, por ejemplo, los lóbulos olfativos están más desarrollados en peces puesto que para ellos es muy importante para su supervivencia los olores de alimentos y depredadores.



Bibliografía

- La Gran Enciclopedia Ilustrada del Proyecto Salón Hogar (2017). "El tacto". <<https://www.salonhogar.net/Salones/Ciencias/1-3/sentidos/tacto.htm>>.
- Ondarza, R. (2006). *Biología moderna*. México: Trillas.
- Solomon, E., Berg, L. y Martin, D. (2001). *Biología*. México: McGraw-Hill Interamericana.
- Starr, C. y Taggart, R. (2004). *Biología, La unidad y diversidad de la vida*. México: Thomson.

- Universidad del País Vasco (2016). "Los cannabinoides inducen pérdida de memoria a través de la disminución de la energía de las neuronas". <http://www.ehu.es/es/content/-/asset_publisher/W6wn/content/n_20160911_cannabis?redirect=http%3A%2F%2Fwww.ehu.es%2Fes%2Fhome%3Fp_id%3D101_INSTANCE_TaD3%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_pos%3D1%26p_p_col_count%3D5>.
- Veganimal (2017). "Relación de los animales". <<https://veganimal.wikispaces.com/2.-+RELACI%C3%93N+DE+LOS+ANIMALES>>.
- Wikipedia (2017). "Médula espinal". <https://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9dula_espinal>.

2.1.1 Sentidos de relación. Diferencias en vertebrados

Órganos de los sentidos. Semejanzas y diferencias en vertebrados

Es importante mencionar que los órganos de los sentidos de los vertebrados son mucho más complejos que los de los invertebrados. Tenemos cinco sentidos: vista, oído, tacto, gusto y olfato.

El tacto nos permite sentir la textura de las cosas y si están frías o calientes. El olfato nos posibilita percibir el aroma, y el gusto el sabor de las comidas. La vista nos deja ver todo lo que nos rodea y el oído, captar ondas sonoras para que podamos escucharlas. Todo esto es gracias a células nerviosas que actúan como receptores de señales de diferente naturaleza, es decir, son células nerviosas especializadas en la captación de estímulos provenientes del medio ambiente externo e interno, y son la vía entrada de la información al sistema nervioso de un organismo.

Con base en el origen del estímulo, estos receptores se pueden clasificar en:

- **Exteroreceptores:** reciben estímulos externos como los cambios en el ambiente, por ejemplo, los ojos y los oídos.
- **Visceroreceptores o interoceptores:** se localizan en el interior del cuerpo y son estimulados por actividades que se realizan en las vísceras, como el hambre.
- **Propioreceptores:** se ubican en músculos, tendones, articulaciones y oído interno. Reciben estímulos procedentes de músculos y zonas adyacentes, como articulaciones, por ejemplo, para mantener la postura o el equilibrio.

Por la naturaleza del estímulo, lo podemos clasificar en:

- **Quimiorreceptores:** cuando los estímulos son de origen químico, por ejemplo, el gusto y olfato.
- **Mecanorreceptores:** cuando el estímulo es de tipo mecánico, por ejemplo, el contacto, no contacto, vibraciones y texturas. Existen mecanorreceptores especializados, por ejemplo, los estatoreceptores que informan sobre la posición del equilibrio, y los fonoreceptores, que perciben las ondas sonoras.
- **Termorreceptores:** son los que perciben la pérdida o ganancia de energía con el exterior (el frío o el calor).
- **Fotorreceptores:** detectan energía luminosa en el rango del espectro de luz visible.



2.1.1.1 El tacto

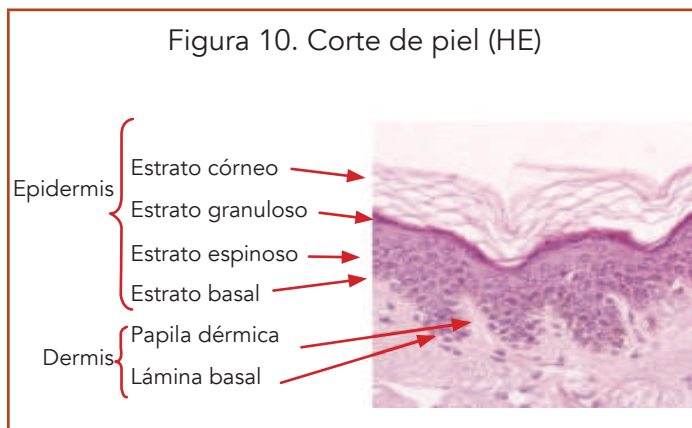
Rescate de conocimientos previos (5 minutos)

Relaciona los receptores sensoriales con el tipo de estímulos a los que reaccionan y los ejemplos:

Receptores sensoriales	Tipo de estímulo	Ejemplos
1. Mecanorreceptores	A. Respuesta al calor o frío	I. Receptores táctiles
2. Electrorreceptores	B. Energía luminosa	II. Papilas gustativas
3. Quimiorreceptores	C. Detección de energía eléctrica	III. Insectos chupadores
4. Termorreceptores	D. Energía mecánica	IV. Piel de peces
5. Fotorreceptores	E. Químicos	V. Conos y bastones

Respuestas 1.D.I 2.C.IV 3.E.II 4.A.III 5.B.V

El tacto nos permite percibir la textura de las cosas, si están frías o calientes, o si son duras o blandas.



Los estímulos que detecta el sentido del tacto incluyen el contacto, presión, temperatura y dolor. Su órgano sensorial es la piel.

La mayoría de las sensaciones (estímulos externos) son percibidas por medio de los corpúsculos, terminaciones nerviosas llamadas receptores, mismos que están encapsulados en tejido conjuntivo y se localizan entre las distintas capas de la piel. Las capas de la piel se llaman epidermis, dermis e hipodermis.

Este sentido es fundamental, ya que los demás se consideran especializaciones del tacto. Por ejemplo, los sabores se perciben cuando el alimento se pone en contacto con la lengua. De igual manera, los olores se detectan con el bulbo olfativo. Vemos algo cuando su luz toca la retina. Los sonidos, mediante un choque, deben hacer vibrar al tímpano para que se inicie la vibración que nos generará la audición.

Si te preguntan cuál es el órgano más grande del cuerpo, lo más probable es que respondas que el corazón, o tal vez los pulmones. Sin embargo, la respuesta indiscutiblemente correcta es la piel, que además es el órgano de mayor sensibilidad táctil.

Todos los estímulos se perciben por medio de la piel. Cada sensación tiene su receptor específico: lo táctil o el contacto, la presión, el frío, el calor y el dolor. Se estima que en la piel humana existen alrededor de cuatro millones de receptores para la sensación de dolor, 500 mil para la presión, 150 mil para el frío y 16 mil para el calor.

Los corpúsculos de la piel

Los receptores de la piel son llamados corpúsculos, terminales nerviosas encerradas en cápsulas de tejido conjuntivo y distribuidas entre las distintas capas de la piel (epidermis, dermis e hipodermis).

Los receptores encargados del tacto o de la sensación de contacto son los corpúsculos de Meissner, que nos permiten darnos cuenta de la forma y tamaño de los objetos y discriminar entre lo suave y lo áspero.

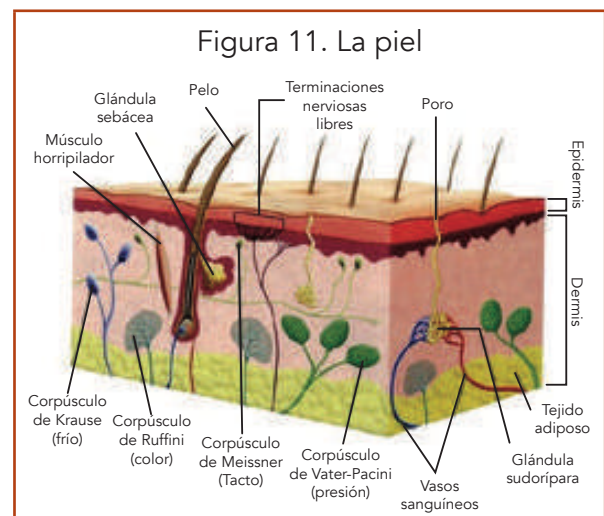
Los corpúsculos de Pacini son los que determinan el grado de presión que sentimos; nos permiten darnos cuenta de la consistencia y peso de los objetos y saber si son duros o blandos. En algunos casos, el peso se mide de acuerdo al esfuerzo que nos causa levantar un objeto.

Los corpúsculos de Ruffini perciben los cambios de temperatura relacionados con el calor (nuestra temperatura normal oscila entre los 36 y los 37 grados). Especialmente sensible a estas variaciones es la superficie o cara dorsal de las manos.

Por su parte, los corpúsculos de Krause son los encargados de registrar la sensación de frío, que se produce cuando entramos en contacto con un cuerpo o un espacio que está a menor temperatura que nuestro cuerpo.

Las distintas impresiones del tacto son transmitidas por los diferentes receptores a la corteza cerebral, específicamente a la zona ubicada detrás de la cisura de Rolando.

El dolor tiene sus propios receptores llamados álgidos, terminaciones nerviosas libres presentes en casi todos los tejidos del cuerpo, en la parte más profunda de la epidermis, y distribuidas entre las cápsulas de los diferentes corpúsculos.



Cuando el estímulo supera los límites normales –frío por debajo de los 0° celsius, calor por encima de los 70° C, presión excesiva, punción o desgarradura de la piel– es captado por estas terminaciones, y se produce dolor. Por ejemplo, si la piel entra en contacto con un papel en llamas, la sensación ya no es de calor, sino de mucho dolor.

Cuando las células son dañadas, liberan sustancias que provocan un impulso que surge de las terminaciones nerviosas. Una vez transmitida la información al cerebro, se liberan endorfinas, que bloquean el dolor. Lo mismo hacen los analgésicos, por mecanismos diferentes.

Los impulsos dolorosos llegan al cerebro a través de dos tipos de fibras nerviosas, con distinta velocidad de transmisión: las rápidas, de 12 a 30 metros por segundo (m/s), y las lentas, de 0,5 a 2 m/s. Es por esto que existen dos tipos de dolor: el rápido, que es agudo, breve y muy bien localizado, que hace que reaccionemos retirando la parte del cuerpo afectada, y el lento, que es un dolor intenso pero difuso, que se mantiene hasta que se alivia la zona dañada.



2.1.1.2. Gusto

Objetivo

Conoce los receptores sensoriales que tienen los vertebrados para la detección del sentido del gusto.

Desarrollo del contenido (30 minutos)

Los vertebrados con antecedentes de una vida depredadora desarrollan pares de órganos sensoriales externos para la recepción de la distancia, localización y captura de presas más grandes a través de sus secreciones y de la liberación de sustancias químicas, de sensores de vibración en su cuerpo, de radares ultrasónicos (como los murciélagos) o de mecanismos diversos que detectan distintos tipos de energía como respuesta a diferentes movimientos físicos. En otras palabras, el procesamiento de la información sensitiva y la generación de respuestas motoras, son la base del comportamiento animal.

¿Cómo sabes si estás saboreando un delicioso *brownie*?

Las papilas gustativas del sabor dulce detectan las moléculas de azúcar debido a que las células de cada órgano sensorial (sentido del gusto) están conectadas a neuronas específicas y éstas a su vez se conectan con partes específicas del encéfalo. Éste interpreta las señales y las traduce como un placer comerse el *brownie* (¡qué rico!, ¡qué sabroso!, lamerse los dedos, etc.).

Generalmente el sentido del gusto de los vertebrados está en la lengua y está muy relacionado con el sentido del olfato, especialmente en los animales terrestres.

El gusto registra el sabor e identifica las sustancias solubles en la saliva por medio de componentes químicos, secretados por las papilas gustativas.

El gusto y el olfato son muy importantes para los peces pues sus células sensoriales se distribuyen en la superficie de su cuerpo, haciéndolos capaces de percibir sabores y olores de partículas disueltas en el agua. Los anfibios y reptiles tienen un órgano olfatorio en las fosas nasales y otro en el paladar y por eso sacan la lengua para recibir olores del medio y probarlos dentro de su boca.

En general, los sentidos del gusto y olfato están muy relacionados. Sin embargo, daremos algunas características más específicas por cada clase de vertebrados.

Peces

Este sentido está muy desarrollado en los peces óseos (teleósteos), pues poseen células sensoriales o papilas gustativas (en forma de pera) cerca de la boca, labios y barbillas o dentro de la cavidad bucal y sobre la lengua, aunque no dejan de estar presentes en otras partes. Las barbillas como las de los bagres tienen por finalidad coadyuvar a la búsqueda del alimento sobre el fondo (lugar habitual donde buscan su comida) y a saborearla. En las carpas, estas papilas también sirven para detectar el exceso de CO_2 .

Los peces pueden diferenciar entre el sabor salado, dulce, amargo y ácido a través de las microvellosidades de sus papilas. Además, se cree que en muchas especies el gusto está muy relacionado con la actividad sexual y con la elección de las parejas. Los peces tienen dientes con muchas variaciones puesto que su morfología varía dependiendo del tipo de alimentación que siga cada especie.

Anfibios

Su sentido del gusto está en la lengua y el paladar que les permite distinguir distintos sabores a través de papilas gustativas diferenciadas, especialmente en la superficie dorsal de la lengua.

Su lengua es carnosa y está sujeta en la parte anterior y libre en la posterior, para poderla proyectar al exterior y capturar a sus presas. También presentan el órgano de Jacobson como quimiorreceptor del gusto y olfato.

Reptiles

El sentido del gusto y el olfato se combinan para formar un poderoso dispositivo químico-sensorial. Este se describirá con mayor amplitud en el sentido del olfato.

Aves

El sentido del gusto no está muy desarrollado en ninguna especie. Presenta papilas gustativas en la lengua y en la parte posterior del paladar blando, por lo que paladean su comida cuando está bien adentro. Al igual que el hombre, son capaces de distinguir cuatro sabores básicos: salado, dulce, amargo y ácido.

Mamíferos

A través del sentido del gusto perciben sustancias químicas que entran en contacto con las papilas gustativas o receptores gustativos. Pueden percibir los cinco sabores (dulce, ácido, amargo, salado y umami). Además de la detección de alimentos usan este sentido como medio de comunicación química, por ejemplo, la hiena parda, la cual usa su lengua para degustar las marcas olorosas en los objetos.

Los receptores gustativos se clasifican en dos grupos: receptores TRC para la percepción de sabores atractivos como dulce, umami y amargo, y los receptores PKD para la percepción de sustancias ácidas.

Algunas especies de mamíferos han perdido la capacidad de percibir lo dulce pues los animales que sólo comen carne han dejado de identificar estos sabores y algunas especies tienen un gen defectuoso que no les permite procesar esta información.

Científicos estadounidenses aseguran que siete de las 12 especies de los mamíferos que han analizado han perdido el gusto al sabor dulce. Estas especies sólo comen carne, por lo que han perdido la capacidad de reconocer ese sabor, y los resultados demuestran que el gusto por lo dulce se pierde frecuentemente durante la evolución de una dieta especializada en un alimento determinado.

Investigaciones anteriores revelaron que tanto los gatos domésticos como los salvajes son incapaces de percibir compuestos dulces. Esto se debe a los defectos de un gen que controla la estructura de receptor del gusto del sabor dulce. Además, los gatos son carnívoros obligados y solo subsisten con base en la carne.



Igualmente, el estudio pretendía estudiar si otros carnívoros verdaderos habían perdido el receptor del dulce. Examinaron los genes de 12 especies de mamíferos con distintos hábitos alimenticios y descubrieron que la pérdida de este sabor es un rasgo extendido en otras especies.

Los expertos consideran que la integridad del gen receptor está estrechamente relacionada con la dieta de los animales. Por este motivo, los lobos de mar, las hienas o las focas del Pacífico, entre otras especies, poseen genes defectuosos en los receptores del sabor dulce ya que se alimentan única y exclusivamente de carne.

Sin embargo, estos genes han permanecido intactos en animales como los lobos, las nutrias canadienses y los mapaches, especies carnívoras pero que también comen otro tipo de alimentos.

Por otra parte, la investigación plantea cuestiones que van más allá de la elección de la dieta, ya que los receptores del gusto han sido recientemente identificados en distintos órganos del cuerpo, entre ellos el intestino, el páncreas, la nariz y los pulmones.



Actividad

Actividad (10 minutos)

Elabora un cuadro comparativo de las características más sobresalientes del sentido del gusto en cada clase de animales.

CLASE	CARACTERÍSTICAS
Anfibios	
Aves	
Mamíferos	
Peces	
Reptiles	

Evaluación (5 minutos)

E

Evaluá

Identifica y relaciona los tipos de lengua a los que pertenece cada clase.



1	2	3	4	5
6	7	8	9	10

RESPUESTAS:
1.E, 2.C, 3.D, 4.E, 5.C, 6.B, 7.A, 8.D, 9.B, 10.A

Glosario básico

G

Glosario

Línea lateral: órgano sensorial que detecta impulsos eléctricos como el movimiento y vibración en el agua circundante, lo que ayuda al pez a evitar colisiones, a orientarse en relación a las corrientes de agua y localizar su presa.

Gen: es la unidad de almacenamiento de información, que determina la aparición de los caracteres hereditarios en los seres vivos.

Glosario extendido

Busca y escribe el significado de los siguientes términos, anotando la fuente de consulta.

TÉRMINOS	SIGNIFICADO	FUENTE DE CONSULTA
Genoma		
Receptor		



Para saber más del tema

Lee el siguiente artículo. Posteriormente, discute con tus compañeros de equipo la existencia del sabor umami.

“Los pingüinos tienen un pésimo sentido del gusto”

Perdieron tres de los cinco sabores básicos de los vertebrados -dulce, amargo y umami (sabor a comida sabrosa)- hace más de 20 millones de años.

Madrid. (EP). Los pingüinos perdieron tres de los cinco sabores básicos de los vertebrados -dulce, amargo y el sabor umami- hace más de 20 millones de años y nunca los recobraron. Debido a que los pingüinos son comedores de pescado, la pérdida del sabor umami es especialmente desconcertante, dijo el líder de un estudio, el doctor Jianzhi “George” Zhang.

“Los pingüinos comen pescado, por lo que imagino que necesitan los genes receptores de umami, pero por alguna razón no los tienen”, dijo. “Estos resultados son sorprendentes y desconcertantes, y no tenemos una buena explicación para ellos. Pero tenemos algunas ideas”.

Zhang sospecha que los cambios sensoriales están ligadas a antiguos fenómenos climáticos de enfriamiento en la Antártida, donde se originaron los pingüinos. Su hipótesis principal es que los genes se perdieron después de que las frías temperaturas antárticas interfirieron con la percepción del gusto.

Los vertebrados poseen típicamente cinco sabores básicos: dulce, agrio, salado, amargo y umami. Durante los últimos 15 años, un notable progreso en la comprensión de las bases moleculares del sabor ha abierto la puerta para inferir la habilidad del gusto a través del examen de los genes del receptor de sabor.

En comparación con los mamíferos, se cree que las aves son pobres catadoras, debido en parte a que tienen un menor número de papilas gustativas en la lengua y carecen de dientes para masticar los alimentos.

Estudios genéticos previos mostraron que el gen del receptor de sabor dulce está ausente de los genomas de todas las aves examinadas hasta la fecha. Interesado en el caso de los pingüinos, Zhang encontró que las cinco especies carecen de genes funcionales de los receptores de dulce, umami y sabores amargos.

En los genomas del adelia y emperador, los genes de los receptores del gusto amargo y el umami se han convertido en “pseudogenes”, secuencias genéticas que se asemejan a un gen, pero que carecen de la capacidad de codificar proteínas.

Los pseudogenes a menudo son el resultado de la acumulación de múltiples mutaciones en el tiempo. Los genomas de todas las aves no pingüinos estudiadas -incluyendo garzas, pinzones, papamoscas, loros, guacamayas, halcones, pollos y patos silvestres- contienen los genes para el umami y sabores amargos, pero, como era de esperar, carecen de los receptores para el sabor dulce.

Los investigadores llegaron a la conclusión de que todos los pingüinos han perdido tres de los cinco sentidos de vertebrados. “Tomados en conjunto, nuestros resultados sugieren fuertemente que los gustos umami y amargo se perdieron en el ancestro común de todos los pingüinos, mientras que el sabor dulce se perdió antes”, escribieron los autores.

Los pingüinos se originaron en la Antártida hace unos 60 millones de años, y los principales grupos de pingüinos se separaron unos de otros hace unos 23 millones de años. La pérdida del gusto probablemente ocurrió durante ese lapso de 37 millones de años, que incluyó períodos de drástico enfriamiento de la Antártida, dijo Zhang. A su juicio, la responsable es la proteína TRPM5, que se requiere para la transducción de señales de sabor amargo, dulce, umami y para el sistema nervioso en todos los vertebrados.

Estudios previos en ratones mostraron que TRPM5 no funciona bien a temperaturas frías. "Esto nos dará una pista, tal vez, que esta pérdida de genes de sabor tiene algo que ver con la incapacidad de esta proteína para trabajar a temperaturas más bajas", dijo Zhang.

El gusto en los vertebrados está mediado por los receptores del gusto que normalmente se encuentra en papilas gustativas que se encuentran en la superficie superior de la lengua y otras partes de la boca. La lengua humana tiene varios miles de papilas gustativas.

Un estudio anatómico 1998 de cuatro especies de pingüinos no encontró papilas gustativas en la lengua, lo que sugiere fuertemente una reducción de la función gusto. "Su comportamiento de tragar toda la comida, y su estructura y función de la lengua, sugieren que los pingüinos no necesitan la percepción del gusto, aunque no está claro si estos rasgos son una causa o una consecuencia de su mayor pérdida del gusto" (Tomado de <http://www.lavanguardia.com/natural/20150217/54426256076/pinguinos-tienen-pesimo-sentido-gusto.html>).

Bibliografía

- Alfaro Roca, José María (2007). "Los sentidos de los peces". <<http://fauna2.blogspot.mx/2007/05/los-sentidos-de-los-peces.html>>.
- Asturnatura.com (2017). "Los anfibios. Sistema nervioso". <<https://www.asturnatura.com/articulos/anfibios/sistema-nervioso.php>>.
- BioEnciclopedia (2015). "El gusto en los seres humanos". <<http://www.bioenciclopedia.com/gusto/>>.
- Hickman, Cleveland et al. (2001). *Integrated principles of Zoology*. New York: McGraw-Hill.
- Icarito (2017). "Ciencias Naturales, Estructura y función de los seres vivos. Los sentidos de las aves". <<http://www.icarito.cl/2009/12/21-5948-9-4-las-aves.shtml/>>.
- Petracini, Roberto (2012). "Biología de los peces 6. La Piel. Las escamas. El olfato. El sabor. El oído". <<http://www.elacuaria.com/secciones/biologia6.htm>>.
- RTV (Radio y Televisión Española) (2012). "Algunas especies de mamíferos han perdido el sentido dulce del gusto". <<http://www.rtve.es/noticias/20120313/algunas-especies-mamiferos-han-perdido-sentido-dulce-del-gusto/506873.shtml>>.
- Universidad Técnica del Norte (2014). "Fisiología animal. Órganos de los sentidos". <<https://es.slideshare.net/Sisa-Santi/los-rganos-de-los-sentidos-34175216>>.
- Wikipedia (2017). "Sentido del gusto en carnívoros". <https://es.wikipedia.org/wiki/Sentido_del_gusto_en_carn%C3%ADvoros>.



Bibliografía



2.1.1.3 Olfato

Objetivo

Conoce los diversos mecanismos que tienen los vertebrados para la detección del sentido del olfato.

Rescate de conocimientos previos (5 minutos)

Observa bien el siguiente esquema de un pez e identifica dónde están sus ojos y sus narinas según lo señalan las líneas. Además menciona qué sensaciones perciben en cada uno de ellos.

Figura 12. Narinas de un pez



Desarrollo del contenido (30 minutos)

El lugar en donde se desarrolla el sentido del olfato en los vertebrados es muy parecido pues se inicia en los orificios nasales o narinas, en donde se perciben los olores para canalizarlos por dentro de la cavidad nasal por medio de células nerviosas bipolares, las cuales contienen receptores olfativos para llevar a cabo la identificación de los olores.

A continuación se mencionan algunas características de cómo las diferentes clases de vertebrados llevan a cabo la función olfativa.

Peces

Huelen a través de un par de orificios nasales dobles que se conducen hasta una cámara olfativa, a donde los estímulos olfativos llegan a través de sus órganos sensoriales o tentáculos (barbelos), que están situados alrededor de la boca y otras partes del cuerpo.

¿Para qué utilizan el olfato los peces? Para encontrar comida y pareja, así como para reconocer otros peces de su especie, detectar depredadores y orientarse. Por ejemplo, parece que los salmones reconocen el río de nacimiento por su olor. Recientemente se ha comprobado que los alevines de muchas especies de los arrecifes de coral, si son llevados lejos por la corriente, son capaces de encontrar el camino al arrecife de nacimiento utilizando el olfato (Abc.es, 2012).

En los tiburones, dos tercios de su cerebro están diseñados para ayudarles con el sentido del olfato, que es el más fuerte.

Anfibios

Presentan un par de narinas internas (coanas) que les permiten respirar por la nariz, desarrollando un epitelio olfativo que tapiza la cavidad nasal para que puedan percibir los olores transmitidos por el aire. El centro olfativo se localiza en

el encéfalo anterior y puede detectar olores diluidos en el aire y para encontrar su alimento. Los ápodos tienen tentáculos olfativos.

Reptiles

El olfato en ellos es muy importante para detectar presas y depredadores, y para identificar a la pareja. Tiene dos modos de funcionamiento: uno de ellos, el más típico en los vertebrados, es la captación de partículas olorosas en suspensión por medio de los orificios nasales; el otro, más específica de muchos reptiles, anfibios y algunos mamíferos, es la vomerolfacción que consiste en un análisis más preciso de las partículas olfativas en el denominado órgano vomeronasal o de Jacobson. Éste es un quimiorreceptor inervado por fibras que proceden del bulbo olfatorio secundario y se aloja en dos fosas cubiertas de un epitelio sensorial situadas en el techo bucal. El órgano de Jacobson está presente en los escamosos y en los tuátaras pero no en las tortugas ni en los cocodrilos. En los escamosos, la lengua es la que se encarga de captar las partículas olorosas y de conducir las hasta este órgano; en el tuátara dichas partículas llegan al órgano por difusión aérea.



Figura 13. Tuátara

La información recogida del aire por la lengua, la transforma en el olfato, convirtiendo a las serpientes en potentes sabuesos. Junto a sus fosas nasales, se localizan otras dos cavidades o cámaras que les permiten captar el calor de sus presas (visión térmica), su sexto sentido.

Aves

Su sentido del olfato es muy rudimentario porque sus lóbulos olfatorios son reducidos. Sin embargo, es más desarrollado en las especies necrófagas para encontrar la carroña. Sus fosas nasales están adaptadas para el vuelo debido a su sensibilidad y su velocidad en el aire, porque responden a la presión del éste. Muchas aves carecen de olfato y hay algunas, como las nocturnas, los kiwis y los buitres, que buscan comida entre la hojarasca mediante este sentido.

Mamíferos

Es el sentido más sensible y está relegado al fondo y a lo alto de la nariz, que es el órgano por donde percibimos los olores. Su interior está revestido por la pituitaria (membrana de color amarilla) en donde se encuentran los receptores del olfato.

Es uno de los sentidos más importante en la mayoría de los mamíferos, pues les proporciona información de lo que ocurre en el momento, de lo que ha ocurrido (memoria olfativa) y de lo que está por venir (preventivo o presentimiento)

Los animales utilizan su olfato para orientarse, alimentarse, aparearse, defenderse o comunicarse socialmente; muchos llevan a cabo estas acciones por medio



de las feromonas u otras señales olfativas para comunicar su estado de salud, territorio, identidad o estado reproductivo de forma individual o grupal.

Existe mucha controversia sobre qué animal es el que presenta el olfato más desarrollado. Como muestra están los siguientes:

Entre los vertebrados, el oso polar es uno de los mamíferos con mejor olfato. Al cazar puede localizar focas a unos mil metros de distancia.

La revista *QUO* nos revela que el genoma de los elefantes africanos contiene cerca de 2.000 genes receptores olfativos (OR), el mayor número registrado hasta la fecha; su olfato es el más poderoso, ya que es cinco veces más desarrollado que el de los seres humanos (386), más del doble que el de los perros (811), y mucho más que el de los que ostentaban el anterior récord: las ratas (1.207).

A
Actividad (10 minutos)

Actividad

Anota las características más sobresalientes del sentido del olfato de cada clase de vertebrados, así como un ejemplo característico. Puedes auxiliarte de la red de tu celular.

CLASE	MAMÍFEROS	AVES	REPTILES	BATRACIOS	PECES
Características más sobresalientes					
Ejemplos					

Evaluación (5 minutos)



Evaluá

Relaciona las siguientes listas de animales con la función que desempeñan de acuerdo con su sentido del olfato:

ANIMALES	FUNCIÓN
1. Mapaches, zorros, hienas, chacales, coyotes	A. Alimento insectívoros
2. Mofetas o zorrillos	B. Delimitar territorio
3. Felinos salvajes	C. Alimento carnívoros
4. Topo, musaraña, erizo	D. Carroñeros
5. Perros, osos, tigres	E. Defensa

RESPUESTAS:
1. D 2. E 3. C 4. A 5. B

Glosario básico



Glosario

Barbelos: sinónimo de barbillón, son bigotes que detectan los estímulos olfativos a través de órganos sensoriales o tentáculos, que llevan algunos animales (peces principalmente) alrededor de la boca o en otras partes del cuerpo.

Ápodos: significa que carece de patas. Orden de anfibios que, cuando son adultos, carecen de extremidades y tienen muy corta la cola. Se distinguen de los ofidios porque tienen la piel desnuda y, antes del pleno desarrollo, poseen branquias y viven en el agua, por ejemplo, las cecilias.

Glosario extendido

Busca y escribe el significado de los siguientes términos y anota la fuente de consulta.

TÉRMINOS	SIGNIFICADO	FUENTE DE CONSULTA
Vomerolfación		
Órgano vomeronasal o de Jacobson		
Necrófagos		



Para saber más del tema

Lee el siguiente artículo de Belén Delgado publicado en *El país* (2017) y emite tu opinión sobre él:

“Los microplásticos: una atracción fatal para los peces. Cientos de especies marinas ingieren desperdicios plásticos que se acumulan en el mar”

Cientos de especies animales, incluidos peces y moluscos, han acabado ingiriendo la basura que, en forma de microplásticos, se acumula en el mar sin que hasta el momento se conozcan bien sus causas o consecuencias. Los últimos estudios sobre la materia señalan que hasta 529 especies salvajes se han visto afectadas por su ingesta (o enredadas en residuos marinos), unos riesgos mortales que se suman a los que ya afrontan decenas de ellas en peligro de extinción.

Por pequeños que sean, los microplásticos (de hasta cinco milímetros de diámetro y presentes en numerosos productos como los cosméticos) son parte de esa amenaza para las más de 220 especies que los absorben, entre ellas algunas tan importantes en el comercio como los mejillones, las gambas, las langostas, las sardinas o el bacalao.

Un reciente informe de la Organización de la ONU para la Alimentación y la Agricultura (FAO) ha recopilado lo que se sabe hoy sobre las implicaciones que ese tipo de desechos tiene para la pesca y la acuicultura. “Aunque nos preocupa la ingesta de microplásticos por parte de las personas a través de pescados y mariscos, actualmente no tenemos evidencias científicas que corroboren efectos dañinos en animales salvajes”, explica la investigadora Amy Lusher, quien estima que faltan aún muchos años de investigación, ante el vacío de información que existe y las muchas inconsistencias en los datos disponibles.

Para contribuir al debate, la revista especializada en biología de la Royal Society de Londres publicó recientemente un estudio que sugiere que ciertos peces están predispuestos a confundir el plástico con el alimento por desprender un olor parecido. Matthew Savoca explica que presentaron a varios grupos de anchoas soluciones líquidas con el olor de residuos plásticos recogidos del mar y otras con el de plásticos limpios.

Las anchoas respondieron ante el olor de los desperdicios marinos de forma similar a como harían con su alimento, debido a que esos restos están cubiertos de material biológico —como las algas— que imita el olor de la comida. Esta prueba descartaría que actúen de modo accidental.

Ciertos peces están predispuestos a confundir el plástico con comida por desprender un olor parecido.

“Muchos animales marinos dependen mucho de su olfato para encontrar su comida, mucho más que los humanos”, afirma Savoca, que sostiene que el plástico “parece engañar” a los animales que lo encuentran en el mar, siendo “muy difícil para ellos ver que no es un alimento”.

Pero si las causas de la ingesta siguen sin estar del todo claras, tampoco lo están sus repercusiones. La FAO recuerda que hasta ahora los efectos adversos de los microplásticos en la fauna marina se han observado en experimentos en laboratorios. Esto significa que las pruebas se realizan, por lo general, con un grado de exposición a estas sustancias “mucho mayor” que el que se encuentra en el ambiente.

En el medio salvaje solo han aparecido estas partículas en el aparato digestivo de los organismos salvajes, una parte de los mismos que las personas “suelen retirar antes de consumir”, apunta Lusher. Por eso, quienes pueden encontrarse más expuestos pueden ser quienes comen enteros algunos pescados pequeños o la mayoría de bivalvos. La agencia recoge que en el peor de los casos estimados, una porción de 225 gramos de mejillones supondría tomar 7 microgramos de plástico (menos del 0,1 % de la ingesta diaria total de alimentos).

Siempre pensando en el peor de los pronósticos, un problema surgiría de la presencia de sustancias contaminantes y otros aditivos que se añaden a los plásticos durante su fabricación o bien aquellos que son absorbidos ya en el mar. Pero aún faltan datos sobre el impacto en la alimentación de estos aditivos y de los plásticos más pequeños.

En opinión de los científicos, habrá que estudiar más a fondo la distribución de esos residuos a nivel global, por más que se muevan de un lado a otro. En un mundo cada vez más inundado de plásticos (en 2015 se produjeron hasta 322 millones de toneladas), se estima que la contaminación seguirá aumentando en los océanos, donde en 2010 se vertieron entre 4,8 y 12,7 millones de toneladas de ese tipo de basura.

También te recomendamos leer el artículo: “Tuatara: reintroducción de un fósil viviente” de David López Boch, disponible en el siguiente link:

<https://allyouneedisbiology.wordpress.com/category/castellano/contenidos/zoología-contenidos/reptiles/reptiles-anatomia-y-fisiologia>

Bibliografía

- Abc.es (2012). “¿Por qué los peces tienen orificios nasales? <<http://www.abc.es/20120804/ciencia/abci-peces-tienen-orificios-nasales-201208031216.html>>.
- De la Cierva, Ignacio (2015). “¿Cuál es el ser vivo con el olfato más poderoso?”, en Quo. <<http://www.quo.es/naturaleza/cual-ser-vivo-mejor-olfato>>.
- Hickman, Cleveland et al. (2001). *Integrated principles of Zoology*, New York: Mc Graw Hill.
- Icarito (2017). “Ciencias Naturales, Estructura y función de los seres vivos. Los sentidos de las aves”. <<http://www.icarito.cl/2009/12/21-5948-9-4-las-aves.shtml/>>.
- Infoserpientes.com (2017). “Sentidos de las serpientes”. <<http://www.infoserpientes.com/sentidos-de-las-serpientes>>.
- López Galera, Adrián (2016). “Biología de los reptiles (V): Esqueleto, órganos de los sentidos y otros detalles anatómicos”. <<http://elguardiandeloscristales.com/wordpress/biologia-de-los-reptiles-v-esqueleto-organos-de-los-sentidos-y-otros-detalles-anatomicos/>>.
- Luciaipes (2013). “Clase anfibios”. <<https://es.slideshare.net/Luciaipes/clase-anfibio-diversidad-animal>>.
- SiEduca.net (2011). “Los sentidos de los peces”. <<http://www.si-educa.net/basico/ficha117.html>>.





2.1.1.4 Oído

Objetivo

Conoce los diversos mecanismos que tienen los vertebrados para la detección del sentido del oído.

Rescate de conocimientos previos (5 minutos)

¿Qué otra función tiene el oído, aparte de la audición?

¿En dónde se encuentra el sentido del oído en los peces?

¿Qué animales conoces que son sordos?

¿Escuchan los murciélagos?

Desarrollo del contenido (30 minutos)

En los vertebrados la principal función del oído es el equilibrio. Aunque muchos vertebrados carecen de oído externo o medio, todos tenemos oído interno, el cual está formado por conductos y sacos interconectados que, en conjunto, se llama laberinto. El laberinto tiene dos porciones, una ósea y otra membranosa.

En los mamíferos, el laberinto membranoso está compuesto de dos cámaras, el utrículo y el sáculo, así como tres conductos semicirculares, que constituyen el aparato vestibular. La destrucción de éste causa la pérdida del equilibrio.

Una paloma que ha perdido el aparato vestibular no puede volar, pero puede reaprender el equilibrio utilizando estímulos visuales. El equilibrio del hombre igualmente depende no sólo del oído sino de los propioceptores y de estímulos de células sensibles a la presión en las plantas de los pies.

A continuación conoceremos la función que tienen algunos vertebrados.

Peces

Escuchan por medio de vibraciones que se transmiten a través de los huesos hasta el cráneo en donde presentan un oído interno formado de tres canales semicirculares, quienes, a su vez, funcionan como órgano del equilibrio.

Se dice que los tiburones pueden escuchar muy bien. Algunas de las especies tienen la capacidad de oír a la presa a kilómetros de donde se encuentren. Ellos

tienen aberturas en los lados de la cabeza que conducen al oído interno. Pueden escuchar sonidos en una frecuencia extremadamente baja a larga distancia.

En algunas especies, como el pez dorado, existen pequeños huesos (órgano de Weber) que conectan el oído con la vejiga natatoria. Los peces con órgano de Weber perciben mejor los sonidos e incluso les es útil como comunicación entre especies.

Anfibios

El sentido del oído en estas especies está formado por una membrana timpánica y un estribo para transmitir vibraciones al oído interno que está formado de un laberinto y los tres canales semicirculares. Está diseñado para la percepción de sonidos a través del aire. La estructura de su oído es muy sensible a sonidos de baja frecuencia.

El tímpano de las ranas tiene una forma redonda detrás de los ojos o cerca de la boca, y es de un color diferente al de su piel. El sentido del oído es importante para su comunicación, apareamiento y supervivencia. El macho, al cantar, hincha de aire sus sacos vocales y la hembra a través de escuchar el croar. Puede identificar la condición física y otros atributos de su pretendiente para poder elegir.

¿Cómo realizan esta función? Una vez que los sacos vocales se llenan de aire, las ranas pueden abrir y cerrar a voluntad sus trompas de Eustaquio, los dos canales estrechos que conectan ambos lados de la faringe con el oído medio derecho y el izquierdo. Cuando están abiertas, las trompas de Eustaquio se unen el oído derecho y el izquierdo de la rana, se conectan al oído interno y posteriormente al cerebro. Esta unión acústica entre ambos oídos los hace sensibles a la dirección de los sonidos, de manera que la rana pueda localizarlos.

Reptiles

Presentan un oído medio que amplifica las ondas sonoras. El oído interno es complejo y les permite escuchar vibraciones de baja frecuencia en el aire. Su mandíbula es la transmisora de las vibraciones del suelo, como en las serpientes. Su hueso cuadrado hace conexión entre la mandíbula y con el oído interno. Su función es escuchar una presa o a un agresor acercarse antes de verlos.

Figura 14. Órgano de Weber

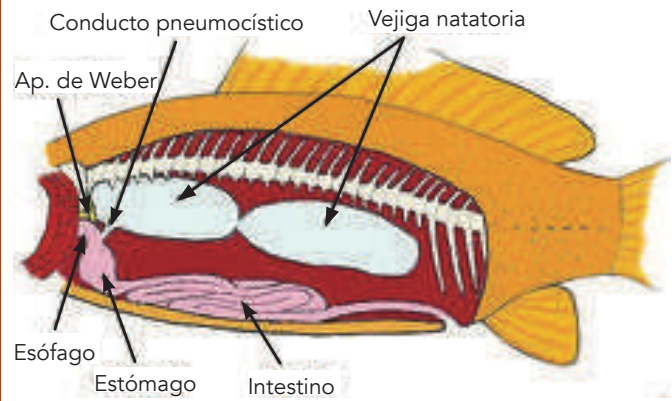


Figura 15. Tímpano de la rana





Figura 16. Oído de un cocodrilo del Nilo



En los cocodrilos los tímpanos están localizados detrás de los ojos en forma de hendidura, cubiertos por una capa móvil de piel. Esta capa se cierra, junto con la nariz y los ojos, cuando se sumergen, evitando que el agua entre en sus aberturas externas de la cabeza. La cavidad del oído medio, presenta huesecillos llenos de aire y una ramificación, la trompa de Eustaquio. El músculo estapedio, funciona igual que los músculos estapedios de los mamíferos.

Aves

El oído en las aves es muy agudo; tiene tres regiones: oído externo, representado por un canal que conduce los sonidos a la membrana timpánica que se conecta con el oído interno mediante una columnilla; el oído medio, formado por la columela que transmite las vibraciones y en la que las trompas de Eustaquio se enlezan con el paladar y el oído interno, donde se localizan los órganos de la audición. Las aves pueden escuchar las mismas frecuencias sonoras que los humanos y responden rápidamente a las fluctuaciones de tono.

Las aves nocturnas poseen un oído eficiente. El oído externo carece de la oreja y el oído medio es semejante al de los reptiles por presentar una columnilla que transmite las vibraciones del tímpano al oído interno, en donde los receptores del equilibrio y la audición se agrupan para formar el órgano vestibulococlear.

Mamíferos

En su mayoría, presentan un oído externo formado por los pabellones auriculares cubierto de piel, capaces de captar y localizar los sonidos de procedencia. Su oído medio está constituido por una cadena de tres huesecillos (martillo, yunque y estribo) y el interno está conformado por el laberinto (que es un "tubo" enrollado), localizado en el hueso temporal que se relaciona con la audición.

Los murciélagos se guían por medio de ecos ultrasónicos, inaudibles al humano, pues emiten sonidos breves y repetidos de timbre alto y utilizan los ecos de éstos para localizar los objetos que le rodean.

Los delfines escuchan a través de un sofisticado sentido de la audición que se encuentra en las aberturas pequeñas de los oídos en ambos lados de la cabeza. Es una especie de sonar que emite señales que rebotan en los peces y son captadas de vuelta por sus órganos de audición, los cuales son supersensitivos. Sin embargo, se cree que bajo el agua, la audición se realiza principalmente a través de un hueso que conduce los sonidos al oído medio. Los delfines son capaces de escuchar una gama de frecuencias más amplia que los humanos: mientras que el hombre pueden oír sonidos de 20 Hz a 20 Khz, ellos son capaces de escuchar de 20 Khz a 150 Khz,

El "mellón" de un delfín es el bulto que presentan hacia afuera en la frente, el cual centra los sonidos de ecolocalización, es decir, recogen los sonidos que rebotan. Su capacidad de escuchar es una de las mejores en el mundo de los mamíferos.

Actividad (10 minutos)

A

Actividad

Con la información mencionada, realiza un cuadro comparativo sobre las diversas funciones del sentido del oído en las cinco clases de vertebrados.

CLASE	CARACTERÍSTICAS COMPARATIVAS
Mamíferos	
Reptiles	
Batracios	
Peces	
Aves	

Evaluación (5 minutos)

E

Evaluación

En los siguientes esquemas identifica con una flecha la localización del sentido del oído en las clases de vertebrados y anota el órgano que interviene en cada uno.





Glosario

Glosario básico

Ecolocalización: cuando las ondas sonoras impactan en un objeto se produce un eco que rebota en el objeto y vuelve a las orejas del animal, por ejemplo, el usado por los murciélagos.

Proprioceptores: receptores nerviosos que desempeñan simultáneamente la función de detectar todas las variaciones mecánicas y de enviar la información recogida al sistema nervioso central.



Glosario

Glosario extendido

Busca y escribe el significado de los siguientes términos y anota la fuente de consulta.

TÉRMINOS	SIGNIFICADO	FUENTE DE CONSULTA
Músculo estapedio		
Órgano vestibulococlear		



Saber más

Para saber más del tema

Lee el siguiente artículo y emite tu opinión:

<http://www.excelsior.com.mx/global/2017/06/10/1168934>

“Las primeras ballenas tenían oídos como los animales terrestres”

Los primeros cetáceos que pasaban tiempo en mar y tierra, tenían un oído más parecido al de los hipopótamos actuales; su evolución llegó cuando se convirtieron en animales marinos

Las ballenas confían en un agudo sentido de la audición para su existencia submarina, pero muestran sorprendentes y grandes diferencias en la capacidad auditiva.

Las ballenas barbadas sintonizan los sonidos infrasónicos -frecuencias demasiado bajas para que los humanos las puedan oír- para comunicarse a largas distancias, pero las ballenas dentadas hacen exactamente lo contrario, pues dependen de las frecuencias ultrasónicas demasiado altas para que los humanos las escuchen.

Algunos investigadores informan que tienen evidencia fósil de especies de ballenas tempranas extintas que sugiere que esas diferencias en el oído surgieron sólo después de que las ballenas evolucionaron en los animales totalmente acuáticos que conocemos hoy en día.

Este argumento se basa en sus descubrimientos de que las **ballenas conocidas como "protocétidos"**, las cuales pasaban tanto tiempo en el agua como en la tierra, parecen tener una capacidad auditiva más similar a sus parientes ungulados terrestres, incluso a los ungulados de punta cerrada, **incluyendo cerdos, hipopótamos y camellos**.

Encontramos que la cóclea de los 'protocétidos' era distinta de la de las ballenas y los delfines existentes y que tenían capacidades auditivas cercanas a las de sus parientes terrestres", dice Maeva Orliac.

La falta de especialización en audición de los 'protocétidos' sugiere que las primeras ballenas no pudieron ecolocalizarse y comunicarse a través de llamadas de larga distancia de la misma manera que lo hacen los cetáceos modernos, incluyendo el grupo de ballenas y delfines.

Los investigadores llegaron a esas conclusiones basándose en estudios de restos de ballenas 'protocétidos' de 45 millones de años encontrados en depósitos marinos de Togo, en África Occidental. Los científicos estudiaron el laberinto óseo, una cavidad hueca que habría alojado el órgano auditivo, en dos especies de ballenas tempranas.

Orliac y su compañera Mickaël Mourlam utilizaron la micro-tomografía computarizada para mirar dentro de las estructuras internas de las rocas y los fósiles, de la misma manera que un escáner de rayos X hace posible ver los huesos dentro del cuerpo de una persona. Esas imágenes les permitieron analizar las cavidades internas del hueso petroso, que alberga los órganos de la audición y el equilibrio.

Un complicado pasado evolutivo de las ballenas

"Basándonos en las exploraciones proporcionadas por el escáner, pudimos extraer un molde virtual de la cavidad hueca que solía contener el órgano auditivo cuando el animal estaba vivo -dice Orliac-. Este proceso fue largo y difícil debido a que esta cavidad estaba llena de sedimentos y parcialmente recristalizada y porque el hueso petroso en los cetáceos es particularmente grueso y denso, lo que disminuye la calidad de las imágenes e impide a veces analizarlas".

Sin embargo, las exploraciones sugieren que **los primeros cetáceos tenían una audición más cercana a la de sus parientes terrestres**. La especialización de la audición infrasónica o ultrasónica, tal como se observa en las ballenas modernas, llegó sólo más tarde, en las ballenas que ya habían encontrado su camino de regreso al mar.

Los hallazgos destacan la importancia de estudiar estos primeros cetáceos para obtener una imagen precisa de la historia evolutiva de las ballenas y sugieren que el pasado evolutivo de las ballenas es más complicado de lo que se había descrito anteriormente, según dicen los investigadores.

Orliac dice que volverán al trabajo de campo en Togo en diciembre para buscar más especímenes de ballenas protoceptales. Hasta ahora han descrito dos de tres especies identificadas en Togo basadas en restos dentales y esperan encontrar un espécimen que les permita explorar el oído de la tercera.



Bibliografía

- Asturnatura.com (2017). "Los anfibios. Sistema nervioso". <<https://www.asturnatura.com/articulos/anfibios/sistema-nervioso.php>>.
- Delfines (2011). "Oído de los delfines". <<https://superdelfin.wordpress.com/pagina-8/>>.
- Delfinpedia (2017). "¿Cómo escuchan los delfines?". <<http://www.delfinpedia.com/escuchan-delfines/>>.
- Fonseca Guerrero, J. Manuel (2016). "Sistema sensorial de los peces: órganos de los sentidos". <<https://peces.paradais-sphynx.com/anatomia-fisiologia/sistema-sensorial-organos-sentidos.htm>>.
- Hickman, Cleveland *et al.* (2001). *Integrated principles of Zoology*, New York: McGraw-Hill.
- Rojo, Sara (2013). "¿Por dónde oyen las ranas?". <<http://www.mascotea.net/es/blog/2013/08/25/por-donde-oyen-las-ranas>>.
- SiEduca.net (2011). "Los sentidos de los peces". <<http://www.si-educa.net/basico/ficha117.html>>.
- SoloCiencia (2017). "Ranas con oídos capaces de ajustarse para filtrar frecuencias a voluntad". <<http://www.solociencia.com/biologia/08090902.htm>>.
- Tiburonpedia (2017). "Sentidos del tiburón". <<http://www.tiburonpedia.com/sentidos-del-tiburon/>>.
- Webs.ulpgc.es (2017). "Orden Crocodylia". <<http://www.webs.ulpgc.es/reptilia/croco.htm>>.

2.1.1.5 Vista



Objetivo

Conoce los diversos mecanismos que tienen los vertebrados para la percepción del sentido de la vista.



Rescate de conocimientos previos (5 minutos)

¿Sabes si todos los animales ven a colores? _____

¿Qué animales consideras que sí distinguen los colores? _____

¿Qué células nerviosas son las responsables de la visión policromática? _____

¿Qué células nerviosas hacen diferenciar los tonos de gris? _____

¿En qué parte del ojo se localizan estas células nerviosas? _____

Desarrollo del contenido (30 minutos)



Los órganos sensoriales relacionan los organismos con el mundo exterior, lo que les permite recibir información sobre lo que les rodea y relacionarse con sus semejantes.

Las imágenes visuales proporcionan información sobre el color, la forma, la distancia y movimientos de los objetos. Estos animales detectan energía lumínica por medio de un pigmento rojo llamado rodopsina, presente en los vertebrados.

A continuación se exponen algunas características más sobresalientes por clase de vertebrados.

Peces

La mayoría de los peces tienen los ojos situados a los lados, por lo que es de suponer que tienen poca capacidad para percibir la tercera dimensión (3D), es decir, la profundidad visual es muy débil. Los peces que tienen los ojos situados más al frente tienen una percepción más nítida de los objetos situados frontalmente y también son capaces de distinguir elementos situados fuera del agua.

En el globo ocular, la córnea es aplanada, la pupila no se contrae y está presente un músculo encargado de desplazar hacia adelante y atrás el cristalino casi esférico, adaptado para enfocar distancias cortas. Asimismo, presenta células fotorreceptoras: las células bastón y las células cónicas. Los peces carecen de párpados por lo que sus defensas ante un "ataque lumínico" serían prácticamente nulas.

Para los peces no todo es blanco o negro; hay familias de peces que tienen toda una gama de grises. Así, los órganos se van adaptando al hábitat de los peces y a las características de caza, por ejemplo, si es diurna o nocturna.

En peces de aguas profundas, los ojos son estructuras grandes, mientras que los peces de aguas poco profundas presentan ojos mucho más pequeños. Igualmente, poseen órganos en la línea lateral que se cree complementan su visión, al informar si existe algún objeto en movimiento como presas, enemigos o amigos de cardumen.

Anfibios

Para estos organismos es el sentido más desarrollado. La estructura y función de los ojos se asemejan a los peces, pues, en su visión aérea, la córnea pasa a ser la principal superficie de refracción para desviar la luz y presentan párpados y glándulas lacrimales para proteger y limpiar el ojo. La acomodación para el enfoque de los objetos la realiza el cristalino. Su retina presenta conos y bastones: los primeros les permiten una visión diurna y ver a color, y los segundos sirven para condiciones de poca luz. Los músculos que sostienen la retina son sensibles a la luz y reaccionan ante ella como un acto reflejo, pues la sensación no pasa por el encéfalo, sino que llega a la médula espinal y allí se desarrolla una respuesta refleja. Por ello, los animales ciegos mantienen cierta respuesta ante estímulos luminosos. El iris, constituido de músculos circulares y radiales, permite la contracción y expansión de la luz cambiante, presentando diferentes formas según las especies.



El párpado superior es fijo y el inferior está plegado como una membrana nictitante transparente que se desplaza por toda la superficie del ojo, por ejemplo, en los anuros.

Entre los ápodos tenemos a la cecilia, cuyos ojos son pequeños; muchas especies son ciegas en edad adulta.

Reptiles

Los reptiles tienen el sentido de la vista muy agudizado. Saben si alguien se está acercando por las vibraciones en el suelo, ya que en su mayoría son rastreadoras y, por lo tanto, su visión no tiene altura. A pesar de ello, tienen ojos muy grandes que les permiten ver a grandes distancias, teniendo una visión estereoscópica (tridimensional).

Figura 17. Pupilas verticales de *Uroplatus fimbriatus*, rasgo de los reptiles nocturnos



El enfoque en estos animales se realiza mediante la acomodación del cristalino, al modificar su curvatura. La pupila muestra distintas formas que indican el tipo de vida del animal: redonda en los reptiles diurnos, vertical en muchos nocturnos y más o menos elíptica en las especies intermedias. Algunas especies presentan visión a color. Los ojos son poco móviles, a excepción de los camaleones, que los mueven en todas direcciones y con independencia uno del otro. Salvo en los ofidios y en algunos lagartos, los cuales tienen los párpados soldados y transparentes, el ojo presenta dos párpados de movimiento vertical y un párpado de movimiento transversal que se denomina membrana nictitante.

Aves

Los ojos de las aves son poco esféricos y casi inmóviles, y en vez de girarlos, mueven su cabeza por medio de sus cuellos largos y flexibles para abarcar un campo visual de hasta 270 grados, por ejemplo, en los búhos. Se destacan por su gran agudeza, así como su capacidad de adaptación a las diferentes distancias en que se encuentran los objetos o sus presas. Los ojos presentan una estructura vascular y pigmentada llamada pecten o peine que proporcionan nutrientes y oxígeno al ojo. Esta estructura es única en las aves y algunos reptiles, y tiene como función nutrir a la retina la cual es sensible a la luz, pero rica en bastones (para la visión nocturna y crepuscular) y de conos (para la visión a color, en las aves diurnas).

Las aves depredadoras tienen una visión bifocal parcial que les permite determinar las distancias mientras cazan. La posición de los ojos tiene relación con su género, por ejemplo, los halcones y las lechuzas tienen sus ojos dirigidos hacia adelante. La agudeza visual de las rapaces y otras especies es el doble o el triple que la humana.

Mamíferos

La agudeza visual y la percepción dependen de cada especie. El globo ocular está protegido por párpados móviles. En general, la capa de la retina capta la luz para transformarla en señales eléctricas que se conducen hasta el cerebro. Esta capa presenta células específicas: los bastones, encargados de captar la presencia o ausencia de luz determinando los colores blanco o negro, y los conos, que perciben las diferentes longitudes de onda de la luz, para traducirlos en colores.

En el humano, el sentido de la vista es dominante y refinado. Sin embargo, somos ciegos a los matices ultravioleta que perciben los insectos. Así, los mamíferos generalmente son ciegos al color. No obstante, hay excepciones como en los babuinos y mandriles que presentan parches coloreados y los primates que sí tienen visión a color.

Existen diferencias entre el hombre y el perro, por ejemplo, porque nosotros podemos distinguir una gran gama de colores debido a nuestra actividad diurna, en donde intervienen más los conos. En cambio los perros, por su acción biológica, son más activos en las penumbras y por lo tanto funcionan más los bastones; es decir, para los perros es más importante ver con poca luz que distinguir colores.

Así, la percepción de los detalles de las formas está disminuida en los perros, lo que puede explicar que, cuando se les acerca un objeto de forma repentina, actúan temerosamente o con agresividad. En cambio, perciben los movimientos sutiles de las cosas diez veces mejor que los humanos. Esta aptitud es útil para perros salvajes y lobos en el momento de la caza, ya que la percepción de un mínimo movimiento resulta muy importante para atrapar a la presa.

En los perros, el ángulo de visión horizontal es mayor debido a que tienen un campo de visión más ancho. Los humanos podemos ver en un ángulo de 125 grados aproximadamente. Por el contrario, los perros tienen un ángulo visual de 250 grados, aunque no en todas las razas.

Actividad (10 minutos)

En equipos realicen la siguiente actividad: seleccionen un tema de los citados a continuación y, con sus celulares, indaguen en la red sobre ellos para, posteriormente, intercambiar la información, con el propósito de saber un poco más sobre el sentido de la vista de estos animales.

- Hay animales que no ven, pero son sensibles a la luz. ¿Por qué?
- Los topos apenas tienen desarrollado el sentido de la vista.
- Las serpientes tienen ojos recubiertos con una escama transparente. No distinguen los colores. ¿Qué función tiene la escama transparente?
- Las tortugas poseen excelente vista para los colores. ¿A qué se debe que ven a color?
- El camaleón presenta ojos esféricos. ¿Qué otras formas tienen los ojos de los reptiles?
- Las aves gozan de gran agudeza visual. ¿Para qué les sirve?



Actividad



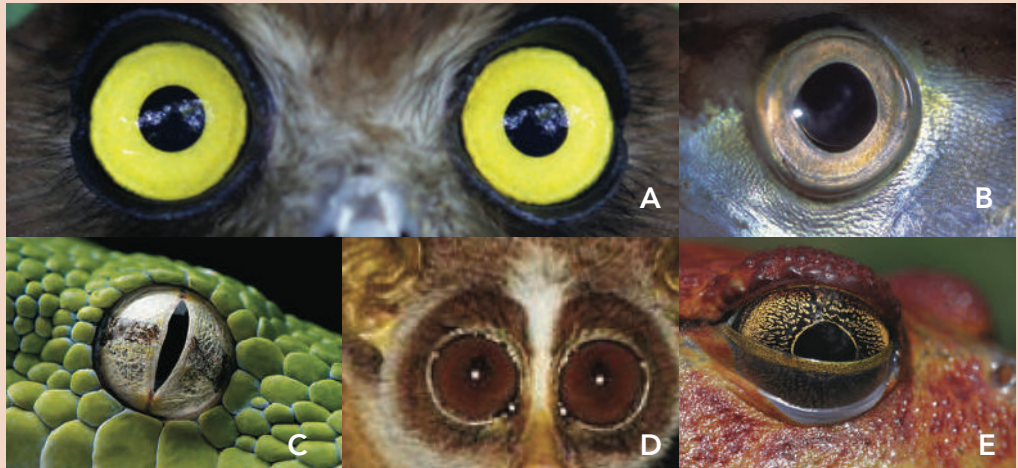
- Los mamíferos, en su mayoría, no distinguen los colores y sus ojos muy sensibles al movimiento. ¿A qué tipo de movimientos son sensibles?
- Los ojos en posición lateral tienen gran ángulo de visión pero presentan poca capacidad para ver en tres dimensiones. ¿A qué se debe al ángulo de visión?
- Los mamíferos carnívoros y primates poseen visión estereoscópica. ¿En qué consiste?



Evaluación (5 minutos)

Veamos qué tan observador eres. Identifica los tipos de ojos de acuerdo con la clase de vertebrados a las que pertenecen y anota tus respuestas en el cuadro.

CLASE	MAMÍFEROS	AVES	REPTILES	BATRACIOS	PECES
LETRA					



RESPUESTAS
CLASE D Mamíferos A Aves C Reptiles E Batracios B Peces
LETRA



Glosario básico

Cardumen: banco o conjunto de peces de una misma especie que se desplazan juntos en el agua.

Glándulas lacrimales: también llamadas glándulas lagrimales, su función es la de secretar lágrimas, para lubricar el ojo; están situadas en la parte superior externa de él.

Policromática: significa que hay una gran variedad o combinación de colores.

Rodopsina: proteína transmembranal de color rojo; en el hombre se encuentra en los discos de los bastones de la retina. Consta de una parte proteica, opsina, y una no proteica que es un derivado de la vitamina A que es el 11-cis-retinal.

Glosario extendido

Busca y escribe el significado de los siguientes términos. Anota la fuente de consulta.



Glosario

TÉRMINOS	SIGNIFICADO	FUENTE DE CONSULTA
Anuros		
Ápodos		
Babuinos		
Esteroscópica		
Ofidios		

Para saber más del tema



Saber más

Te recomendamos ver el siguiente video para comprender más la variedad de peces:

<https://www.youtube.com/watch?v=oXpP08pjwdl>.

Te sugerimos leer el siguiente artículo: <http://www.solociencia.com/biologia/06031603.htm>. Posteriormente responde: ¿se pueden combinar los sentidos, como en el término "mirada acústica" y qué beneficios tendría en los animales esta combinación?

"La mirada acústica de los murciélagos"

Se sabe que los murciélagos «ven» enviando haces de sonido hacia su entorno y escuchando los ecos que rebotan de objetos como insectos y árboles. El murciélago usa estos ecos para maniobrar y, así, esquivar a los segundos y capturar a los primeros.

Sin embargo, lo que no se sabía era si el murciélago convierte lo que oye en lo que hace, de la misma manera que los humanos convertimos lo que vemos en acción. El uso del sonido por los murciélagos para capturar sus presas sucede



tan deprisa, que no es posible observar su conducta en tiempo real por medio de equipo convencional.

Ahora, con una combinación única de cámaras infrarrojas de gran velocidad y micrófonos ultrasónicos, la profesora de la Universidad de Maryland, Cynthia Moss junto con Kaushik Ghose han podido ver con precisión cómo un murciélago se mueve en respuesta a un sonido. Han comprobado que hay una conexión fuerte y predecible entre hacia dónde “mira” un murciélago con su haz de sonar (su mirada acústica) y cómo vuela.

Los científicos saben que hay una relación entre hacia dónde miramos los humanos y otros animales videntes y cómo nos movemos hacia una meta. Por ejemplo, cuando atravesamos un centro comercial en busca de la tienda que deseamos visitar, podemos mirar los escaparates de las tiendas a nuestra derecha e izquierda, pero continuamos caminando hacia delante. No nos movemos necesariamente en la misma dirección que nuestra mirada. Pero cuando vemos la tienda a la que queremos entrar, nos volvemos hacia ella, mirando y caminando en la misma dirección.

Los científicos no han estado seguros de si ocurre lo mismo con los murciélagos, porque en la oscuridad dependen principalmente de un sofisticado sistema de sonar, llamado ecolocalización, que brinda una percepción bastante diferente de la que nosotros tenemos de nuestro entorno.

Debido a que el proceso completo de detectar, rastrear y capturar tiene lugar en fracciones de segundo y en la oscuridad, los humanos simplemente no podemos observar esta asombrosa conducta a simple vista. La tecnología fue la llave del equipo de investigadores para acceder a la comprensión de la rauda habilidad de los murciélagos.

Colocados en diversos puntos de la sala de vuelo, micrófonos especiales grabaron los patrones direccionales del sonido emitido por el animal. Estos patrones muestran hacia dónde el murciélago está “mirando”.

Reproduciendo a velocidad lenta el movimiento grabado en sonido y video, los investigadores encontraron que, cuando el murciélago vuela examinando su entorno en busca de una presa, hace giros más suaves hacia la dirección de su “mirada”, y produce aproximadamente 10 llamadas por segundo. Pero cuando ha localizado un insecto con su haz sonoro, empieza a llamar más rápidamente, produciendo entre 100 y 150 llamadas por segundo. En este estado, el murciélago sigue a su haz con mucha mayor precisión, haciendo giros abruptos para seguir la dirección de su “mirada acústica”.



Bibliografía

- Alfaro Roca, José María (2007). “Los sentidos de los peces”. <<http://fauna2.blogspot.mx/2007/05/los-sentidos-de-los-peces.html>>.
- Asturnatura.com (2017). “Los anfibios. Sistema nervioso”. <<https://www.asturnatura.com/articulos/anfibios/sistema-nervioso.php>>.
- Didavisión (2017). “El sentido de la vista”. <http://www.neartv.com/producto.php?id_producto=18&id_titular=18&nombre_categoria=EL%20SENTIDO%20DE%20LA%20VISTA>.

- Eperros.com (2015). "La vista de los perros". <<http://eperros.com/vista-perros/>>.
- Hickman, Cleveland et al. (2001). *Integrated principles of Zoology*, New York: McGraw-Hill
- Infoserpientes.com (2017). "Sentidos de las serpientes". <<http://www.infoserpientes.com/sentidos-de-las-serpientes>>.
- López Galera, Adrián (2016). "Biología de los reptiles (V): Esqueleto, órganos de los sentidos y otros detalles anatómicos". <<http://elguardiandeloscristales.com/wordpress/biologia-de-los-reptiles-v-esqueleto-organos-de-los-sentidos-y-otros-detalles-anatomicos/>>.
- Luciaipes (2013). "Clase anfibios". <<https://es.slideshare.net/Luciaipes/clase-anfibio-diversidad-animal>>.
- Ruiz, Astrid (2012). "Los órganos de los sentidos de los mamíferos, aves y peces". <https://issuu.com/ruizc/docs/los_animales>.

2.1.2 Tipos de reproducción según el desarrollo embrionario en vertebrados

Objetivo

Identifica los diferentes tipos de reproducción de acuerdo con el desarrollo embrionario que presentan los vertebrados.



Objetivo

Rescate de conocimientos previos (5 minutos)

Piensa y comenta: ¿cómo, a partir de la unión de dos células, se puede formar un individuo como un ratón o un elefante?



Conocimientos previos

Desarrollo del contenido (30 minutos)

La reproducción es una cualidad básica de todas las formas de vida. Todos los animales se reproducen, es decir, producen descendientes semejantes a ellos. La falta de este atributo en los seres vivos ocasionaría una disminución en el número de individuos de cada especie, ya sea si mueran por vejez o enfermedad o porque son comidos por otros animales. Pero, ¿cómo consiguen los animales dejar una descendencia semejante a ellos?

Figura 18. Imágenes de tipos de reproducción e cada grupo e vertebrados

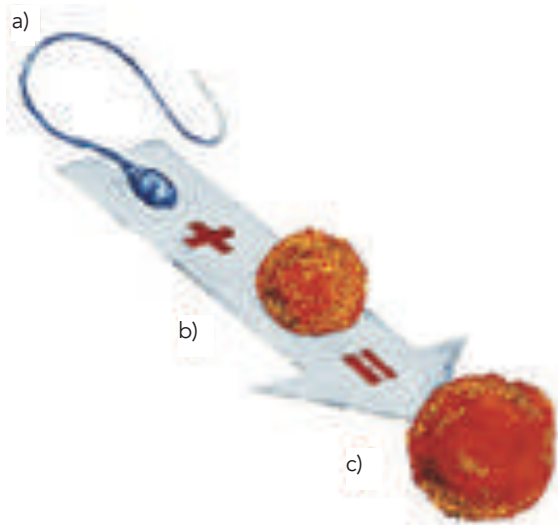




Cada célula de un ser vivo contiene un juego completo de la información que permite la formación de un ser vivo entero, la cual se encuentra almacenada en estructuras conocidas como cromosomas, que, a su vez, están dentro del núcleo de cada célula.

La mayoría de los vertebrados se reproducen de manera sexual, lo que implica la unión de dos individuos de la misma especie para producir otro u otros individuos con características semejantes a los padres. En este tipo de reproducción, las características de los progenitores se mezclarán, lo que supone que los nuevos individuos serán distintos de sus padres y entre sí.

Figura 19. La unión del espermatozoide y el óvulo producen una nueva célula conocida como cigoto



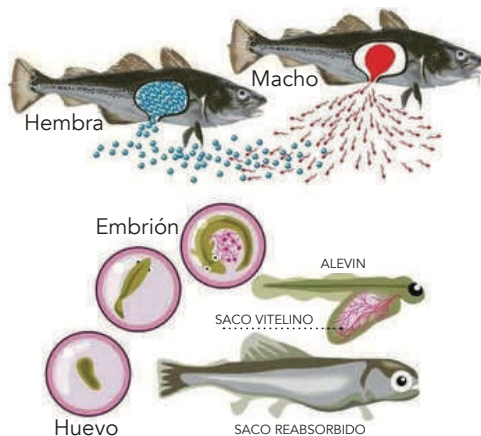
Durante la reproducción sexual, las células sexuales producidas en cada uno de los individuos, óvulo en las hembras y espermatozoides en los machos, se unirán en el proceso de fertilización, donde el núcleo de cada célula proporcionará la información genética de cada uno de los progenitores. La unión de la información contenida en el núcleo de cada célula permitirá la formación de una nueva célula llamada cigoto.

El cigoto se dividirá muchas veces hasta llegar a producir un individuo completo con características similares a sus progenitores, pero a la vez, con atributos únicos.

La reproducción sexual comprende el encuentro del espermatozoide y el óvulo. Para que se logre su unión, el espermatozoide se debe encontrar inmerso en algún líquido. Los animales que viven en el agua vierten sus células sexuales al exterior, por lo que la fertilización tiene lugar en el ese medio, lo cual se conoce como fertilización externa.

La mayoría de los animales terrestres presentan fertilización interna. El macho tiene órganos especializados para producir y transportar los espermatozoides desde su interior hasta el tracto reproductor de la hembra. Los espermatozoides dentro del cuerpo de ella nadan a través de los fluidos hasta alcanzar los óvulos, los cuales son producidos dentro de los ovarios. De esta forma, ambas células se unen, en la mayoría de los casos en los oviductos, lo que permite la formación del nuevo individuo.

Figura 20. Fertilización externa, presente en peces y anfibios



Si los nuevos especímenes en desarrollo se forman dentro del cuerpo de la hembra, se les conoce como vivíparos, pero si el desarrollo se lleva a cabo fuera de su cuerpo, son conocidos como ovíparos. Existen algunas excepciones como los ovovivíparos y los marsupiales, que conoceremos más adelante.

Figura 21. Fertilización interna, presente en reptiles, aves y mamíferos



Revisa la siguiente tabla donde se resume la información acerca del tipo de fertilización en los cinco grupos de vertebrados, desde los peces hasta los mamíferos.

Tabla 1. Fertilización en vertebrados

	<i>ICHTHYES</i>	<i>AMPHIBIA</i>	<i>REPTILIA</i>	<i>AVES</i>	<i>MAMMALIA</i>
Tipo de reproducción	Sexual	Sexual	Sexual	Sexual	Sexual
Tipo de fecundación	La mayor parte con fertilización externa por desove; gran número de huevos.	Fertilización externa; gran número de huevos, generalmente puestos en el agua.	Fertilización interna; se producen menos huevos; huevo amniótico puesto en tierra.	Fertilización interna; hembras con sólo un ovario; huevo amniótico.	Fertilización interna; número pequeño de huevos producidos.
Desarrollo	La mayor parte ovíparos; algunos ovovivíparos.	Ovíparos; los huevos con una capa gelatinosa protectora; metamorfosis.	Ovíparos; algunos incuban huevos y algunos son ovovivíparos.	Ovíparos; los padres incuban huevos y cuidan a los pequeños.	Monotremas, ovíparos marsupiales, ovovivíparos, placentarios, vivíparos. Todos tienen glándulas mamarias.



Actividad

Actividad

- I. De acuerdo con lo que has leído anteriormente, para que se pueda llevar a cabo la fertilización externa e interna es necesario que en el ambiente se presenten algunas condiciones. Menciona tres de estas condiciones.

1. _____
2. _____
3. _____

- II. Lee el siguiente texto y contesta lo que se te pide.

"Conservación de la tortuga negra en Michoacán"

México llegó a contar con el contingente más abundante y diverso de tortugas marinas en el mundo. En los años sesenta todavía podían encontrarse millones de estos reptiles en las costas mexicanas del Atlántico y del Pacífico. En México, existen siete especies de tortugas marinas, entre las que se encuentran las mayores agrupaciones reproductoras de golfita, laúd y negra. Sin embargo, el aumento de la captura debido al auge en el comercio internacional de productos de tortuga marina, ha provocado que las poblaciones de estas especies en México se encuentren en peligro de desaparecer.

El estado de Michoacán es un área importante para el anidamiento y la reproducción de la tortuga negra (*Chelonia agassizi*), laúd (*Dermochelys coriacea*) y golfita (*Lepidochelys olivacea*). También se encuentran pequeñas poblaciones de tortuga Carey (*Eretmochelys imbricata*) en la costa michoacana.

La tortuga negra ha sido explotada intensamente para obtener carne y huevo. Otra causa importante de mortalidad de las tortugas es su captura accidental en los lances de arrastre para la pesca de camarón. Hasta hace 20 años, aproximadamente 10,000 hembras de tortuga negra anidaban durante la temporada reproductora en Michoacán. En la actualidad, se estima una población de sólo 5,000 a 9,000 en todo el Pacífico oriental. Los únicos centros importantes de anidación de esta especie en el mundo son las playas de Colola y Maruata en dicho estado.

Desde 1982, la escuela de Biología de la Universidad Michoacana, en coordinación con las secretarías de Pesca, Desarrollo Urbano y Ecología, y de Marina, y con el apoyo del gobierno estatal, el Fondo mundial para la vida silvestre y del Servicio de pesca y vida silvestre de Estados Unidos, lleva a cabo un programa de estudio y conservación de las tortugas marinas en la costa de esa entidad. Con la colaboración de las comunidades de Colola y Maruata se ha logrado eliminar casi por completo el saqueo de los nidos en las principales playas en

que ocurre. Éstos se transplantan a viveros protegidos donde, hasta ahora, se han producido más de un millón y medio de crías de tortuga marina. Durante este periodo también se ha obtenido información importante sobre la historia natural de la tortuga negra. El conocimiento de su biología resulta fundamental para desarrollar estrategias para su conservación y manejo nacional. Dos medidas legislativas han fortalecido los esfuerzos para la conservación de esta especie: a partir de 1983 quedó prohibida la captura de tortuga negra y, en 1986, las principales playas de anidamiento en Michoacán fueron declaradas reserva natural para la conservación de las tortugas marinas.

1. ¿En qué consiste el programa de estudio y conservación de esta especie y cuál es su relación con la economía de la región?

2. ¿Cómo ha ayudado a la conservación de esta especie el conocimiento de su reproducción?

Glosario

Amnios: es la más interna de las membranas embrionarias que rodean el embrión de reptiles, aves y mamíferos.

Embrión: animal o planta pluricelular antes de que se forme completamente y sea capaz de vivir independientemente. Se desarrolla a partir de un cigoto; en los animales da lugar a una larva o a un adulto en vida libre.

Especie biológica: población de individuos con características similares que pueden cruzarse entre sí y dejar descendencia fértil.

Gameto: célula reproductora haploide producida por meiosis que se fusiona con otra del sexo opuesto para dar lugar a un cigoto diploide.

Placenta: en los mamíferos es un tejido vascular esponjoso, de doble capa, que se forma de tejidos fetales y maternos en la pared del útero y en el que se encuentran muy próximos los vasos sanguíneos de la madre y del feto, permitiendo el intercambio de nutrientes y gases respiratorios.



Glosario



Figura 22. Esquema de un huevo de animales ovíparos

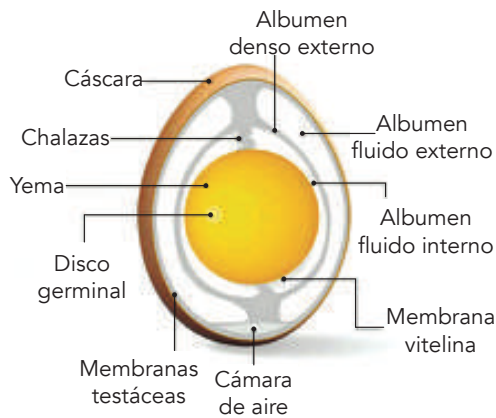


Figura 23. Esquema del proceso de fertilización externa en los peces

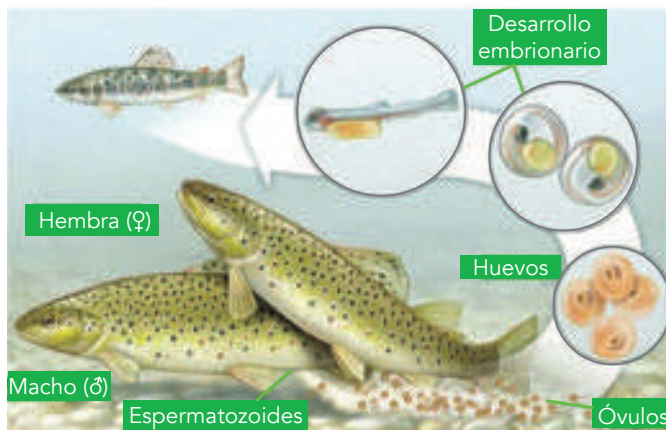


Figura 24 Amplexo axilar en anfibios



2.1.2.1 Ovíparos

En los animales ovíparos, el embrión se desarrolla dentro de una cápsula llamada huevo, que se encuentra aislada del exterior por una cubierta más o menos dura. Los huevos se forman en el aparato reproductor femenino y son los óvulos producidos en los ovarios a los que se añade una gran cantidad de sustancias nutritivas que sirven de alimento al embrión en desarrollo.

Los huevos están rodeados de una cubierta que permite el paso del oxígeno del exterior al interior. Los animales considerados como ovíparos son los peces, anfibios, algunos reptiles, las aves y algunos mamíferos como el ornitorrinco y el equidna.

Los peces son conocidos por su alto potencial de fertilización. La mayoría de las especies liberan miles de millones de óvulos y espermatozoides en el agua, por lo que la fertilización es externa. Estos métodos de reproducción, así como sus estructuras y la fisiología reproductiva que presentan, les han permitido adaptarse a diversas condiciones acuáticas.

En algunas especies de peces, la hembra cava un hoyo poco profundo donde los óvulos y los espermatozoides serán depositados, aumentando la probabilidad de reunirse. Ambas células son vertidas en el agua a través de una estructura conocida como abertura genital.

Las estrategias reproductivas en los anfibios son mucho más diversas que en los otros grupos de vertebrados. Los anfibios fueron los primeros vertebrados en invadir la tierra; sin embargo, no todos se han adaptado completamente al hábitat terrestre. Las ranas y los sapos viven la mayor parte del tiempo en la tierra, pero necesitan el ambiente

acuático para poder reproducirse, por lo que vuelven al agua en las temporadas de reproducción con el objeto de disponer de este líquido para llevar a cabo la fertilización. Una vez que una rana macho ha encontrado a una hembra, la sujeta firmemente bajo las axilas en un abrazo conocido como amplexus o amplexo, con la finalidad de que la hembra desove. Acto seguido, el macho deposita sus espermatozoides.

Los renacuajos son tan pequeños que fácilmente pueden ser devorados. Una de las estrategias evolutivas que han desarrollado estas especies, al igual que los peces, y la cual les permite asegurar el éxito reproductivo, es producir un alto número de huevos, así como el rápido desarrollo embrionario que presentan.

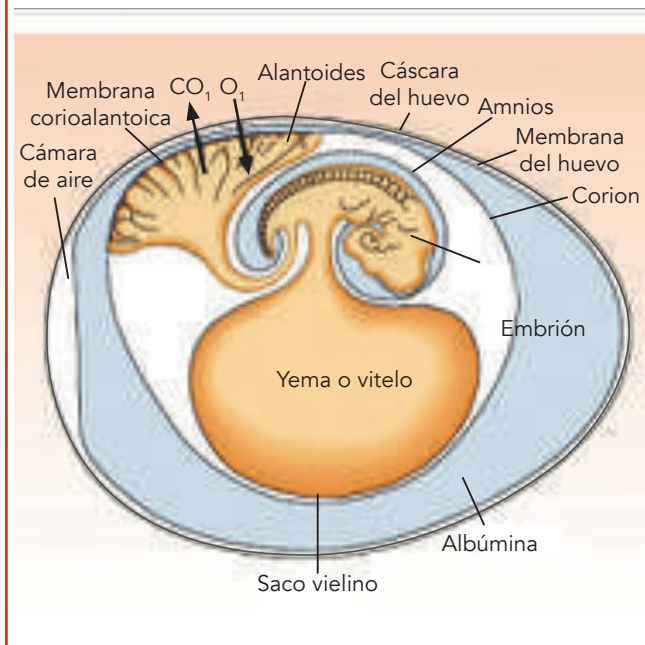
Figura 25. Masas de huevos de dos especies de ranas. A. *Hyalinobatrachium ibama* y B. *Cochranella daidalea*



Los reptiles ovíparos fueron los primeros vertebrados en presentar un huevo amniótico, es decir, que posee membranas extraembrionarias que evitan la desecación del huevo, protegen al embrión y permiten la transferencia de gases. Incluso se almacenan allí sustancias de desecho. Este tipo de huevo no solo está presente en los reptiles, sino que también se observa en aves y mamíferos.

Las membranas extraembrionarias del huevo amniota son, de afuera hacia dentro: el cascarón que provee mecanismos de protección aunque también permite el intercambio de gases y vapor de agua, puede ser rígida o flexible; la albúmina, mejor conocida como la clara del huevo, proporciona una mayor protección contra daños mecánicos al amortiguar al embrión y funciona como un reservorio de proteínas y agua; y el vitelo o la yema que representa la energía necesaria para el embrión

Figura 26. Esquema de un huevo amniota con las membranas extraembrionarias



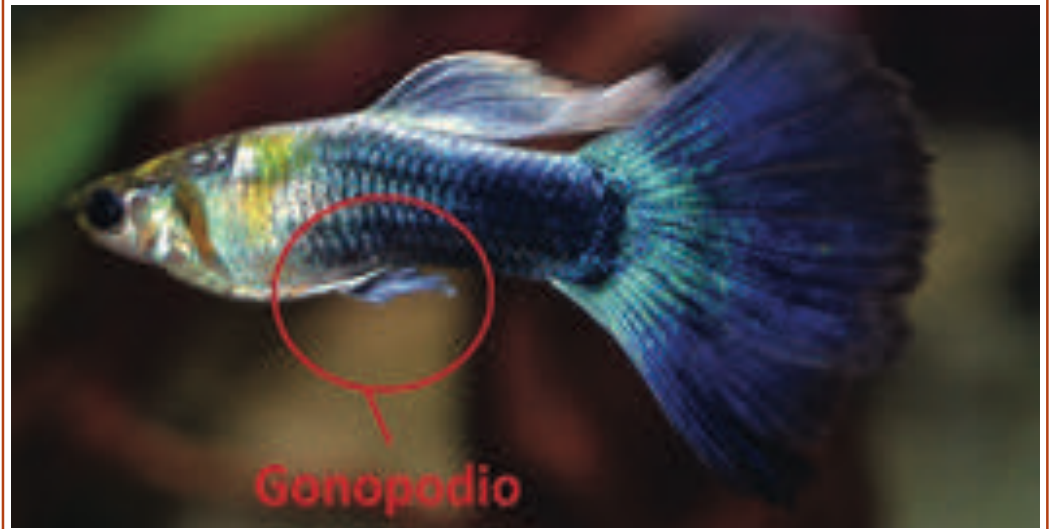


en desarrollo. Sin embargo, tres membranas extraembrionarias son las que distinguen el huevo amniota del huevo anamniota. El **amnios**, membrana que le da nombre a este tipo de huevo, es un saco lleno de fluido y que rodea al embrión junto con el **corion**, que es una membrana altamente vascular que también participa en el intercambio gaseoso. Por último, el **alantoides** es un reservorio de los desechos nitrogenados del metabolismo del embrión.

2.1.2.2 Ovovivíparos

Los animales ovovivíparos presentan una mezcla de los mecanismos reproductivos de los animales ovíparos y vivíparos. Éstos consisten en retener los huevos fertilizados, comúnmente en los oviductos, mientras el embrión se desarrolla. La fertilización es interna. Los machos presentan una aleta anal modificada conocida como gonopodio con la cual fertilizan los huevos que la hembra tiene en su interior. La hembra de algunas especies es capaz de almacenar los espermatozoides durante algún tiempo después de la inseminación, por lo que “decide” cuándo serán fertilizados sus huevos.

Figura 27. En las especies de peces con fertilización interna los machos presentan una estructura conocida como gonopodio



La nutrición es obtenida directamente del vitelo o yema almacenada y no de los nutrimentos de la hembra. Al término del desarrollo, el huevo se rompe dentro del cuerpo de la hembra y la cría nace después de la eclosión.

Figura 28. Desarrollo de embrión con reproducción ovovivípara



Esta característica está presente en algunas especies de peces, como los guppys y los tiburones, al igual que en reptiles como las víboras.

Figura 29. Nacimiento de un tiburón. Presenta reproducción ovovivípara

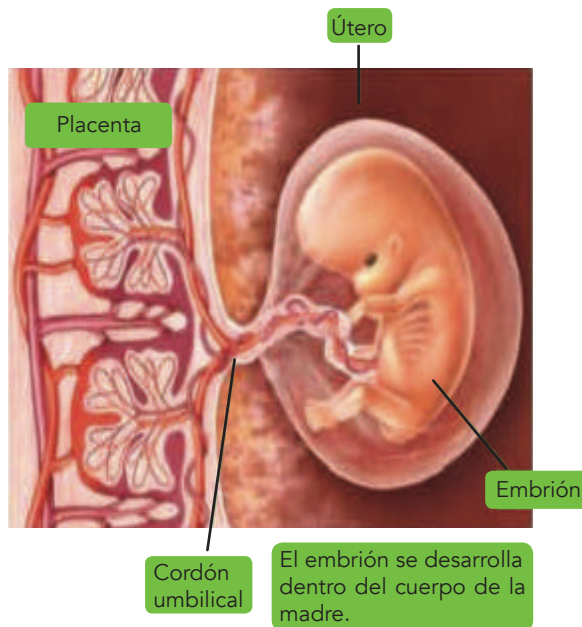


2.1.2.3 Vivíparos

En los animales vivíparos, los huevos se desarrollan dentro del oviducto o el útero. Es ahí también donde se nutre el embrión en desarrollo gracias a las sustancias presentes en dichas estructuras y a la amplia vascularización que caracteriza a estos tejidos.

Las membranas presentes en el huevo amniota de los ovíparos tienen modificaciones en los vivíparos. El corion presenta prolongaciones conocidas como vellosidades coriales, las cuales mantienen un íntimo contacto entre el embrión y el útero. El alantoides tiene como función transportar las sustancias nutritivas hacia el embrión. Existe una estructura que se deriva del corion, del alantoides y del útero, conocida como placenta. Esta estructura forma un tipo de relación anatómica y de comunicación entre el embrión y la madre a través del cordón umbilical y presenta una estructura tubular con numerosos vasos san-

Figura 30. Comunicación entre la madre y la cría en animales con reproducción vivípara





guíneos a través de los cuales se lleva a cabo la eliminación de sustancias de desecho del embrión, así como el intercambio de gases y la incorporación de nutrientes de la madre a la cría. El desarrollo del embrión dentro del cuerpo de la madre confiere una mayor protección a las crías, comparado con la protección que es proporcionada por las capas del huevo amniota.

La viviparidad es particular principalmente de los mamíferos; sin embargo, dentro del grupo de los peces, esta característica la podemos observar en los elasmobranquios como los tiburones y las rayas. También está presente en algunos anfibios y reptiles.

2.1.2.4 Marsupiales

Figura 31. Hembra de canguro con una cría en el marsupio



Algunos mamíferos como el canguro no presentan placenta, por lo que el embrión nace sin completar su desarrollo y se introduce en un repliegue de la piel o bolsa de la madre donde es amamantado y protegido y donde concluye su desarrollo. Este sitio es conocido como marsupio, que da su nombre a este grupo de animales.

La mayor parte de la nutrición en las crías proviene de la "leche uterina" que es secretada de las células uterinas. La sustancia nutritiva se difunde en la sangre materna hacia un saco vitelino vascular que hace contacto con el útero. Este tipo de conexión en los marsupiales es una placenta primitiva.

Su desarrollo embrionario es parecido al de los vivíparos; sin embargo, el tiempo de gestión es más corto que en la mayoría de los vivíparos, pues varía entre los 8-40 días de gestación, mientras que el tiempo que permanecen en el marsupio amamantándose y desarrollándose, va desde los 60 hasta los 270 días, dependiendo de la especie.

En el canguro rojo, después del nacimiento de la cría y su retención en el marsupio, la hembra puede quedar gestante nuevamente; no obstante, la presencia de una cría pegada a las glándulas mamarias arresta el

desarrollo del nuevo embrión en un estado en donde solo hay 100 células. Este periodo de arresto se le conoce como diapausa embrionaria.

Existen cerca de 250 especies de mamíferos marsupiales principalmente en Australia, aunque también las encontramos en América.

Actividad

- I. Identifica un organismo que presenta cada una de las siguientes estructuras e explica su ubicación y función.
 - a) Placenta
 - b) Amnios
 - c) Marsupio
 - d) Gonopodio
- II. Elabora un cuadro donde expliques las diferencias en el desarrollo embrionario de una rana toro, una víbora, un elefante y un canguro.



Actividad

Glosario

Adaptación evolutiva: proceso evolutivo que implica un cambio genético por el cual una población se acomoda a su medio.

Eclosión: acción por la cual nace o brota un ser vivo después de romper la envoltura que lo contenía.

Renacuajo: cría o larva de un anfibio.

Vitelo: material nutritivo rico en proteínas y grasas que constituye una gran parte de los huevos de diversos animales y que alimenta al embrión en desarrollo.



Glosario

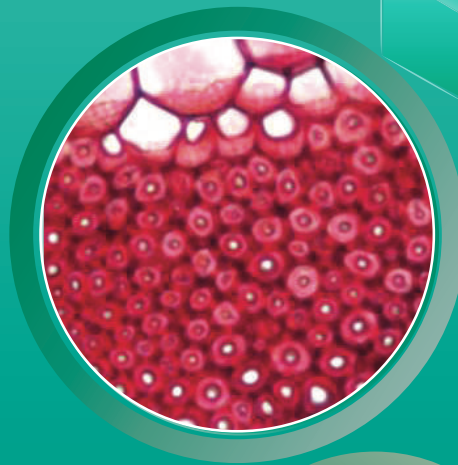


Bibliografía

Bibliografía

- Lawrence E. (edit.) (2003). *Diccionario Akal de términos biológicos*. Madrid: Akal.
- Hickman, C.P., R.G. Roberts y A.C. Larson (1997). *Zoología. Principios integrales*. Madrid: McGraw-Hill-Interamericana.
- Kardong, K.V. (1999). *Vertebrados. Anatomía comparada, función, evolución*. Madrid: McGraw-Hill Interamericana.
- Solomon, E., L. Berg y D. Martin (2001). *Biología*. México: McGraw-Hill Interamericana.
- Villagrán, S.M. (1993). "El huevo amniota y la evolución de los vertebrados", *Revista de Divulgación Científica*. México: UNAM.
- Young, J.Z. (1971). *La vida de los vertebrados*. Barcelona: Omega.

Módulo 3



Morfofisiología de los procesos de nutrición en angiospermas y gimnospermas



MÓDULO 3. Morfofisiología de los procesos de nutrición en angiospermas y gimnospermas

Propósito del módulo

Reconoce de manera general los procesos de nutrición y las características propias de las angiospermas.



Rescate de conocimientos previos del tema (10 minutos)

Contesta los siguientes planteamientos:

1. Menciona las principales características de las células vegetales.

2. ¿Todas las células vegetales tienen cloroplastos? Explica tu respuesta.

3. Explica cuál es la diferencia en la textura al morder un plátano, una pera, una naranja y una caña de azúcar.



Desarrollo de contenido (30 minutos)

3.1 Tejidos básicos vegetales (características y funciones)



Objetivo

Identifica las diferentes células que forman parte de los tejidos que conforman a una planta para entender la organización interna y reconocer la eficiencia de sus procesos.

Cuando un ser humano está en formación, se ordenan sus células y se diferencian para formar tejidos. Esto ocurre con todos los animales. Lo mismo sucede con los organismos vegetales. Las plantas desarrollan cuatro diferentes tipos de tejidos a través de los cuales posteriormente se forman los órganos del cuerpo vegetal.

Los tejidos vegetales son: tejido meristemático, fundamental, vascular y dérmico.

3.1.1 Tejido meristemático

Se especializa en el crecimiento de la planta. Es un tejido indiferenciado que genera células que posteriormente se pueden distinguir en otro tipo celular. Está en actividad constante y se divide por medio de procesos de mitosis, ya que en las plantas no se reconoce una estructura que indique el término del crecimiento, sino que presentan un **crecimiento indeterminado**. En pocas palabras, las plantas siempre están creciendo, sobre todo hacia arriba.

El tejido meristemático se divide en dos estructuras principales: los **meristemos apicales**, ubicados en las puntas de tallos y raíces, y los **meristemos laterales**, que forman un cilindro que dan origen al cambium vascular (madera) y al cambium del corcho (corteza), lo cual permite el crecimiento hacia los lados, aumentando con esto, el grosor del tallo.

Estos dos meristemos dan lugar a dos tipos de crecimiento: el **crecimiento primario** y el **crecimiento secundario**.

El **crecimiento primario** permite el alargamiento de la planta. Los meristemos apicales del tallo y raíces aportan células por mitosis, las cuales posteriormente se diferencian para formar el tejido especializado de la planta. Las raíces crecen hacia abajo y se abren paso por el suelo, mientras que el tallo crece hacia arriba, para tener acceso a luz solar. Este tipo de crecimiento se da principalmente en plantas herbáceas, y es el que origina el cuerpo completo de la planta.

El meristemo apical de la raíz se encuentra en las puntas de las raíces y está cubierto por una estructura llamada **cofia o caliptra**, la cual protege al meristemo mientras se abre paso entre los espacios del suelo. Por encima de la caliptra está la zona de división celular, en donde las células que se producen son cúbicas y muy pequeñas y, a su vez, se producen también células para la misma cofia que se encuentra por debajo. Conforme vamos subiendo por la raíz, después de la zona de división celular, se localiza otra zona, llamada **de alargamiento** (o **elongación**), en donde las células formadas en la zona de división crecen considerablemente y van empujando las puntas de las raíces hacia abajo. Aquí algunas células crecen lo suficiente para que la raíz se

Figura 1. Ubicación de los principales meristemos en una planta

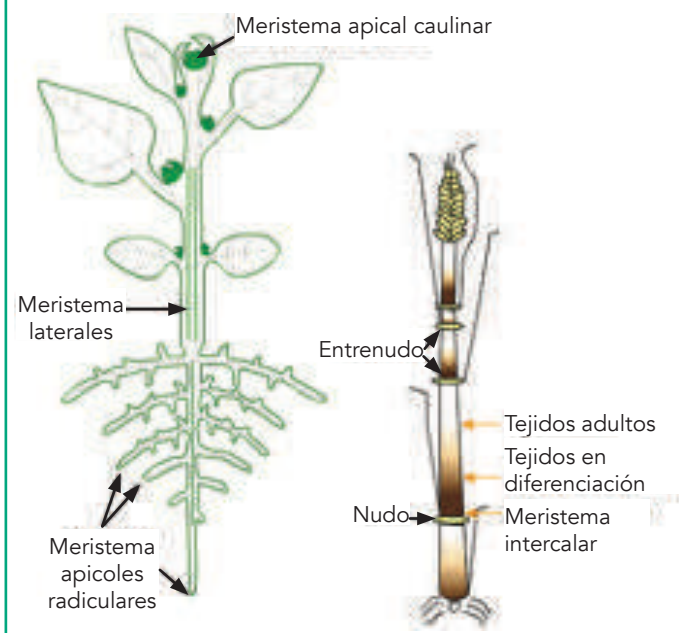
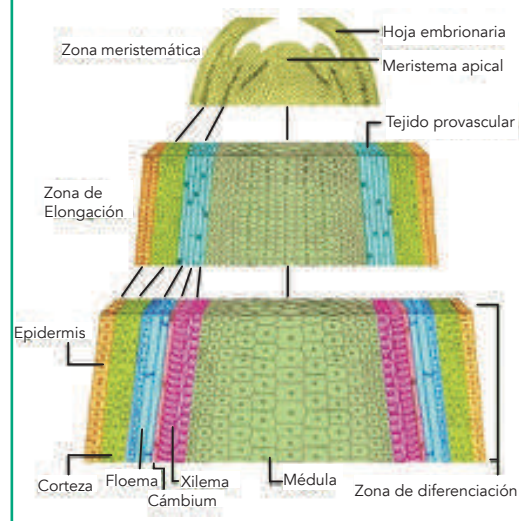


Figura 2. Zonación del meristemo apical del tallo





extienda e, incluso, las células empiezan su proceso de diferenciación, lo que da origen a primordios de tejido vascular (xilema y floema) indiferenciados parcialmente.

En la **zona de diferenciación (o maduración)**, las células que se encuentran por arriba de la zona de elongación están completamente diferenciadas, mientras los tejidos de la planta se empiezan a formar (tejido fundamental, tejido vascular y tejido dérmico).

El meristemo apical del tallo se encuentra en una región denominada **yema terminal**. Aquí las células están en constante división, y las células resultantes se acomodan regularmente, formando una especie de domo o cúpula. Cuando éstas se alargan, empujan al meristemo hacia arriba y provocan el alargamiento del tallo. La yema terminal está rodeada y protegida por **primordios foliares** (que posteriormente darán lugar a las hojas) y, por debajo de estos primordios foliares, se encuentran los primordios axilares (o primordios de yema, brote o germinales). Éstos últimos pueden dar lugar a ramas o brotes laterales.

Las células del meristemo apical del tallo se diferencian para formar los tres tejidos que conformarán el cuerpo de la planta.

Existen otros tipos de meristemos, presentes sólo en algunas plantas como las gramíneas, llamados **meristemos intercalares**, ubicados por debajo de cada hoja y que se alargan en toda la prolongación del brote.

Figura 3. Meristemos apicales de la raíz y el tallo

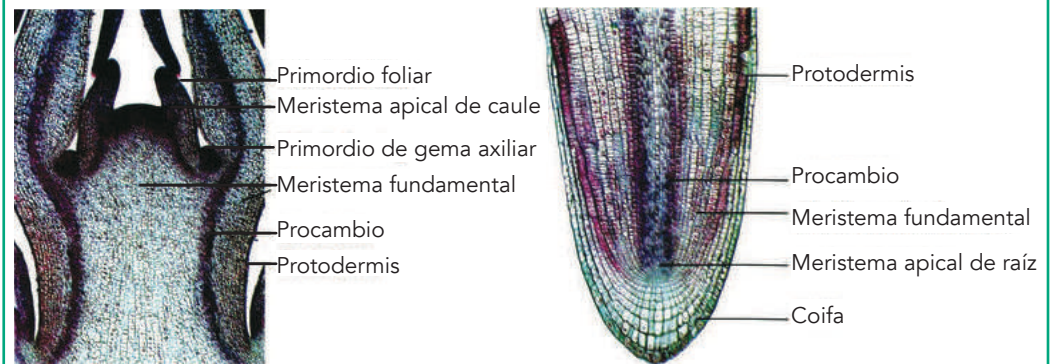
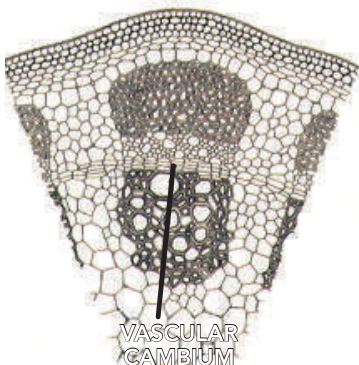


Figura 4. Cambium vascular



El **crecimiento secundario** se da en plantas leñosas. Este tipo de crecimiento genera el aumento en el diámetro del tallo y raíces. Conforme se aumenta el grosor del tallo, el árbol se vuelve más viejo. Los meristemos laterales son el **cambium vascular** y el **cambium del corcho**.

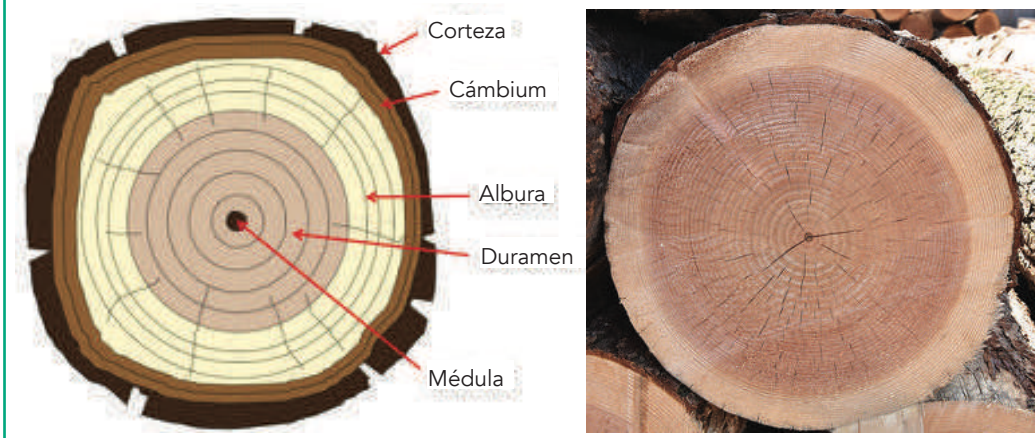
El **cambium vascular** es el que genera madera, producto del desarrollo del xilema y floema secundarios. Las células de este meristemo forman un cilindro delgado (de una célula de grosor) dentro del tallo y las raíces. Estas células se dividen y suman células a la madera (que es xilema secundario) y a la corteza interna (que es floema secundario).

Este crecimiento se da en la parte más antigua de la planta, es decir, no en los meristemos, sino en toda el segmento del tallo que se encuentra entre sus meristemos apicales y el de las raíces.

La madera está formada por **traqueidas y elementos vasculares** que conforman el sistema de conducción que se estudiará más adelante. El crecimiento y diferenciación de estas células se interrumpe en temporada de invierno en los árboles de hoja perenne. Al retomar el crecimiento en primavera, se crea un anillo entre la antigua madera y la nueva. Es por eso que la edad de un árbol se puede determinar por el número de anillos formados entre estas dos estructuras.

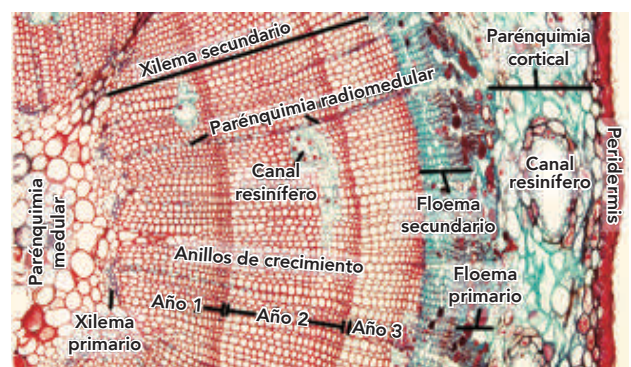
Un tronco grueso tiene más edad, y sus células del xilema secundario se quedan en el centro y mueren. Esta parte del tronco se denomina **duramen**; éste suele llenarse de resina para proteger a la estructura de la invasión de insectos que puedan provocar una enfermedad al árbol, lo que hace que la madera adquiera un color café oscuro. Aunque se tengan células de conducción muertas en el centro, en la periferia de la madera hay traqueidas vivas y xilema secundario joven. Este tejido alrededor del duramen, el cual posee células que conducen sustancias, se llama **albura**. Esa madera es de un color café muy claro y se localiza por debajo de la corteza.

Figura 5. Albura y duramen



El **cambium del corcho** es una estructura delgada que se encuentra en la región más externa del tronco rodeando a la madera. Este meristemo da origen a células del corcho y a otros tejidos que posteriormente formarán la corteza (capa interna) y el peridermo (capa externa), que sustituirán en un futuro a la epidermis. La corteza estará formada por el floema secundario, el cual permite el transporte de agua y nutrientes, aunque la parte interna del tronco esté conformada por células muertas (duramen).

Figura 6. Crecimiento secundario del tallo





Actividad (10 minutos)

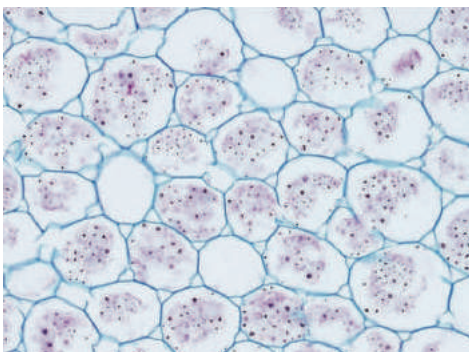
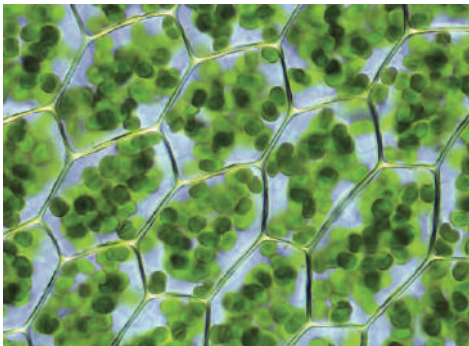
En el siguiente espacio realiza el dibujo de una planta. Señala las regiones de constante crecimiento y marca la región más antigua de la planta.



Desarrollo de contenidos (40 minutos)

3.1.2 Tejido fundamental

Figura 7. Parénquima fotosintético y de almacenamiento



El tejido fundamental conforma en mayor proporción el cuerpo vegetal. Entre otras cosas, es el que se encarga de realizar la fotosíntesis y se encuentra distribuido entre el tejido dérmico y vascular. Se clasifica en tres tipos diferentes: **parénquima**, **colénquima** y **esclerénquima**. La principal diferencia en estos tejidos, son sus células, y la composición de su pared celular.

El **parénquima** es el tejido más abundante que conforma el tejido fundamental. Su función principal es la de llevar a cabo la fotosíntesis, pero también es capaz de funcionar como almacén de sustancias nutritivas. Las **células parenquimatosas** sólo presentan una pared primaria que suele ser delgada. Es por eso que conforma la mayor parte de los tejidos y órganos blandos, como las hojas y frutos. Las células del parénquima, al mantenerse vivas, actúan de manera directa en el metabolismo de la planta como, por ejemplo, al llevar a cabo la fotosíntesis. En ellas están presentes los cloroplastos.

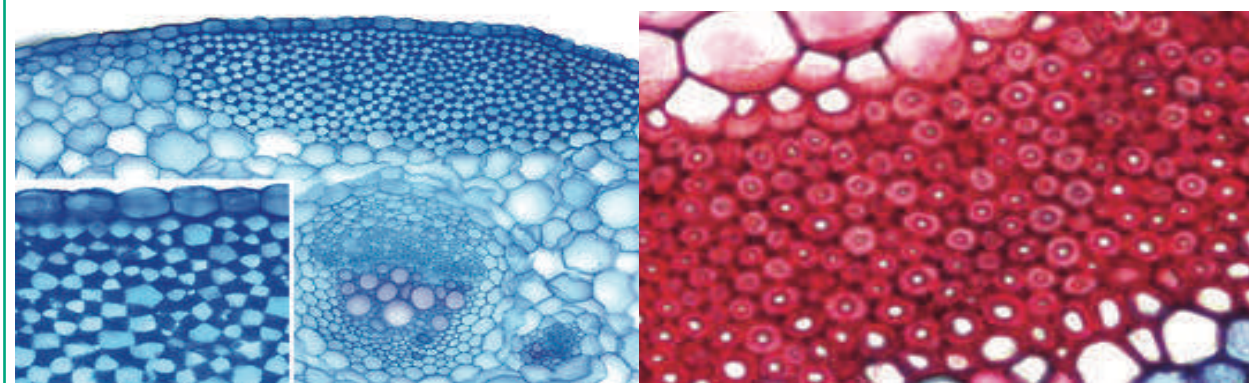
Las células que almacenan sustancias nutritivas no van a presentar color verde, ya que no tienen cloroplastos,

sino que presentan organelos de almacenamiento como vacuolas o plastidios especializados para almacenar pigmentos, aceites, almidón, etc. Este tejido también suele participar como medio de reparación, ya que las células del parénquima son capaces de diferenciarse en otro tipo celular cuando la planta lo requiere. En el laboratorio se ha trabajado con la zanahoria y tabaco, y se ha podido, por ejemplo, generar una planta completa tomando como base una célula parenquimatososa.

Dependiendo del órgano de la planta en que se encuentren, las células del parénquima pueden o no estar organizadas. Esto se observa claramente en el corte de una hoja, en donde el **parénquima esponjoso** presenta células desordenadas, con espacios en los que se almacena aire fácilmente. En cambio, el **parénquima en empalizada** es más ordenado, casi no presenta espacios entre las células y lleva a cabo su captación de luz de manera muy eficiente para realizar la fotosíntesis.

El **colénquima** es un tejido que se especializa en dar soporte a tallos herbáceos. Por ello, su pared celular primaria es más gruesa que la de una célula de parénquima, pero tampoco es una estructura que se endurezca. Esta característica permite el crecimiento secundario de tallos. La forma generalizada de las células del colénquima es de un polígono y se organizan formando cadenas que se encuentran por debajo de la epidermis. Un ejemplo típico son los hilos del tallo del apio.

Figura 8. Células del colénquima y del esclerénquima



El **esclerénquima** es un tejido que se encuentra principalmente en plantas leñosas y su principal función es la de brindar soporte rígido a la planta. Su pared celular es muy gruesa, ya que posee pared primaria y secundaria, con una sustancia (la lignina) que es la que se endurece. Esto provoca que el tejido donde se encuentran, no crezca longitudinalmente; además, sus células (esclereidas y fibras) pueden encontrarse muertas. Aun así, su función no cesa, ya que la pared celular no pierde ni grosor ni rigidez al momento de la muerte. El esclerénquima se encuentran en cáscaras duras como la de la nuez y en "huesos duros" como el del durazno.



Actividad (10 minutos)

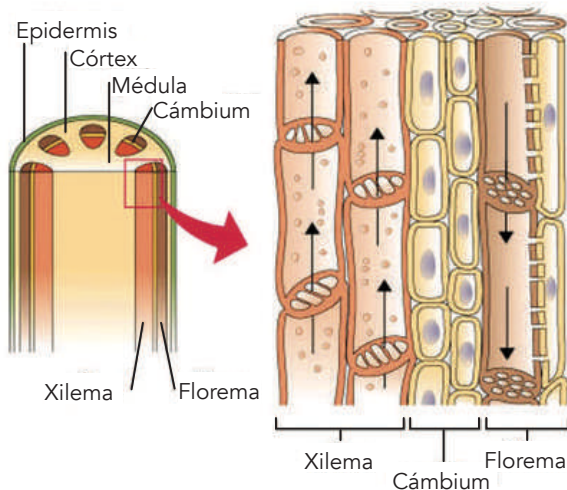
En el siguiente espacio dibuja cada una de las células del parénquima, colénquima y esclerénquima, y señala las diferencias que existen entre las paredes celulares. Utiliza colores.



Desarrollo de contenido (60 minutos)

3.1.3 Tejido vascular

Figura 9. Distribución de xilema y floema en un haz vascular



El tejido vascular tiene como función el transporte de agua y de sustancias nutritivas (sales minerales y glucosa principalmente) a todas las partes de la planta, desde la raíz hasta las hojas, y viceversa, pasando por los tallos. Desde el punto de vista evolutivo, el desarrollo del tejido vascular favoreció la dispersión de las plantas hacia medios terrestres, donde el agua es más escasa. Poco a poco, las plantas dejaron de depender del agua por completo al poseer un sistema que les permitía absorber el líquido vital del subsuelo y distribuirlo a todo el cuerpo vegetal. Este tegumento está rodeado de tejido fundamental y se divide en **xilema y floema**.

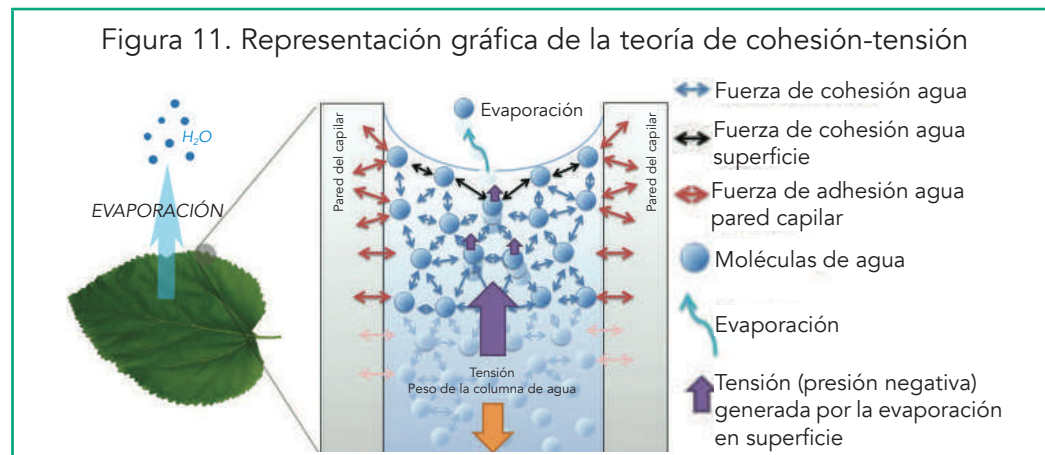
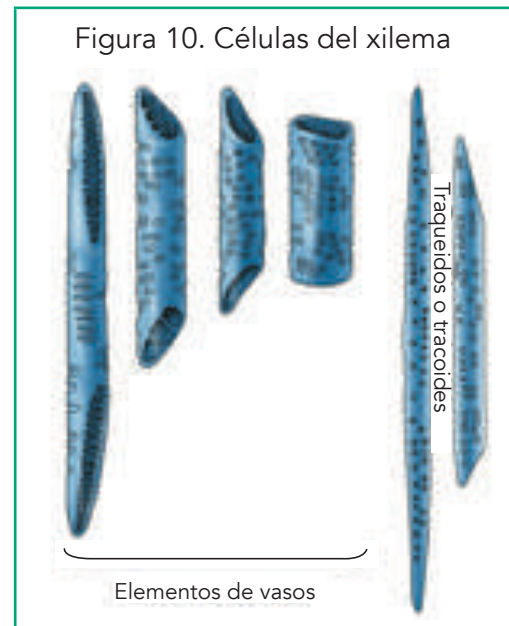
El **xilema** es el tejido especializado en transportar al resto de la planta el agua y sales minerales (savia bruta) que son absorbidos en la raíz. Se habla entonces de un transporte ascendente o de "abajo-arriba". Las células que conforman el xilema son morfológicamente especializadas para la función que realizan. Las **traqueidas** y los **elementos de vaso** mueren cuando llegan a la madurez, dejando su interior hueco. Son células alargadas que semejan popotes, ya que esta forma favorece la capilaridad y provoca que el agua suba fácilmente, incluso a alturas de más de 100 metros en algunos árboles.

Las **traqueidas** son las células básicas en el xilema de todas las plantas vasculares. Los extremos de estas células tienen forma de cuña y se acomodan una sobre otra. En esos extremos, la pared celular primaria está perforada, lo que permite el paso del agua de una traqueida a otra. Tienen un diámetro aproximado de 10 mm.

Los **elementos de vaso** son más gruesos que las traqueidas (aprox. 50 mm de diámetro). Sus extremos no tienen forma de cuña, pero sí se apilan unos sobre otros para formar largos canales (vasos) y tienen perforaciones en su pared.

Ambas células tienen perforaciones en los lados, lo que permite al agua pasar de una traqueida a otra o de un elemento de vaso a otro de forma lateral.

La **teoría de cohesión-tensión** explica la distribución del agua a toda la planta, desde las raíces hasta las hojas. Un proceso clave para la distribución del agua de forma ascendente es la **transpiración**, que es la pérdida de agua en forma de vapor a través de los **estomas** de las hojas. El vapor de agua se mueve de donde hay más vapor de agua (espacios aéreos del parénquima esponjoso) a donde hay menos (ambiente externo a la hoja). La pérdida de agua en las hojas hace que el tejido vascular (xilema) presente en ese órgano "succione" o "jale" agua a través de las traqueidas. Las moléculas de agua están unidas unas con otras por puentes de hidrógeno (cohesión) y se "pegan" a las paredes de las traqueidas por adhesión. Al momento de que se genera una fuerza provocada por la evaporación en las hojas (transpiración, el agua se mueve desde las raíces hasta las hojas.





El **floema** se especializa en el transporte de agua y sustancias sintetizadas por la planta (azúcares) o "savia elaborada", desde las hojas al resto de la planta. Entonces se habla de un transporte descendente o de "arriba-abajo". Las células que conforman este tejido también están anatómicamente especializadas para esta función, de forma similar al xilema, y son alargadas pero están vivas. Los **elementos de tubo criboso** y **células acompañantes** son las células que conforman al floema. Tienen un diámetro aproximado de 20-30mm.

Los **elementos de tubo criboso**, al llegar a la madurez, se deshacen de gran parte de su citoplasma y de algunos organelos como el núcleo, ribosomas, vacuola y aparato de Golgi. Así, adelgazan su membrana celular y se quedan con algunos organelos celulares (mitocondrias y retículo endoplásmico). Estas células, aunque incompletas, se mantienen vivas y funcionales gracias a las **células acompañantes**, que se mantienen en comunicación con los elementos de tubo criboso gracias a unas uniones, los plasmodesmos, que comunican a los citoplasmas de ambas células.

Figura 12.
Células del floema

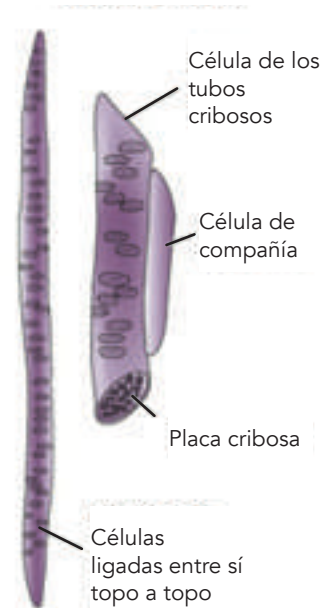
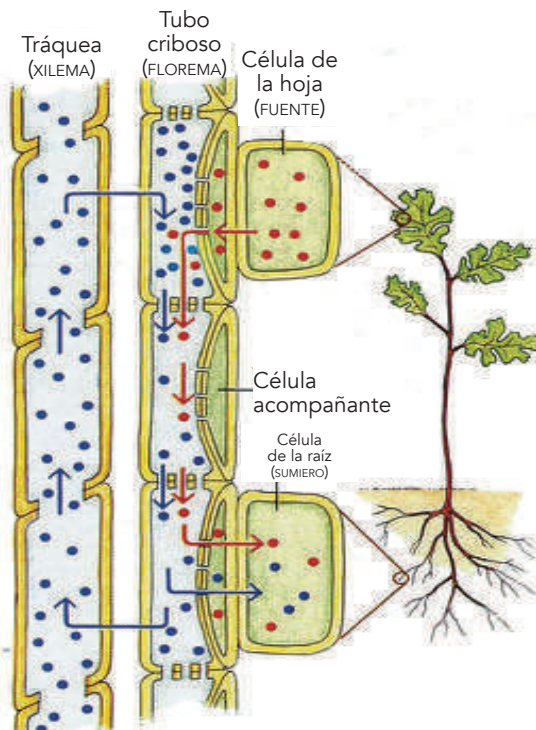


Figura 13. Representación gráfica de la translocación



Los extremos de los elementos de tubo criboso tienen una serie de poros, en donde la membrana es muy delgada. A esa estructura se le denomina **placa cribosa**, la cual permite la comunicación entre el citoplasma de un elemento y otro, formando tubos muy largos para el transporte de agua y nutrientes.

La translocación es el proceso por el cual se transporta el agua y nutrientes de forma descendente, es decir, principalmente de las hojas a los tallos y raíces. Las vías pueden ser varias, pero el origen del transporte se da en una fuente de hidratos de carbono (hojas o sitios de degradación de polisacáridos complejos) hacia el destino, que es un sumidero de hidratos de carbono (frutos, raíces o tallos que almacenan azúcares).

Actividad (10 minutos)

A

Actividad

Identifica las semejanzas y diferencias entre el tejido/sistema vascular de las plantas con el sistema circulatorio de los animales. Escríbelas en el siguiente cuadro.

SEMEJANZAS	DIFERENCIAS

¿Por qué se utilizan los colores azul y rojo para marcar estas estructuras en ambos esquemas? Explica tu respuesta.

Desarrollo de contenido (40 minutos)

CT

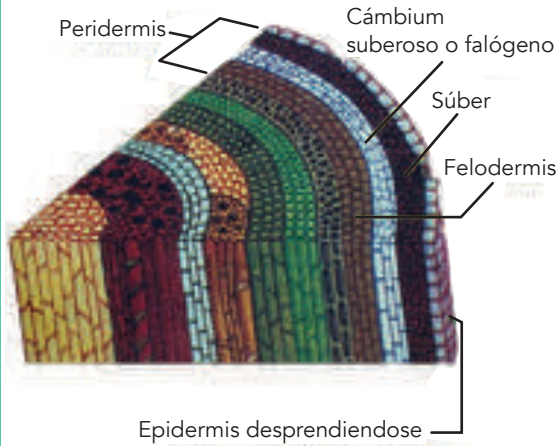
Contenido temático

3.1.4 Tejido dérmico

El **tejido dérmico** tiene como función principal recubrir y proteger toda la planta, además de que regula la cantidad de agua que se pierde y se encarga del intercambio gaseoso. Incluso es común hacer la comparación con nuestra piel, ya que se le considera la primera línea de defensa contra agentes patógenos y daños mecánicos. Este tejido puede ser tan delgado como de una célula de grosor, pero las células están muy unidas y recubiertas por la **cutícula**, que evita que se deforme o se rompa, y le proporciona cierta impermeabilidad a la planta. El tejido dérmico se divide en **epidermis** y **peridermo**.



Figura 14. Epidermis y peridermo en un tallo leñoso.

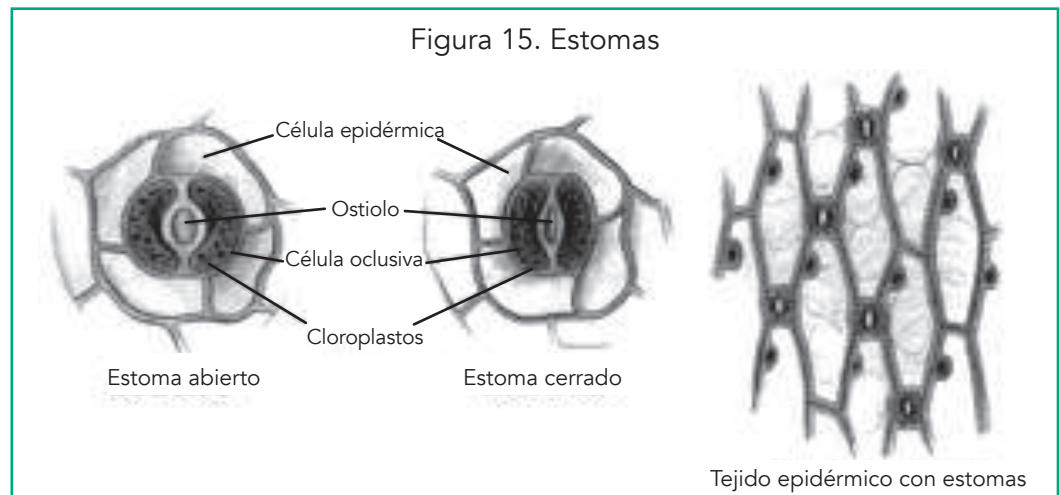


La **epidermis** se encuentra principalmente sobre el cuerpo vegetal de plantas herbáceas. Se localiza en raíces, tallos, hojas, flores, frutos y semillas, y permite el intercambio de gases en algunos órganos. La cutícula que está sobre la epidermis es delgada y transparente para posibilitar el paso de los rayos solares y para que, al encontrarse sobre las hojas, la fotosíntesis se pueda llevar a cabo de forma efectiva.

Varias células de la epidermis presentan una especie de proyecciones denominadas **pelos epidérmicos o tricomas**. Cuando se encuentran en las raíces, se llaman pelos radiculares. Dependiendo de la localización de esos pelos epidérmicos, las funciones varían, pero la generalidad funcional es aumentar la superficie de contacto de la epidermis con el ambiente que le rodea.

La epidermis presenta poros denominados **estomas**, a través de los cuales se lleva a cabo el intercambio gaseoso y se libera el vapor de agua. La apertura y cierre de los estomas es regulada por unas células encontradas alrededor del poro, llamadas **células guarda u oclusivas**. Generalmente los estomas se mantienen abiertos durante el día para llevar a cabo la fotosíntesis y se cierran por la noche en condiciones normales.

Figura 15. Estomas



La **peridermis o peridermo** no es otra cosa más que la epidermis endurecida presente en plantas leñosas, específicamente en tallos y raíces. Está conformada por células de corcho (ver crecimiento secundario) que son células muertas con pared celular gruesa e impermeables, característica que impide que este tejido participar en el intercambio de gases y liberación o absorción de agua. En los tallos, los estomas que estaban presentes en la epidermis se pierden y son sustituidos por las lenticelas, que funcionalmente son iguales que los estomas. En las raíces brindan anclaje a la planta y, como la raíz no puede ser impermeable al agua (por la función de absorción de la misma), sólo está presente en ciertas

zonas de la raíz. Conforme el peridermo crece, se engruesa hacia el interior, lo que provoca que la capa exterior del mismo se desprenda. Esto es lo que conocemos como corteza.

Actividad (20 minutos)

A

Actividad

Complementa el siguiente cuadro donde se resume la información relevante de los tejidos vegetales.

TEJIDO PRINCIPAL	CLASIFICACIÓN DEL TEJIDO	TIPOS DE CÉLULAS	FUNCIONES
Fundamental			
Vascular			
Dérmico			
Meristemático			

Actividad (10 minutos)

A

Actividad

Como se estudió en la primera unidad, los tejidos básicos de los animales son: epitelial, muscular, conectivo y nervioso. ¿Las funciones de algunos de estos tejidos pueden ser análogas en los tejidos vegetales? Revisa la información y llena el siguiente cuadro comparativo.

TEJIDO VEGETAL	COMPARACIÓN CON EL TEJIDO ANIMAL	EXPLICACIÓN
Fundamental		
Vascular		
Dérmico		
Meristemático		



Evaluación (10 minutos)

Contesta los siguientes planteamientos, colocando en el paréntesis la letra que corresponda a la opción correcta.

1. () La diferenciación celular vegetal a la cual se someten las células vegetales embrionarias obedece a:
 - a. El linaje meristemático concreto de la célula.
 - b. La edad de la célula.
 - c. El patrón de migración de la célula.
 - d. La posición final de la célula en un órgano en desarrollo.
 - e. La activación selectiva de genes.
2. () _____ es al xilema como _____ es al floema.
 - a. Cambium vascular/cambium de corcho
 - b. Corteza/médula
 - c. Elemento de vaso/miembro de tubo criboso
 - d. Meristemo apical/cambium vascular
 - e. Célula del esclerénquima/célula del parénquima
3. () ¿Cuál de las siguientes estructuras se produce por actividad meristemática?
 - a. Tubérculos
 - b. Tricomas
 - c. Hojas
 - d. Xilema secundario
 - e. Todos los anteriores
4. () ¿Cuál de los siguientes elementos NO forman parte de la corteza de un árbol leñoso?
 - a. Floema secundario
 - b. Xilema secundario
 - c. Lenticelas
 - d. Cambium del corcho
 - e. Corcho
5. () La madera está formada por:
 - a. Corteza
 - b. Peridermo
 - c. Corcho
 - d. Xilema secundario
 - e. Floema secundario

Glosario



Glosario

Capilaridad: propiedad física del agua que consiste en sumar las fuerzas de adhesión (capacidad de las moléculas del agua de pegarse a una superficie) y cohesión (fuerza de unión entre las propias moléculas del agua), para provocar que el agua ascienda a través de un tubo muy delgado (capilar).

Foliar: referente a las hojas, compuesto por hojas.

Mitosis: tipo de división celular que se da en células somáticas, en donde no existe intercambio de información genética, por lo que las células hijas son idénticas a la célula que le dio origen.

Perenne: plantas que conservan sus hojas durante la mayor parte del año, regenerándolas gradualmente.

Plasmodesmos: uniones celulares exclusivas de células vegetales, en donde existen orificios en las paredes celulares, y permiten el intercambio de citoplasma de unas células con otras.

Plastidio: organelos celulares que almacenan pigmentos, aceites u otras sustancias.

Primordio: estructura vegetal a partir de la cual se desarrollan nuevos brotes (ramas), hojas o flores.

Savia bruta: sustancia conducida a través del xilema, constituida por agua y minerales que son absorbidos del suelo por medio de la raíz.

Savia elaborada: líquido acuoso que contiene productos derivados de la fotosíntesis, hormonas u otras sustancias orgánicas indispensables para el desarrollo de la planta. Se conduce a través del floema.

Tejido: conjunto de células que determinan una función específica.

Para saber más del tema



Saber más

Para obtener información acerca del desarrollo biotecnológico en los tejidos vegetales consulta el siguiente texto de Graciano Calva Calva (2005) "Cultivo de células y tejidos vegetales: fuente de alimentos para el futuro", publicado en la *Revista Digital Universitaria*, disponible en: <http://www.revista.unam.mx/vol.6/num11/art104a/nov_art104a.pdf>.

Para saber más acerca de cultivo de plantas in vitro, observa el video "Preparación de medios del cultivo para el cultivo in vitro de plantas o de material vegetal", desarrollado por Maria Carmen Gisbert Domenech, de la Universitat Politècnica de València, disponible en: <<https://www.youtube.com/watch?v=pdSrwwfPCw>>.



Objetivo

3.2 Morfofisiología de órganos

Objetivo

Identifica los órganos que conforman a una planta y analiza los procesos que se llevan a cabo en cada uno de ellos para entender las semejanzas y diferencias entre los distintos grupos de plantas y valorar su importancia dentro de los ecosistemas



Conocimientos previos

Rescate de conocimientos previos (10 minutos)

1. Describe brevemente el proceso de fotosíntesis.

2. Escribe cinco órganos de plantas que identifiques.

3. Haz una lista de 10 plantas que se usen para consumo humano.

4. ¿Por qué se le considera a las plantas como la base de una red trófica?



Contenido temático

Desarrollo de contenido (60 minutos)

Ya sabemos que para conformar a una planta es indispensable la diferenciación celular. Los tejidos vistos anteriormente se acomodan para dar lugar a las tres estructuras u órganos básicos de una planta: hojas, tallos y raíces. La disposición de estos tres órganos es estratégica; tiene el fin de maximizar los procesos de fotosíntesis y transporte de agua y sustancias nutritivas.

En estos tres órganos se estudiará la estructura externa e interna. Ésta última es la que nos permitirá observar la distribución de los tejidos estudiados anteriormente.

3.2.1 Raíz

La raíz es el órgano de la planta, la mayoría de las veces subterráneo, que se encarga de fijar la planta al sustrato (suelo, rocas, árboles, etc.), absorber agua y nutrientes contenido en el suelo y almacenar sustancias nutritivas.

Cuando una semilla comienza a germinar, el primer órgano que se desarrolla es un primordio de raíz denominado **radícula o raíz embrionaria**. En plantas dicotiledóneas y gimnospermas, esta radícula va creciendo e insertándose en el suelo de manera vertical para conformar la **raíz primaria persistente**. De ella se derivan las **raíces secundarias**, que se desarrollan perpendicularmente a la raíz primaria y que se derivan de una estructura interna llamada **periciclo**.

En las plantas monocotiledóneas, la raíz embrionaria se pierde y el tallo da lugar a un **sistema de raíces fibrosas y adventicias**. Son fibrosas por ser paralelas entre ellas y aproximadamente de la misma longitud (aunque no son muy largas), y son adventicias porque no se desarrollan de una raíz principal, sino del extremo inferior del tallo. Un ejemplo típico de raíces fibrosas es la cebolla, pues su tallo está modificado e inmerso en las hojas. Si se cortan los “pelos” secos de la parte inferior y se coloca en agua, en unos días se desarrollarán las raíces fibrosas.

16. Radícula de frijol



Figura 17. Raíces primarias y secundarias de un diente de león, y raíces adventicias de la cebolla





Estructura interna. Al hacer un corte longitudinal de la raíz, se aprecian varias estructuras importantes para su desarrollo. En la parte inferior se encuentra un grupo de células con pared celular gruesa que le brinda resistencia, denominada **cofia**, la cual se encarga de abrir paso a la raíz por el suelo y secretar una sustancia viscosa para facilitar el proceso. También se encarga de proteger al meristemo apical radical, una zona con células en constante división que permiten el crecimiento de la raíz hacia abajo.

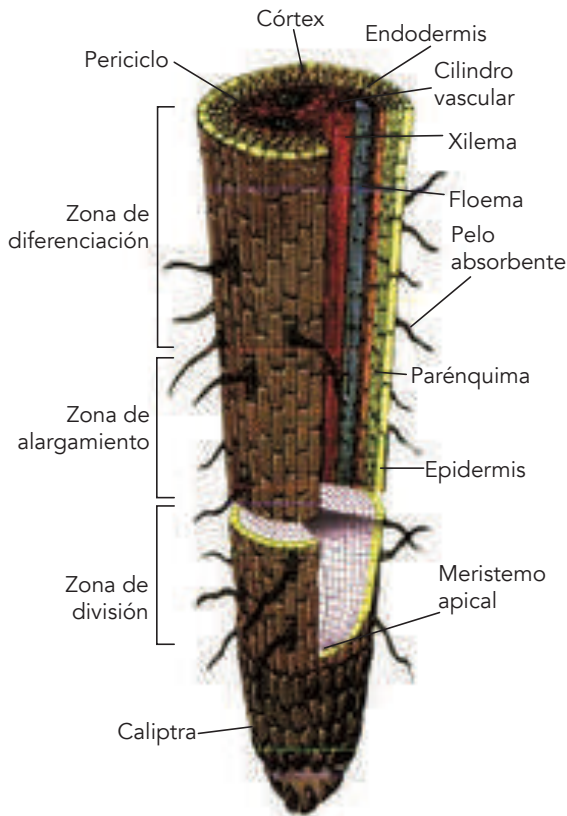
Figura 18. Pelos radiculares



Del meristemo apical radical se diferencia un grupo de células para generar el cilindro vascular, la corteza y la epidermis.

Como ya se mencionó, las células epidérmicas pueden presentar proyecciones. En las raíces, estas proyecciones reciben el nombre de **pelos radiculares**, los cuales se pueden apreciar de forma algodonosa. Hay una proyección por cada célula epidérmica, es decir, el pelo pertenece a una célula. No hay manera de confundirlos con raíces secundarias, ya que éstas son pluricelulares.

Figura 19. Estructura interna de la raíz



Su función radica en aumentar de manera considerable la superficie de contacto de la raíz para hacer más eficiente la absorción de agua y minerales a nivel molecular.

En la parte central se puede observar una zona diferenciada, denominada **estele**, que está delimitada por el periciclo y la endodermis, y es en donde se encuentra el tejido vascular.

En un corte transversal, de afuera hacia adentro, se pueden apreciar la epidermis, la corteza, el periciclo, la endodermis, el floema y el xilema.

La **epidermis en la raíz** no tiene cutícula. Ésta última es una estructura que da impermeabilidad a los órganos. Como la raíz absorbe agua, no puede ser impermeable. El agua pasa a través de la epidermis, pero, contrario a lo que se pensaría, no penetra en las células sino que viaja entre los espacios que se forman entre las paredes de las células hasta llegar al **córtex**, estructura formada por células del parénquima. Estas células están separadas y forman amplios espacios intercelulares, en donde se capta el agua absorbida. También sirven como reserva de sustancias como el almidón.

Para ingresar a la estele (región donde se encuentra el tejido vascular de la raíz) el agua tiene que atravesar la endodermis y el periciclo. La **endodermis** es una capa que limita al córtex de la estele, mientras que el **periciclo** es una capa de células que permiten el crecimiento secundario de la raíz y la generación de raíces secundarias.

La endodermis es la estructura que genera una limitante para el paso del agua al interior de la estele, ya que presenta una disposición de bandas (**bandas de Caspary**), las cuales tienen **suberina** (sustancia impermeable), por lo que el agua tiene que encontrar otra vía para el paso, que no sean los espacios intercelulares. Para ello, las paredes celulares se conectan unas con otras mediante poros y forman canales denominados **apoplasto**. Cabe aclarar que aquí el agua no entra a la célula, sino que sólo pasa por los canales de la pared externa de la misma. Cuando el agua entra a las células y pasa de un citoplasma a otro por medio de los **plasmodesmos** (uniones celulares exclusivas de las plantas), entonces se habla de **simplasto**.

Cuando el agua viaja por el apoplasto y llega a la endodermis, tiene que ingresar por ósmosis al interior de las células para pasar la endodermis, mientras que los minerales disueltos lo tienen que hacer por mecanismos de transporte activo. Debido a esto, la endodermis regula el paso de agua y minerales a la estele de la raíz.

Una vez que el agua llega al estele, las mismas bandas de Caspary evitan que el agua se regrese, obligándola a encontrar las células del xilema. El **estele** es el cilindro vascular conformado por células de xilema y floema. El xilema se encuentra internamente y forma una "X" (equis). Entre los ángulos de la equis está el floema. Una vez que el agua con minerales disueltos llega al xilema, sube para que llegue al tallo y a las hojas. De igual forma, a través de las células del floema, llegan agua y azúcares para nutrir a las células de la raíz y guardar sustancias nutritivas.

Figura 20. Apoplasto, simplasto y bandas de Caspary

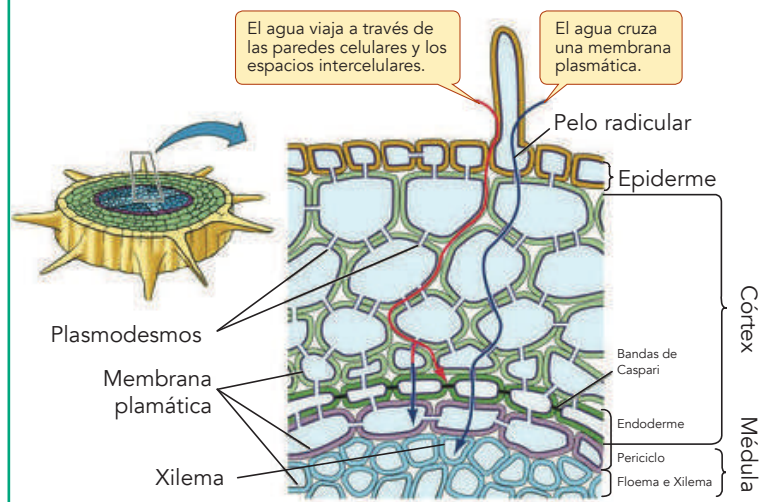
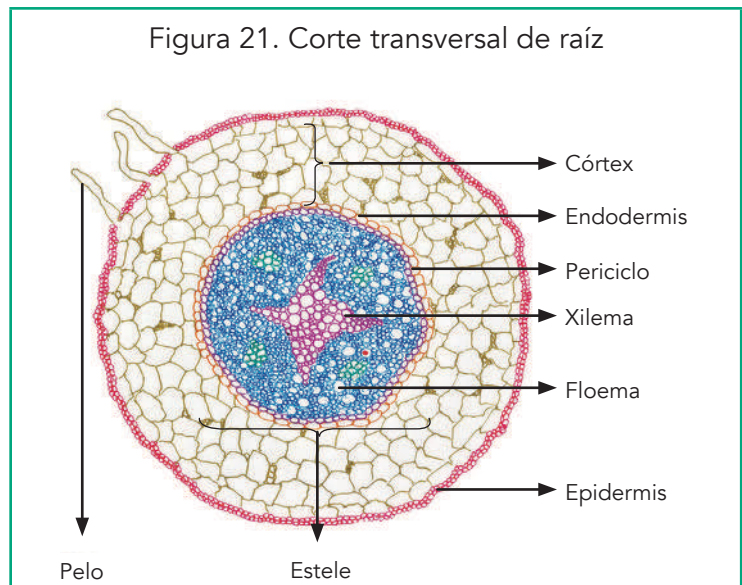


Figura 21. Corte transversal de raíz





Existen especializaciones de las raíces que permiten a la planta adaptarse a las condiciones del ambiente. Las especializaciones se resumen en el siguiente cuadro:

Tabla 1. Especializaciones de las raíces

MODIFICACIÓN	FUNCIÓN	EJEMPLO
Almacenadora	Guarda nutrientes como el almidón.	Camote, zanahoria
Fotosintética	Realizan la fotosíntesis; están presentes en plantas que no tienen como sustrato el suelo.	Orquídeas
De apoyo	Generan gran soporte a árboles de gran tamaño.	Ceiba
Neumatóforos	Raíces aéreas que sobresalen de suelos anóxicos.	Mangle

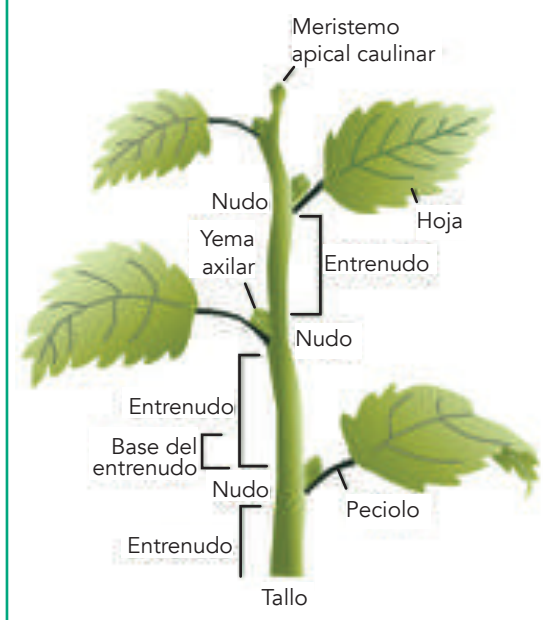


Desarrollo de contenido (60 minutos)

3.2.2 Tallo

El tallo de las plantas es una estructura aérea que permite la distribución del agua, sales minerales y nutrientes en general al resto de los órganos que conforman la planta. Asimismo, posibilita el alargamiento, es decir, el crecimiento hacia arriba (crecimiento primario) y, dependiendo de la planta, el aumento de grosor (crecimiento secundario). También sirven para dar soporte a hojas, flores y frutos.

Figura 22. Estructura externa de tallo



Los tallos se clasifican en herbáceos y leñosos. Los primeros sólo presentan crecimiento primario y los segundos muestran tanto crecimiento primario como secundario. La distribución de los tres tejidos vegetales varía en cada caso. Se tomará a un tallo leñoso como referencia para el estudio de esta distribución de tejidos, por la complejidad que presenta.

Estructura externa. En la parte superior del tallo se encuentra la **yema o brote terminal**, que es la estructura que determina el meristemo apical del tallo. La yema terminal está protegida por una serie de **escamas terminales**. También posee **yemas axilares** (o laterales), que representan la región en donde se puede originar una rama o la unión del peciolo de una hoja, donde se forma un ángulo entre el tallo y el peciolo. Dicha región se denomina **axila**. Cuando las hojas se caen, dejan una **cicatriz foliar** por debajo de la yema axilar. El crecimiento de esta yema lateral genera tallos en donde hay más hojas o flores.

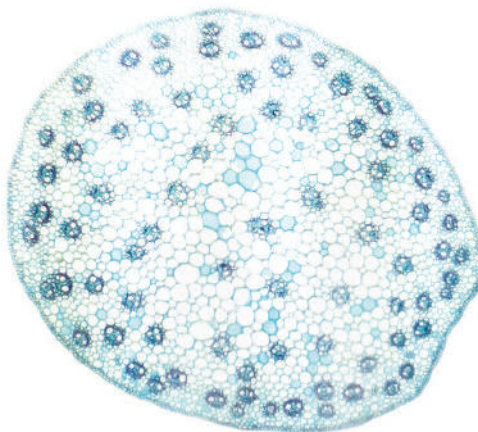
Los **nodos** son las regiones del tallo en donde crecen las hojas, y los **internodos** son los espacios que existen entre un nodo y otro.

La epidermis de tallos herbáceos tiene la misma función que en las hojas: proteger contra tracciones mecánicas y evitar la pérdida de agua. Al ser sustituida por el peridermo, pierde los estomas que se encontraban ahí, y su función es sustituida por las **lenticelas**, orificios que se encargan del intercambio gaseoso.

Estructura interna. La estructura interna del tallo difiere en las plantas monocotiledóneas y dicotiledóneas en cuanto a la distribución de tres tejidos vegetales (dérmico, vascular y fundamental). Sin embargo, siempre estarán presentes en ambos casos.

En un corte transversal de tallo, el tejido vascular se encuentra distribuido en estructuras denominadas **haces vasculares**, los cuales se continúan en raíces y hojas. Los haces vasculares están distribuidos en forma de un anillo cercano a la corteza en las plantas dicotiledóneas y aparentemente carecen de arreglo. Están inmersas en la médula de las plantas monocotiledóneas. Tomando como referencia la posición de la médula, un haz vascular presenta la parte del floema en el extremo distal y el xilema en la parte proximal. Dicho de otra forma, el xilema se encuentra en la parte interna del haz y el floema en la externa. Están separados por una delgada capa de células que conforma el cambium vascular y determina un tipo de meristemo. Además del transporte de agua, sales minerales y azúcares, las paredes firmes de las células vasculares (traqueidas, elementos de vaso, etc) ayudan al tallo a dar soporte al pesado cuerpo de la planta.

Figura 23. Corte transversal de tallo de monocotiledónea



En el centro del tallo se encuentra la **médula**, estructura que sirve para el almacenamiento de sustancias nutritivas. Está formada por células del esclerénquima en plantas monocotiledóneas y por células del parénquima en plantas dicotiledóneas. En éstas últimas, la médula va a estar rodeada por tejido vascular primario (xilema primario), el cual se desarrolló cuando el tallo de la planta era delgado. A partir de él se genera el xilema secundario, para dar paso al crecimiento secundario y la generación de madera.

El floema primario se encuentra cercano a la corteza y el secundario está de manera interna con respecto al primario. Los xilema y floema primarios no son funcionales durante toda la vida de la planta y por ello tienen que desarrollar tejidos secundarios, lo cual se hace a partir del cambium vascular. Éste es difícil de diferenciar cuando la planta es joven y aún no presenta crecimiento secundario, pero una vez iniciado, el cambium forma un cilindro continuo que separa al xilema del floema.

El transporte de agua y sustancias se da de arriba hacia abajo y viceversa. Sin embargo, también es necesario el transporte de estas sustancias hacia los lados, para nutrir a las células de los tejidos originados por el crecimiento secundario. Para ello, existen unos canales constituidos de células del parénquima denominados **rayos**, los cuales transportan agua, sales minerales y azúcares.



Como ya se mencionó, el cambium del corcho posee células que darán lugar al peridermo. Cuando las células originadas por el cambium del corcho crecen hacia afuera, se generan células de corcho para proteger a la planta. Por el contrario, si las células se originan hacia adentro, forman parte del parénquima del corcho que sirve de almacenamiento

Existen especializaciones de los tallos que permiten a la planta adaptarse a las condiciones del ambiente, y que se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 2. Especializaciones de los tallos

MODIFICACIÓN	FUNCIÓN	EJEMPLO
Rizoma	Fijación de la planta al sustrato	Jengibre, lirio
Tubérculo	Almacenamiento de azúcares como el almidón	Papa
Estolón	Reproductiva	Fresas
Fotosintético/suculento	Fotosíntesis/almacenamiento de agua	Cactus



Desarrollo de contenido (60 minutos)

3.2.3 Hoja

Las hojas son estructuras aéreas especializadas para captar la luz solar y transformarla en energía química utilizable para las plantas (fotosíntesis). La generalidad es que tienen una superficie amplia para captar la mayor cantidad de luz solar y así llevar a cabo este proceso. También son capaces de regular la cantidad de agua en la planta, mediante procesos de **transpiración** (liberación de vapor de agua a través de los estomas) y **gutación** (liberación del exceso de agua, formando pequeñas gotas en la superficie de la hoja).

La forma de las hojas es muy variada, pues depende de las condiciones ambientales que rodeen a la planta. Por ejemplo, son muy grandes en las regiones de los trópicos y muy pequeñas e incluso modificadas en regiones templadas y frías. Hay **plantas perennes** (que pierden y generan hojas durante todo el año) y **plantas caducifolias** (cuyas hojas "caducan" o se pierden cuando las condiciones ambientales son desfavorables).

Figura 24. Bosque perennifolio y bosque caducifolio



Estructura externa. Una hoja típica presenta dos partes: el limbo y el peciolo. El **peciolo** es la parte de la hoja que la une al tallo y es el que orienta a la hoja para que capte la mayor cantidad de luz solar que le sea posible. No todas las especies de plantas tienen peciolo en sus hojas; tal es el caso de las gramíneas, cuyo limbo está unido directamente al tallo. Las hojas se clasifican en **simples**, si cada hoja se une al peciolo de manera individual o **compuestas**, si varias hojas se unen a un único peciolo que, posteriormente, se unirá al tallo.

El **limbo** (o lámina) es la parte aplanada y delgada de la hoja; la forma del limbo la determina el margen, que delimita al limbo. En la superficie del limbo se aprecian las **venas** (o **nervaduras**) que conforman el sistema vascular en la hoja. Estas venas son paralelas en plantas monocotiledóneas mientras que, en las dicotiledóneas, conforman una red en donde varias venas se desprenden de la vena principal o central.

La parte de “arriba” del limbo se denomina **haz** y la parte de “abajo” se llama **envés**. El haz y el envés son importantes porque determinan la orientación de la hoja. El haz, al tener contacto directo con la luz solar, está cubierto de epidermis con cutícula para que pueda captar de manera eficiente la luz del sol y brindarle impermeabilidad al agua, lo cual evita que se absorba un exceso de agua cuando llueve. Esta parte de la hoja es muy brillante, ya que la cutina es una sustancia derivada de lípidos.

Por el contrario, el envés es menos brillante. Aquí la función de la cutícula no es igual que en el haz, ya que esta parte de la hoja no tiene exposición directa a los rayos solares. En esta zona de la hoja, la epidermis se ve interrumpida por la presencia de estomas. Como se mencionó, en el tejido dérmico los **estomas** son poros rodeados por células oclusivas y células subsidiarias que permiten el intercambio de gases (oxígeno y dióxido de carbono) y la liberación de vapor de agua (transpiración).

Figura 25. Hojas simples y compuestas

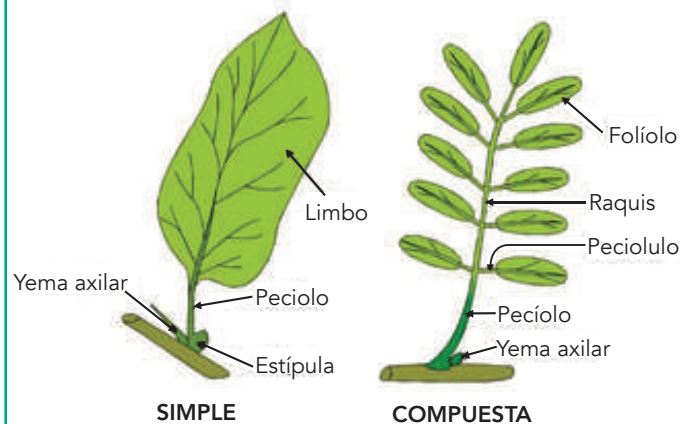
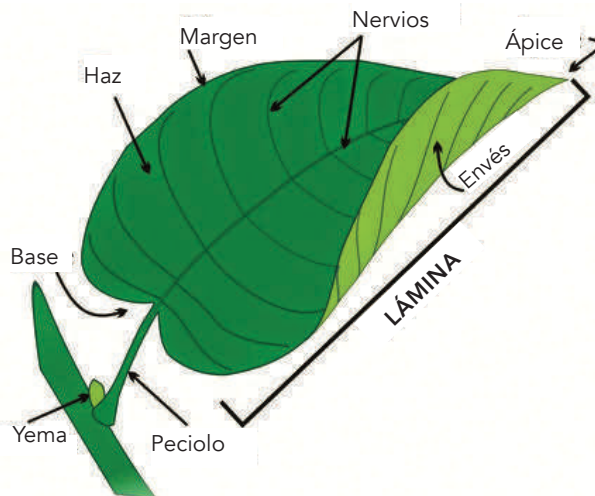


Figura. 26. Estructura externa de la hoja

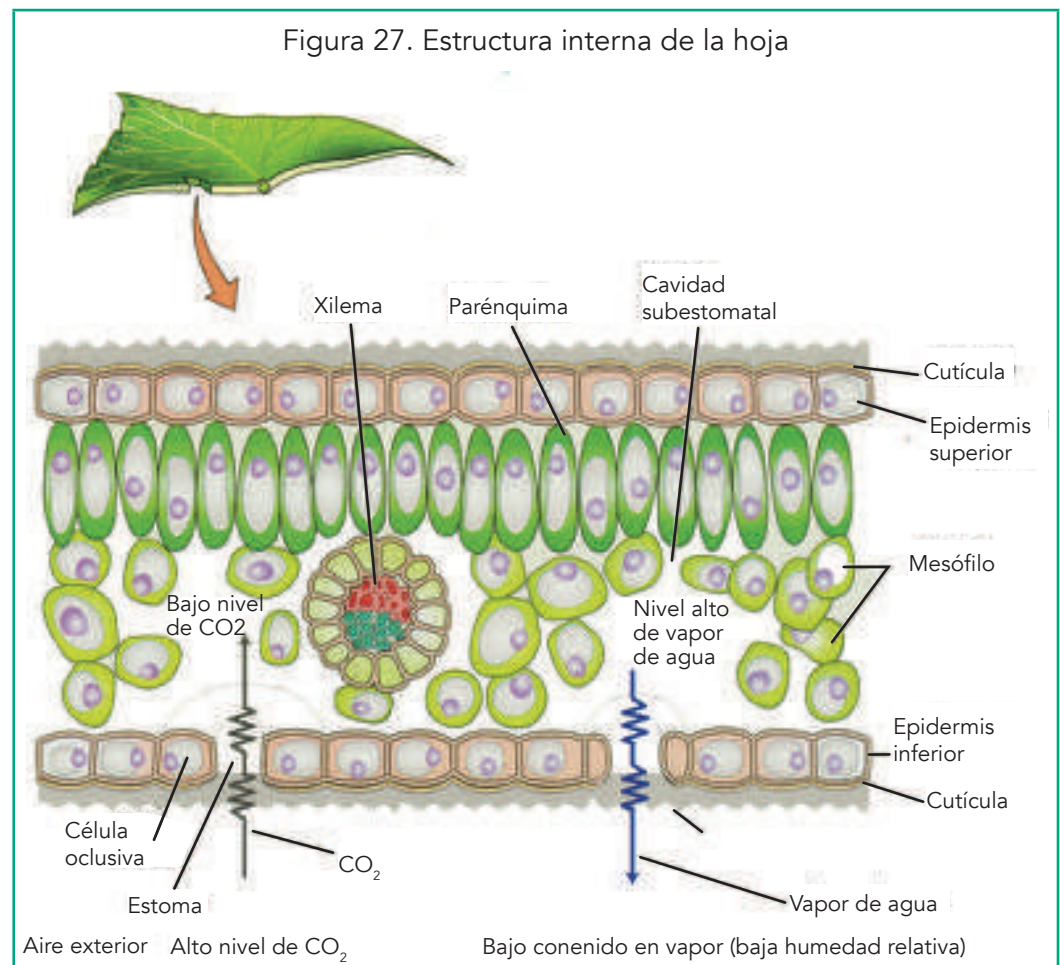




Estructura interna. Al realizar un corte transversal muy delgado a una hoja, se puede observar la disposición de los tejidos al interior de la hoja.

Por arriba y por abajo se aprecia el tejido epidérmico. Sus células van a producir **cera y cutina**, que son sustancias que proporcionan la impermeabilidad al agua. Las células epidérmicas pueden presentar proyecciones, denominadas **tricomas**. Estas estructuras ayudan a la planta, evitando la excesiva pérdida de agua al actuar como reflectores de la luz solar. También pueden producir sustancias urticantes, como es el caso de la ortiga, por lo que estos tricomas tienen funciones de defensa contra depredadores.

Figura 27. Estructura interna de la hoja



Entre la epidermis superior (haz) y la epidermis inferior (envés), se encuentra la parte media de la hoja o **"mesófilo"**, compuesto principalmente por tejido fundamental o el parénquima, que va a tener numerosos cloroplastos. La disposición del parénquima en la hoja es fundamental para la eficiencia fotosintética. Las células del parénquima que se encuentran debajo de la epidermis superior están muy organizadas y compactas, y forman el mesófilo o **parénquima en empalizada**. Casi no hay espacios de aire entre ellas, lo que

provocan que haya más células y, por lo tanto, mayor captación de luz y una alta tasa de fotosíntesis. Por el contrario, el mesófilo que se encuentra arriba de la epidermis inferior recibe el nombre de mesófilo o **parénquima esponjoso**, ya que presenta muchos espacios con aire, lo que ocasiona que las células estén desordenadas y que haya menos cantidad de ellas; esto genera una baja tasa de fotosíntesis. La poca actividad fotosintética es normal aquí, ya que esa parte de la hoja no está expuesta directamente a la luz solar.

Entre el mesófilo de la hoja corren cables visibles en la parte externa de la hoja (venas). Estas venas en el interior de la hoja reciben el nombre de **haces vasculares** y son la continuación del tejido vascular que viene desde el tallo. Así, todas las células del parénquima y epidermis reciben agua y sales minerales, a la vez de que se llevan las sustancias resultantes del proceso de fotosíntesis (azúcares, como glucosa o fructosa). Estos haces vasculares están compuestos de xilema y floema, los cuales forman largos tubos que van a estar protegidos por una estructura denominada **vaina fascicular o vaina del haz**. Esta disposición es fácil de entender si se piensa en un cable eléctrico. La vaina fascicular sería el plástico aislante y los cables de cobre –por donde viaja la corriente eléctrica– serían el xilema y el floema.

Las hojas presentan especializaciones que permiten a la planta adaptarse a las condiciones del ambiente, las cuales se resumen en el siguiente cuadro:

Tabla 3. Especializaciones de las hojas

MODIFICACIÓN	FUNCIÓN	EJEMPLO
Acículas	Reducir la pérdida de agua en ambientes fríos.	Coníferas (pinos, abetos, cedros).
Espinas	Reducir la pérdida de agua en ambientes áridos.	Cactus.
Atrapamoscas	Atrapar insectos para la obtención de nitrógeno.	Atrapamoscas de Venus.
Suculentas	Almacenamiento de agua.	Sábila.
Zarcillos	Sostener a la planta en superficies verticales.	Plantas trepadoras (calabaza, pepino).
Bulbos	Almacén de agua y sustancias nutritivas.	Cebolla.
Brácteas	Atraer a polinizadores hacia las flores.	Nochebuena, alcatraz, bugambilia.



Evaluación (10 minutos)

Coloca los números que relacionen de manera correcta las funciones de las estructuras de la derecha.

- | | |
|--|------------------|
| 1. () En la fotosíntesis se produce este carbohidrato. | a. Floema |
| 2. () Tejido vascular formado con células muertas. | b. Entrenudo |
| 3. () Transporta alimentos elaborados por la planta. | c. Raíz |
| 4. () Tiene la cofia en la punta. | d. Xilema |
| 5. () Da soporte a la planta. | e. Glucosa |
| 6. () Órgano reproductor de las angiospermas. | f. Tallo |
| 7. () Aquí se lleva a cabo la fotosíntesis. | g. Hoja |
| 8. () Transporta agua y sales minerales. | h. Flor |
| 9. () Es la región del tallo donde se originan las hojas. | i. CO_2 |
| 10. () Órgano que contiene a los estomas. | j. Semilla |
| | k. Nudo |

Glosario



Glosario

Almidón: polisacárido complejo de reserva en plantas; se almacena en amiloplastos a nivel celular.

Angiospermas: plantas que tienen flores y desarrollan semillas protegidas dentro de un fruto.

Dicotiledónea: plantas angiospermas en donde los embriones tienen dos cotiledones, la venación en sus hojas se distribuye en forma de red y los haces vasculares del tallo están organizados en un anillo que rodea la médula.

Diferenciación celular: especialización de células embrionarias indiferenciadas en algún tejido, mediante la activación de algunos genes.

Fotosíntesis: proceso metabólico a través del cual las plantas fabrican compuestos orgánicos (azúcares), transformando la energía lumínica en energía química.

Gimnospermas: plantas leñosas con semillas que no tienen estructuras que las protejan, sino que están sobre los esporofitos.

Monocotiledónea: tipo de plantas angiospermas en las que los embriones tienen solo un cotiledón, la venación en sus hojas es paralela y los haces vasculares están distribuidos por todo el tallo.

Órgano: tejidos que, en conjunto, llevan a cabo una función en específico.

Ósmosis: transporte de agua a través de una membrana semipermeable; se mueve a favor del gradiente de concentración.

Para saber más del tema



Saber más

Para obtener información acerca de la planta suculenta más representativa de México, consulta el siguiente texto del Abisaí J. García Mendoza (2007). "Los Agaves de México", publicado en la revista *Ciencias* 87, julio-septiembre, pp. 14-23, disponible en: http://www.alumno.unam.mx/algo_leer/AgaveMexico.pdf.

También puedes consultar el siguiente texto sobre plantas medicinales de María Luisa Santillán (2012). "El uso tradicional de las plantas medicinales, un aporte para la ciencia", de la Dirección General de Divulgación de la Ciencia de la UNAM, disponible en: http://ciencia.unam.mx/leer/97/El_uso_tradicional_de_las_plantas_medicinales_un_aporte_para_la_ciencia.



Bibliografía

- Audesirk, T., G. Audesirk y B. E. Byers (2008). *Biología: la vida en la Tierra*. México: Pearson-Prentice Hall.
- Campbell, N. y J. Reece (2007). *Biología*. España: Editorial Médica Panamericana.
- Lawrence, Eleanor (ed.) (2003). *Diccionario Akal de Términos Biológicos*. Madrid: Ediciones Akal.
- Solomon, E., L. Berg y D. Martin (2001). *Biología*. México: McGraw-Hill Interamericana Editores.
- Velázquez, M. P. (2007). *Temas Selectos de Biología 1. Bachillerato*. México: ST Editorial.
- Velázquez, M. P. y G. Olvera (2007). *Temas Selectos de Biología 2. Bachillerato*. México: ST Editorial.
- Velázquez, M. P. (2008). *Biología 2. Bachillerato*. México: ST Editorial.

Módulo 4



Morfofisiología
de la reproducción
en plantas y semillas





MÓDULO 4. Morfofisiología de la reproducción en plantas con semilla

4.1 Estructura de la flor



Objetivo

Objetivo

Reconoce la estructura de cada una de las partes de una flor y sus funciones.



Conocimientos previos

Rescate de conocimientos (5 minutos)



Observa las imágenes y contesta:

¿Son todas las plantas de la imagen iguales?

¿Qué diferencias encuentras? ¿Tienen todas las plantas las mismas partes?

¿Tiene todas flores? ¿Qué son las flores?

¿Cuántas partes tiene la flor?

¿Dónde se encuentra el aparato reproductor masculino? ¿Cómo está formado?

¿Dónde se encuentra el aparato reproductor femenino? ¿Cómo está formado?

Desarrollo del contenido (30 minutos)



Contenido temático

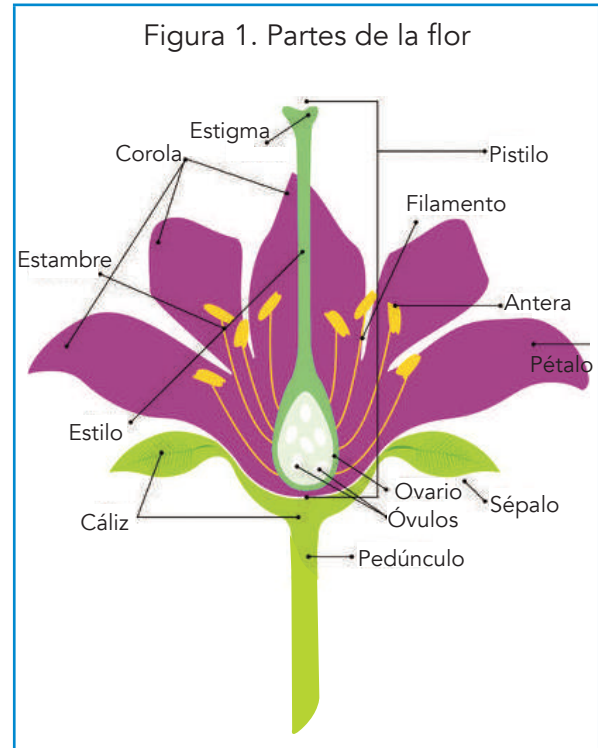
Morfología de las flores

La flor es el aparato reproductor de las plantas superiores, también llamadas fanerógamas.

Una flor completa se compone de:

- **Pedúnculo:** es el rabillo que sostiene la flor.
- **Pedicelo:** es el 'cabillo' que sostiene cada flor.
- **Receptáculo o talamo floral:** es la parte ensanchada del pedúnculo, donde se asienta la flor propiamente dicha.

- **Antófilos:** son las hojas modificadas que se disponen sobre el receptáculo, y que forman los ciclos del cáliz, corola, androceo (masculino) y gineceo (femenino); estos dos últimos ciclos son llamados también esporofilos.
- **Piezas florales:** están constituidas por una parte fértil que constituye el aparato reproductor (estambres y carpelos) y por una parte estéril (cáliz y corola).
 - **Cáliz:** está formado por el conjunto de hojas, generalmente verdes, que se denominan sépalos. Estos son los primeros en aparecer y su función principal consiste en proteger la yema floral.
 - **Corola:** está formada por las hojas, normalmente coloreadas, que reciben el nombre de pétalos. Éstos se forman después de los sépalos y su misión es esencialmente polinizadora al usar forma y colores como reclamo de los agentes polinizadores.
 - **Estambres y granos de polen:** son los órganos masculinos de la flor (androceo). Cada estambre está formado por el filamento, cuyo extremo se ensancha en una estructura llamada antera donde se encuentran los granos de polen.
 - **Carpelos:** son los órganos femeninos de la flor (gineceo). A su vez consta de tres partes esenciales: ovario, estilo y estigma.

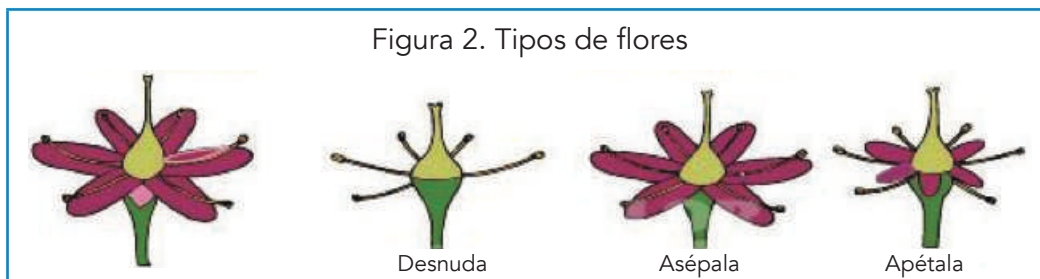


- El ovario es la parte ensanchada portadora de los óvulos.
- El estilo es una zona alargada que separa el ovario del estigma.
- El estigma es el remate final del estilo. Su misión es captar los granos de polen, por lo que suele ser pegajoso.

Tipos de flores

a) Se pueden catalogar según las partes que presentan:

La flor que posee cáliz, corola, estambres y carpelos se llama **completa**. Si le falta alguno de ellos, se llama **incompleta**. En el caso de que falten cáliz y corola, la flor se llama **desnuda**.

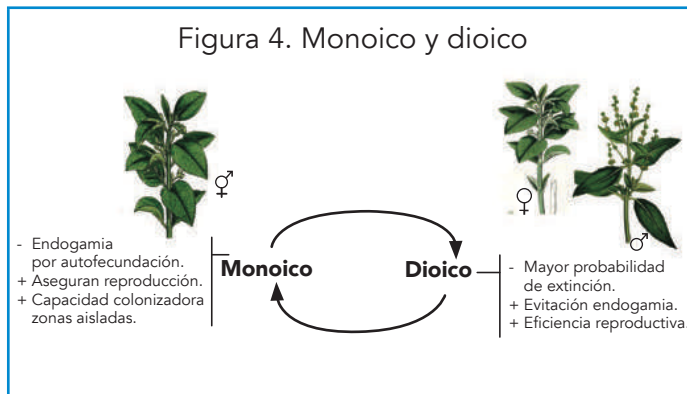
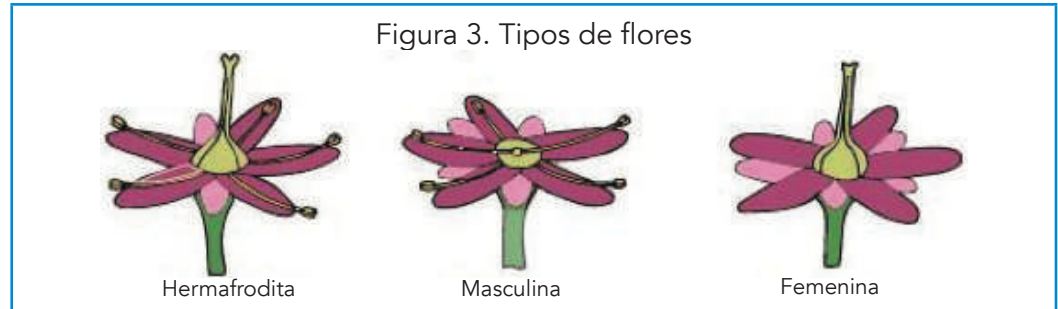


b) Según la presencia de órganos sexuales pueden ser:

- **Hermafroditas:** aquella que tiene órganos masculinos (estambres) y femeninos (carpelos).



- Unisexual masculina: si sólo tiene estambres.
- Unisexual femenina: si tiene solamente carpelos.
- Estériles: aquellas que carecen de estambres y carpelos.



Por otro lado, algunas especies llevan flores masculinas y femeninas en el mismo pie de planta, por lo que se les llama **monoicas** (robles, castaños, hayas, tilos, avellanos, pinos, etc.).

Sin embargo, en otros casos las flores masculinas y las femeninas aparecen en pies de plantas diferentes, por lo que se denominan **dioicas**, y se localizan en árboles con sexo distinto, machos y hembras (chopos, sauces, tejo, acebos, etc.).

Figura 5. Dialipétalas

Tipos de flores (angiospermas)			
Según la forma de la corola: Flor dialipétala: los pétalos se encuentran separados.			
Clasificación:			
Crucíforme		Aclavelada (cariofilácea)	
Rosácea		Papilionácea (amariposada)	

c) Según la forma de la corola se pueden catalogar así:

Si los pétalos están separados, la corola se llama **dialipétala** y, a su vez, puede ser:

- **Crucíforme:** cuatro pétalos iguales dispuestos en forma de cruz.
- **Rosácea:** cinco pétalos iguales bastante anchos.
- **Aclavelada o cariofilácea:** cinco o un múltiplo de cinco pétalos iguales y estrechos.
- **Papilionácea o amariposada:** cinco pétalos desiguales, cuyo conjunto parece una mariposa.

Si los pétalos están unidos, la corola se llama **gamopétala**, y a su vez puede ser:

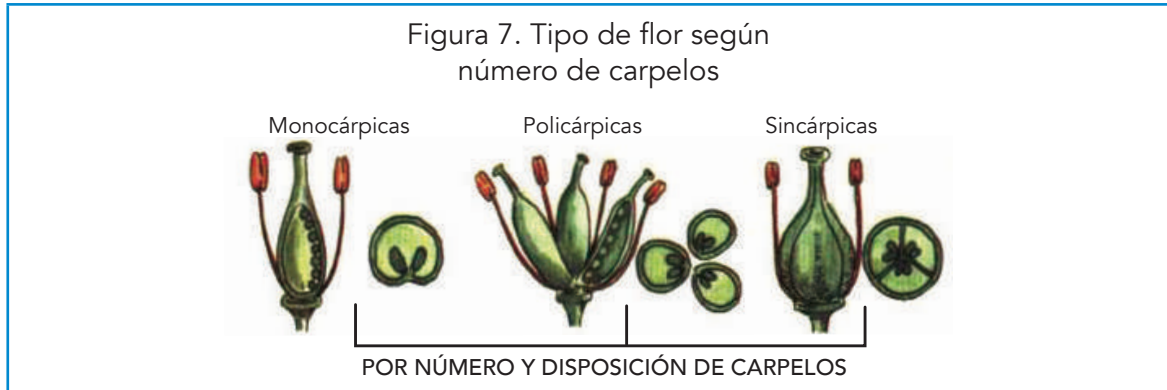
- **Acampanada:** los pétalos en forma de campana.
- **Embubada:** los pétalos en forma de embudo.
- **Labiada:** formada por cinco pétalos unidos, que en el extremo se separan en dos grupos formando una especie de labios.

Figura 6. Gamopétalas

Tipos de flores (angiospermas)		
Flor gamopétala: los pétalos se encuentran unidos.		
Clasificación:		
Embudada		Labiada
	Acampanada	

d) Según el número de carpelos, la flor pueden ser:

- **Unicarpelar:** un solo ovario
- **Pluricarpelar:** varios carpelos que pueden estar unidos o separados



e) Según la forma de las inflorescencias (conjunto de flores que salen del mismo brote) la flor puede ser:

- **Racimo:** varias flores con pedúnculo se insertan a lo largo de un eje alargado.
- **Espiga:** varias flores sentadas se insertan a lo largo de un eje alargado.
- **Umbela:** varias flores con pedúnculo se insertan en el extremo de un eje central y alcanzan todas las mismas alturas, a modo de sombrilla.
- **Corimbo:** las flores con pedúnculo salen de distintos puntos de un eje central y alcanzan todas la misma altura.
- **Cabezuela o capítulo:** varias flores sin pedúnculo nacen sobre un receptáculo ancho.
- **Amento:** espigas densas colgantes de flores unisexuales desnudas.

Es frecuente que cualquiera de las inflorescencias anteriores se agrupen para formar inflorescencias compuestas: espigas de espigas, racimo de racimos.

La **flor completa** es la que posee todos los ciclos o verticilos florales. La flor es tetracíclica cuando posee cuatro ciclos, es decir, uno solo de estambres, y es pentacíclica cuando posee cinco, o sea, tiene dos ciclos de estambres.

Figura 8. Inflorescencias

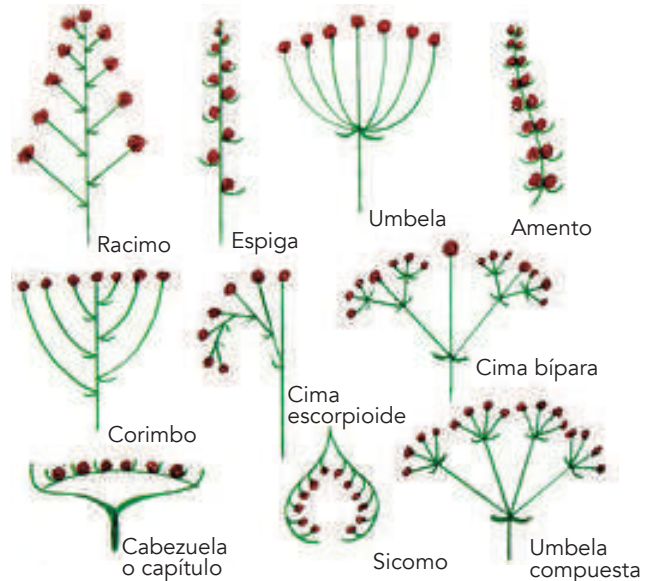


Figura 9. Inflorescencias complejas

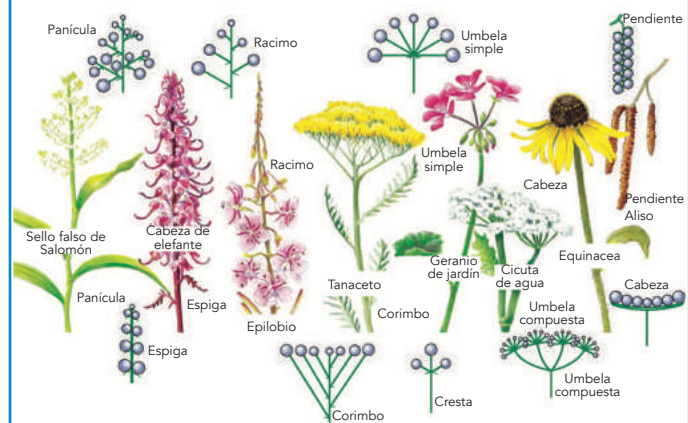




Tabla 1. Ciclos de la flor

CICLOS O VERTICILOS	SÍMBOLO	PIEZAS DEL CICLO	NÚMERO DE CICLOS	
Cáliz	(K)	Sépalos	1	1
Corola	(C)	Pétalos	1	1
Androceo	(A)	Estambres	1	2
Gineceo	(G)	Carpelos	1	1
TOTAL DE CICLOS			4 tetra-cíclica	5 pentacíclica

Tanto las dicotiledóneas como las monocotiledóneas pueden tener flores tetracíclicas o pentacíclicas.

De acuerdo con el número de piezas o partes que integran cada ciclo las flores se clasifican en:

Tabla 2. Clasificación de las flores

FLOR	NÚMERO DE PIEZAS/CICLO	CLASE
Tetrámera	Cuatro o múltiplo de cuatro	Dicotiledóneas
Pentámera	Cinco o múltiplo de cinco	Dicotiledóneas
Trímera	Tres o múltiplo de tres	Monocotiledóneas

Figura 10. Prefloración

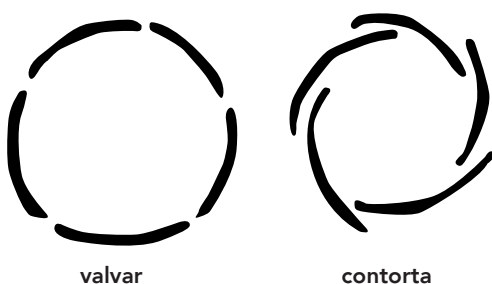
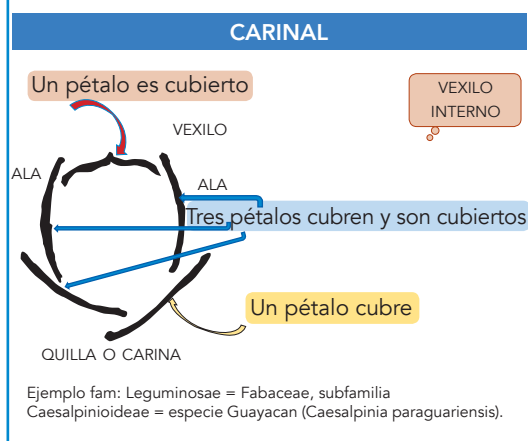


Figura 11. Imbricadas



Prefloración o estibación

Es la disposición de los antófilos en la yema (botón o capullo) floral. La prefloración se debe observar en el corte transversal de un pimpollo.

Los tipos más comunes de prefloración son: valvar, contorta e imbricada con sus variantes.

- **Valvar:** todas las piezas se tocan por los bordes pero no se superponen; ejemplo: la subfamilia Mimosoideae de la familia Leguminosae (acacias, algarrobo, chañar)
- **Contorta:** cada pieza cubre a la siguiente y es cubierta por la precedente; ejemplo: corola de Vinca.
- **Imbricada o coclear:** cuando en una corola pentámera un pétalo cubre, otro está cubierto y los tres restantes cubren y son cubiertos. Existen dos formas:
 - **Imbricada vexilar o descendente:** el vexilo o estandarte es el pétalo que cubre (externo), un pétalo de la quilla (o carina) está cubierto (interno) y los tres restantes (las dos alas y el otro pétalo de la quilla) cubren y son cubiertos. Ejemplo: la subfam. Papilionoideae de la fam. Leguminosae (soja, poroto, arveja, lenteja, alfalfa, tipa blanca).

- **Imbricada carinal o ascendente:** el vexilo o estandarte es el pétalo cubierto (interno), un pétalo de la quilla o carina cubre (externo) y los tres pétalos restantes (las dos alas y el otro pétalo de la carina) cubren y son cubiertos. En la subfam. Caesalpinioideae de la fam. Leguminosae (el árbol de Judea).

Verticilos de reproducción (esporofilos)

Androceo (A): constituye el ciclo de reproducción masculino formado por los estambres.

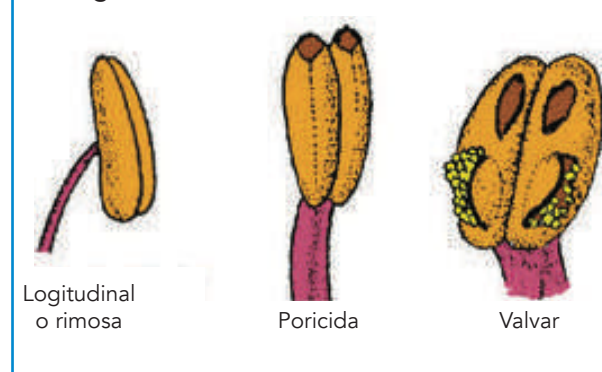
Cada estambre o microsporofilo consta de dos partes: filamento y antera.

El filamento estaminal es la porción filiforme que representa el pecíolo de la hoja modificado; la antera ubicada en el extremo del filamento está formada por dos tecas unidas por el tejido conectivo. Cada teca lleva dos sacos polínicos donde se forman los granos de polen o microsporas. Cuando el estambre no posee filamento se denomina sentado.

De acuerdo con cómo se une al filamento estaminal, la antera se denomina, basifija, dorsifija, apicifija, etc. Existen anteras con una sola teca llamadas **monotécicas** y caracterizan a ciertas familias o especies, por ejemplo la fam. Malvaceae (del algodón).

Estaminodios: son los estambres estériles; pueden estar reducidos, por ejemplo, en la flor femenina del espárrago (*Asparagus officinalis*) o en la flor bisexual del jacaranda (*Jacaranda mimosifolia*). El ciclo externo del androceo del palo borracho (*Ceiba spp.*) puede ser petaloides o tepaloides en el caso de la achira (*Canna spp.*).

Figura 13. Dehiscencia de las anteras



Dehiscencia de las anteras: es la apertura de las anteras para dejar en libertad los granos de polen.

Tipos de dehiscencia:

- **Longitudinal:** es la forma más frecuente.
- **Foraminal o poricida:** en las especies del género *Solanum*.
- **Valvar:** característica de las familias Berberidáceas (agracejo o *Berberis*) y Lauráceas (laurel de consumo o *Laurus nobilis*).

Figura 11. Imbricadas

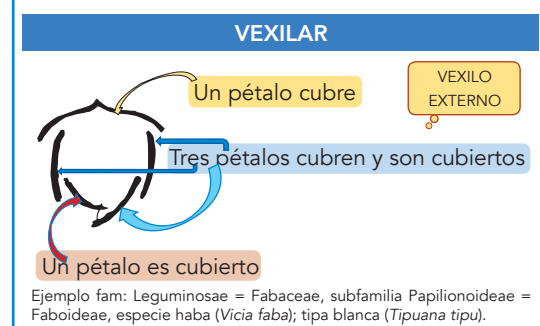
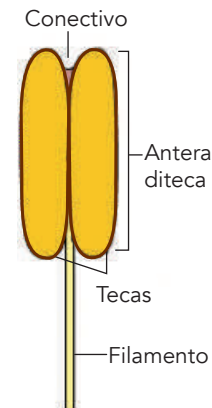


Figura 12. Androceo

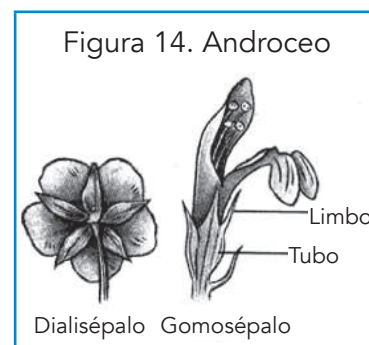




Los estambres pueden ser **epipétalos**, es decir, estar sobre los pétalos y unidos a ellos (*Lamium amplexicaule*) o **epitépalos**, los que están sobre los tépalos y unidos a ellos en las monocotiledóneas, por ejemplo, el agapanto y el junquillo.

El androceo puede ser:

- **Dialistémono** (los estambres están totalmente libres).
- **Gamostémono** (los estambres están unidos entre sí).



De acuerdo con la unión de los estambres entre sí, el androceo puede ser:



Por la unión por los filamentos

- **Monadelfo**: los filamentos unidos forman una columna, por ejemplo, la fam. Malváceas (algodonero, rosa china, farolito japonés).
- **Diadelfo**: los filamentos están unidos formando dos columnas frecuente en la fam. Leguminosas (= Fabaceae), por ejemplo, la alfalfa que tiene 9 unidos y uno libre.

- **Poliadelfo**: los filamentos están unidos formando varias columnas o manojos, por ejemplo, la fam. Hipericáceas (*Hypericum sp.*).

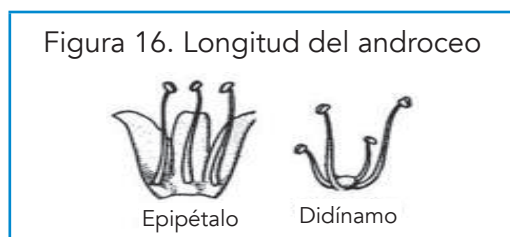
Por la unión por las anteras

- **Sinantéreo o singenésico**: las anteras están unidas mientras los filamentos están libres, característico de la importante familia de las Compuestas (= Asteraceae), por ejemplo, el girasol.

Por la unión por los filamentos y por las anteras

- **Sinfiandro**: forma poco frecuente. Por ejemplo en algunas Bombacáceas.

Según la longitud de los filamentos estaminales, el androceo puede ser:



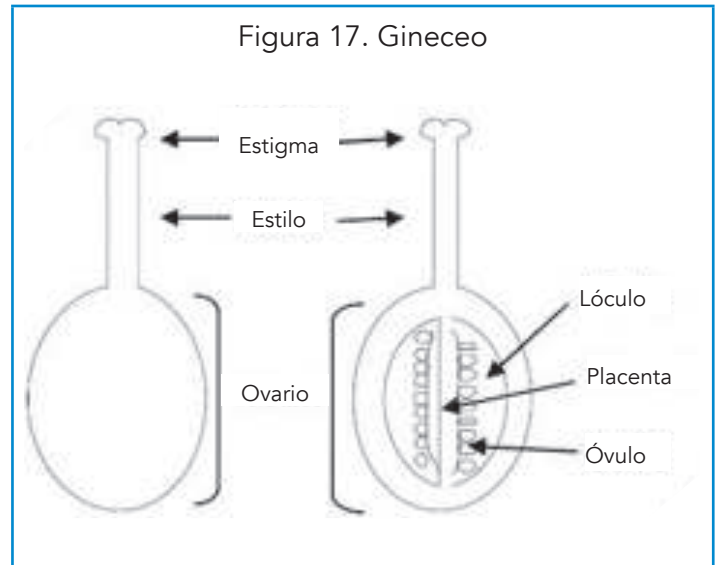
- **Didínamo**: dos estambres largos y dos estambres cortos, por ejemplo, el conejito.
- **Tetradínamo**: cuatro estambres largos y dos estambres cortos, característico de la fam. Crucíferas (=Brassicaceae) como el nabo, nabón, alelí, bolsa de pastor, etc.

Tipos de flores según:

- Número de estambres en la flor: **monandra** (con un estambre); **diandra** (con dos estambres); **triandra** (con tres estambres); **poliandra** (con más de tres estambres)
- Número de estambres respecto al número de pétalos: **oligostémona** (el número de estambres es inferior al número de pétalos); **isostémona** (igual número de estambres que de pétalos); **diplostémona** (el número de estambres es el doble que el número de pétalos); **polistémona** (el número de estambres superior al número de pétalos).

Gineceo (G): es el órgano reproductor femenino formado por las hojas modificadas llamadas carpelos, hojas carpelares o megasporofilos. En las gimnospermas, la hoja carpelar permanece abierta y lleva los óvulos sobre ella, al descubierto. En las angiospermas, la hoja carpelar se pliega, se cierra y forma una cavidad que se llama lóculo, donde quedan encerrados los óvulos. Los bordes que se unen del carpelo, al cerrarse, se llaman sutura carpelar.

La cara externa del carpelo corresponde al envés, hipofilo o cara abaxial de la hoja; la cara interna del carpelo corresponde al haz, epifilo o cara adaxial de la hoja; y el tejido medio del carpelo al mesofilo de la hoja.



Partes del gineceo:

- **Ovario:** parte basal fértil. Forma la cavidad (lóculo) que encierra los óvulos o rudimentos seminales.
- **Estigma:** parte receptiva de los granos de polen; es variable en sus características. Por su forma puede ser: capitado (forma de cabezuela), bífido (fam. Labiadas), piloso, etc.
- **Estilo:** parte estéril con forma de filamento comprendido entre el ovario y estigma. El estilo puede faltar; en ese caso el estigma es sésil, por ejemplo, en la amapola (*Papaver spp.*). El estilo puede estar dividido en ramitas estilares, por ejemplo, en las fresas (*Freesia refracta*). Ocasionalmente el estilo está dilatado y presenta aspecto tepaloide, por ejemplo, el lirio (*Iris spp.*)

Por su posición el estilo, el gineceo puede ser:

- **Estilo terminal:** es el más frecuente y se presenta como prolongación del ovario, por ejemplo, en la fam. Verbenaceae (*Verbena sp.*).
- **Estilo ginobásico:** ocasionalmente el estilo parece salir de la base del ovario, por ejemplo, en la fam. Labiadas (Lamiaceae: menta, lavanda) y Boragináceas (flor morada; borraja)

El gineceo también puede ser:

- **Unicarpelar:** formado por un carpelo, por ejemplo, la alfalfa.
- **Pluricarpelar:** formado por dos o más carpelos que pueden ser:
 - **Dialicarpelar o apocárpico:** los carpelos están libres, por ejemplo, *Crassula multicava* o el botón de oro (*Ranunculus spp.*).
 - **Gamocarpelar o sincárpico:** los carpelos están unidos, por ejemplo, la naranja (*Citrus sinensis*).

Figura 18. Estilo del gineceo.

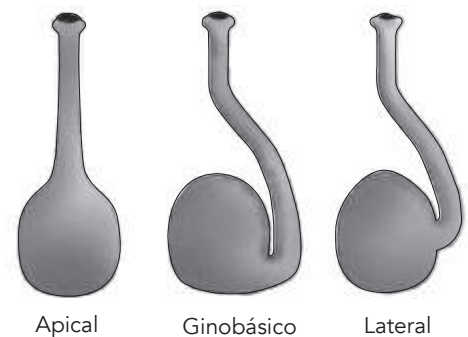
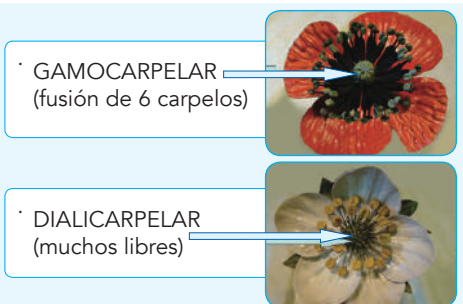
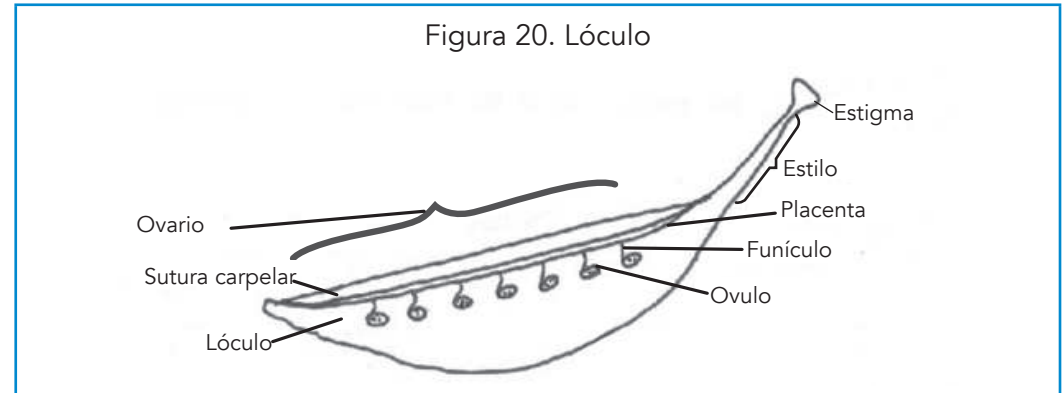


Figura 19. Gamocarpelar y dialicarpelar





Al cerrarse el carpelo, el ovario forma una cavidad llamada **lóculo**. El lugar de unión de los bordes del carpelo, ya sea un gineceo unicarpelar o pluricarpelar, se denomina **sutura carpelar**. Adentro se forma el tejido fértil llamado **placenta**, y la región donde ésta se desarrolla se denomina **zona placentaria**. Los óvulos se unen a la placenta por medio del **funículo** o **cordón umbilical**.



Placentación

Es la diferente posición de la placenta o placentas en el ovario o la ubicación de las mismas en relación a la hoja carpelar.

Tipos de placentación:

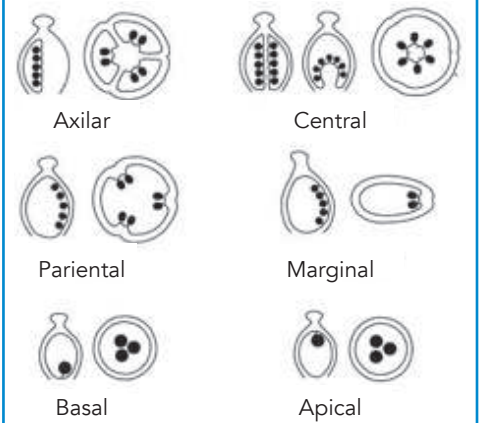
Cuando el gineceo es gamocarpelar los carpelos pueden unirse de distintas maneras:

1. Cuando está formado por dos o más carpelos extendidos que se unen por sus bordes donde se ubican las placentas y desarrollan los óvulos, el gineceo es unilocular y la placentación **parietal**.
2. Cuando está formado por dos o más carpelos donde cada uno se cierra sobre sí mismo habrá tantos lóculos como carpelos y la parte del carpelo que se une al vecino se llama **tabique** o **septo**; el gineceo es plurilocular y la placentación **axial o axilar**.
3. Cuando en el caso anterior desaparecen los septos o tabiques (por reducción) que separan los lóculos y queda sólo la columna central donde se ubican las zonas placentarias y los óvulos, habrá un solo lóculo; el gineceo es unilocular y la placentación **central**.
4. Si la columna placentaria del caso anterior (3) se reduce y ocupa sólo la base del ovario, el gineceo sigue siendo unilocular pero la placentación es **basal**.

La estructura floral está dada por la manera de disponerse las piezas florales en el receptáculo. Las ubicaciones más frecuentes son:

- a) **Cíclica**: cuando las piezas de cada ciclo se disponen a la misma altura y forman círculos concéntricos (un verticilo por nudo del braquiblasto).

Figura 21. Placentación

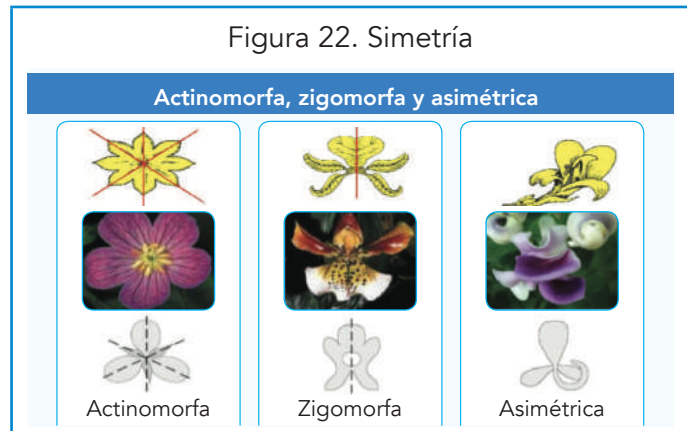


Las piezas de cada ciclo alternan con las del ciclo precedente, por ejemplo, en el palo borracho y la mayoría de las angiospermas.

- b) **Acíclica o espiralada:** cuando las piezas de cada ciclo se disponen a distinta altura describiendo una espiral o hélice, por ejemplo, en la fam. Cactáceas con los cactus, la fam. Magnoliaceae con la magnolia.

Simetría floral: está dada por la cantidad de planos de simetría que admite una flor.

- a) Actinomorfa, regular o radiada: varios planos de simetría, ejemplo, el clavel.
- b) Zigomorfa, cigomorfa o dorsiventral: un plano de simetría, ejemplo, la salvia.
- c) Asimétrica: no admite planos de simetría, ejemplo, el carnaval (*Senna spectabilis*).



Sexualidad de las flores

- Flores unisexuales (imperfectas): sólo tienen un vertilicio reproductivo y pueden ser estaminadas o masculinas, o pistiladas o femeninas (*Carica papaya*).
- Flores bisexuales o hermafroditas (perfectas): tiene androceo y gineceo (*Canna indica*).

Clasificación de las plantas por la sexualidad de las flores

- Monoclina:** poseen flores perfectas o bisexuales. Ejemplo: palo borracho (*Ceiba chodatii*).
- Diclina:** poseen flores imperfectas o unisexuales.
- Diclino-monoicas:** tienen flores masculinas o estaminadas y flores femeninas o pistiladas separadas pero en el mismo pie, por ejemplo, el maíz (*Zea mays*).
- Diclino-dioicas:** tienen flores estaminadas y flores pistiladas, es decir, unisexuales en distinto pie, por ejemplo, el sauce (*Salix humboldtiana*).
- Polígamas:** llevan flores imperfectas (unisexuales) y perfectas (bisexuales) en el mismo pie, por ejemplo, el arce (*Acer negundo*).

Figura 23. Sexualidad de la flor

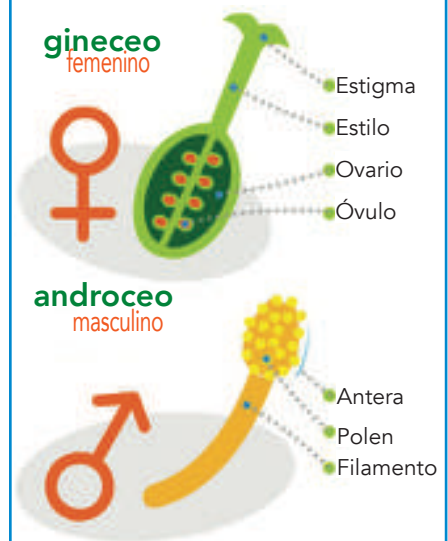


Figura 24. Sexualidad de la flor



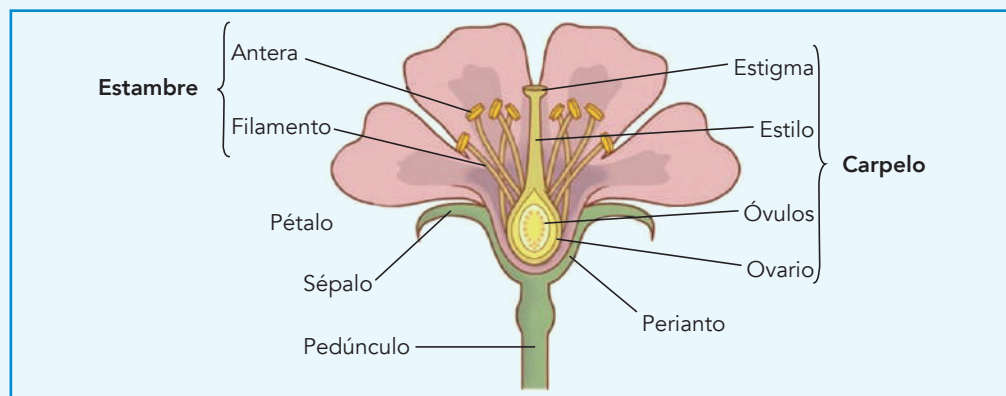


Actividad (10 minutos)

Material:

- 1 lupa
- 10-12 hojas de papel en blanco
- 1 pegamento
- 1 palillo de dientes

Procedimiento: en equipos de 5 estudiantes, recolecta 5 flores diferentes.



1. Toma una flor, una hoja de papel en blanco y tu lupa.
2. Observa al diagrama que aparece a continuación y trata de encontrar partes similares en tu flor:
3. Separa la flor en las partes que la componen de acuerdo con el diagrama y pega cada una de ellas en una hoja de papel.
4. ¿Cuántas partes tiene? _____
5. Identifica los nombres de las partes de la flor que separaste y escríbelos en el papel.
6. ¿Por qué son importantes las flores en las plantas?
7. Observa las cuatro flores restantes.
8. Escribe el nombre de aquellas partes que se encuentren en todas las flores y contesta la siguiente pregunta:
 - a) ¿Cuál consideras que es la estructura más importante?
9. Observa el color de las flores.
 - a) ¿Tienen todas color?
 - b) ¿Cuál será la importancia del color en la flor?
10. Percibe el olor de tus flores.
 - a) ¿Tienes flores olorosas?

Evaluación (5 minutos)


Evalúa

- 1) Complete el siguiente cuadro con las partes de una flor completa y perfecta.

CICLO	PIEZAS	PARTES
.....		
.....		
.....		
.....		

- 2) ¿Cómo se denominan las flores de acuerdo con el número de ciclos que poseen?
- 3) ¿Cómo se denominan las flores de acuerdo con el número de piezas por ciclo?
- 4) ¿Qué es el perigonio? ¿En las flores de qué clase de plantas lo podemos encontrar?
- 5) ¿Qué es la prefloración?
- 6) Explique los tipos de prefloración: contorta, valvar e imbricada (vexilar y carinal).
- 7) Define los siguientes tipos de androceo y menciona ejemplos de cada uno.
- Monadelfo _____
 - Sinántereo _____
 - Tetradínamo _____
 - Didínamo _____
- 8) El gineceo está formado por hojas modificadas llamadas..... . De las zonas fértiles de ellas nacen los.....los que luego de la fecundación se transformarán en la.....
- 9) El gineceo está formado por hojas modificadas llamadas.....que luego de la fecundación se transforman en el.....
- 10) Morfológicamente el gineceo está formado por una parte receptiva de los granos de polen llamada....., un conducto de transporte del tubo polínico llamado y una parte fértil llamado.....
- 11) Esquematiza en un corte transversal y/o longitudinal un gineceo tetracarpeal de placentación axial.



Glosario básico

Androceo: ciclo de piezas masculinas.

Antera: parte del estambre que lleva los granos de polen.

Antófilos: hojas modificadas que forman los verticilos o ciclos de la flor.

Asimétrica: flor que no admite ningún plano de simetría.

Axial o axilar: tipo de placentación en un ovario formado por varios carpelos, donde cada uno se cierra sobre sí mismo y en su axila desarrolla la placenta. A su vez, se une a los carpelos próximos, formando entre ellos septos o tabiques. El conjunto de zonas placentarias coinciden con el eje axial del ovario. Este ovario es pluricarpelar y gamocarpelar, con tantos lóculos como carpelos.

Basal: tipo de placentación en la cual el tejido fértil desarrolla en el fondo del ovario. El ovario es pluricarpelar, gamocarpelar, unilocular.

Carpelos: hojas modificadas que forman el ciclo femenino (gineceo), el más interno de la flor.

Central: tipo de placentación en que han desaparecido los tabiques entre los carpelos y queda una columna central donde se fijan los óvulos a la placenta. Es un ovario pluricarpelar, gamocarpelar, unilocular.

Cíclica: disposición de las piezas de cada ciclo floral a la misma altura. Se opone a espiralada.

Ciclo: conjunto de piezas que se insertan en un mismo nudo. Sinónimo de verticilo foral.

Ciclos de la flor: cáliz, corola, androceo y gineceo.

Diali: prefijo para indicar las piezas o partes sueltas, libres.

Dialistémono: androceo con los estambres libres.

Diclamídea: flor que posee ambas clámides (cáliz y corola).

Epipétalos: los estambres están sobre los pétalos y unidos a ellos.

Esporofilos: ciclos de la flor con función de reproducción (androceo y gineceo).

Estambre: pieza del androceo (ciclo masculino de la flor). Está formado por filamento estaminal y antera.

Estaminadas: flores con estambres

Estaminodios: flores con estambres estériles.

Estigma: parte receptiva del gineceo donde se fijan los granos de polen.

Estilo: parte estéril del gineceo que comunica el estigma con el ovario, puede estar ausente.

Flor: es la estructura reproductora de las espermatófitas o antófitas, consta de un braquiblasto donde se insertan hojas modificadas llamadas antófilos.

Gamostémono: cuando los estambres están unidos entre sí.

Gineceo: ciclo femenino de reproducción, formado por hojas carpelares.

Gineceo ínfero: cuando el ovario está incluido en el receptáculo y soldado a él.

Gineceo medio: cuando el ovario está incluido en el receptáculo pero no soldado a él.

Gineceo súpero: cuando el ovario está sobre el receptáculo.

Monoclamídea: flor que posee un solo verticilo de protección, el cáliz o la corola, por ejemplo, la acelga.

Ovario: parte fértil del gineceo formado por las hojas carpelares cerradas que en su interior desarrollan un tejido fértil (placenta) donde se fijan los óvulos.

Parietal: es un tipo de placentación en que la placenta se forma en el borde de unión de los carpelos o sutura carpelar. El ovario es unilocular.

Pentacíclica: flor formada por cinco ciclos o verticilos (1 cáliz, 1 corola, 2 androceo y 1 gineceo).

Pentámera: formada por cinco partes o múltiplo de cinco, por ejemplo un cáliz formado por cinco sépalos.

Pétalos: las piezas de la corola, generalmente de colores vistosos y atractivas.

Pistiladas: una flor con gineceo desarrollado.

Pistilodio: cuando el gineceo es estéril (flor unisexual masculina).

Placentación: se refiere a las diferentes ubicaciones de la placenta (tejido fértil) en el ovario o la hoja carpelar.

Sépalos: las piezas del cáliz.

Sésil: parte de un órgano sin pedicelo, filamento o pie (ver sentado)

Sinantéreo: cuando los estambres presentan las anteras unidas y los filamentos libres, por ejemplo en el girasol.

Tetracíclica: flor formada por cuatro ciclos (1 cáliz, 1 corola, 1 androceo, 1 gineceo).

Verticilos de la flor: cáliz, corola, androceo y gineceo.

Zigomorfa: la flor que admite un plano de simetría que la divide en dos mitades iguales.

Para saber más del tema

Te sugerimos ver los siguientes videos:

<https://www.youtube.com/watch?v=vv5E88NgPps>

<https://www.youtube.com/watch?v=DZtgIO31Bzl>

<https://www.youtube.com/watch?v=t8MXHuABA40>



Saber más



Bibliografía

- Jiménez M. J. (2016). CFGM (trabajos forestales y de conservación medio natural agrotecnología).
- Bianco, C.A., T.A. Kraus y C.O. Núñez (2006). *Botánica Agrícola*. Córdoba: Universidad Nacional de Río Cuarto.
- Burkart, A. (2010). *Flora ilustrada de Entre Ríos*, tomo VI, parte II. Argentina.
- Dimitri M.J. y E.N. Orfila (2015). *Tratado de morfología y sistemática vegetal*. ACME.
- Font Quer, P. (2015). *Diccionario de Botánica*. Labor.
- Gola, G., G. Negri y Cappelletti (1965). *Tratado de Botánica*. Labor.
- Harris, J.G. y M.W. Harris (2005). *Plant identification terminology. An illustrated glossary*. UTAH: Spring Lake Publishing.
- Strasburger, E. (2009). *Tratado de Botánica*. Omega.
- Valla, J.J. (2004). *Botánica. Morfología de las plantas superiores*. Hemisferio Sur.

1.1.1 Polinización



Objetivo

Conoce el proceso de polinización, tipos y organismos que intervienen.



Rescate de conocimientos (5 minutos)

Investiga y contesta las siguientes preguntas:

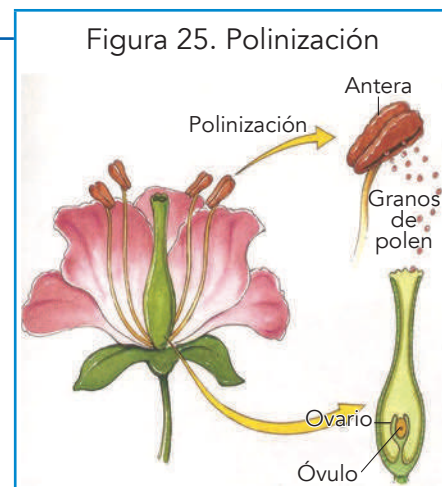
- ¿Cómo crees que el polen pasa de una flor a otra?
- ¿Cómo se le llama al proceso mediante el cual el polen llega al pistilo?
- ¿Quiénes pueden llevar el grano de polen del estambre al estigma y cómo se les llama?



Desarrollo del contenido (30 minutos)

La polinización es el desplazamiento del grano de polen desde la antera, en donde se ha formado, hasta el estigma de un carpelo. Puede ser:

- **Natural:** cuando en el traslado del polen solamente interviene la naturaleza. A su vez, puede ser:
 - **Directa o autopolinización:** cuando los estigmas reciben el polen de la misma flor (flores hermafroditas).
 - **Indirecta o cruzada:** cuando el polen de una flor va a los estigmas de otra flor,



ya sea del mismo individuo o de otro diferente. En este caso, el traslado del polen se realiza fundamentalmente mediante dos agentes: el viento (polinización anemógama) y los insectos (polinización entomógama).

- **Artificial:** cuando en el traslado del polen interviene el hombre. Este método es utilizado más frecuentemente para la regeneración y multiplicación de accesiones de germoplasma. Se puede realizar mediante cruzamientos de planta a planta o por cruzamientos en cadena. Éstas se recomiendan cuando se va a regenerar un número considerable de accesiones.

Tiene dos fines:

- Evitar la polinización cruzada.
- Efectuar polinizaciones específicas.

La ventaja de la polinización manual o artificial es que ayuda a obtener plantas con las siguientes características:

- Una productividad alta.
- Resistente a plagas y enfermedades.
- Es rápido y sencillo.

Figura 26. Polinización artificial



Las plantas han desarrollado estructuras para atraer a los polinizadores. Por ejemplo, los **pétalos** son hojas modificadas que sirven para atraer a los polinizadores, en especial a los insectos. Los **colores llamativos** indican a los polinizadores una fuente de alimento. Cuando un insecto trata de obtener el néctar, entra en contacto con el polen que se le adhiere al cuerpo. Lo mismo sucede con otros animales. De esta forma el insecto se mueve de flor en flor, llevando polen de una planta a otra. Las plantas también pueden producir compuestos volátiles con **aromas** especiales para atraer a los polinizadores. Aunque la función principal es atraer a los insectos, en algunos casos resultan ser agradables a los humanos. También, hay compuestos parecidos a **materia putrefacta** para atraer moscas. Otras plantas producen gran cantidad de néctar por lo que los insectos y las aves van a éstas para libar y, así, polinizan la flor.

Los criterios para determinar el agente polinizador (agua, viento, tipo de animal) de una planta son: tamaño, olor, forma y color de pétalos de su flor, posición de las partes florales y la hora del día y la época del año en que florece.



Por lo general, las plantas que no tienen flores llamativas serán polinizadas por el viento. Las plantas que producen flores pequeñas pueden ser polinizadas por hormigas o moscas. Las plantas con flores de tamaño intermedio como las margaritas silvestres son polinizadas por abejas, avispas y mariposas.

Las plantas con flores de mayor tamaño, como la campana, pueden ser polinizadas por aves y murciélagos.

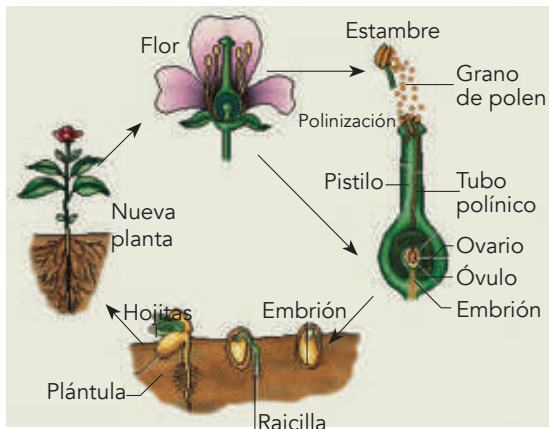
Figura 27. Polinizadores–Adaptaciones de las plantas



La **fecundación** se define como la unión de una célula sexual masculina o gameto masculino, con la célula sexual femenina o gameto femenino.

En las plantas angiospermas, cuando un grano de polen cae sobre el estigma, absorbe el líquido que recubre el estigma y experimenta una transformación que se conoce como germinación del grano de polen. El grano de polen germinado emite una prolongación, llamada tubo polínico, que se introduce por el hueco del estilo, llega al ovario y penetra al óvulo, en donde se verifica la fecundación. El óvulo fecundado se transforma en semilla y el ovario se transforma en fruto.

Figura 28. Fecundación en angiospermas



Las angiospermas son las plantas que se producen por semillas, previamente formadas dentro de un fruto.

Figura 29. Fecundación en gimnospermas



Las gimnospermas son las plantas que se producen por semillas pero no forman frutos.

En las plantas gimnospermas que poseen los óvulos al descubierto y tienen flores unisexuales, los granos de polen llegan directamente a los óvulos y los fecundan. A partir de aquí, se producirán las semillas que quedarán en el interior de un falso fruto que, a su vez, corresponde con la flor femenina ya madura.

Actividad (10 minutos)

Ve el siguiente video y realiza un mapa conceptual:

<https://youtu.be/fNuouwMeal4>



Actividad

Evaluación (5 minutos)

Contesta las siguientes preguntas:

1. ¿Por qué es necesario el polen?
2. ¿Qué animales ayudan a polinizar las flores?
3. La margarita necesita de las abejas para su polinización; ¿qué pasaría si todas las abejas de ese lugar en que hay esta planta murieran?
4. ¿Qué crees que pasaría si el proceso de polinización no ocurriera?
5. ¿Es la polinización parte de la reproducción sexual o de la asexual? ¿Por qué?
6. ¿Cuáles son las ventajas de este tipo de reproducción?
7. ¿Cómo contribuyen los animales que sirven como agentes polinizadores a la variabilidad de las flores?
8. ¿Podría una planta reproducirse sin flores? Explica tu respuesta.
9. Imagina que en tu ciudad los vecinos usan insecticidas en sus patios para matar insectos. Los insecticidas pueden matar a las abejas. ¿Qué efecto tendrá la muerte de los insectos en las plantas? Explica qué pasará si se siguen usando insecticidas sin control. Da tu opinión.



Evalúa

Glosario

Androceo: ciclo de piezas masculinas.

Antera: parte del estambre que lleva los granos de polen.

Estambre: pieza del androceo (ciclo masculino de la flor). Está formado por filamento estaminal y antera.

Estigma: parte receptiva del gineceo donde se fijan los granos de polen.

Polen: conjunto de granos microscópicos, cada uno de los cuales está constituido por la pared de la microspora en cuyo interior contiene un gametofito joven.

Polinización: proceso mediante el cual el grano de polen viaja del sitio donde



Glosario



es producido hasta el micrópilo (en gimnospermas) o estigma (en angiospermas) donde es recibido.

Para saber más del tema

Te sugerimos observar los siguientes videos:

<https://www.youtube.com/watch?v=fNuouwMeal4>

<https://www.youtube.com/watch?v=ztbQrlX9uwY>

https://www.youtube.com/watch?v=M_2p4Npbr_w

<https://www.youtube.com/watch?v=oaNghac0eBw>

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



Bibliografía

- Bianco, C.A., T.A. Kraus y C.O. Núñez (2006). *Botánica Agrícola*. Córdoba: Universidad Nacional de Río Cuarto.
- Botánica Morfológica (2016). "Morfolología de plantas vasculares". <http://www.biologia.edu.ar/botanica/>.
- Burkart, A. (1969). *Flora ilustrada de entre ríos*, tomo VI, parte II.
- Dimitri M.J. y E.N. Orfila (1985). *Tratado de morfología y sistemática vegetal*. ACME.
- Font Quer, P. (1965). *Diccionario de Botánica*. Labor.
- Gola, G., G. Negri y Cappelletti (1965). *Tratado de Botánica*. Labor .
- Harris, J.G. y M.W. Harris (1994). *Plant identification terminology. An illustrated glossary*. Utah: Spring Lake Publishing.
- <http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema23/index23.htm>.
- Sánchez S., O. (1980). *La flora del Valle de México*. México: Herrero.
- Strasburger, E. (1994). *Tratado de botánica*. Omega.
- Valla, J.J. (2004). *Botánica. Morfología de las plantas superiores*. Hemisferio Sur.

1.1 Estructura del fruto



Objetivo

Identifica las partes del fruto y su función.



Rescate de conocimientos previos (5 minutos)

Contesta las siguientes preguntas:

1. Los frutos son los órganos que contienen y protegen las semillas.

Cierto Falso

2. Todas las especies de vegetales tienen frutos.

Cierto Falso

3. Para que una flor produzca un fruto es necesario que se produzca la polinización.

Cierto Falso

4. Sólo salen frutos de las flores femeninas.

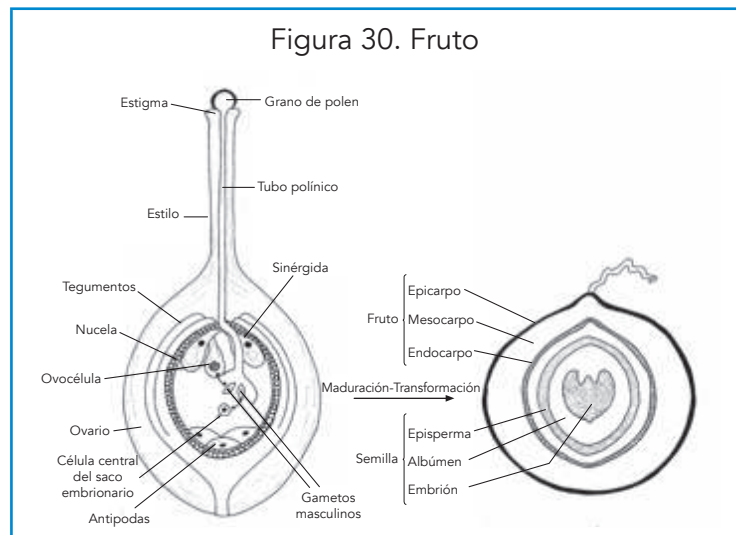
Cierto Falso

Desarrollo del contenido (30 minutos)



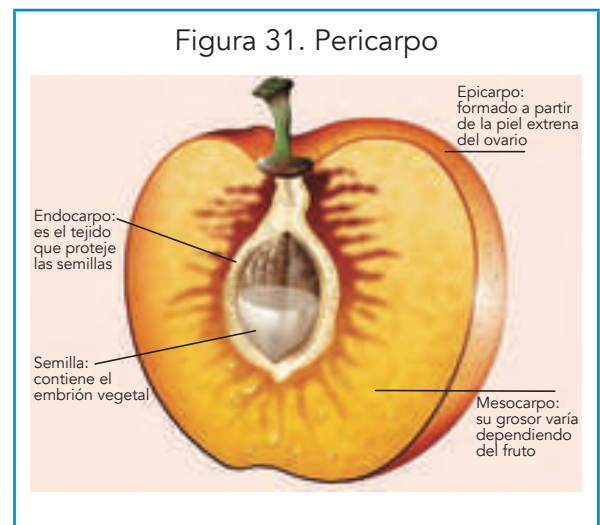
Después de la polinización, cuando ha tenido lugar la fecundación del óvulo, el ovario y los óvulos experimentan una serie de modificaciones importantes, pues desaparecen las piezas florales externas por desecación: cáliz, corola y estambres. El ovario adquiere mayor desarrollo, transformándose en el **fruto** y los óvulos, con el embrión en su interior, se transforman en semillas.

El **fruto** es el ovario transformado y maduro. Es la estructura protectora que contiene las semillas y que se deriva de la transformación del ovario, por lo que es exclusivo de las angiospermas, quienes, al ser fecundadas, forman el fruto. Para que puedan formarse las semillas, el grano polen debe llegar al ser transportado por el viento, los insectos u otros animales hasta el gineceo o carpelo de una flor de la misma especie (polinización). Allí forma un tubo que permite a los gametos masculinos, previamente originados en su interior, llegar hasta el ovario y los óvulos donde se encuentran los gametos femeninos de la planta, lo que produce la fecundación.



Partes del fruto:

- **Pericarpo:** es el resultado de la transformación de la pared carpelar. La mayoría de las veces se diferencia en:
- **Epicarpo:** es la capa más externa y, en frutos del tipo del melocotón (figura 26), forma la piel del fruto,
- **Mesocarpo:** es la capa media que suele presentar mayor grosor y, en este tipo de frutos, constituye la parte comestible.
- **Endocarpo:** es la capa más interna; en el caso comentado, es leñosa o coriácea y constituye la cubierta más interna.





Tipos de frutos

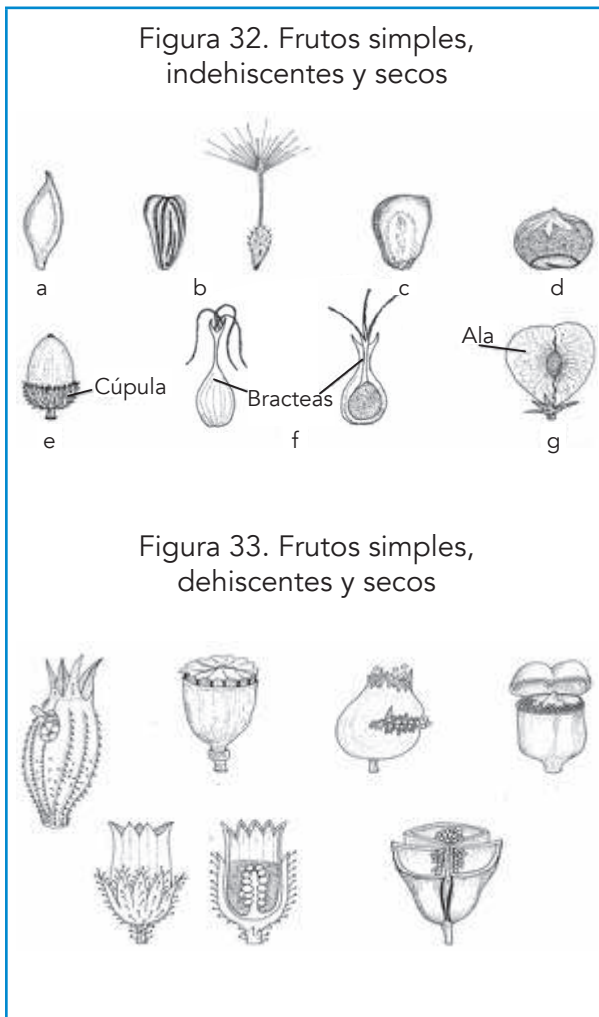
Los caracteres que se utilizan para la clasificación de los frutos son variables, como por ejemplo:

- Si procede de un gineceo monocarpelar o pluricarpelar.
- El número de lóculos existentes en el ovario.
- La cantidad de semillas presentes en el fruto: son monospermos si tienen una semilla y polispermos si tienen dos o más.
- Si en la madurez se abren para dejar en libertad las semillas se llaman dehiscentes; si no se abren se llaman indehiscentes.
- Si el pericarpo se seca y se hace delgado y leñoso o coriáceo, los frutos se denominan secos; en cambio si es grueso y con tejidos ricos en agua se denomina carnoso.
- Procedencia del gineceo: de una sola flor o de una inflorescencia.

Un tipo de clasificación es aquel que establece tres categorías de frutos que, a su vez, pueden presentar nuevas divisiones en cada categoría, las cuales son:

1. Frutos simples: son procedentes de una flor con gineceo monocarpelar o pluricarpelar sincárpico.

1.1. Frutos simples, indehiscentes y secos:



Aquenio (a): proveniente de un gineceo mono o pluricarpelar con ovario generalmente súpero y monospermo. Destacamos los siguientes tipos de aquenios:

Cipsela (b): procede de un gineceo bicarpelar y unilocular con ovario ínfero. Es monospermo (fruto típico de la familia de las asteráceas, como la pipa o el diente de león).

Cariópside (c): aquenios con pericarpo soldado íntimamente a la semilla (fruto típico de la familia de las poaceas como el trigo, cebada, etc.).

Nuez o núcula (d): generalmente unilocular y monospermo. El pericarpo está muy endurecido (ejemplo: avellana).

Glande (e): proviene de un gineceo pluricarpelar con ovario ínfero. Es monospermo y está rodeado de una cúpula leñosa (bellota, fruto típico de la encina, roble, etc.).

Sámara (g): Aquenio con alas.

1.2. Frutos simples, dehiscentes y secos:

Cápsula: derivado de un gineceo pluricarpelar sincárpico polispermo. La dehiscencia es muy variable pues se da mediante poros, valvas, dientes, etc., (amapola).

Folículo: procede de un gineceo unicarpelar polispermo. Se abre por la sutura ventral.

Legumbre: viene de un gineceo unicarpelar, polispermo, formado por dos valvas que se abren por la línea que las une.

Silicua: deriva de un gineceo generalmente bicarpelar. Llevan un tabique central que sostiene las semillas. De longitud superior a tres veces la anchura.

Figura 34. Tipos de frutos simples, indehiscentes y secos

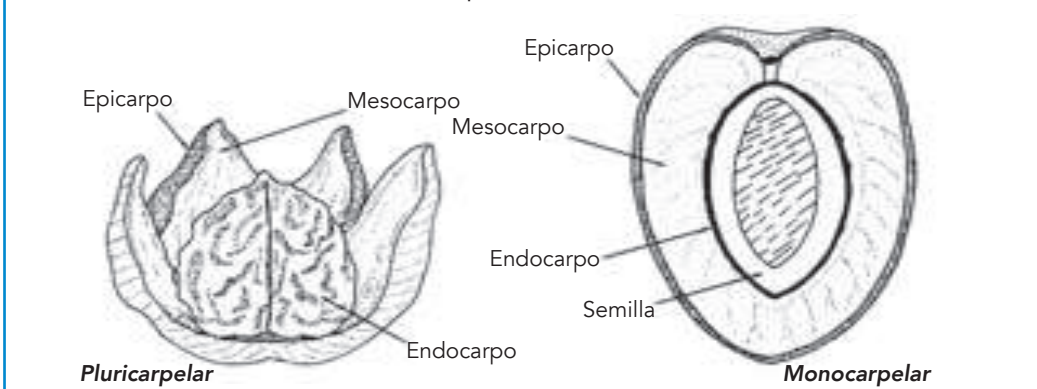


1.3. Frutos simples, indehiscentes y carnosos:

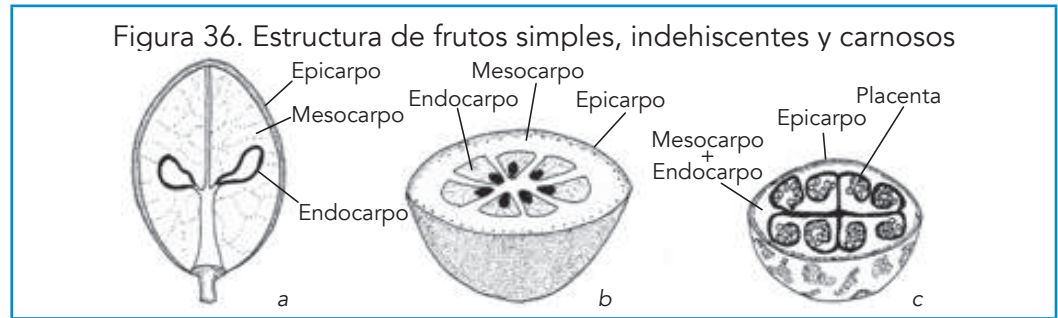
Los dos tipos básicos son la drupa y la baya y de ellos derivan todos los demás.

- **Drupa:** tiene hueso o endocarpo leñoso (aceituna). Una drupa un poco modificada es la pseudodrupa (nuez de nogal).

Figura 35. Frutos simples, indehiscentes y carnosos

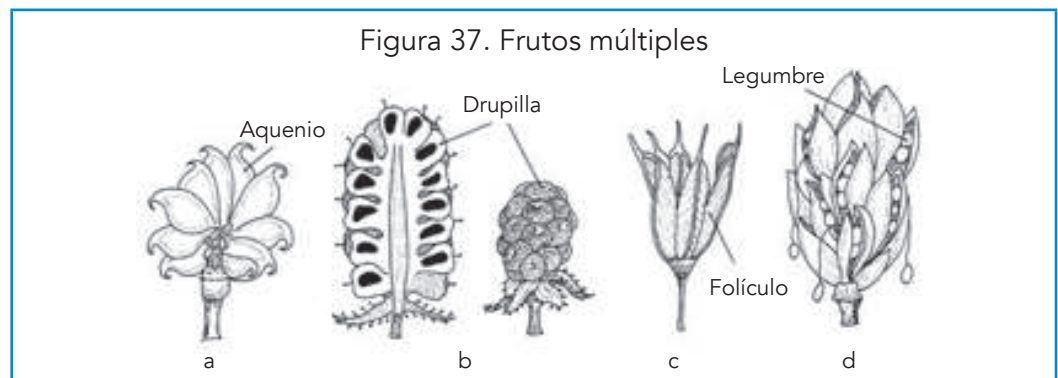


- **Baya** (a): posee epicarpo generalmente delgado; el mesocarpo es carnoso y más o menos jugoso. El endocarpo engloba las semillas. Es polispermo (uva, tomate). Algunas bayas modificadas reciben nombres particulares:
- **Hesperidio** (b): variedad de baya pluricarpelar donde cada gajo corresponde a una hoja carpelar. Está formado por un epicarpo delgado y rico en esencia, mesocarpo de consistencia esponjosa y endocarpo membranoso revestido en su interior de numerosos tricomas repletos de jugo que constituyen la parte comestible del fruto (naranja).
- **Pepónide** (c): baya de gran tamaño con corteza dura y gruesa, y placentas muy desarrolladas (melón, sandía).



2. Frutos múltiples: proceden de una sola flor con gineceo pluricarpelar dialicárpico.

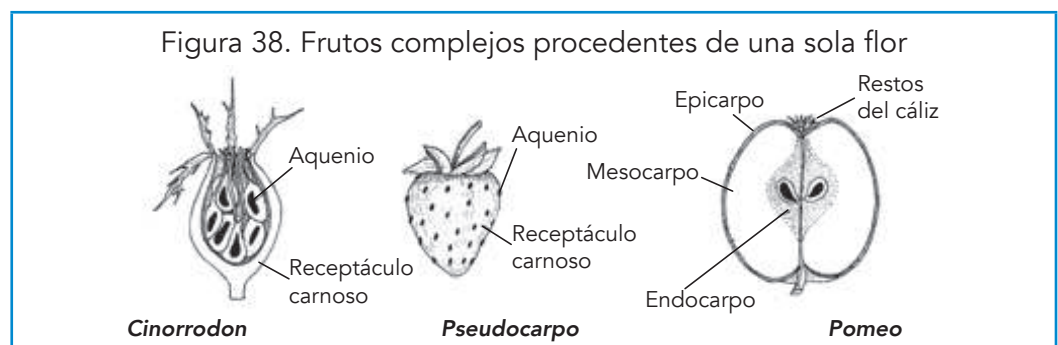
- Poliaquenio (a): conjunto de aquenios.
- Polidrupa (b): es una gregación de drupas. Cada drupa es una pequeña estructura carnosa con una semilla (mora de zarza).
- Polifolículo (c): es un conjunto de folículos.



3. Frutos complejos: además del gineceo, intervienen en su formación otras partes de la flor como el cáliz, corola, receptáculo, etc.

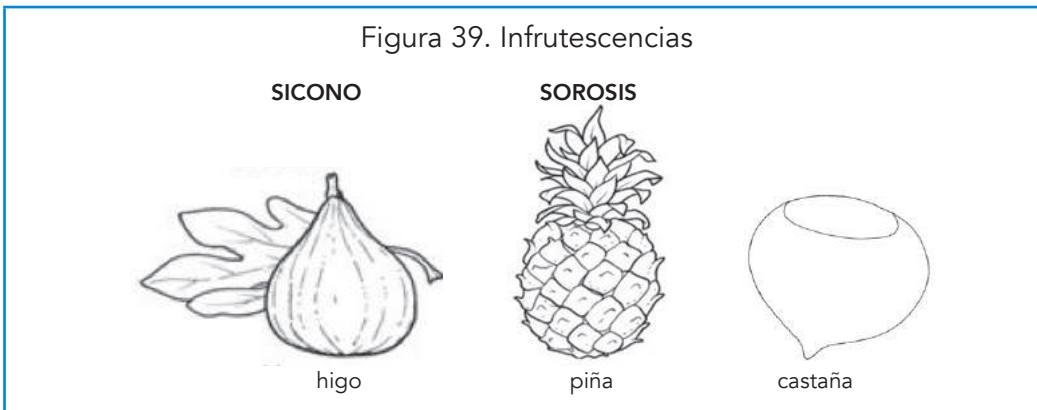
3.1. Frutos complejos procedentes de una sola flor:

- **Cinorrodón:** tiene varios aquenios incluidos en una cavidad formada por el cáliz y el receptáculo floral (rosa).
- **Pseudocarpo:** está formado por la unión de varios aquenios incluidos en el receptáculo que es el que se vuelve carnoso (fresa).
- **Pomo:** es carnoso, indehisciente y polispermo. Fruto con "pepitas" (semillas) encerradas en el endocarpo cartilaginoso. Tiene forma redonda o piriforme (manzana, pera).



3.2. Infrutescencias: frutos complejos procedentes de gineceos de diversas flores reunidas en inflorescencias:

- **Sorosis:** conjunto de bayas sobre un eje endurecido. Cada baya, originada por una flor de la inflorescencia, posee, en la parte central, las bracteolas procedentes de las flores de la inflorescencia (piña americana).
- **Sicón:** receptáculo piriforme que se vuelve carnoso y encierra en su interior achenios provenientes de las flores que componían la inflorescencia (higo).
- **Erizo:** constituido por nueces o núculas rodeadas por una cubierta erizada de pinchos proveniente de las brácteas de la inflorescencia (castaña).



Funciones del fruto

Cualquiera que sea su origen y aspecto, el fruto cumple tres funciones principales:

- Contener y proteger a las semillas durante su desarrollo.
- Contribuir a la dispersión de las mismas una vez que maduran.
- Atraer animales que favorezcan su ulterior dispersión.

El fruto, además de proteger a las semillas durante su desarrollo, debe contribuir a su diseminación, ya sea que se dispersan o que se desprenden, junto con ella, de la planta madre.

Los frutos presentan diferentes estrategias de dispersión. Una de ellas, como la de los frutos anemocoros, es aprovechar el viento. Éstos suelen ser ligeros y tener estructuras como alas o pelos que les faciliten poder ser llevados por el viento, por ejemplo, el fruto del arce. Otra estrategia de los frutos zoocoros es aprovechar la ayuda de los animales, pues pueden dispersar los frutos de dos modos diferentes:

- El primero de ellos es sujetándose o enganchándose a las plumas o a los pelos (denominados frutos epizoocoros) mediante ganchos o pelos que les facilitan la adherencia al animal, por ejemplo, los arrancamoños (*Xanthium*).
- En el segundo modo, los animales comen los frutos (frutos endozoocoros) y con los jugos del aparato digestivo deshacen las cubiertas y expulsan, junto con las heces, las semillas que están listas para germinar. Para



atraer a los animales, estos frutos suelen tener colores llamativos, ser carnosos y jugosos.

Algunos frutos de plantas ligadas a hábitats acuáticos se dispersan gracias al agua, como el coco. Son los denominados hidrocoros. Por otro lado, los autocoros tienen mecanismos para abrirse y expulsar las semillas, por ejemplo, las legumbres. Existen especies denominadas "polícoras" cuyos frutos son dispersados por más de un agente o vector. También se han descrito algunos casos en los que la planta presenta diversos tipos de frutos (condición denominada "heterocarpia"), como ocurre en algunas plantas compuestas donde se presentan cipselas con distinta morfología o con presencia o ausencia de vilano, permitiendo de ese modo una dispersión más flexible y eficiente.



Actividad (10 minutos)

Realiza un mapa compartido de los diferentes tipos de frutos, tomando en cuenta las características vistas en clase.



Evaluación (5 minutos)

- 1) En una flor de gineceo súpero el fruto es formado por el.....desarrollado y maduro luego de la fecundación.
- 2) Define al fruto e indica las partes que lo constituyen
- 3) En una flor epigina, el..... formará parte del fruto
- 4) ¿Por qué en una flor con gineceo ínfero, el receptáculo forma parte del fruto?
- 5) Define dehiscencia y menciona, con ejemplos, algunos de sus tipos.
- 6) Compara el cariopse y la cipsela, y señala dos características que los diferencian. Para cada uno indica la familia de la cual son característicos
- 7) Compara el folículo y la legumbre, e indica en qué se diferencian.
- 8) Indica el tipo botánico de fruto.....cuando el mismo es monotálmico, simple, seco, pluricarpelar y dehiscente.
- 9) El endocarpo de la drupa es de consistencia.....
- 10) Esquematiza un pomo e indica sus partes
- 11) ¿Qué tipos de frutos son el cinorrodón y el conocarpo? ¿Cómo es el receptáculo en el conocarpo?
- 12) Un fruto es compuesto politalámico cuando.....



Glosario básico

- **Baya:** fruto simple, carnosos e indehiscente, con epicarpo generalmente delgado y mesocarpo carnosos y más o menos jugoso. Su endocarpo engloba las semillas. Ejemplo: la uva.

- **Cápsula:** fruto simple, dehiscente, seco, polispermo derivado de un gineceo pluricarpelar sincárpico. La dehiscencia es muy variable dependiendo del tipo de cápsula: poros, valvas, dientes, etc. Ejemplo: la amapola.
- **Cariópside:** fruto simple, seco e indehiscente que deriva de un aquenio con el pericarpo soldado íntimamente a la semilla. Ejemplo: el trigo.
- **Carnoso:** frutos cuyo pericarpo es grueso y jugoso, con gran contenido de agua.
- **Cipsela:** fruto simple, indehiscente monospermo y seco, que procede de un gineceo bicarpelar, unilocular con ovario ínfero. Ejemplo: el girasol.
- **Erizo:** Infrutescencia constituida por nueces o núculas rodeadas por una cubierta erizada de pinchos proveniente de las brácteas de la inflorescencia que la ha originado. Ejemplo: el castaño.
- **Fruto:** estructura típica de las angiospermas originada por el crecimiento y diferenciación del gineceo tras la fecundación. Lleva en su interior las semillas.
- **Hesperidio:** fruto simple, indehiscente y carnoso. Es una variedad de baya pluricarpelar en la que cada gajo corresponde a una hoja carpelar. Está formado por un epicarpo delgado y rico en esencia, mesocarpo de consistencia esponjosa y endocarpo membranoso revestido en su interior de numerosos tricomas repletos de jugo que constituyen la parte comestible del fruto. Ejemplo: la naranja.
- **Polifolículo:** fruto formado por un conjunto de folículos. Ejemplo: la peonía.
- **Pseudocarpo:** Tipo de fruto complejo formado por la unión de varios aquenios incluidos en el réceptaculo que es el que se vuelve carnoso. Ejemplo: la fresa.
- **Sorosis:** infrutescencia resultante de la fecundación de los gametos en el espádice de la piña americana. Resulta un conjunto de bayas sobre un eje endurecido. Cada baya, originada por una flor de la inflorescencia, posee en la parte central las bracteolas procedentes de sus flores.

Para saber más del tema

Te sugerimos observar los siguientes videos:

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

<https://www.youtube.com/watch?v=CjjJSMHA0II>

<https://www.youtube.com/watch?v=NUZ2MBnXNkg>

Bibliografía

- Esau K. (1982). *Anatomía de las plantas con semilla*. Buenos Aires: Hemisferio Sur.



Saber más



Bibliografía



- Gehú-Frank, J. y J. M. Gehú (1992). *Schemas de Botanique. Systematique Illustree. I.- Les plantes sans fleurs et sans fruits (Cryptogames- Prespermaphytes- Gymnospermes)*. Bailleul: Centre Régional de Phytosociologie et Conservatoire Botanique National de Bailleul.
- Izco, J. (1997). *Botánica*. Madrid: McGraw-Hill-Interamericana.
- Jones, Jr. y Samuel B. (1988). *Sistemática Vegetal*. México: McGraw-Hill.
- Leerson, T. S., C. R. Leerson y A. A. Paparo (1988). *Texto / Atlas de Histología*. México: McGraw-Hill Interamericana.
- Moreno, Nancy P. (1984). *Glosario Botánico Ilustrado*. Xalapa: Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos.
- Ozenda, P. (1991). *Les organismes végétaux. 2- Végétaux supérieurs*. París: Masson.
- Valla J.J. (1979). *Morfología de las plantas superiores*. Buenos Aires: Hemisferio Sur.

4.3 Estructura de semilla



Objetivo

Objetivo

Identifica las estructuras de una semilla y sus funciones.



Conocimientos previos

Rescate de conocimientos previos (5 minutos)

¿Qué es la semilla?



Contenido temático

Desarrollo del contenido (30 minutos)

Las semillas de las angiospermas, también llamadas simientes o pepitas, son órganos vegetales, que resultan de los óvulos maduros, fecundados previamente por el polen (Tommanová, 2014; Barajas et al., 1984). Los ovarios maduros que contienen semillas se denominan frutos (Fried, 1990; Quinto, 1977).

Las semillas tienen como función la colonización de la tierra (Fried, 1990) y son indispensables para la reproducción de las plantas (Barajas et al., 1984).

La utilidad de las semillas es de gran envergadura, pues algunas semillas como las del trigo, maíz, frijol y arroz forman parte de la alimentación humana.

Las semillas tienen las siguientes partes:

- **Episperma**, también llamado tegumento seminal o cubierta seminal, es la parte externa de la semilla; generalmente está formado por dos capas:
- **Testa**, cubierta o envoltura: es casi siempre dura, resistente y su función es brindar protección y alimento al embrión. En la mayoría de las semillas, la testa tiene un orificio llamado micrópilo, lugar por

el que penetró el tubo polínico al óvulo. La testa deriva de la capa primina del óvulo o tegumento externo.

Las semillas de algunas especies tienen sobre la testa otra estructura como una cutícula (trigo), un mucílago (chía) o pelos ("fibras" del algodón).

- **Tegmen:** es más delgado que la testa y deriva de la capa secundina del óvulo o tegumento interno.

El episperma puede ser carnoso, comestible, reducido o delgado, o bien, desaparecer. Cuando las semillas se encuentran en estado de latencia, el episperma impide la entrada de agua y aire.

- **Hilio:** lugar por el que la semilla se encontraba unida al resto de la planta y recibía nutrientes por medio del llamado funículo (cordón que unía el óvulo a la placenta). En las angiospermas, el funículo une la semilla a la pared del fruto. El hilio es la cicatriz donde se insertó el funículo a la semilla.
- **Almendra:** estructura protegida por los tegumentos; incluye las siguientes estructuras:
 - **Embrión:** esporofítico en estado de latencia, letargo o dormancia. Es una "plantita en miniatura" que reanudará su crecimiento en ciertas condiciones. Junto con el endosperma (tejido nutricional), el embrión es el resultado de la doble fecundación de la ovocélula (Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, 2016).

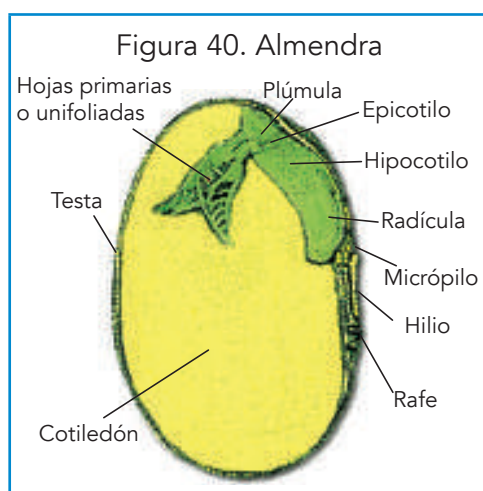
El embrión maduro a su vez está constituido por:

- **Epicótilo,** situado por arriba de la unión de los cotiledones al eje embrionario; en su punta está formado por hojas en miniatura (plúmula o gémula), mientras que la punta del retoño es el ápice caulinar (del tallo).
- **Hipocótilo:** porción del eje embrionario localizado debajo de su unión con los cotiledones; está formado por el corto eje caulinar, que termina en la radícula.
- **Radícula:** raicilla también llamada porción radicular o raíz embrionaria, que está orientada hacia el micrópilo (orificio de la testa).
- **Cotiledones:** también llamados "hojas de las semillas", están adosados en el eje embrionario formado por epicótilo, hipocótilo y radícula. Su número es un carácter tan constante, que sirve como base para distinguir entre dos grandes grupos: monocotiledóneas y dicotiledóneas. Contienen alimento en abundancia para el embrión en estado de latencia y durante la germinación transfieren los nutrientes del endospermo al embrión. En las dicotiledóneas, si emergen del suelo son epigeos y si permanecen bajo tierra son hipogeos. Realizan temporalmente la función fotosintética mientras las hojas verdaderas lo hacen. El cotiledón de la familia de las gramíneas se denomina escutelo (Fried, 1990; Gómez Pompa, 1984; Smallwood



et al., 2005; Mader, 2012; Arbo et al., 2017). La plúmula formará las hojas, el hipocótilo dará origen al tallo y la radícula o raicilla formará la raíz (Tomanová, 2014; Smallwood et al., 2005).

- **Endospermo o endosperma:** también llamado albumen, es el tejido desarrollado alrededor del embrión, formado de almidón y proteínas (en mayor cantidad). En algunas semillas este tejido es transferido totalmente al embrión como fuente de nutrientes para su crecimiento antes de que la semilla llegue a su madurez. Este es el caso de algunas dicotiledóneas, por ejemplo, los guisantes que carece de endospermo (Smallwood et al., 2005; Mader, 2012).



Muchas semillas son fuente de sustancias diversas como aceites esenciales, alcaloides, politerpenos, saponinas, taninos, minerales y vitaminas (Tomanová, 2014). Además, almacenan sustancias de reserva como hidratos de carbono, polisacáridos no celulósicos, almidón, proteínas, (gluten) y lípidos, como ácidos grasos (linoleico, oleico, palmítico). Las semillas sirven para efectuar la reproducción de tipo sexual en los vegetales, de tal manera que estos tengan más variabilidad.



Actividad (10 minutos)

Busca en internet un esquema comparativo de una semilla monocotiledónea y dicotiledónea (con fuente de consulta) y complementalo con la información de este tema.



Evaluación (5 minutos)

Escribe la diferencia entre hilio y funículo: _____.

Con tus propias palabras diferencia entre:

- Gémula: _____.
- Raicilla: _____.
- Epicótilo: _____.
- Hipocótilo: _____.
- Cotiledón: _____.

Glosario básico



Glosario

Ácido oleico: grasa típica de los vegetales, por ejemplo, el de la oliva, aguacate o cártamo.

Almidón: fécula, especialmente la de las semillas de los cereales, que tiene usos alimenticios, terapéuticos e industriales, en particular, para el apresto de la ropa blanca.

Esporofítico: relativo a esporófito. Fase que en la alternancia de generaciones de la mayoría de los vegetales en la que se originan las esporas.

Gluten: proteína de reserva nutritiva que se encuentra en las semillas de las gramíneas junto con el almidón.

Tanino: subdivisión del polifenol, sustancia química que se encuentra en plantas, semillas, corteza, madera, hojas y pieles de frutas.

Para saber más del tema



Saber más

Lee el siguiente texto.

"Multiplicación vegetativa, un ejemplo de reproducción asexual en vegetales"

La propagación vegetativa o multiplicación vegetativa es única en vegetales y sucede a partir de estructuras no reproductivas de la planta original como son la hoja, raíz, rizomas o tallo (parte que más frecuentemente interviene en este tipo de reproducción). Algunos vegetales, además de este tipo de reproducción, realizan la reproducción sexual. La propagación vegetativa puede efectuarse de manera natural o artificial (con intervención del hombre).

La propagación vegetativa natural puede surgir a partir de:

- Hojas que dan origen a plántulas (planta pequeña) que se separan y, en un medio adecuado, desarrollan raíces que forman una planta independiente. Ejemplo: mala madre o lirio de San Bernardo (*Chlorophytum comosum*).
- Raíz. Ejemplo: batata (*Ipomea batatas*).
- Rizomas gruesos llamados tubérculos. Ejemplo: papas (*Solanum tuberosum*).
- Tallos horizontales rastreros, llamados corredores o estolones. Ejemplo: fresas (*Fragaria vesca*).
- Tallos subterráneos cortos rodeados con hojas gruesas y carnosas llamados bulbos. Ejemplo: cebolla (*Allium cepa*), tulipán (*Tulipa gesneriana* L.), narcisos (*Narcissus poeticus*) y jacintos (*Hyacinthus orientalis*).
- Tallos subterráneos gruesos llamados cormos o camotes. Ejemplo: gladiolas (*Gladiolus illyricus*) y lirios (*Hemerocallis altissima*).

La multiplicación vegetativa artificial, se puede realizar a partir de:

- Acodos o ramas.
- Esquejes: hoja o tallo corto con hojas.
- Gemación: por el injerto de yemas en lugar de acodos.
- Injertos: en donde un esqueje se une a una planta receptora.



Bibliografía

- Arbo, Ma. Mercedes y Ana María Gonzalez (2017). "Morfología de plantas vasculares" en *Botánica morfológica*. Argentina: Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional del Nordeste. <<http://www.biologia.edu.ar/botanica/index.html>>.
- Barajas, Esperanza, Blanca Romo de Roldán y Salvador Lima Gutiérrez (1984). *Bios Vida*. México: Herrero.
- Fried, George H. (1990). "Reproducción y desarrollo en las plantas con flores" en *Biología*. México: Mc Graw Hill.
- Gómez-Pompa, Arturo (1984). "De la semilla a la plántula" en *Investigaciones de laboratorio y de campo*. Biología: unidad, diversidad y continuidad de los seres vivos. México: Continental.
- Mader, Sylvia S. (2012). "Desarrollo de la semilla" en *Biología*. México: Mc Graw Hill.
- Quinto J. Obiols (1977). "La semilla y el fruto" en *Atlas de la naturaleza*. Barcelona: Jover.
- Smallwood, William L. y Edna R. Green (2005). "Plantas con semilla: modelo fundamental de reproducción" en *Biología*. México: Patria.
- Tomanová, Eliska (2014). *Plantas silvestres*. Madrid: Susaeta.
- Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (2017). "Semilla: embrión y sustancias de reserva, en *Botánica General*. Argentina: Departamento de Biología General, Facultad de Ciencias Naturales. Disponible en: <<http://www.fcn.unp.edu.ar/sitio/botanica-general/wp-content/uploads/2016/03/SEMILLA.pdf>>.

4.3.1 Dispersión y germinación (parte 1)



Objetivo

Reconoce los tipos de síndromes con los que las plantas dispersan sus semillas.



Rescate de conocimientos previos (5 minutos)

Reúnete con dos compañeros y escriban con sus palabras el significado de las siguientes palabras:

- Acantocoria: _____.
- Barocoria: _____.
- Mimercocoria: _____.



Desarrollo del contenido (30 minutos)

La dispersión (del griego *koris*) de los vegetales puede ser sexual, por medio de diásporas, o asexual o vegetativa, por ejemplo, a través de bulbos o tubérculos.

Una vez que las plantas florecen y la flor se convierte en fruto, éste contiene las semillas que darán origen a nuevas plantas, por lo que es necesaria su dispersión. Al conjunto semillas y frutos se denomina diáspora o disemínulo (Martínez et al., 2009).

Las semillas se dispersan por diferentes mecanismos o síndromes:

- **Anemocoria:** dispersión de los propágulos, frutos y/o semillas por el viento, por medio de determinados elementos como, por ejemplo, vilanos o vulánicos. De esta manera pueden alejarse a grandes distancias de la planta madre, colonizando nuevos territorios. Ejemplos: *Inula montana* (árnica), *Lactuca sativa* (lechuga), *Taraxacum laevigatum* (diente de león), *Tragopogon porrifolius* (salsifí), *Silybum marianum* (cardo mariano) y *Pelargonium zonale* (geranio).

También existen los frutos secos y alados llamados sámaras, que contienen en su extremo la semilla, por ejemplo, el arce (*Acer campestre*), o bien la semilla se localiza en el centro, por ejemplo, el olmo común (*Ulmus minor*).

Otro ejemplo de este tipo de dispersión lo constituyen los estepicursores también llamados "nubes del desierto", voladora, "norias" o chamizo, también conocida como maromera. Así, la totalidad de la planta es arrastrada por el viento, dispersando sus semillas, por ejemplo, la *Lechenaultia divaricata* y *Salsola tragus*.

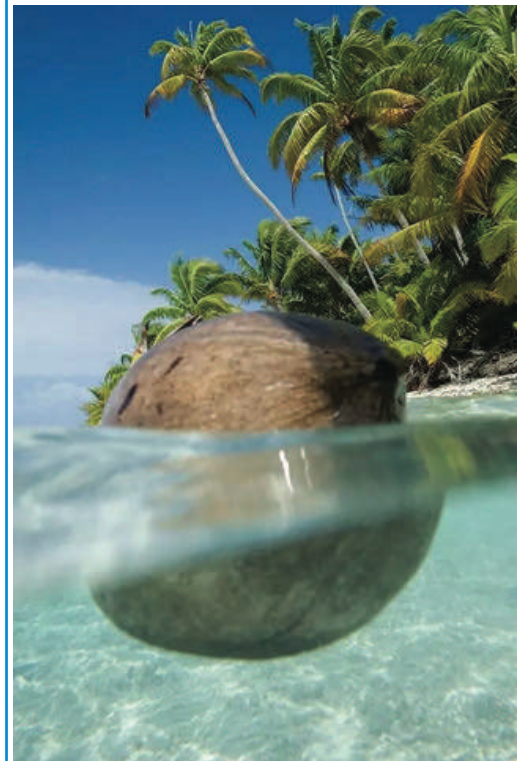
Las familias *Asclepiadaceae*, *Asteraceae*, *Bignoniaceae* y *Orchidaceae* también tienen especies que se dispersan por este tipo.

- **Hidrocoria:** dispersión por el agua. Las corrientes no sólo arrastran las semillas, sino los frutos enteros como, por ejemplo, el fruto del cocotero (*Cocos nucifera*) que contiene fibras alrededor de su semilla que le permiten flotar para ser llevado por corrientes marítimas a otras costas, o las semillas del aliso (*Alnus glutinosa*), árbol que vive en las riveras de los ríos cuyas aguas dispersan sus semillas que contienen aire y les permite flotar.

Figura 41. Dispersión por viento



Figura 42. Hidrocoria

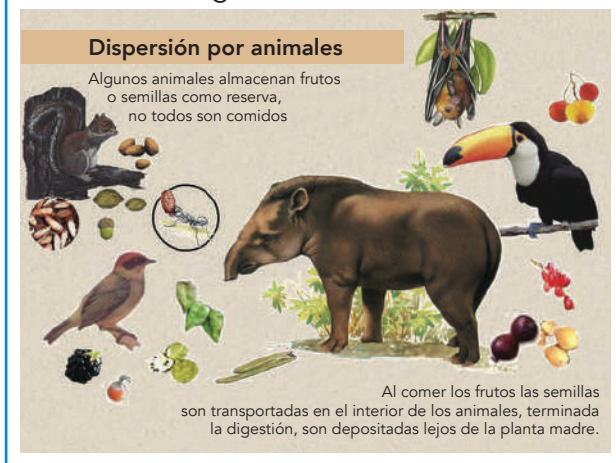




Otro ejemplo de hidrocoria es la *Carrichtera annua* (planta dicotiledónea) que posee dos valvas convexas y un rostro cóncavo que, al llenarse con agua de lluvia, abre sus valvas para expulsar sus semillas.

- **Zoocoria:** los animales realizan la dispersión por medio de diferentes mecanismos:
 - **Epizoocoria, ectozoocoria, o exozoocoria:** los frutos o semillas poseen estructuras como espinas, ganchos o sustancias viscosas (**ixocoria**) para adherirse a la superficie de un animal, principalmente al pelaje de mamíferos, por ejemplo, las ovejas que atrapan al *Medicago arabica* (trébol carretón o mielga pintada), el cual en su interior tiene dos semillas, que son transportadas cerca o lejos de la planta original para su dispersión. Otro ejemplo es el lodo adherido a las patas de los animales que transporta las semillas que contiene.
 - **Endozoocoria:** consiste en la ingesta de frutos carnosos (**sarcocoria**) generalmente de colores brillantes, con los que se alimentan animales herbívoros, por ejemplo, las aves (**ornitocoria**) o mamíferos (**mamalocoria**) como los murciélagos, quienes no digieren las semillas, y son evacuadas con el excremento, mismo que les sirve de abono. Otro ejemplo es el del género *Opuntia*, cuyos frutos o tunas son consumidos por animales como coyotes, cuervos o venados, quienes regurgitan o defecan las semillas.

Figura 43. Zoocoria



- **Insectos:** por ejemplo, las hormigas que dispersan semillas de la violeta, llevándolas entre sus mandíbulas desde la planta hasta su hormiguero donde comen una sustancia atractiva para ellas, llamada elaiosoma o eleosoma "cuerpo graso". Esto se convierte en una reserva de aceites y aminoácidos en su exterior y, una vez consumido, la semilla pierde su interés para la hormiga y es depositada fuera del nido o en el vertedero, lugar que tiene la humedad y abono para poder germinar y dar origen a nuevas plantas. A este tipo de dispersión se le llama **mimercocoria**.

Autocoria o autodispersión, puede ser de dos tipos:

- **Vegetativa:** por medio de la formación de estolones o tallos rastreros donde surgen raíces adventicias y nuevas plantas que se desprenden de la original para ser independientes, por ejemplo, la *Chlorophytum comosum*, conocida como cinta o mala madre.
- **Barocoria:** por este medio las diásporas se desprenden del vegetal, caen al suelo por acción de la gravedad y ruedan para alejarse del vegetal que les dio origen. Los frutos se pudren y dejan libre la semilla que, en condiciones óptimas, reanuda su desarrollo y dan lugar

a un nuevo ser. Una variante de la barocoria es la "liberación explosiva" en la que las plantas liberan las semillas o frutos por medio de una explosión, por ejemplo, los frutos de la familia balsamináceas.

- **Antropocoria:** es la dispersión de diásporas por medio del hombre. Puede ser:
 - **Directa:** se realiza cultivando especies de manera intencional y selectiva, lo que recibe el nombre de domesticación.
 - **Indirecta:** se efectúa de manera accidental. Debido a esto aparecen malas hierbas en los cultivos.
- **Policoria:** cuando las plantas utilizan más variedad de medios de dispersión de las semillas y con mayor efectividad las plantas, pues cuentan con mejores probabilidades para perpetuarse. Un ejemplo es la familia *Asteraceae*, donde el género *Bidens* presenta en sus vilanos pelos rígidos con ganchos que le facilitan adherirse a pelo y plumas de animales (**acantocoria**). Otros ejemplos de policoria son el género *Acacia*, que se usa a las aves, hormigas, mamíferos y viento como medio de dispersión, así como la familia *Orquidaceae* en las que las semillas diminutas, además de ser dispersadas por anemocoria, también se adhieren a pelaje y plumaje de animales (**exozoochoras**) (Martínez et al., 2009; Tomanová, 2014; Fried, 1990; Smallwood et al., 2005).

Un factor para perpetuación de las especies vegetales es la cantidad de semilla producida. Así, las que se valen del aire para su dispersión tienden a producir mayor cantidad de semilla en comparación con las que dependen de la diseminación por otros medios (Quinto, 1977).

Figura 44. Barocoria



Figura 45. Antropocoria



Figura 46. Policoria





Actividad



Evalúa

Actividad (10 minutos)

Consulta el siguiente video en YouTube:

“La dispersión de las semillas” disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=rShVigX4bdY>

Posteriormente escribe en tu cuaderno el nombre técnico de los síndromes de dispersión de frutos y semillas. Compara con un compañero tus respuestas.

Evaluación (5 minutos)

Contesta las siguientes preguntas con VERDADERO o FALSO, según corresponda, sobre mecanismos de dispersión de las semillas de los vegetales. Escribe sobre la línea tu justificación cada vez que consideres FALSA una cuestión.

- () En la anemocoria, los vilanos tienen pelos rígidos con ganchos que le facilitan adherirse a pelo y plumas de animales.
¿Por qué? _____.
- () La ingesta de frutos carnosos por parte de aves, están implicados los términos: endozoocoria, sarcocoria y ornitocoria.
¿Por qué? _____.
- () En la antropocoria, la dispersión de semillas que el hombre realiza puede ser de manera indirecta.
¿Por qué? _____.
- () En la mimercocoria, los mamíferos dispersan las semillas.
¿Por qué? _____.
- () La ixocoria es un mecanismo de dispersión de semillas por medio de sustancias viscosas.
¿Por qué? _____.



Glosario

Glosario básico

Angiospermas: plantas fanerógamas cuya semilla esté dentro de una cavidad u ovario cerrado que, al madurar, da origen al fruto. Este grupo de vegetales produce flores con verticilios, sépalos, pétalos, estambres y carpelos.

Bulbo: tallo subterráneo carnoso, provisto de reserva.

Tubérculo: tallo subterráneo modificado y engrosado donde se acumulan los nutrientes de reserva para la planta.

Verticilio: conjunto de tres o más hojas, ramas o flores dispuestas a la misma altura alrededor del tallo.

Vilano: estructura suave que rodea a las semillas, con forma de seta, escama, pelos o plumas, dispuestas en forma de paracaídas o hélice, que favorecen su transporte por el viento.

Para saber más del tema



"¿Regeneración de la selva? Los murciélagos, expertos en el asunto"

Los murciélagos son los únicos mamíferos capaces de volar como las aves. El desarrollo de un sistema que les permite orientarse en plena oscuridad, llamado ecolocalización, les abrió las puertas a muchos recursos disponibles durante la noche. A su vez, esto les hizo posible alcanzar una enorme diversificación en cuanto a hábitos alimenticios, tamaños y formas, de tal manera que se convirtieron en el segundo grupo más diverso y abundante de los mamíferos (sólo después de los roedores), con casi mil especies en el mundo y 138 en México.

La mayoría de los murciélagos se alimentan de insectos que capturan en pleno vuelo, en el suelo o sobre la vegetación. Muchas otras especies tropicales se alimentan de frutos, polen y néctar. Los hay también carnívoros, pues cazan lagartijas, ranas, pequeñas aves, roedores, y también peces. Solamente tres especies en todo el mundo (que existen sólo en el continente americano) se alimentan de la sangre de mamíferos o aves.

Durante el día, los murciélagos se guarecen y duermen en diversos refugios (cuevas, troncos huecos, entre la vegetación o en construcciones humanas), por lo que están activos durante la noche. Los frugívoros visitan diversas áreas en las que encuentran frutos silvestres maduros que remueven y llevan volando a "refugios nocturnos" o sitios entre la vegetación donde se alimentan, descansan y digieren antes de ir por otro fruto. Las pequeñas semillas son tragadas junto con la pulpa carnosa del fruto, pasan intactas por el tracto digestivo y son depositadas posteriormente lejos de la planta que las produjo.

Por otro lado, también los murciélagos dispersan las semillas que, por su gran tamaño, no pueden ser tragadas. Así, toman el fruto del árbol y lo llevan en vuelo a un refugio nocturno donde se alimentan de la pulpa y dejan caer ahí mismo la semilla. Los refugios nocturnos se hallan por lo general a una distancia de entre 20 y 550 metros del árbol del que obtienen el fruto, así que ésta sería la distancia a la que los murciélagos depositan las semillas. A esto se le llama "dispersión de semillas por frugívoros". Además, cuando los murciélagos se mueven de un área de alimentación a otra o de un refugio nocturno a una nueva área de alimentación, dispersan semillas a distancias de entre 100 metros y 8 kilómetros. Estos animales defecan mientras vuelan y, con eso, dispersan las semillas en áreas descubiertas de vegetación, como pastizales con árboles aislados o zonas taladas.

Los murciélagos son eficientes dispersores de semillas en ambientes naturales ya que cumplen con las cuatro características primordiales de un "buen" dispersor: 1) el tránsito intestinal no las daña; por el contrario, las beneficia ya que germinan más rápidamente que las que no pasaron por el tracto digestivo de algún murciélago; 2) estas semillas "digeridas" quedan muy "limpias" y libres de pulpa y azúcares, lo que reduce sustancialmente la posibilidad de que sean atacadas por hongos y bacterias que matarían a sus embriones; 3) las semillas son transportadas a grandes distancias lejos del árbol padre; y 4) las semillas son depositadas en sitios adecuados para su germinación y para que sus plántulas se establezcan.



Las semillas dispersadas lejos del árbol que las produjo pueden escapar de la depredación y de los herbívoros locales, al tiempo que se reduce la competencia intraespecífica, que es la competencia entre las plantas de la misma especie (por ejemplo, las progenitoras y sus descendientes). Además, mediante la dispersión, se promueve el flujo genético entre las poblaciones de plantas. Estos atributos son factores muy importantes en la estructuración del paisaje y en la dinámica de las poblaciones de plantas y árboles de los ecosistemas (Galindo, 2005).



Bibliografía

Bibliografía

- Fried, George H. (1990). "Reproducción y desarrollo en las plantas con flores" en *Biología*. México: Mc Graw Hill.
- Galindo González, Jorge (2005). "¿Regeneración de la selva? Los murciélagos, expertos en el asunto" en *La ciencia y el hombre. Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Veracruzana*, vol. XVIII, núm. 2, mayo-agosto. México: Universidad Veracruzana.
- Martínez, Orea Yuriana, Silvia Castillo Argüero y Patricia Guadarrama Chávez (2009). "La dispersión de frutos y semillas y la dinámica de las comunidades" en *Ciencias 96*, octubre-diciembre, pp. 38-41. México: Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. <<http://www.revistaciencias.unam.mx/pt/97-revistas/revista-ciencias-96/532-la-dispersion-de-frutos-y-semillas-y-la-dinamica-de-comunidades.html>>.
- Quinto J. Obiols (1977). "La semilla y el fruto" en *Atlas de la naturaleza*. Barcelona: Jover.
- Smallwood, William L. y Edna R. Green (2005). "Plantas con semilla: modelo fundamental de reproducción" en *Biología*. México: Patria.
- Tomanová, Eliska (2014). *Plantas silvestres*. Madrid: Susaeta.

Dispersión y germinación (parte 2)



Objetivo

Objetivo

Diferencia las secuencias de la germinación.



Conocimientos previos

Rescate de conocimientos previos (5 minutos)

Reúnete con dos compañeros y contesten la siguiente pregunta:

¿Cuáles son las funciones de la semilla para dejar su estado de latencia o dormancia?

- a) _____ , b) _____
c) _____ , d) _____

Desarrollo del contenido (30 minutos)



Las semillas maduras entran en una etapa de latencia que termina con la germinación, lo cual representa un tipo de reproducción sexual de los vegetales (Fried, 1990).

Las semillas tienen las siguientes funciones:

- Protegen a las plantas que están en su interior en estado de latencia.
- Crean las condiciones óptimas de aislamiento del medio, para que los embriones se mantengan viables.
- Les proporcionan alimentos cuando reanudan su desarrollo.
- Les ayudan a su dispersión para perpetuar las especies.

La germinación es el proceso por el que la semilla termina su estado de latencia (variable entre días y años, según la especie) y el embrión, contenido en su interior, reinicia su desarrollo hasta convertirse en una nueva planta capaz de producir sus alimentos (Smallwood et al., 2005).

Durante este periodo (germinación) el embrión sufre cambios y recibe el nombre de plántula. Una vez que termina la germinación, la plántula se convierte en retoño con hojas, tallo y raíces, capaz de realizar fotosíntesis.

La germinación de las semillas requiere condiciones especiales del ambiente para romper el estado de latencia o dormancia en el que se encuentran, por ejemplo, cambios alternos de bajas y altas temperaturas, acción bacteriana, abrasión mecánica, escarificación o exposición a la luz en determinadas longitudes de onda. Igualmente, se necesita la presencia de agua con sales minerales, dióxido de carbono u oxígeno, o el efecto de algunas hormonas, por ejemplo, el ácido abscísico (ABA), autocianinas, giberinas (Gas), además de los efectos de genes reguladores.

Las condiciones ambientales (que no son las mismas para todas las semillas) hacen que la semilla, que hasta este momento había estado en estado de latencia o dormancia, reinicie su desarrollo de manera coordinada y simultánea, por medio de las siguientes funciones:

- Divisiones celulares, que corresponden a la etapa M (mitosis) del ciclo celular, en donde cada célula madre da origen a dos células hijas con la misma cantidad de cromosomas.
- Crecimiento de las células hijas resultado de la etapas G1, S y G2 que corresponden a la etapa de interfase del ciclo celular.
- Diferenciación celular: algunas células toman formas diferentes y tienen funciones muy específicas, por ejemplo, las células epidérmicas, protectoras y traqueidas. Diferenciación supracelular: las células diferenciadas se organizan para formar tejidos de protección, absorción, conducción, fotosintéticos. Tejidos de diferente clase constituyen a los órganos y éstos se organizan para formar sistemas para, finalmente, formar una nueva planta. El embrión contenido en la semilla se encuentra en esta etapa de su desarrollo (Smallwood et al., 2005).

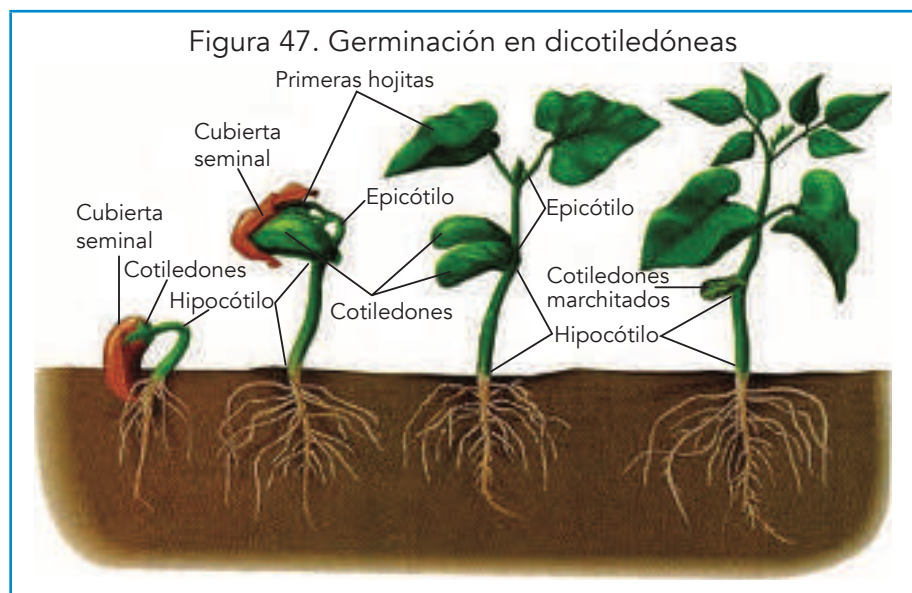
Existen dos tipos de desarrollo de las angiospermas (monocotiledóneas y dicotiledóneas), de acuerdo con el número de sus cotiledones.



Durante la germinación, el embrión es denominado plántula. La secuencia de la germinación de una dicotiledónea (tomando como ejemplo una fabácea) es la siguiente:

- El episperma se hace permeable al agua.
- El agua que entra por el micrópilo es captada por el embrión, que se hincha y llega a romper la cubierta externa de la semilla.
- Los nutrientes almacenados en cotiledones y endospermo (por ejemplo el albumen) fluyen hacia el embrión.
- Los nutrientes son metabolizados, y la energía obtenida es usada para el crecimiento de la plántula (antes embrión).
- Emerge la radícula o raíz primaria a través de la cubierta externa de la semilla, para fijarse al suelo, y le crecen pelos para absorber más agua, convirtiéndose en raíz primaria.
- El hipocótilo crece y se alarga hacia arriba, y sale a la superficie para formar el asa germinativa; los cotiledones permanecen bajo tierra.
- En consecuencia, el epicótilo, la plúmula y los cotiledones acompañan este ascenso.
- Se rompe el tegumento seminal y asoman los cotiledones que protegen a las hojas juveniles.
- De la raíz principal surgen las raíces secundarias.
- Los cotiledones se abren, al tiempo que crece la plúmula o gémula (primeras hojas).
- Los cotiledones se tornan verdes y fotosintéticos para brindar los nutrientes necesarios a la plántula, mientras sus hojas hacen fotosíntesis.
- El hipocótilo crece para formar el talluelo con varios segmentos.
- Se expanden las hojas verdaderas que realizan la fotosíntesis y se aprecia el meristemo apical entre ellas.
- A partir del meristemo apical se desarrolla el resto del vegetal,

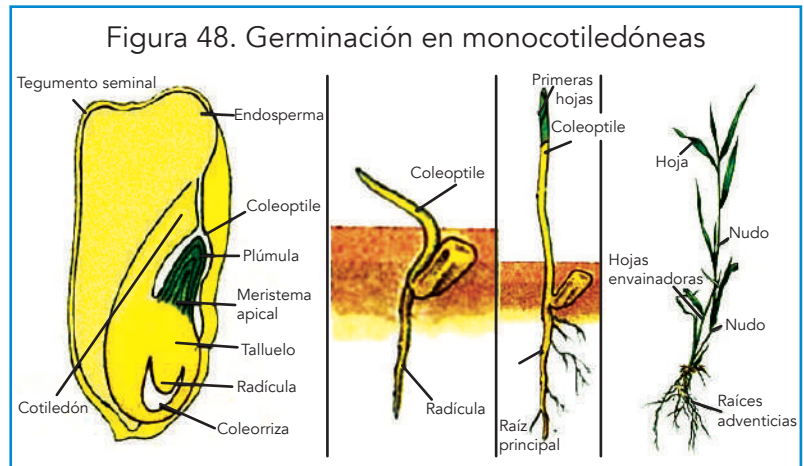
Los cotiledones terminan su función, se marchitan y se desprenden, dejando el nudo cotiledonal (lugar del talluelo donde estaban insertados) (De Francesco et al., 2015).



La secuencia de la germinación de una monocotiledónea (tomando como ejemplo una gramínea) es muy similar a la secuencia de una dicotiledónea, pero podemos resaltar las siguientes diferencias:

- Posterior al hinchamiento de la semilla, la coleorriza se abre para dar paso a la radícula.
- El coleóptilo o coleoptile, una envoltura cilíndrica (hoja modificada) que rodea el hipocótilo, crece en sentido contrario a la radícula, esto es, hacia la superficie.
- El cotiledón o escutelo, por ser de tipo hipógeo, permanece bajo la tierra.
- La radícula se transforma en raíz primaria.
- El coleóptilo es la primera estructura en emerger del suelo, debido a su forma puntiaguada y endurecida en su ápice.
- Se rasga el ápice del coleóptilo para dar paso a la primer hoja cotiledonar (sin ser cotiledón) y las hojas primarias.
- Se seca la raíz primaria y surgen las raíces adventicias que forman el sistema homorizo a nivel del nodo cotiledonal.
- Se expanden las hojas primarias que realizan fotosíntesis y protegen al meristemo apical.

A partir del meristemo apical surgen las hojas envainadoras, que tienen su origen en cada nuevo nudo (De Francesco et al., 2015).



Actividad (10 minutos)



Colocar los números de nombres en los siguientes esquemas:

- 1) Cotiledón
- 2) Epicótilo
- 3) Hipocótilo
- 4) Hoja cotiloidal
- 5) Meristemo apical
- 6) Nudo cotiledonal
- 7) Plúmula
- 8) Radícula
- 9) Raíz secundaria
- 10) Talluelo





Evalúa

Evaluación (5 minutos)

¿Cuál es el orden en que ocurren los siguientes eventos relacionados con la germinación de una gramínea? Coloca dentro del paréntesis el número 1 al primer evento, el 2 al segundo y así sucesivamente.

- () Crecimiento del coleóptilo.
- () Desarrollo de la hoja cotiledonar.
- () Desarrollo del meristemo apical.
- () Hinchamiento de la semilla.
- () Rompimiento de la coleoriza.
- () Surgen el sistema homorizo.



Glosario

Glosario básico

Adventicia (raíz): la que nace del tallo o de una hoja, en lugar de hacerlo en el sitio habitual.

Coleóptilo: hoja modificada que abre el camino a las hojas primarias y al meristemo apical durante la germinación de las gramíneas.

Coleoriza: vaina de monocotiledóneas que rodea a la radícula.

Endospermo: tejido del embrión de las plantas fanerógamas, que les sirve de alimento. Está conformado por células muy apretadas y gránulos de almidón incrustados en una matriz, gran parte de éste es proteína.

Germinación: proceso por el cual una semilla o espora inicia su proceso evolutivo hasta desarrollarse en una nueva planta.



Saber más

Para saber más del tema

Consulta la siguiente página: Arcila, Enrique. *Manual de propagación de cactáceas por semilla*. Asociación Yucateca de Cactáceas y Suculentas (ASYCS), disponible en:

http://asycs.weebly.com/uploads/4/6/5/1/4651414/cultivo_por_semillas_asycs.pdf



Bibliografía

Bibliografía

- De Francesco, Virginia y Carlos González (2015). "La germinación, texto didáctico" en *Embrión y plántulas de monocotiledóneas y dicotiledóneas*. Gabinete de Botánica. Laboratorio de Botánica. Argentina: Colegio Nacional de Buenos Aires. <<http://www.botanica.cnba.uba.ar/Trabprac/Tp4/Lagerminacion.html>>.
- Smallwood, William L. y Edna R. Green (2005). "Plantas con semilla: modelo fundamental de reproducción" en *Biología*. México: Patria.

4.4 Diferencias entre monocotiledóneas (maíz) y dicotiledóneas (rosal) (parte 1)

Objetivo

Distingue una planta monocotiledónea por sus características generales.



Objetivo

Rescate de conocimientos previos (5 minutos)

Antes de que el nuevo vegetal pueda realizar la fotosíntesis (por carecer de clorofila), ¿cómo se nutre el embrión de los vegetales?



Conocimientos previos

Desarrollo del contenido (30 minutos)

Considerando su número de cotiledones, las especies de la clase Angiosperma se agrupan en dos subclases: monocotiledóneas y dicotiledóneas.



Contenido temático

Las monocotiledóneas, liliópsidas o monocotas, tienen las siguientes características:

- Su número de especies es de 60 000 aproximadamente.
- El cotiledón es tejido de transferencia de nutrimentos.
- Los nutrimentos se derivan del endospermo, antes de que las hojas verdaderas hagan fotosíntesis.
- El cotiledón no emerge a la superficie y solo transfiere nutrientes a la plántula.
- En los tallos, los fascículos vasculares están dispuestos irregularmente sin distinguir el córtex de la médula.
- Las venas o nervaduras de las hojas están dispuestas en forma paralela.
- Las hojas tienen bordes lisos por lo general.
- El número de sépalos, pétalos, estambres y pistilos de la flor es de 3 o múltiplos de 3.
- Los granos de polen poseen una apertura.
- La raíz embrionaria muere y, por arriba de ella, nacen raíces iguales que forman el sistema radical homorizo (fibroso y múltiple).
- Principalmente son herbáceas.
- En muchas especies el cotiledón digiere y absorbe nutrimentos.
- Las semillas maduras tienen un endospermo que conforma la mayor parte de la semilla y contiene almidón.
- Por lo general carecen de cambio y, en consecuencia, poco o ningún crecimiento secundario.
- Su embrión está protegido por una vaina llamada coleoriza, que protege la radícula y otra vaina llamada coleóptilo, coleoptilo o coleoptile. Esta estructura es dura y puntiaguda durante la germinación, lo que facilita la emergencia de la plántula,. Primero emerge el cotiledón y, en rápida sucesión, la hoja verdadera (Barajas et al., 1984; De Erice, 2012; Fried, 1990; Smallwood et al., 2005; Mader, 2012).



Figura 49. Monocotiledóneas



Figura 50. Maíz



Un ejemplo representativo de las monocotiledóneas es el *Zea mays* L., cuyas especies son el maíz, acece, asise, pezuña de burro, pata de mula, dientes de mula, pata de gallina, maicillo, madre de maíz, maíz cimarrón, maíz de huizcatote y artoa. Es una planta herbácea anual robusta de entre 1.5 y 3 m de altura, tallos gruesos y macizos, y hojas alternas y anchas de hasta 10 cm con nervio central marcado. Tiene flores monoicas. Las masculinas forman panículas terminales (penachos) y las femeninas una inflorescencia axilar (panoja o mazorca), que están encerradas en espigas donde sólo sobresalen los estigmas.

Su fruto es una cariósida, dura y generalmente amarilla, aunque existen además colores como el rojo, azul y blanco, donde cada grano es un fruto. Los estilos largos exsertos en la parte apical de la mazorca forman la cabellera. Se usa como forraje y medicina (los estilos y estigmas sirven como cardiotónicos, hipotensorer, y en regímenes adelgazantes) o alimento, pues de la semilla se obtiene aceite y materia prima para preparar diversos comestibles. Con frecuencia es atacado por el tizón del maíz (*Ustilago maydis*) que transforma los granos de la mazorca en tumores llenos de esporas negras (cuitlacoche o huitlacoche) y que también es consumido como alimento (Universidad Pública de Navarra, 2017; Volák et al., 1988).

Actividad (10 minutos)

Actividad

Lee la siguiente información y subraya los términos que desconozcas. Posteriormente investiga sus significados e ilústralos.

Algunas de las familias en que se clasifican las monocotiledóneas son las siguientes:

- **Aráceas:** con 3 000 especies aproximadamente, son hierbas acuáticas o terrestres. Tiene rizomas o cormos y pueden ser trepadoras con raíces aéreas, epífitas o acuáticas flotantes (un cuerpo vegetativo taloide). Carecen de estípulas. Tienen hojas generalmente simples con venación paralela o palmada. Sus inflorescencias forman espigas con flores en un eje carnoso (espádice) subtendido por una bráctea similar a una hoja o pétalo (espata). Sus flores pueden ser hermafroditas o con un sexo. Tienen de 4 a 6 pétalos o pueden estar ausentes, y pueden ser libres o fusionados, inconspicuos, generalmente carnosos y valvados o imbricados. Tienen de 1 a 6 estambres, anteras con dehiscencia poricida o longitudinal, libres o fusionadas, carpelos fusionados (2-3) y ovario generalmente súpero. Sus frutos son usualmente bayas, pudiendo ser utrículo, drupa o nuez (Laboratorio de Sistemática de Plantas Vasculares, 2017). Ejemplo: *Zantedeschia aethiopica* L. (alcatraz, cartucho, capote, lampaz, cucurucho). Son plantas terrestres, de hasta 1 m de altura, sin savia lechosa, con tallo subterráneo y rizoma grueso. Tiene hojas espiraladas con peciolo de hasta 82 cm espajoso, lámina foliar simple de hasta 40 cm de largo y 24.5 de ancho, de oblongo-deltoideas a lanceolado-deltoideas, con base sagitada o subhastada con venas laterales. Su inflorescencia se llama espádice (espiga con el eje carnoso, rodeada por una espata) con la región masculina hacia el ápice y la femenina en la base, donde la región masculina es de 0.5 a 0.6 cm de ancho, de color anaranjado-dorado o amarillo-dorado. Presenta flores unisexuales sin periantio, las masculinas con 2-3 estambres separados, las femeninas con ovario súpero, trilocular con óvulos de 1-4 por lóculo, estilo uno. Sus frutos son bayas verdes o anaranjados en su base y contienen de 1 a 12 semillas. Su uso es ornamental (Mondragón et al., 2009). Otros ejemplos de aráceas son: cuna de Moisés, mano de león, paleta de pintor y los géneros *Monstera* y *Anthurium*.
- **Esparganiáceas:** cuentan con con 20 especies aproximadamente, son acuáticas o de pantanos. Sus numerosas flores son diminutas y unisexuales con capítulos globulares. Los superiores son masculinos y los inferiores son femeninos. Se polinizan por el viento. Su perianto es escamoso en las flores masculinas y bracteado en las femeninas. Su tallo es rizomatoso. Tiene hojas dísticas, bifaciales, fruto seco como drupa con perianto y estilo persistente (Tomanová, 2014). Ejemplo: *Sparganium erectum* (platanaria, junco pelotero). Crece en terrenos húmedos y en causes lentos de agua que se evaporan en verano y dejan cieno. Florece en verano. Importancia: es refugio y alimento de aves. Sus hojas pueden servir de forraje al ganado. Son plantas



indicadoras de terrenos ricos en nutrientes (fósforo y nitrógeno) por lo que puede ser usada en depuración de aguas. El famoso médico y farmacólogo griego Discóredes le atribuyó propiedades contra mordeduras venenosas (Jardín Botánico Atlántico, 2017). Otros ejemplos son *Sparganium emersum*, *Sparganium angustifolium*.

- **Juncáceas:** son 400 especies aproximadamente y tienen parecido con las gramíneas. Son hierbas con tallos rizomatosos, redondos y macisos. Sus hojas son basales, delgadas y alternas. Tienen pequeñas flores que forman por lo general una antera. Su fruto es una cápsula. Su inflorescencia puede ser una flor solitaria. Puede tener una o varias cimas, condensadas en un glomérulo. Sus flores son generalmente hermafroditas, inconspicuas, regulares, bracteadas e hipóginas. Presentan seis tépalos, separados e imbricados y de colores verde, rojo-marrón, blanco, amarillento o negro, los cuales son escariosos y sin hipanto. Su androceo tiene 6 estambres en 2 verticilios y su gineceo es súpero tricarpelar. Tiene óvulos numerosos anátropos y bitégmicos. Su fruto es una cápsula loculicida. Tiene de 3 a numerosas semillas con almidón en su endosperma (Tomanová, 2014). Ejemplo: *Juncus aemulans* (tule). Son hierbas perennes, densamente cespitosa, de 50 a 110 cm de alto y con rizomas rastreros. Presenta culmos erectos y teretes. Catáfilos 3 por culmo densamente cubiertos de hasta 14 cm de largo, con láminas aciculares rudimentarias. Su inflorescencia pseudolateral tiene muchas flores y está compuesta de muchas cimas. En las partes apicales posee drepanios unilaterales y flor abrazada por dos bractéolas acuminadas, con tépalos desiguales, lanceolados, acuminados, tres estambres y filamentos filiformes. Sus anteras son oblongas o lineales de color amarillo. Tiene una cápsula ovoide, trígona o trilobada de color castaño, triseptada. Semillas no vistas (Balslev et al., 2015). Otros ejemplos son: *luzula*, *oxychloe* y *distichia*.
- **Orquidáceas:** cuentan con alrededor de 30 000 especies y 60 000 híbridos producidos por el hombre. Poseen tubérculos de formas variadas, sus flores vistosas y coloridas poseen un ovario ínfero que gira 180° en la polinización, por lo que reciben el nombre de resupinadas. Uno de sus pétalos se alarga en espolón y los granos de polen se sueldan en polinios. Hacen simbiosis con el micelio de un hongo en sus raíces (micorriza) (Tomanová, 2014). Su nombre procede del griego *orkhys*, que significa testículos, por la semejanza de sus tubérculos con esos órganos sexuales. Algunas de sus flores son reconocidas por la mayoría de las personas. Excepto en los desiertos y las partes heladas, se encuentran distribuidas en el resto del planeta. Pueden ser terrestres o epífitas. Sus principales polinizadores son los hemípteros superiores (abejas y abejorros). Sus flores siempre nacen de una axila de una bráctea foliácea escuamiforme y son, en su mayoría, hermafroditas y zigomorfas. Pueden ser únicas o crecer en racimos o espigas. Las inflorescencias con muchas o pocas flores tienen forma ovoide, cilíndrica o cónica. Las flores de las orquídeas tienen las siguientes partes: pedicelo (une la parte inferior del ovario con el raquis, gineceo (órganos femeninos), androceo (órganos masculinos), ginostemo o

columna (fusión del estilo y los tres estigmas con los filamentos de los estambres) y perianto (compuesto de 2 verticilios con 3 tépalos cada uno, destacando el labelo). Durante la apertura de los botones florales (anthesis), el ovario sufre un giro de 180° (resupinación). Algunas no realizan este giro y algunas otras giran 360°. Tienen pseudotubérculos o rizomas que les permiten vivir en las épocas desfavorables. Tienen reproducción vegetativa a partir de yemas o goefitos, o bien reproducción a partir de sus semillas en asociación con géneros de hongos micorrizales, por ejemplo: *Rhizoctonia*, *Tullasnella*, *Thanaplephorus*, *Ceratobasidium*, *Oliveonia*, *Corticium*. Estos hongos les proveen de los nutrientes suficientes a través de sus hifas, toda vez que el cotiledón de sus semillas contiene pocas reservas para los embriones. Al germinar, las semillas producen masas de células indiferenciadas llamadas protocormos y pueden tardar años hasta que se desarrollen y estén en etapa reproductiva. Además existe la polinización por insectos y en ciertas circunstancias puede existir la autopolinización (Velasco *et al.*, 2008). Ejemplo: *Epidendrum radicans*, hierba de hábito terrestre que crece hasta 1.5 m; su tallo es cilíndrico, recto, de hasta 125 cm de largo y 8 mm de diámetro. Presenta raíces laterales adventicias, ramas más o menos erectas y trepadoras, así como hojas alternas y ovalado-elípticas de hasta 9 cm de largo y 2.5 cm de ancho de consistencia del cuero. Su base abraza el tallo y, en ocasiones, son de color púrpureo. Tienen una inflorescencia de hasta 60 cm de largo, flores con bráctea triangular en su base y labelo tiene su base angosta, unida a la columna (tubo formado por los estambres unidos al estilo) encorvada y dilatada hacia el ápice. El labelo en su ápice se ensancha y forma tres lóbulos con el margen desgarrado. Sus frutos son cápsulas acostilladas de hasta 4.4 cm de largo y 2.1 cm de ancho. Son algo encorvadas y dilatadas hacia el ápice. Tienen largas raíces carnosas, además de las del tallo. Florecen de septiembre a febrero, pudiendo hacerlo durante todo el año (Hanan *et al.*, 2009). Otros ejemplos de esta familia son: *phalaenopsis*, *cattleya* o lirio de mayo, *miltonia* o josefita, *oncidium*, torito y zapatilla de dama.

- **Liliáceas:** existen unas 3 700 especies aproximadamente, se desarrollan a partir de bulbos, tubérculos o rizomas. La flor tiene un ovario súpero y envolturas florales no diferenciadas. Sus hojas suelen ser alternas (Tomanová, 2009). Ejemplo: *Aloe vera* (sábila, sávila, zábila, bito-xha, barbados aloe, curacao aloe, medicinal aloe, unguentine cactus), planta exótica perenne y en ocasiones invasora de hasta de 1.5 m de altura y tallo caulescente. Es parecida al maguey, pero con poca fibra en sus hojas suculentas (con una masa gelatinosa), dispuestas en rosetas basales linear-lanceoladas a deltoideas, de hasta 50 cm de longitud, ascendentes o extendidas. Tiene ápice largamente atenuado y son carnosas de color verde claro o glaucas, con su cara superior casi plana y la inferior convexa. Tiene márgenes con dientes deltoides de hasta 3 mm de longitud, blanquecinos y en generalmente con su extremo superior café rojizo. Sus inflorescencias son racemosas sobre un pedúnculo glabro, con brácteas ovaladas y escariosas en la base.



Sus flores son amarillas, poco ramificadas, abundantes, colgantes, tuberosas, con 6 segmentos en su perianto y los 3 externos más suculentos, 6 estambres, anteras lineales, ovario súpero, sésil, con 3 lóculos y en cada uno de ellos numerosos óvulos dispuestos en dos series, estilo delgado y estigma corto. Su fruto es una cápsula coriácea que abre por líneas longitudinales, y presentan semillas trianguladas, aplanadas o mas o menos aladas de color negro. Se propaga por hijuelos o semillas. Su uso es medicinal, en quemaduras y heridas de la piel pues promueve la cicatrización. Es un fuerte laxante y forma parte de cremas, champús y otros productos dérmicos (Hanan *et al.*, 2009). Otros ejemplos de la liliáceas son: ajo, asfódelo, azucena, cebolla, drago, esparraguera, jacinto y tulipán.



Evaluación (5 minutos)

Investiga cuáles son los usos de los ejemplos siguientes, correspondientes a familias de monocotiledóneas. A continuación realiza un cuadro sinóptico que contenga las siguientes columnas: familia, ejemplos, usos, y entrégalo a tu profesor con las fuentes de consulta.

- Alismatáceas, ejemplo: lirio de agua.
- Amarilidáceas, ejemplos: campanilla, agapanto, cólquico, narciso.
- Butomáceas o butómeas, ejemplos: comprende un solo género y una sola especie: *butomus umbellatus*.
- Ciperáceas, ejemplos: *oreobolus*, *scirpus*, *trilepis*, *lipocarpa*.
- Gramíneas, con 8 000 especies, ejemplos: avena, cebada, centeno, maíz, mijo, trigo.
- Iridáceas, ejemplos: *tigridia*, *watsonia*, *neomarica*, *iris*, *gladeolus*.
- Lemnáceas, ejemplo: lenteja de agua.
- Potamogetonáceas, ejemplos: potamogeton, stuckenia.
- Tifáceas, ejemplo: espadaña.
- Triliáceas, ejemplos: *trillium*, *paris*, *veratrum*.
- Palmáceas, ejemplos: cocotero, palmera datilera, palmera canaria, palmito.



Glosario básico

Cambio: tejido meristemático que le proporciona crecimiento en grosor a las plantas.

Córtex: tejido intermedio entre el tejido superficial y la parte central o inferior.

Exerto: dicho de estambre o de un estilo, que sobresale de la garganta de la corola. Dicho de un pétalo, que sobresale del cáliz. Se opone a inserto.

Inconspicuo: órgano poco aparente.

Meristema: tejido vegetal no diferenciado, a partir del cual se forman otros tejidos.

Para saber más del tema



"Las flores de las orquídeas"

Estas flores son de las más apreciadas, y constan de las siguientes estructuras:

- **Pedicelo:** une el extremo inferior del ovario con el raquis; si carecen de pedicelo son sentadas.
- **Gineceo:** conjunto de órganos femeninos. Está formado por 3 carpelos soldados en ovario único con un estilo y tres estigmas. En ocasiones el ovario es trilobular. En su mayoría, el fruto es una cápsula y en pocas ocasiones es carnoso.
- **Androceo:** es el conjunto de órganos masculinos de la flor, formado por uno o más (2 a 3) estambres. El polen puede ser en granos simples (monadas), tétradas o bien en masas de miles unidos por bandas elásticas de elastovicina que forman polinios. Éstos son estructuras uniformes (variando entre 2 y 12). Si los granos de polen están adheridos en torno a un núcleo central de elastovicina se les llaman másulas, y varias másulas (de pocas decenas hasta 200) con un núcleo central forma un polinio. Frecuentemente el polinio está sostenido por un pedículo (caudícula) de elastovicina. La caudícula está unida al retináculo (cuerpo gomoso). Algunos retináculos están cubiertos por una membrana protectora (bursícula). Otras especies tienen estípites, filamento que une la caudícula al retináculo. En promedio, un insecto deposita 30 másulas por estigma. Con cada polinio se fecundan de 5-6 flores.
- **Ginostemo:** también llamada columna, ubicada en el centro de la flor, opuesta al labelo, es la fusión del estilo y los tres estigmas con los filamentos de los estambres, aunque las tres estructuras pueden estar también separadas. En la parte superior del ginostemo se encuentra la antera, de forma oblonga y con 4 sacos polínicos, alojada en una cavidad (clinandrio). La antera puede estar modificada y dividida en diversas formas. En la parte inferior e interna del ginostemo se encuentra la zona estigmática (ligeramente cóncava y brillante) que produce una sustancia azucarada y viscosa, lugar donde se adhiere el polen. De los tres estigmas, sólo dos son funcionales y el tercero es estéril y en ocasiones se transforma en una expansión llamada rostelo. Su función es impedir la autofecundación (pues impide el contacto entre los sacos polínicos y los estigmas). Si la orquídea tiene bursícula y retináculo, estos están situados arriba del rostelo (formando parte de él). Además existen orquídeas que tienen los 3 estigmas fértiles y carecen de rostelo.
- **Perianto:** es la envoltura floral que cubre y protege las estructuras fértiles (androceo y gineceo). Está formado por seis tépalos, dispuestos en dos verticilios (interno y externo) con 3 tépalos cada uno. El tépalo medio del verticilio interno se llama labelo y es una plataforma en la que se posan los insectos polinizadores. Suele ser el de mayor tamaño y estar lobulado. Su forma y colores están adaptados para atraer a los polinizadores. Existen por lo general manchas o "señales de néctar" en algunas especies. La base del labelo se hunde en el llamado espolón, que contiene néctar (Velasco et al., 2008).



Bibliografía

- Balslev, Henrik y Rodrigo Duno de Stefano (2015). "*Juncus aemulans*" en *La familia de las Juncaceae en México*, *Acta botánica mexicana* 111, pp. 61-164. <[http://www1.inecol.edu.mx/abm/articulos/Acta111\(61-164\).pdf](http://www1.inecol.edu.mx/abm/articulos/Acta111(61-164).pdf)>.
- Barajas, Esperanza, Blanca Romo de Roldán y Salvador Lima Gutiérrez (1984). *Bios Vida*. México: Herrero.
- De Erice Zúñiga, Elena y Jesús Arturo González Mandujano (2012). "Organografía vegetal" en *Biología. La ciencia de la vida*. Perú: Mc Graw Hill.
- Fried, George H. (1990). "Reproducción y desarrollo en las plantas con flores" en *Biología*. México: Mc Graw Hill.
- Hanan Alipin, Ana María; Juana Mondragón Pichardo, Heike Vibrans y Pedro Tenorio Lezama (2009). "*Epidendrum radicans*" en *Orchidaceae*. México: Conabio. <<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/orchidaceae/epidendrum-radians/fichas/ficha.htm>>.
- Jardín Botánico Atlántico de Gijón (2017). "Esparganio (*Sparganium erectum*)": Jardín botánico atlántico de Gijón. <<https://botanico.gijon.es/publicacions/show/5366-esparganio-sparganium-erectum>>.
- Laboratorio de sistemática de plantas vasculares (2017). "Araceae". Uruguay: Departamento de ecología y ciencias ambientales, Facultad de Ciencias, Universidad de la República. <http://www.thecompositaeht.com/www_tch/webcurso_spv/familias_pv/araceae.html>.
- Mader, Sylvia S. (2012). "Desarrollo de la semilla" en *Biología*. México: Mc Graw Hill.
- Mondragón, Pichardo Juana y Pedro Tenorio Lezama (2009). "*Zantedeschia aethiopica* L. (Alcatraz)" en *Araceae*. México: Conabio. <<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/araceae/zantedeschia-aethiopica/fichas/ficha.htm#1.%20Nombres>>.
- Smallwood, William L. y Edna R. Green (2005). "Plantas con semilla: modelo fundamental de reproducción" en *Biología*. México: Patria.
- Tomanová, Eliska (2014). *Plantas silvestres*. Madrid: Susaeta.
- Universidad Pública de Navarra (2017). "*Zea mays* L.: maíz, familia graminiae" en: *Herbario*. España: Departamento de producción agraria. <http://www.unavarra.es/herbario/pratenses/htm/Zea_mays_p.htm>.
- Velasco Ortega, Luis y Pepe Beltrán Barea (2008). "Las orquídeas" en *Orquídeas del Parque Natural Sierra de Grazalema*. Andalucía: Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. <http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Patrimonio_Natural_Uso_Y_Gestion/Espacios_Protegidos/publicaciones_renpa/orquideas_grazalema/01_presentacion_agradecimientos.pdf>.
- Volák, Jan y Jirí Stodola (1988). "Maíz (*Zea mays* L.) graminiae" en *El gran libro de las plantas medicinales*. Madrid: Susaeta.

4.4 Diferencias entre monocotiledóneas (maíz) y dicotiledóneas (rosal) (parte 2)

Objetivo

Distingue una planta dicotiledónea por sus características generales.



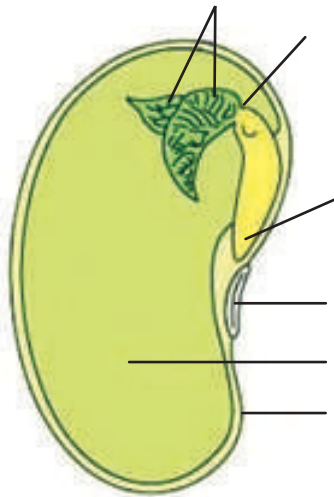
Objetivo

Rescate de conocimientos previos (5 minutos)

Reúnete con otros dos compañeros y escriban los nombres que se señalan en el siguiente dibujo que corresponde a una semilla dicotiledónea.



Conocimientos previos



Desarrollo del contenido (30 minutos)



Contenido temático

Considerando su número de cotiledones, las especies de la clase Angiosperma se agrupan en dos subclases: monocotiledóneas y dicotiledóneas.

- Las dicotiledóneas, magnoliópsidas o eudicotiledóneas tienen las siguientes características:
 - Es la subclase más abundante en especies (200 000).
 - El floema está entre los brazos del xilema.
 - El xilema está dispuesto en forma de estrella.
 - En los tallos, los fascículos vasculares están dispuestos en forma de anillo o círculo que separan al córtex de la médula.
 - Las venas o nervaduras de las hojas están dispuestas en forma de red (ramificadas varias veces).
 - En las flores, el número de sépalos, pétalos, estambres y pistilos de la flor varía entre 4 y 5, o bien múltiplos de 4 o 5.
 - Los granos de polen, poseen 3 aperturas.
 - Los cotiledones se transforman en las primeras hojas de la planta al emerger del suelo.



- La raíz es principal y de ellas se desprenden ramificaciones (de 2º orden) y de éstas, otras más y así sucesivamente hasta ramificaciones de 5º orden, lo que forman el sistema radical alorrizo.
- Pueden ser herbáceas o leñosas (árboles).
- Los cotiledones son los almacenes de alimento, por ejemplo, el almidón que nutre al embrión y la plántula, antes de que esta realice fotosíntesis.
- Las semillas maduras generalmente carecen endospermo pues los nutrientes de éste están contenidos en los cotiledones.
- Poseen tejido cambium (Barajas et al., 1984; De Erice et al., 2012; Fried, 1990; Smallwood et al., 2005; Mader, 2012).

Figura 51. Dicotiledóneas

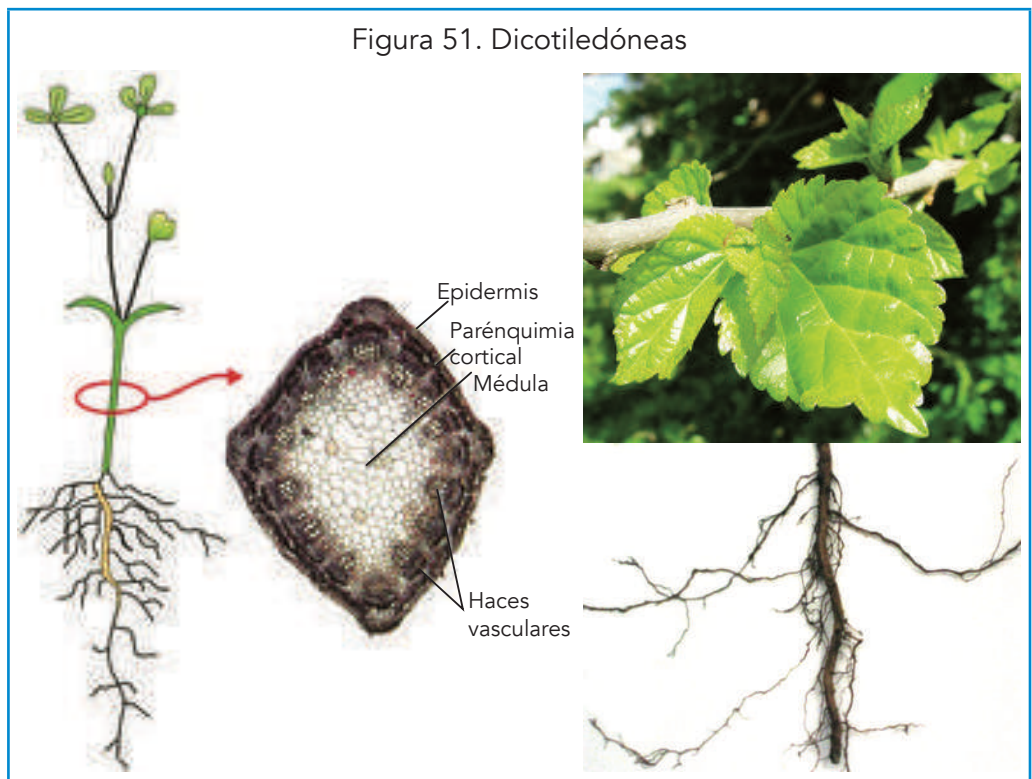


Figura 52. Características de las dicotiledóneas



Un ejemplo representativo de las dicotiledóneas es la *Rosa centifolia* L. (rosa, rosa de Castilla, rosa aromática, rosa té, rosa blanca, rosa común, rosa de cien hojas, rosal romano, rosa de mayo o rosal de la Provenza). Es un arbusto de hasta 2 m de altura, con tallo y ramas parduzcas con espinas anchas en su base, curvas y con punta fina, que parecen agujijones. Sus hojas son caducas, imparapinnadas de color verde oscuro. Los tallos y hojas jóvenes tienden a virar hacia los tonos rojizos. Los folíolos (de 5

a 7) son dentados y con pequeñas espinas. Sus flores son redondeadas de copa globular con gran cantidad de pétalos delgados, superpuestos de color rojo, rosa, amarillo o blanco y con un agradable olor a perfume, de corola siempre compactas y hermafroditas. La polinización se da por insectos o autopolinización. Sus frutos son pequeños y secos, parecidos a manzanas. Es resistente a las heladas. Su propagación es por esquejes o injertos. Dentro de las plagas que afectan esta planta están los pulgones que atacan los renuevos y los botones de las flores, los hongos de los cuales destaca el oidio que produce un polvillo blanco y harinoso en el haz de las hojas, y la roya que provoca manchas naranjas negruzcas en el envés de las hojas. Tiene usos medicinal, ornamental, alimenticio y en perfumería y cosméticos (Volák et al., 1988; Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana, México, 2009).

Figura 53. Rosa



Actividad (10 minutos)



Actividad

Investiga cuál es la utilidad de los ejemplos siguientes, correspondientes a familias de dicotiledóneas. Luego realiza un cuadro sinóptico que contenga las siguientes columnas: familia, ejemplos y usos, y entrégala a tu profesor con las fuentes de consulta.

- **Cactáceas**, ejemplos: nopal, quiotilla, peyote, xoconostle, cabeza de viejo, pitaya, garambuyo y tetecho.
- **Caprifoliaceae**, ejemplos: dipsacus, flor de la viuda, scabiosa, pteroccephalus y cephalaria.
- **Droseráceas**, ejemplos: dionaea o venus atrapamoscas, drosera o rocío del sol y aldrovanda.
- **Ericáceas**, ejemplos: rododendro, azalea, arctostaphilos, sarcodes, epacris, zenobia, kalmia y corema.
- **Escrofulariáceas**, ejemplos: chelone o cabeza de tortuga, euphrasia, verónica, digitalis purpurea o dedalera, linaria y scrophularia.
- **Euforbiáceas**, ejemplos: ochoó o jabilla, ricino o tártago, mandioca o tapioca, siringa o árbol del caucho y nochebuena o flor de pascua.
- **Fabáceas o leguminosas**, también llamadas papilionáceas, ejemplos: cacahuete o maní, soya, vicia, garbanzo, crotalaria, alfalfa, frijol (también llamado, habichuela, poroto, alubia, judía), mucuna, erythrina y arveja guisante o chícharo.
- **Fumariáceas**, ejemplos: dicentra, fumaria, adormidera o amapola real.
- **Gencianáceas**, ejemplos: genciana o hierba de San Ladislao, exacum, fraseria, orphium, cicendia, helia, sabatia, gentianella y schultesia.
- **Geraniáceas**, ejemplos: erodium, geranio, monsonia y pelargonium.
- **Hipericáceas**, ejemplos: hypericum, vismia y triadenum.
- **Lamiaceae o labiadas**, ejemplos: *Ocimum basilicum* o albahaca, orégano, thymus o tomillo, mentha y romero.



Evalúa



Actividad



Glosario

- **Litráceas**, ejemplos: granada, cuphea, duabanga y *Lythrum portula*.
- **Lorantáceas**, ejemplos: phthirusa, tapinanthus, loranthus y englerina.
- **Malváceas**, ejemplos: hibiscos, malva y algodón.
- **Meniantáceas**, ejemplos: villarsia, menyantes y nymphoides.

Evaluación (5 minutos)

Reúnete con un compañero y elaboren un cuadro sinóptico comparativo sobre las características generales de las plantas monocotiledóneas y dicotiledóneas.

Actividades

1. Investiga a qué familia corresponde cada una de las siguientes plantas
 Ají: _____ Fresa: _____
 Hinojo: _____ Jitomate: _____
 Mandarina: _____ Membrillo: _____
 Naranja: _____ Ortiga: _____
 Pomelo: _____ Toloache: _____
 Tomate verde: _____ Zanahoria: _____
 Zapote blanco: _____ Fuente de consulta: _____

2. De las siguientes familias selecciona una y busca sus características generales y ejemplos con imágenes. Incluye fuentes de consulta. Entrégala a tu profesor:

Ninfáceas, Onagráceas, Oxalidáceas, Papaveráceas, Parnassiaceae, Pyrolaceae, Plantagináceas, Poligalaceae, Poligonaceae, Primuláceas, Ranunculaceae, Rosáceas, Rubiaceae, Rutáceas, Saxifragaceae, Solanáceas, Thymeleaceae, Trapáceas, Apiaceae o Umbelíferas, Urticáceas, Valerianaceae, Verbenáceas, Violáceas.

Glosario básico

Cáliz: verticilio más externo de la flor, generalmente de color verde.

Corola: segundo verticilio de las flores completas, situado entre el cáliz y los órganos sexuales y que presenta, por lo general, bellos colores.

Cotiledón: del griego *cotyledon* que significa cavidad en forma de copa. Es el lugar donde se concentran los nutrientes; su función es servir de alimento para el embrión de la planta.

Cormo: tallo engrosado subterráneo, de base hinchada y crecimiento vertical que contiene nudos y abultamientos de los que salen yemas; acumulan sustancias nutritivas.

Para saber más del tema



Saber más

El "ABC" de las dicotiledóneas

Algunas de las familias de las dicotiledóneas, que inician su nombre con A, B o C son las siguientes:

- **Apocináceas:** de flores pentámeras y hojas simples opuestas, generalmente desprovistas de estípula (Tomanová, 2014). Incluye 1 300 especies. Ejemplo: *Plumaria rubra*. Su flor es aromática y dulce, y es usada en Hawai para hacer collares de guirnaldas, para elaboración de alimentos, jabones, lociones, colonias, burbujas para baño y aceites para masajes. El látex se usa para elaborar chicle. Toda la planta contiene alcaloides que funcionan como estimulantes cardíacos y actúa como galactogogo. Su látex es venenoso. La corteza, en infusión, cura contusiones internas y, en jugo, se usa para curar heridas (Conabio, 2017). Otros ejemplos: *dyera*, *alstonia*, *cerbera*, *holarrena*, *apocynum*.
- **Araliáceas:** trepadoras con zarcillos adventicios. Sus piezas florales agrupadas en número de cinco y las flores forman umbrelas. Su fruto es una baya (Tomanová, 2017) de 4 500-5 500 especies. Ejemplo: *Hedera helix* L. (Hiedra). Posee raíces aéreas para trepar y soportar el peso de la planta. Crece sobre muros y en bosques perturbados, y soporta la sombra. Sus frutos son venenosos. Fue declarada en algunos estados de los EUA como maleza nociva, pues su sabia puede causar dermatitis. su uso es ornamental (Hanan et al., 2009). Otros ejemplos son: ginseng, *aralia*, *meryta*, *schefflera* y *fatsia*.
- **Aristolochiáceas:** su nombre deriva del griego "útil para el nacimiento" por su uso en la antigüedad para ayudar en los partos. Poseen flores trímeras (Tomanová, 2014) y hay 500 especies. Ejemplo: *Aristolochia grandiflora* (flor de pato, flor pelícano, hierba del indio, tlacopatli y sombrero de don zope). Es una enredadera con flores de gran tamaño (12 a 23 cm de pedúnculo, base globosa, inflamada de 6–12 X 2–3.5 cm, tubo de 8-13 cm de largo, curvado hacia el ápice, lóbulo linguado, elíptico de 12-31 cm de diámetro, de color crema con retícula rojo cardenal y el ápice acorazado, la base con una cola de 7-150 cm de largo, la garganta de rojo cardenal, al encapsularse es de forma más o menos cilíndrica de 13-15 cm de longitud, con cinco costillas longitudinales, semillas ovaladas de 1-1.3 cm). Tiene un olor desagradable para el humano, pero no así para moscas y mariposas quienes, al posarse en ella, son atrapados al cerrarse y se llenan de polen para ser liberados un día después. Su uso es ornamental y, aunque se le atribuyen usos terapéuticos, en medicina es considerada cancerígena por contener ácido aristolóquico (Conabio, 2017). Otros ejemplos son: jengibre salvaje o *asarum*, *pararistolochia*.
- **Balsamináceas:** con tallos carnosos de simetría bilateral, sus frutos son cápsulas con valvas maduras que se abren al menor contacto para expulsar las semillas. Tiene 500 especies. Ejemplo: *Impatiens noli-tange-*



re (balsamina de los bosques, hierba de Santa Catalina, nometoques, hierba de las moscas). Su nombre significa "impaciente no-tocar", por la característica de sus frutos maduros para dispersar las semillas (balocoria). Es una planta anual, de 50 a 120 cm y crece en bosques húmedos. Tiene flores amarillas, grandes y colgantes que forman racimos, tres sépalos y una parte trasera con espolón encorvado. Son pentámeras y tienen puntos rojos por dentro. Su utilidad es ornamental (Tomanová, 2014). Otro ejemplo: hydrocera.

- **Borragináceas:** plantas cubiertas de pelos ásperos, tienen flores dispuestas en cimas escorpiónidas, y fruto con cuatro carpelos (Tomanová, 2014). Comprende 2 500 especies. Ejemplo: *Tournefortia glabra* L. (condoncillo, limoncillo, zopilotillo, palo de agua), arbusto o árbol de 8 m de altura, perenne, con hojas alternas, flores pentámeras y fruto globoso, blanco y sin pelillos, de 3-5 mm de diámetro y seco que se divide de 2 a 4 unidades como gajos de naranja. Es usado como tratamiento para el reumatismo y sus hojas en cataplasma para los pies durante la influenza (Hanan et al., 2009). Otros ejemplos son: heliotropos, pulmonaria, borago o borraja, viborera.
- **Campanuláceas o lobeliáceas:** hierbas, arbustos y árboles pequeños. Contienen jugo lechoso y tóxico, con corola campaniforme y fruto en cápsula (Tomanová, 2014). Tienen 2 200 especies. Ejemplo: *Lobelia cardinalis* L. (cardenal de la laguna, cardenal de maceta), flor de 2 a 5 cm de largo, con hipantio (fusión de cáliz con partes interiores de la flor) con ápice de 5 lóbulos muy delgados y en ocasiones con pelillos. Tiene corola generalmente de color rojo, en forma de tubo perforado con perforación y 5 lóbulos, 2 de ellos en dirección opuesta (labio superior) y 3 unidos en su base (labio inferior). Posee 5 estambres unidos al tubo de la corola, dos de ellos más cortos (todos unidos en la parte superior y pelos blancos en la punta). Su fruto es cápsula y semillas pequeñas reticuladas. Polinizada frecuentemente por colibríes. Su uso es ornamental (Hanan et al., 2009). Otros ejemplos: *cyanea*, *isotoma*, *centropogon*, *monopsis*.
- **Cariofiláceas:** con ramificaciones ahorquilladas, con flores generalmente dispuestas en cimas dicótomas y con paracorola (Tomanová, 2014). Consta de 2 000 especies. Ejemplo: *Stellaria ovata* Willd. ex Schltz (matanza), tripa de pollo, culantro de monte o cuatillera. Tiene cáliz de 5 a 6 sépalos ovalados o elípticos (5mm de largo), corola de pétalos blancos de 5 a 6 y ápice dividido en dos lóbulos. Su fruto es seco. Tiene una cápsula con tres valvas que se abren al madurar y semillas pequeñas de color café con protuberancias en su superficie. Su impacto es alto al cubrir los suelos de cultivo (frijol, maíz) como un tapete de maleza (Hanan et al., 2009). Otros ejemplos: clavelinas, sanguinaria, collejas.
- **Cistáceas:** ovario con tres carpelos soldados. Su fruto es una cápsula y su flor tiene cáliz con 3-5 sépalos libres, corola de 5 pétalos que se marchitan rápidamente y numerosos estambres libres. Esta familia está compuesta de 150 especies, principalmente mediterráneas (Tomanová,

2014). Ejemplo: *Cistus ladanifer* (cogollo, estepa, gallarín, hierba lopera, lada, ladano), arbusto de 150cm de altura y 1m de anchura, con flores hermafroditas, perfumadas y de pétalos blancos con toques carmín. Su uso es decorativo (Pérez, 2017). Otro ejemplo: fumana.

- **Compuestas**, también llamadas **asteráceas**. Éste último nombre hace alusión a la forma de estrella de su inflorescencia. Es la familia con el mayor número de especies, llegando a 23,500. Su inflorescencia se compone de capítulo (cabezuela) rodeado de involucro (una o más filas de brácteas). Sus flores pueden ser tubuladas en el centro y liguladas a su alrededor (por ejemplo, la margarita mayor) o bien de un solo tipo, ya sea tubulada (ejemplo el Cardo) o ligulada (por ejemplo la Velloso). Sus frutos son aquenios, a menudo en pico y con vilano (Tomanová, 2014). Ejemplo: *Helianthus annuus* L. (girasol, maíz de Texas, flor de sol, gigantón, lampote, gordolobo, polocote, chimalte, yendri, quisniquitonale, xaricamata o sunchín), hierba robusta de hasta 3 m de altura, con tallo erecto, simple o ramificado, toscamente hispido. Tiene flores con cabezuelas exteriores grandes y amarillas de 10 cm aproximadamente. Las interiores son tubulares y de color café. Da frutos de 3.5-5.5 mm con dos escamas que se caen pronto. Sus flores liguladas (8 o más) son láminas oblongas u oblanceoladas, amarillas o naranjas de hasta 5 cm largos. Sus corolas, a menudo oscuras en su ápice, miden más o menos de 7 mm de largo. Su frutos son aquenios oblongos u ovoides, de 16 mm de largo color grisáceo, a menudo moteado, vilano de dos escamas lanceoladas y caducas. Se usan para preparar comestibles, medicinas y ornamentos (Mondragón et al., 2009). Otros ejemplos: cardo, lechuga, margarita, artemisa, stevia, trixis, mutisia, arctotis y stokesia.
- **Convolvuláceas**: con 650 especies, esta familia también es conocida como campánulas por la forma de sus flores. En su mayoría tienen tallos volutos por lo que son trepadoras. Existen árboles, arbustos y hierbas. Sus flores tienen forma de embudo, hipogea, con 5 sépalos y 5 pétalos unidos y 5 estambres, y hojas simples y alternas. El fruto es una baya o una cápsula con 4 o más semillas (Tomanová, 2014). Ejemplo: *Ipomea batatas* L. (Camote, papa dulce, boniato, camotli, camuaj, iz, manta, uarasu, tanut), enredadera perenne. Su inflorescencia es cima y su flor tiene sépalos oblongos con extremos acuminados y cuspidados, pubescentes o ciliados. Su corola es campanulada con limbo de color púrpura-lavanda y garganta más oscura, de 4-7 cm de largo. Su fruto es una cápsula ovoide, glabra, de color café claro-paja y bilocular de 4 valvas. Genera semillas glabras o pilósulas, subglobosas-tígonas; Su raíz es tuberosa y comestible (aquí radica su importancia). En los cultivos de agave y maíz es considerada maleza (Mondragón et al., 2009). Otros ejemplos de esta familia son: ololiuhqui, campanilla, campanilla de playa, correhuela o cuscuta.
- **Crasuláceas**: con sus hojas gruesas y carnosas (suculentas) acumulan agua en ellas. Viven en zonas calurosas con escasa agua. Sus hojas están dispuestas de manera variada y sin estípulas. Su inflorescencia frecuentemente cima con flores hermafroditas. Sus frutos son folículos



o cápsulas. Comprende 1 300 especies aproximadamente (Tomanová, 2014). Ejemplo: *Echeveria setosa ciliata*, con tallo corto sin ramificaciones, rosetas de 5-13 cm, densas, hemiesféricas o aplanadas, cada una con 30 o 100 hojas, más largas que anchas obovado-cuneadas, ciliadas en la quilla cerca del ápice y los márgenes cerca de la base, de superficie glabra pudiendo tener pelos dispersos y más raro que sea hirsuta. Tiene tallos florales de 6-27 cm de largo, con 17-25 hojas. Su inflorescencia es un cincino de 3-14 flores. Su hábitat están en peligro por el pastoreo y la tala (García, 2003). Otros ejemplos son: *kalanchoe*, *Rhodiola rosea*, *crassula*, *sedum*, *aichryson* y *Cotyledon orbiculata*.

- **Crucíferas o Brassicaceae:** sus flores son hermafroditas, con cuatro pétalos, 6 estambres y frutos de diferentes clases: silicuas o silículas, o aquenios. Incluye 2 000 especies. Ejemplo: *Sinapsis arvensis* L. (mostaza de los campos, mostaza silvestre, basa, ziape), planta anual de entre 20 y 80 cm de altura. Crece en campos y baldíos, con tallo hispido en la base, hojas de la base liradas y pinnatifidas, las superiores ovales o elípticas dentadas de manera irregular, flores amarillas con 4 pétalos, agrupadas en racimos de hasta 20, sépalos simétricamente desplegados, fruto en silícula articulada, semillas lisas de color pardo rojizo oscuro, mismas que al humedecerse se tornan mucilaginosas. Conservan su facultad germinativa entre 25-50 años. Es planta forrajera; además es sembrada para captar nitritos del suelo y es arrancada antes de que eche la semilla para evitar su propagación incontrolada. Su semilla se utiliza para preparar condimentos alimenticios. Contiene sinapina con efecto antibiótico contra bacterias Gram negativas (Tomanová, 2014). Otros ejemplos: col, brócoli, rábano, berza, berros, coliflor, camelina y *cochlearieae*.



Bibliografía

Bibliografía

- Barajas, Esperanza, Blanca Romo de Roldán y Salvador Lima Gutiérrez (1984). *Bios Vida*. México: Herrero.
- Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana (2009). "Rosa de castilla, *Rosa centifolia* L., Rosaceae" en *Atlas de las plantas de la Medicina Tradicional Mexicana*. México: UNAM. <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/monografia.php?l=3&t=Rosa_centifolia&id=7458>.
- Conabio (2017). "*Plumeria rubra*". <www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/6-apocy2m.pdf>.
- De Erice Zúñiga, Elena y Jesús Arturo González Mandujano (2012). "Organografía vegetal" en *Biología. La ciencia de la vida*. Perú: Mc Graw Hill.
- Fried, George H. (1990). "Reproducción y desarrollo en las plantas con flores" en *Biología*. México: Mc Graw Hill.
- García Mendoza, A. J. (2003). "Ficha técnica de *Echeveria setosa* var. *ciliata*. Revisión de las Agavaceae (sensu stricto), Crassulaceae y Liliaceae incluidas en el PROY-NOM-059-ECOL-2000". México: UNAM, Jardín Botánico, Instituto de Biología. <<http://www.enciclovida.mx/especies/6066891>>.

- Hanan Alipin, Ana María; Juana Mondragón Pichardo, Heike Vibrans y Pedro Tenorio Lezama (2009). "*Epidendrum radicans*" en *Orchidaceae*. México: Conabio. <<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/orchidaceae/epidendrum-radicans/fichas/ficha.htm>>.
- Mader, Sylvia S. (2012). "Desarrollo de la semilla" en *Biología*. México: McGraw Hill.
- Mondragón Pichardo, Juana, Francisco Perdomo Roldán y Pedro Tenorio Lezama (2009). "*Helianthus annuus* L. (girasol)" en *Asteraceae = Compositae*. México: Conabio. <<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/asteraceae/helianthus-annuus/fichas/ficha.htm>>.
- Mondragón, Pichardo Juana y Pedro Tenorio Lezama (2009). "*Zantedeschia aethiopica* L. (Alcatraz)" en *Araceae*. México: Conabio. <<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/araceae/zantedeschia-aethiopica/fichas/ficha.htm#1.%20Nombres>>.
- Pérez, Micaela (2017). "*Cistus ladanifer*" en *Cistaceae, Botánica y jardines*. <www.botanicayjardines.com/cistus-ladanifer/>. Smallwood, William L. y Edna R. Green (2005). "Plantas con semilla: modelo fundamental de reproducción" en *Biología*. México: Patria.
- Tomanová, Eliska (2014). *Plantas silvestres*. Madrid: Susaeta.
- Volák, Jan y Jirí Stodola (1988). "Maíz (*Zea mays* L.) graminiae" en *El gran libro de las plantas medicinales*. Madrid: Susaeta.

Índice de imágenes

Módulo 1

1. Diferenciación celular. Fuente: http://images.slideplayer.es/41/11364185/slides/slide_5.jpg
2. Segmentación. Fuente: <https://thumbs.dreamstime.com/z/initial-period-fetal-development-structure-zygote-blastocyst-infographics-vector-illustration-isolated-78519376.jpg>
3. Gastrulación. Fuente: <https://i.stack.imgur.com/gABeE.jpg>
4. Neurulación. Fuente: <https://temasmedicosvarios.files.wordpress.com/2012/09/desarrollo-embriolc3b3gico-del-sn.jpg>
5. Organogénesis. Fuente: http://2.bp.blogspot.com/-47MyRV14rMQ/VX3_SNPkhCI/AAAAAAAAAMk/Jfh6-WunCXY/s1600/EL%2BDESAROLLO%2BEMBRIONARIO.jpg
6. Capas germinales. Fuente: <https://www.lifeder.com/wp-content/uploads/2017/04/ectodermo.jpg>
7. Mesoderma. Fuente: <https://www.lifeder.com/wp-content/uploads/2017/04/mesodermo.png>
8. Endoderma. Fuente: <https://www.lifeder.com/wp-content/uploads/2017/04/endodermo.jpg>
9. Epitelio. Fuente: <http://image.slidesharecdn.com/ppptejidos-161025020407/95/tejidos-8-638.jpg?cb=1477361279>
10. Tejidos musculares. Fuente: <http://image.slidesharecdn.com/msculo2013-130708013425-phpapp01/95/tejido-muscular-4-638.jpg?cb=1373247387>
11. Fibroblastos. Fuente: <http://www.cosmetica.com.ve/2016/11/04/cultivo-de-fibroblastos-rejuvenecer-la-piel-con-las-propias-celulas/>
12. Macrófago. Fuente: <https://es.slideshare.net/medicinac/exptejidoconectivo>
13. Células plasmáticas. Fuente: <https://es.slideshare.net/pars011/lab-histologia>
14. Mastocitos, de color púrpura, en la dermis de la piel de cerdo. La tinción es con azul de toluidina pero los gránulos de los mastocitos presentan metacromasia y dan al citoplasma el aspecto púrpura. Fuente: <http://mmegias.webs.uvigo.es/8-tipos-celulares/mastocito.php>
15. Adipocitos en los dos tipos de tejido adiposo. Fuente: <https://cienciatoday.com/que-son-los-adipocitos/>
16. Tipos de células sanguíneas. Fuente: <https://www.esalud.com/leucocitos-altos/>
16. Matriz amorfa. Fuente: <http://www3.uah.es/mapa/seminarios/activos/Tema%2015/pages/proteoglucanos%20y%20agua.jpg.htm>
18. Tejido conectivo (técnica hematoxilina-eosina). Fuente: <http://hjaldanamarcos.bravepages.com/unidades/unidad3/amorfa.htm>
19. Micrografía de fibras colágenas en tejido conectivo. Fuente: <http://hjaldanamarcos.bravepages.com/unidades/unidad3/amorfa.htm>
20. Fibras elásticas de pared de aorta. Fuente: <https://www.google.com.mx/search?safe=active&biw=1280&bih=669&tbn=isch&q=fibras+elasticas+tejido+conectivo&sa=X&ved=0ahUKEwiR49YKHQIMDJM>
<http://www.google.com.mx/search?safe=active&biw=1280&bih=669&tbn=isch&q=fibras+elasticas+tejido+conectivo&sa=X&ved=0ahUKEwiR49YKHQIMDJM>
21. Fibras reticulares en tejido conectivo (impregnación argéntica). Fuente: <http://slideplayer.es/slide/10828607/>
22. Tejido conectivo laxo. Fuente: <http://biojcosta.blogia.com/2015/111011-tejido-conjuntivo-laxo.php>
23. Estructura de tejido adiposo. Fuente: <https://www.clinicadiegodeleon.com/sobrepeso-y-obesidad/tejido-adiposo-obesidad-y-sobrepeso/>
24. Fibras de reticulina. Fuente: <http://slideplayer.es/slide/5461296/>
25. Corte de piel (HE). Fuente: http://wzar.unizar.es/acad/histologia/paginas_hg/04_TejConj/TCvariedades/TCDirreg_04.htm
26. Tejido conectivo elástico. Fuente: <http://www.anatolandia.com/2015/07/tejido-conectivo-caracteristicas-funcion-tipos-de-tejido-conectivo.html>
27. Tejido conectivo cartilaginoso fibroso de disco intervertebral. Fuente: <http://morfologiaunefa.blogspot.mx/2007/11/tejido-cartilaginoso-y-seo.html>
28. Tejido conectivo cartilaginoso elástico de epiglotis. Fuente: <http://morfologiaunefa.blogspot.mx/2007/11/tejido-cartilaginoso-y-seo.html>
29. Tejido conectivo cartilaginoso hialino de articulación ósea. Fuente: <http://morfologiaunefa.blogspot.mx/2007/11/tejido-cartilaginoso-y-seo.html>
30. Células osteonas. Fuente: <https://blogdeanatomia.wordpress.com/tag/tejido-oseo/>
31. Osteoblastos. Fuente: <https://blogdeanatomia.wordpress.com/tag/tejido-oseo/>
32. Osteocitos. Fuente: <https://blogdeanatomia.wordpress.com/tag/tejido-oseo/>
33. Osteoblastos. Fuente: <https://blogdeanatomia.wordpress.com/tag/tejido-oseo/>
34. Tipos de células sanguíneas. Fuente: <https://www.esalud.com/leucocitos-altos/>
35. Esquema de una neurona típica. Fuente: <https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Neurona.svg>
36. Células gliales. Fuente: <https://www.psicoadictiva.com/blog/las-celulas-gliales-tipos-funciones/>

37. Interacción entre algunas células gliales y la neurona. Fuente: <https://www.psicoactiva.com/blog/las-celulas-gliales-tipos-funciones/>
38. Clasificación de los animales de acuerdo con la presencia o ausencia de un esqueleto interno. Fuente: <http://escuelangela.blogspot.mx/2015/02/animales-vertebrados-e-invertebrados.html>
39. Anatomía comparada de la extremidad anterior de cuatro especies de mamíferos. Estructuras homólogas. Fuente: <http://infomaterblog.blogspot.mx/>.
40. Evolución del aparato digestivo en los vertebrados. Fuente: <https://es.slideshare.net/EDU3364/tema-10-nutricin-animal>
41. A) Aparato digestivo de un pez óseo. B) Aparato digestivo de un pez cartilaginoso (tiburón). Fuente: Tomado de <http://equipo5biologia401.blogspot.mx/2012/06/practica-de-laboratorio.html>. <https://plus.google.com/+MundozoologiaOrgvelchu/posts/iVuCggWHvGd>
42. A. La flecha señala el disco oral de *Hyalinobatrachium ibama*. Debajo de esta estructura se encuentran los queratodontes. En el individuo B se observan los queratodontes (filas oscuras), presentes en los renacuajos. Fuente: Rada, 2007.
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0031-10492007002100001
43. Esquema de la función de la lengua retráctil en las ranas. Fuente: <https://www.lifeder.com/sistema-digestivo-anfibios/>
44. Esquema del aparato digestivo de los anfibios. Fuente: <https://www.lifeder.com/sistema-digestivo-anfibios/>.
45. Estructuras en la boca de los reptiles. A) Tipos de dientes presentes en los reptiles. Implantación tecodonta en cocodrilos. B) Lengua bífida en serpientes. C) órgano de Jacobson en serpientes. D y E) Glándulas salivales en las serpientes, las cuales tienen como función defenderse y lubricar el alimento.
Fuentes: <http://todofondos.com/fondos-de-reptiles/5>, <http://es.reinoanimalia.wikia.com/wiki/Serpientes>, <http://watchnews.com.mx/7-partes-cuerpo-cuya-funcion-desconocias/organo-de-jacobson-watch-and-think/>, <http://es.reinoanimalia.wikia.com/wiki/Serpientes>, respectivamente.
46. Esquema del aparato digestivo de dos grupos de reptiles, serpientes y tortugas. Fuente: <http://cienciaaldia2012.webnode.es/septimos-2014/biologia-2014/ii-periodo/lecturas/lecturas-de-profundizacion/sistema-digestivo-en-cordados/> y <http://vertebratasistdigestivoexcretor.blogspot.mx/>.
47. El tipo de pico en las aves depende de los hábitos alimenticios. Fuente: <http://lacasadeldiamant.com/portfolio/el-pico/>
48. Esquema del aparato digestivo de las aves. Fuente: <http://lachachipedia.blogspot.mx/p/aves.html>
49. Esquemas de aparatos digestivos de mamíferos herbívoros, carnívoros y omnívoros. Fuente: <http://sistemadigestivomonogastro.blogspot.mx/>, <https://www.emaze.com/@ATQORQCO/el-leon>, <https://www.educapeques.com/conocimiento-del-medio-2/omnivoros.html>, respectivamente.
50. Aparato digestivo. Fuente: https://mmegias.webs.uvigo.es/2-organos-a/guiada_o_a_08digestivo.php
51. Tipos de dientes en herbívoros, omnívoros y carnívoros. Fuente: <https://ruthculbreth.wordpress.com/guests-rock/>
52. Esquema del estómago de un humano. Fuente: <https://www.definicionabc.com/salud/estomago.php>
53. Esquema del aparato digestivo de los rumiantes como la vaca. Fuente: http://www7.uc.cl/sw_educ/prodanim/digestiv/fii3a.htm
54. Esquema del estómago de los rumiantes con cada una de las cavidades que presenta. Fuente: <http://www.educando.edu.do/centro-de-recursos/multimedia/infografias/estmago-de-rumiante/>
55. Respiración cutánea. Fuente: <http://wikinaturaceibal.wikispaces.com/171+-+Respiraci%C3%B3n>
56. Respiración traqueal. Fuente: <http://wikinaturaceibal.wikispaces.com/171+-+Respiraci%C3%B3n>
57. Respiración por branquias. Fuente: <http://wikinaturaceibal.wikispaces.com/171+-+Respiraci%C3%B3n>
58. Respiración pulmonar. Fuente: <http://perrosysusrazas.com/wp-content/uploads/2015/04/sistema-respiratorio-perro-1.jpg>
59. Aparato respiratorio de reptiles testudines (tortugas). Fuente: http://respirandoandi.blogspot.mx/2015/06/reptiles-sauropsida-excepto-aves_12.html
60. Senos paranasales. Fuente: www.clinicaotorrino.es/informacion-pacientes-patologias/medicina-subacuatica-hiperbarica/barotrauma-de-senos-paranasales/
61. Aparato respiratorio humano. Fuente: <http://www.aula2005.com/html/cn3eso/08respiratori/08respiracioes.htm>
62. Morfología externa e interna de pulmones humanos. Fuente: http://www.genomasur.com/BCH/BCH_libro/ca-pitulo_14.htm
63. El corazón. Fuente: <http://drug-4-health.blogspot.mx/2009/07/>
64. Arteria. Fuente: <https://mind42.com/mindmap/dea-8ded4-d168-49be-a148-9aca696f11a8?rel=pmb>
65. Vena. Fuente: <http://esdemedicina1jam.blogspot.mx/2015/12/sistema-vascular-periferico-todas-las.html>
66. Capilares. Fuente: <http://gif.ep-unm.id/rumah-oke/difusion-y-permeabilidad-fisiologia-general-lolaffb/>

67. Eritrocitos. Fuente: <http://en.lexicoon.org/es/neutrofilo>
68. Neutrófilos. Fuente: <http://personalwellnesscoachlegna-no.blogspot.mx/2015/03/>
69. Basófilos. Fuente: http://www.lookfordiagnosis.com/mesh_info.php?term=Prueba+De+Desgranulaci%C3%B3n+De+Los+Bas%C3%B3filos&lang=2
70. Eosinófilos. Fuente: <http://group10b.blogspot.mx/2005/02/eozynofil.html>
71. Linfocitos B. Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Tricoleucemia>
72. Linfocito T. Fuente: <https://bibliotecadehematologia.wordpress.com/2014/10/05/linfocitos/>
73. Monocito. Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/Monocito#/media/File:Monocytes,_a_type_of_white_blood_cell_\(Giemsa_stained\).jpg](https://es.wikipedia.org/wiki/Monocito#/media/File:Monocytes,_a_type_of_white_blood_cell_(Giemsa_stained).jpg)
74. Plaquetas. Fuente: http://www.abc.es/salud/enfermedades/abci-exceso-plaquetas-sangre-podria-alertar-presencia-cancer-201706091232_noticia.html
75. Estructura química de la bilirrubina. Fuente: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2783885>
76. Ácido úrico. Fuente: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2215472>
77. Fórmula de la histamina. Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Histamina#/media/File:Histamine.png>
La sangre
<https://www.youtube.com/watch?v=o7C3PiJdxPU>
<https://www.youtube.com/watch?v=1GtS7RfoAY0>
<https://www.youtube.com/watch?v=Jf03zDuECzk>
78. Esquema de las estructuras del riñón, pronefros, mesonefros, metanefros. Fuente: <https://yomedicoblasto.com/embriologia-del-aparato-genitourinario/>
79. Esquema de un riñón humano. Se diferencian las partes, así como la unidad anatómica, la nefrona. Fuente: <http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/1bachillerato/animal/contenidos14.htm>
80. Mecanismos de excreción en peces de agua salada y agua dulce. Fuente: <http://www-universoanimal.blogspot.mx/2015/04/respiracion-circulacion-excrecion.html>
81. Mecanismos de excreción en peces de agua salada y agua dulce. Fuente: <http://www-universoanimal.blogspot.mx/2015/04/respiracion-circulacion-excrecion.html>
82. Esquema de los órganos excretores presentes en los anfibios adultos. Fuente: <https://www.haikudeck.com/excrecin-en-anfibios-education-presentation-gCnNOEDVfj>
83. Esquema de los órganos excretores de los reptiles. Fuente: <http://zoologiavertebradosistemaexcretor.blogspot.mx/>
84. Estructuras del sistema excretor en las aves. Fuente: <http://zoologiavertebradosistemaexcretor.blogspot.mx/>
85. Foto de las estatuas de la Plaza de armas en Perú. Es visible el daño ocasionado por las heces de las aves. Fuente: <http://www.laindustria.pe/detallenoticias.php?codarticulo=538>
86. Localización de las glándulas de sal en las aves. Fuente: <https://www.lifeder.com/glandulas-de-sal/>
87. Esquema de la formación de la orina en los riñones de mamíferos. Fuente: <http://conocimientos-histologia.blogspot.mx/2011/01/la-formacion-de-la-orina-y-su.html>
88. Locomoción animal. Fuente: <https://image.slidesharecdn.com/coordinacinylocomocin2008-9-100607122505-phpapp02/95/coordinacin-y-locomocin-2008-9-26-728.jpg?cb=1400984018>
89. Locomoción en el aire. Fuente: <https://image.slidesharecdn.com/coordinacinylocomocin2008-9-100607122505-phpapp02/95/coordinacin-y-locomocin-2008-9-30-728.jpg?cb=1400984018>
90. Locomoción animal. Fuente: <https://image.slidesharecdn.com/coordinacinylocomocin2008-9-100607122505-phpapp02/95/coordinacin-y-locomocin-2008-9-27-728.jpg?cb=1400984018>
91. Línea lateral de los peces. Fuente: <http://tintore-ro-wwwartesdepesca.blogspot.mx/2011/05/vamos-pescar-chucumite-o-robalo.html>
92. Morfología de un pez condrictio. Fuente: <http://cantabrico2007.blogspot.mx/2007/08/peces-cartilaginosos-condrictios.html>
93. Morfología de un pez óseo. Fuente: <https://infovisual.info/es/biologia-animal/pez-oseo>
94. Soporte de un pez. Fuente: <http://lachachipedia.blogspot.mx>
95. Soporte de un anfibio. Fuente: <https://ernestinaseras.wordpress.com/2014/08/13/esqueleto-en-anfibios-y-reptiles/>
96. Soporte de un ave. Fuente: <http://www.mailxmail.com/curso-observacion-identificacion-aves/esqueleto>
97. Soporte de un mamífero. Fuente: <https://infovisual.info/es/biologia-animal/esqueleto-de-un-perro>
98. Soporte de un reptil (serpiente). Fuente: <http://www-universoanimal.blogspot.mx/2014/02/reptiles-y-anatomia.html>
99. Soporte de una tortuga. Fuente: <https://infovisual.info/es/biologia-animal/esqueleto-de-una-tortuga>
100. Soporte de un cocodrilo. Fuente: <https://resistenciarcokandroll.wordpress.com/category/clasificacion-reptiles/>
101. Lamprea marina. Fuente: www.vix.com/es/btg/curiosidades/7183/9-datos-que-debes-conocer-sobre-la-lamprea-marina-vampro-acuatico-un-animal-tan-increible-como

Módulo 2

1. La neurona. Fuente: <https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Neurona.svg>
2. Puente de Varolio. Fuente: <https://www.lifeder.com/tronco-del-encefalo/>
3. Dirección del impulso eléctrico. Fuente: <https://www.psi-coactiva.com/blog/la-sinapsis-neuronal-tipos-sinapsis/>
4. Neurotransmisor. Fuente: http://www3.uah.es/bioquimica/Tejedor/bioquimica_ambiental/tema12/tema%2012-sinapsis.htm
5. Sinapsis neuronal. Fuente: <https://www.psi-coactiva.com/blog/la-sinapsis-neuronal-tipos-sinapsis/>
6. Tipos de nervios. Fuente: elaboración propia.
7. División del sistema nervioso. Fuente: elaboración propia.
8. Dopamina. Fuente: <https://psicologiyamente.net/neurociencias/dopamina-neurotransmisor#!>
9. Diencefalo. Fuente: <https://www.psi-coactiva.com/atlas/diencefalo.htm>
10. Corte de piel (HE). Fuente: <https://es.slideshare.net/bethalvarado712-piel-y-anexos>
11. La piel. Fuente: <http://5sentidoscuerpohumano.blogspot.mx/2016/08/sentido-del-tacto.html>
- s/n Tipos de lenguas. Fuente: <https://psicologiyamente.net/neurociencias/puente-varoliotipos-de-lengua>
<http://curiosidades-del-reino-animal.blogspot.mx/2011/03/las-lenguas-bifidas-de-los-reptiles.html>
<https://pxhere.com/es/photo/871018>
<http://www.tiburoneswiki.com/curiosidades-sobre-los-tiburones>
<http://www.quo.es/ser-humano/diez-lenguas-que-no-te-esperas>
<https://www.hdwallpapers.in/sumatran-dangerous-tiger-wallpapers.html>
<http://definicienciapopular.blogspot.mx/2008/01/>
<http://footage.framepool.com/es/bin/2252757,sapo+-com%C3%BAAn,lengua,comer/>
<http://www.friki.net/fotos/86795-peces-monstruosos.html>
<http://todofondos.com/f/10303>
<http://blogdelalobarra.blogspot.mx/2013/04/lengua-de-sapo>
12. Narinas de un pez. Fuente: <http://noticiaspecuarias.bligoo.com/el-olfato-de-los-peces#.Wch51sjyIU>
13. Tuátara. Fuente: <http://www.big-animals.com/wp-content/uploads/2011/02/Tuatara.jpg>
14. Órgano de Weber. Fuente: <http://pescaprofesional.net/curiosidades-de-pesca/aparato-de-weber>
15. Tímpano de la rana. Fuente: <http://naturayala.blogspot.mx/2013/01/rana-bermeja-y-rana-agil-baso-igelak.html>
16. Oído de un cocodrilo del Nilo. Fuente: <http://www.webs.ulpgc.es/reptilia/croco.htm>
17. Pupilas verticales de *Uroplatus fimbriatus*, rasgo de los reptiles nocturnos. Fuente: <http://elguardiandeloscristales.com/wordpress/biologia-de-los-reptiles-v-esqueleto-organos-de-los-sentidos-y-otros-detalles-anatomicos/>
<http://www.rtve.es/noticias/20100619/aves-nocturnas-comen-ojos/336280.shtml>
<https://universomarinero.com/2011/02/09/como-son-los-ojos-de-los-peces/>
<https://blogmascotas.wordpress.com/category/reptiles/>
<http://www.miradaextraordinaria.blogspot.mx/2013/01/el-ori-un-animal-de-grandes-ojos.html>
<https://www.taringa.net/posts/imagenes/16714046/Los-ojos-de-los-anfibios.html>
18. Imágenes de tipos de reproducción e cada grupo e vertebrados. Fuente: <https://balmis2naturales.wordpress.com/iv-la-vida-en-accion-2/ud-13-reproduccion-en-animales/>, <http://aprendiendoconcabra.blogspot.mx/2012/07/reproduccion-en-vertebrados.html>, <https://www.emaze.com/@ALCZLCTFFUNCION-DE-RELACION-REPRODUCCION-DE-ANFIBIOS>, <http://vertebradosreproductores.blogspot.mx/2014/07/reproduccion-de-anfibios.html>, <http://www.mundo-animal.com/blog/animales-exoticos/mamiferos/reproduccion-del-perrito-de-las-praderas/>
19. La unión del espermatozoide y el óvulo producen una nueva célula conocida como cigoto. Fuente: <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/libros/texto/cn6/u03t05.html>
20. Fertilización externa, presente en peces y anfibios. Fuente: <http://respuestas.tips/cuales-son-las-formas-de-fecundacion/>
21. Fertilización interna, presente en reptiles, aves y mamíferos. Fuente: http://www.clarionweb.es/5_curso/c_medio/cm505/cm50503.htm
22. Esquema de un huevo de animales ovíparos. Fuente: <https://www.queanimal.com/oviparos/>
23. Esquema del proceso de fertilización externa en los peces. Fuente: <http://francesc-larva.blogspot.mx/>
24. Amplexo axilar en anfibios. Fuente: <http://www.flickrriver.com/photos/fabiomaffe2/3493713211/>
25. Masas de huevos de dos especies de ranas. A. *Hyalinobatrachium ibama* y B. *Cochranella daidalea*. Fuente: Rada (2007).
26. Esquema de un huevo amniota con las membranas extraembrionarias. Fuente: <https://inakiresa.wordpress.com/tag/amnion/>

27. En las especies de peces con fertilización interna los machos presentan una estructura conocida como gonopodio. Fuente: <http://www.aquaterraria.com/foro/reproduccion-de-ovo-viviparos/4882-reproduccion-de-los-peces-ovoviviparos.html>
28. Desarrollo de embrión con reproducción ovovivípara. Fuente: <https://clasificaciodelosanimaleschido.wordpress.com/2015/09/04/5-clasificacion-segun-su-reproduccion-oviparos-viviparos-ovoviviparos/>
29. Nacimiento de un tiburón. Presenta reproducción ovovivípara. Fuente: <https://balmis2naturales.wordpress.com/iv-la-vida-en-accion-2/ud-13-reproduccion-en-animales/>
30. Comunicación entre la madre y la cría en animales con reproducción vivípara. Fuente: <https://www.slideshare.net/aimorales/desarrollo-embrionario-8676827/2?smt-NoRedir=1>.
31. Hembra de canguro con una cría en el marsupio. Fuente: <https://balmis2naturales.wordpress.com/iv-la-vida-en-accion-2/ud-13-reproduccion-en-animales/>.

Esquemas

1. Fuente: https://www.google.com.mx/search?biw=1280&bih=670&tbm=isch&sa=1&q= SISTEMA +NERVIOSO+SIN+NOMBRES&oq=SISTEMA+NERVIOSO+SIN+NOMBRES&gs_l=psy-ab.3...12024.14719.0.15608.0.0.0.0.0.0.0.0....0...1.1.64. psy-ab..0.0.0.xU9q YFsWumo#imgrc=h52wez3hrp2lmM:
2. Fuente: http://www.yupis.com.mx/educativo/esquemas-sistema-nervioso-sin-nombres_0001.jpg

Tablas

1. Fertilización en vertebrados. Fuente: http://www.conevyt.org.mx/bachillerato/material_bachilleres/cb6/5sem-pdf/biologia2/bio2_fasc5.pdf

Módulo 3

1. Ubicación de los principales meristemas en una planta
Fuente: <http://www.efn.uncor.edu/departamentos/div-bioeco/anatocom/La%20Diversidad%20de%20los%20seres%20vivos/tipomeristema.htm>
2. Zonación del meristemo apical del tallo. Fuente: <http://aprendiendo-prof-alicia.blogspot.mx/2011/10/histologia-vegetal.html>.
3. Meristemas apicales de la raíz y el tallo. Fuente: <http://biogeotesttoni.blogspot.mx/2015/04/1-bach-solucion-tejidos-2.html>
4. Cambium vascular. Fuente: <http://resizing.info/openphoto.php?img=http://www.waydn.com/answers/wp-content/uploads/cambium-vascular.gif>
5. Albura y duramen. Fuente: <https://tailaketa.wordpress.com/2014/09/24/partes-de-la-madera/>, <https://www.pictastar.com/view/1536855643888834687>
6. Crecimiento secundario del tallo. Fuente: <http://maria-doloresbioygeoiesarroyo.blogspot.mx/2011/04/crecimiento-secundario-de-raiz-y-tallo.html>
7. Parénquima fotosintético y de almacenamiento. Fuente: <http://www.kweeper.com/csjobdls/image/434585>, <https://www.slideshare.net/dpto.biologiaygeologia/t-e-j-i-d-o-s-parenquima/16?smtNoRedir=1>
8. Células del colénquima y del esclerénquima. Fuente: https://mmegias.webs.uvigo.es/1-vegetal/v-imagenes-grandes/colenquima_angular.php, <http://cmaps-public3.ihmc.us/rid=1JD6LWPGV-16488YJ-WH8/celulas%20petreas.jpg>
9. Distribución de xilema y floema en un haz vascular. Fuente: <http://www.biologipedia.com/jaringan-pengangkutan-pada-tumbuhan-xilem-dan-floem.html>
10. Células del xilema. Fuente: <https://biogilde.wordpress.com/2009/04/26/sistema-de-transporte-das-plantas-vasculares-o-xilema-e-o-floema/>
11. Representación gráfica de la teoría de cohesión-tensión. Fuente: <https://naturalmenteciencias.wordpress.com/2013/04/23/plantas-sin-corazon-pero-con-xilema-floema-y-nociones-de-fisica/>
12. Células del floema. Fuente: <https://biogilde.wordpress.com/2009/04/26/sistema-de-transporte-das-plantas-vasculares-o-xilema-e-o-floema/>
13. Representación gráfica de la translocación. Fuente: <https://naturalmenteciencias.wordpress.com/2013/04/23/plantas-sin-corazon-pero-con-xilema-floema-y-nociones-de-fisica/>
14. Epidermis y peridermo en un tallo leñoso. Fuente: <http://aprendiendo-prof-alicia.blogspot.mx/2011/10/histologia-vegetal.html>.

15. Estomas. Fuente: http://www.mclibre.org/otros/daniel_tomas/laboratorio/Estomas_puerro/estomas_puerro.html
16. Radícula de frijol. Fuente: <https://www.pinterest.se/amarquez1488/ecologia-3o/>.
17. Raíces primarias y secundarias de un diente de león, y raíces adventicias de la cebolla. Fuente: fotografías tomadas por Gabriela Morales Pacheco
18. Pelos radicales. Fuente: <http://cultivoloco.blogspot.mx/2015/11/todo-sobre-las-raices-de-nuestras.html>
19. Estructura interna de la raíz. Fuente: <http://morfolo-giaenplantassuperiores.blogspot.mx/p/raiz.html>
20. Apoplasto, simplasto y bandas de Caspary. Fuente: <https://biogilde.wordpress.com/2009/05/05/absorcao-de-agua-e-solutos-pela-planta/>
21. Corte transversal de raíz. Fuente: Imagen modificada por Gabriela Morales Pacheco, tomada de <https://www.dreamstime.com/royalty-free-stock-images-root-cross-section-image27620099#>
22. Estructura externa de tallo. Fuente: <http://www.educaycrea.com/2014/06/el-tallopartesclasificacion-y-funciones/>
23. Corte transversal de tallo de monocotiledónea. Fuente: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Botana_curus_monocot_stem_40%C3%97.png
24. Bosque perennifolio y bosque caducifolio. Fuente: <http://fundacioncarlosslim.org/mexico-celebra-en-julio-mes-del-bosque/>, <http://www.youwall.com/index.php?ver=NDU0OQ==>
25. Hojas simples y compuestas. Fuente: <http://respuestas.tips/como-se-divide-una-hoja/>
26. Estructura externa de la hoja. Fuente: <http://www.educaycrea.com/2014/06/la-hoja-partes-y-funciones/>
27. Estructura interna de la hoja. Fuente: http://www.bonsaimenorca.com/articulos/articulos-tecnicos/el_camino_del_agua/

Tablas

1. Especializaciones de las raíces. Fuente: elaboración propia.
2. Especializaciones de los tallos. Fuente: elaboración propia.
3. Especializaciones de las hojas. Fuente: elaboración propia.

Módulo 4

1. Partes de la Flor. Fuente: https://st2.depositphotos.com/1526816/6806/v/950/depositphotos_68062473-stock-illustration-potted-plants.jpg. Fuente: https://1.bp.blogspot.com/-3DxiUQi1XCM/VFb90etTm1I/AAAAAAAAADrI/QpQkG_toYeA/s1600/IMG_3248.PNG
2. Tipos de flores. Fuente: <http://www.abc.com.py/files/image/319/319147/4ec303f88efb3.jpg>
3. Tipos de flores. Fuente: <http://www.abc.com.py/files/image/319/319148/4ec3041186aab.jpg>
4. Monoico y dioico. Fuente: <https://revistaecosistemas-blog.files.wordpress.com/2015/02/monoico-dioico.jpg>
5. Dialipétalas. Fuente: <https://image.slidesharecdn.com/kbexxphbsgoh4vyl2dmt-signature-b48584ff156ae4f364efad4bc612222dde7ae0fe4940e64e7620db905d5957e-poli-160215175458/95/estructura-de-la-flormgomez-6-638.jpg?cb=1455559114>
6. Gamopétalas. Fuente: <https://image.slidesharecdn.com/kbexxphbsgoh4vyl2dmt-signature-b48584ff156ae4f364efad4bc612222dde7ae0fe4940e64e7620db905d5957e-poli-160215175458/95/estructura-de-la-flormgomez-7-638.jpg?cb=1455559114>
7. Tipo de flor según número de carpelos. Fuente: <http://elbauldelaculturaleonesa.eu5.org/ciencias/botanica/flo-carpe.jpg>
8. Inflorescencias. Fuente: <http://kerchak.com/wp-content/uploads/2012/11/Algunos-de-los-pnncipales-tipos-de-inflorescencias.jpg>
9. Inflorescencias complejas. https://1.bp.blogspot.com/-T-OXDvEse0w/WRMnZMbA-ql/AAAAAAAAx0Y/kVT-jU-w_4iMxsfcYWDwEJgN_v6lHWncQCLcB/s1600/anatom%25C3%25ADa%2Bde%2Bblas%2Bflores%2B19.png
10. Prefloración. Fuente: <https://image.slidesharecdn.com/laflor-140710151817-phpapp01/95/la-flor-partes-descripcion-el-gineceo-el-androceo-11-638.jpg?cb=1405005541>
11. Imbricadas. Fuente: <http://slideplayer.es/1633667/6/images/3MORFOLOG%C3%8DA+VEGETAL%2C+FACULTAD+DE+CIENCIAS+AGRARIAS+Y+FORESTALES%2C+UNLP.jpg>
<http://slideplayer.es/1633667/6/images/6MORFOLOG%C3%8DA+VEGETAL%2C+FACULTAD+DE+CIENCIAS+AGRARIAS+Y+FORESTALES%2C+UNLP.jpg>
12. Androceo. Fuente: <http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema4/images4/antera.gif>
13. Dehiscencia de las anteras. Fuente: <https://image.slidesharecdn.com/flores2012aula-131111075936-phpapp02/95/flores-2012-aula-47-638.jpg?cb=1384157016>

14. Androceo. Fuente: http://www.geocities.ws/ueb2001/bot_images/caliz.gif
15. Unión de estambre de las anteras. Fuente: <http://el-bauldelaculturaleonesa.eu5.org/ciencias/botanica/floestam.jpg>
16. Longitud del androceo. Fuente: <https://www.asturnatura.com/plantas/flor-androceo-estambres.html>
17. Gineceo. Fuente: <https://userscontent2.emaze.com/images/1794a507-21e3-4436-90eb-fd10eb819046/f1e4b578-0ad6-4c8e-b9c1-2755d6807600.png>
18. Estilo del gineceo. Fuente: <https://www.asturnatura.com/plantas/flor-gineceo.html>
19. Gamocarpelar y dialicarpelar. Fuente: <http://slideplayer.es/5055877/16/images/9/GINECEO+seg%C3%BAAn+carpelos.jpg>
20. Lóculo. Fuente: <http://slideplayer.es/5055877/16/images/9/GINECEO+seg%C3%BAAn+carpelos.jpg>
21. Placentación. Fuente: <http://3.bp.blogspot.com/-96iDK0PLqX4/TxwsmUNuHOI/AAAAAAAAARA/3p-9BwAEQ7U4/s1600/12829098002892123.jpg>
22. Simetría. Fuente: <https://image.slidesharecdn.com/flor-kye-150527081103-lva1-app6891/95/flor-20-638.jpg?cb=1432714403>
23. Sexualidad de la flor. Fuente: <http://elherbolario.com/images/fotos-articulos/sexo-de-las-plantas-flores-elherbolario.jpg>
24. Sexualidad de la flor. Fuente: <http://1.bp.blogspot.com/-BqG5rL4xIBk/UKGjRY2ISmI/AAAAAAAAQU/BypQpjQFcbQ/s1600/monodicl.gif>
25. Polinización. Fuente: <https://userscontent2.emaze.com/images/c9748836-6ad1-415a-89c9-bf467044eca0/5b723f06-4b3c-4d03-8c04-9486bdd4e0ba.jpg>
26. Polinización artificial. Fuente: <http://www.elhogarnatural.com/estructura/poli14.jpg>
<http://www.elhogarnatural.com/estructura/poli15.jpg>
<http://www.elhogarnatural.com/estructura/poli13.jpg>
27. Polinizadores. Fuente: <https://image.slidesharecdn.com/anlisiscomparativodealgunasadaptacionesenlareproduccion-150723175832-lva1-app6892/95/anlisis-comparativo-de-algunas-adaptaciones-en-la-reproduccion-4-638.jpg?cb=1437674666>
http://slidehot.com/slides/2015/07/23/770301/3_anlisis-comparativo-de-algunas-adaptaciones-en-la-reproduccion-3-1024.jpg?cb=1437674666
28. Fecundación en angiospermas. Fuente: <https://image.slidesharecdn.com/la-reproduccion-de-los-vegetales-1197318976262307-3/95/la-reproduccion-de-los-vegetales-11-728.jpg?cb=1197290177>
29. Fecundación en gimnospermas. Fuente: <https://es-static.zdn.net/files/d04/db508ebc710fb4443f4a722f-1c1a3ac7.png>
30. Fruto. Fuente: http://practicasiologia.unileon.es/practica9_archivos/image020.gif
31. Pericarpo. Fuente: <http://www.educaycrea.com/wp-content/uploads/2014/06/Vegetales-partes-de-una-fruta-Mesocarpo.jpg>
32. Frutos simples, indehiscentes y secos. Fuente: http://practicasiologia.unileon.es/practica9_archivos/image022.gif
33. Frutos simples, dehiscentes y secos. Fuente: http://practicasiologia.unileon.es/practica9_archivos/image024.gif
34. Tipos de frutos simples, indehiscentes y secos. Fuente: <http://natura.malcocinado.info/sites/default/files/userfiles/user1/fruto-seco-dehiscente.jpg>
35. Frutos simples, indehiscentes y carnosos. Fuente: http://practicasiologia.unileon.es/practica9_archivos/image030.gif
36. Estructura de frutos simples, indehiscentes y carnosos. Fuente: http://practicasiologia.unileon.es/practica9_archivos/image032.gif
37. Frutos múltiples. Fuente: <http://www.fotoseimagenes.net/imagenes/full/0/15/7/polidrupa-8.jpg>
38. Frutos complejos procedentes de una sola flor. Fuente: http://practicasiologia.unileon.es/practica9_archivos/image036.gif
39. Infrutescencias. Fuente: <http://natura.malcocinado.info/sites/default/files/userfiles/user1/fruto-compuesto-multiple.jpg>
Fuente: http://3.bp.blogspot.com/_PK10NoJ0a0E/TO-JDMX4888I/AAAAAAAAACs/k8fQPNrvTo/s1600/castana.jpg
40. Almendra. Fuente: <http://www.educaycrea.com/wp-content/uploads/2014/06/D621.gif>
41. Dispersión por viento. Fuente: <http://slideplayer.es/slide/4259544/14/images/11/dispersión+por+viento+frutos+alados+sámaras+semillas+con+alas.jpg>
Fuente: http://images.slideplayer.es/14/4259544/slides/slide_9.jpg
42. Hidrocoria. Fuente: <https://i.pinimg.com/originals/9a/d0/eb/9ad0eba5f9ba198397496649029561b5.jpg>
43. Zoocoria. <https://image.jimcdn.com/app/cms/image/transf/none/path/s94ad174ffb51f312/image/i60fc84dac7abc7d4/version/1456024989/image.jpg>
44. Barocoria. Fuente: <http://www.adelaideaffordabletree-removal.com.au/wp-content/uploads/2013/04/Fruit-Trees.jpg>

45. Antropocoria. Fuente: <https://elblogverde.com/wp-content/uploads/2017/06/propagacion-frutos-antropocoria-600x337.jpg>
46. Policoria. Fuente: https://3.bp.blogspot.com/-sTgC6TFohsM/WRMPYP1jpwl/AAAAAAAAxwA/nillLpz-x5oOPW08f-H2_SvxSG5vmJP2gCLcB/s1600/dispersi%-25C3%25B3n%2Bde%2Bsemillas%2B10.jpg
Fuente: http://www.taxateca.com/images/dominioeukaryota/Reinoplantae/filospermatophyta/clasemagnoliopsida/ordenasterales/especies/b/bidens_subalternans.jpg
47. Germinación en dicotiledóneas. Fuente: http://3.bp.blogspot.com/_3VlIrb3i8Ys/TB-FbDgVJvI/AAAAAAAA-DTg/lxa_BIAolwM/s1600/germinacion2.jpg
48. Germinación en monocotiledóneas. Fuente: <http://4.bp.blogspot.com/-SI0p3yf8Zvw/U2edyRCbvCI/AAAAAAAAAfg/jUke0PKhYPE/s1600/Ma%C3%A-Dz+0.jpg>
49. Monocotiledóneas. Fuente: http://espores.org/images/stories/anell_13.jpg
http://2.bp.blogspot.com/_SOXJpHcmQBE/S6gsk8K-suqI/AAAAAAAAAB8/RS2jncw9Si8/s320/a28qyg%-5B1%5D.jpg
http://recursostic.educacion.es/ciencias/biosfera/web/alumno/1bachillerato/reino_vegetal/imagenes/polen.jpg
<http://www.huertodeurbano.com/wp-content/uploads/2014/08/ciboulette-2.jpg>
https://c1.staticflickr.com/3/2671/4131926873_c3216041ed_b.jpg
50. Maíz. Fuente: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e3/Zea_mays_-_Köhler-s_Medizinal-Pflanzen-283.jpg/250px-Zea_mays_-_Köhler-s_Medizinal-Pflanzen-283.jpg
Dibujo Fuente: <https://image.slidesharecdn.com/plantas-iijk-110403145413-phpapp02/95/plantas-iijk-8-728.jpg?cb=1301842797>
41. Dicotiledóneas. Fuente: <http://colegioamerica.edu.uy/MATERIAL/BIOLOGIA/Seccion%206/36-20a.jpg>
Fuente: https://2.bp.blogspot.com/_DBigaxGaCbY/SruCWlrg-7I/AAAAAAAAAmw/B8SzkIIAXfU/s400/Hoja+de+Morera+por+Fernando+Cue-2521219623_070dc37778.jpg
- Fuente: http://4.bp.blogspot.com/-YZxuZ-6EXil/T-Nu-BZsk3hl/AAAAAAAAAYo/Cfp3gwR3Rjk/s1600/IMG_1733.JPG
52. Características de las dicotiledóneas. Fuente: <https://pixnio.com/free-images/flora-plants/flowers/wildflowers-pictures/pretty-purple-wild-geranium-flower-in-bloom-geranium-maculatum.jpeg>
Fuente: http://recursostic.educacion.es/ciencias/biosfera/web/alumno/1bachillerato/reino_vegetal/imagenes/grano_polen.gif
53. Rosa. Fuente: <https://i.pinimg.com/originals/53/49/00/5349007ffe5a05bcff915a35cf3b7bfe.jpg>

Esquemas

1. <http://4.bp.blogspot.com/-69z7OQvSPo8/UbFNlwyP-9yl/AAAAAAAAAFs/nhFvg7Mv9RY/s640/dibujo.png>

Directorio

Doctor en Ciencias e Ingeniería Ambientales
Carlos Eduardo Barrera Díaz

Rector

Doctor en Ciencias Computacionales
José Raymundo Marcial Romero

Secretario de Docencia

Doctora en Ciencias Sociales
Patricia Zarza Delgado

Secretaria de Investigación y Estudios Avanzados

Doctor en Ciencias de la Educación
Marco Aurelio Cienfuegos Terrón

Secretario de Rectoría

Doctora en Humanidades
María de las Mercedes Portilla Lujá

Secretaria de Difusión Cultural

Doctor en Ciencias del Agua
Francisco Zepeda Mondragón

Secretario de Extensión y Vinculación

Doctor en Educación
Octavio Crisóforo Bernal Ramos

Secretario de Finanzas

Doctora en Ciencias Económico Administrativas
Eréndira Fierro Moreno

Secretaria de Administración

Doctora en Ciencias Administrativas
María Esther Aurora Contreras Lara Vega

Secretaria de Planeación y Desarrollo Institucional

Doctora en Derecho
Luz María Consuelo Jaimes Legorreta

Abogada General

Doctor en Ciencias Sociales
Luis Raúl Ortiz Ramírez

Secretario Técnico de la Rectoría

Licenciada en Comunicación
Ginarely Valencia Alcántara

Directora General de Comunicación Universitaria

Doctor en Ciencias Sociales
Luis Raúl Ortiz Ramírez

**Director de Centros Universitarios y Unidades Académicas Profesionales
Región A y Encargado del Despacho Región B**

Doctora en Investigación Educativa
Eva Lilia García Escobar

Directora de Estudios de Nivel Medio Superior

Planteles dependientes de la Escuela Preparatoria

Doctor en Tecnología e Innovación de la Educación
Arturo Mejía Zamora

Plantel "Lic. Adolfo López Mateos"

Maestro en Ciencias de la Educación
Erick Vieyra Méndez

Plantel "Nezahualcóyotl"

Maestro en Administración Pública y Gobierno
Raúl Juárez Toledo

Plantel "Cuauhtémoc"

Doctora en Ciencias de la Educación
María del Rocío García de León Pastrana

Plantel "Ignacio Ramírez Calzada"

Doctor en Ciencias de la Educación
Alejandro Morales Velázquez

Plantel "Dr. Ángel Ma. Garibay Kintana"

Maestro en Educación con Orientación en Innovación y Tecnología Educativa
Sergio Luis Roldán Vásquez

Plantel "Texcoco"

Maestro en Docencia
Erick Rodolfo Sánchez Cortés

Plantel "Sor Juana Inés de la Cruz"

Química Farmacéutica Bióloga
Janette Jaimes García

Encargada del Despacho de la Dirección del Plantel "Dr. Pablo González Casanova"

Doctora en Educación
María del Rosario Sotelo Hurtado

Encargada del Despacho de la Dirección del Plantel "Isidro Fabela Alfaro"

Licenciada en Comunicación
Ana Vianey Suárez Castro

Encargada del Despacho de la Dirección del Plantel "Mtro. José Ignacio Pichardo Pagaza"