

1° y 2° MEDIO O

TEXTO DEL
ESTUDIANTE

BIOLOGÍA

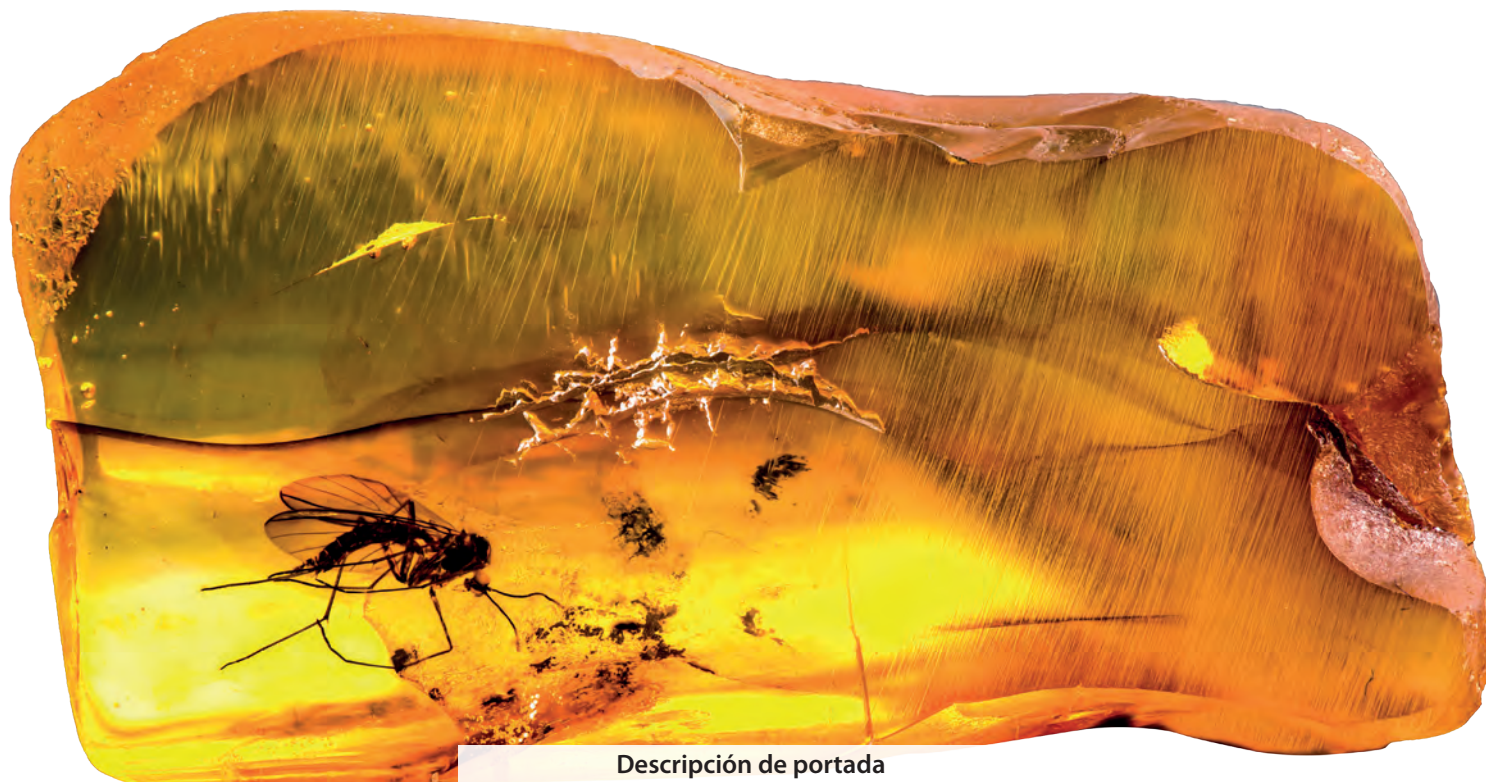
CIENCIAS NATURALES

Sergio Flores C.
Alejandra Rojas C.
Paloma González M.
Franco Cataldo L.
Carolina Molina M.



Edición especial para el
Ministerio de Educación.
Prohibida su comercialización.





Descripción de portada

Mosquito fosilizado en inclusión de ámbar báltico.

TEXTO DEL ESTUDIANTE

CIENCIAS NATURALES

Biología 1^o y 2^o MEDIO

Sergio Flores Carrasco

Profesor de Biología y Ciencias Naturales
Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación
Doctor en Ciencias Biomédicas
Universidad de Chile

Alejandra Rojas Conejera

Profesora de Biología y Ciencias Naturales
Universidad de Chile
Magíster en Didáctica de las Ciencias Experimentales
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

Paloma González Muñoz

Licenciada en Ciencias Biológicas
Pontificia Universidad Católica de Chile
Magíster (c) en Asentamientos Humanos y
Medio Ambiente
Pontificia Universidad Católica de Chile

Franco Cataldo Lagos

Profesor de Biología y Ciencias Naturales
Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación
Magíster en Educación
Universidad de Santiago de Chile

Carolina Molina Millán

Profesora de Biología y Ciencias Naturales
Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación
Magíster en Currículum y Evaluación
Universidad Mayor



El texto **Ciencias Naturales - Biología 1° y 2° medio** es una obra colectiva creada y diseñada por el Departamento de Investigaciones Educativas de Editorial Santillana bajo la dirección editorial de:

RODOLFO HIDALGO CAPRILE

SUBDIRECCIÓN EDITORIAL:

Cristian Gúmera Valenzuela

COORDINACIÓN EDITORIAL:

Marcela Briceño Villalobos

JEFATURA DE ÁREA:

Susana Gutiérrez Fabres

EDICIÓN:

Marisol Flores Prado

COEDICIÓN:

Esteban Campbell Orellana

AUTORÍA:

Sergio Flores Carrasco
Alejandra Rojas Conejera
Paloma González Muñoz
Franco Cataldo Lagos
Carolina Molina Millán

REVISIÓN ESPECIALIDAD:

Luis Flores Prado
Viviana Valdés de Petris

CORRECCIÓN DE ESTILO:

Alejandro Cisternas Ulloa
Rodrigo Silva Améstica

DOCUMENTACIÓN:

Cristian Bustos Chavarría

SUBDIRECCIÓN DE DISEÑO:

Verónica Román Soto

Con el siguiente equipo de especialistas:

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN:

David Maldonado Cid
Carmen Gloria Espinoza Barrios

FOTOGRAFÍAS:

Archivo editorial
Shutterstock
Getty Images

ILUSTRACIONES:

Archivo editorial
Marcelo Canales Díaz

CUBIERTA:

Concepción Rosado Herrero

PRODUCCIÓN:

Rosana Padilla Cencever

En este libro se utilizan de manera inclusiva términos como *los niños, los padres, los hijos, los apoderados, los profesores* y otros que refieren a hombres y mujeres.

Quedan rigurosamente prohibidas, sin la autorización escrita de los titulares del *copyright*, bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, y la distribución en ejemplares de ella mediante alquiler o préstamo público.

© 2021, by Santillana del Pacífico S. A. de Ediciones. Andrés Bello 2299 Piso 10, oficinas 1001 y 1002, Providencia, Santiago (Chile). Impreso en A Impresores S.A.
ISBN: 978-956-15-3695-1. Inscripción n°: 2020-A-10049. Se terminó de imprimir esta 4ª edición de 226.153 ejemplares en el mes de septiembre del año 2023. www.santillana.cl
Cuarto año de uso facultativo. / Cantidad de uso autorizada: 251.281.



Presentación

El trabajo en ciencias es una vocación con la que en ocasiones se nace, pero que generalmente se aprende. Dedicarse a las ciencias requiere gran motivación, perseverancia y constancia, pues, aunque es una labor apasionante, no siempre es fácil. Las ciencias aportan variados conocimientos que ayudan a entender el mundo desde el nivel microscópico hasta la escala astronómica; además, enseñan una forma de pensar, aprender y expresar ideas; entregan sustentos para opinar y tomar decisiones desde la evidencia, y se apoyan en el trabajo colaborativo y en la divulgación de sus avances.

Esperamos que al recorrer las páginas de tu Texto te maravilles con el conocimiento científico y descubras cómo este se construye día a día gracias a mujeres y hombres de todo el mundo. Con la información y las diversas actividades propuestas, queremos que logres potenciar tu pensamiento y desarrollar habilidades y actitudes propias de la ciencia, que contribuirán a tu formación como ciudadano científicamente alfabetizado.

Si bien hemos restringido las referencias web a sitios estables y de reconocida calidad, a fin de resguardar la rigurosidad de la información que allí aparece, existe la posibilidad de que las páginas web y su contenido experimenten cambios.

Este Texto te lo ha hecho llegar gratuitamente el Ministerio de Educación a través del establecimiento educacional en el que estudias. Es para tu uso personal durante el presente año. Por eso, ¡cuidalo y no lo rayes!

Índice

¿Cómo construir tablas y gráficos? / ¿Cuáles son las etapas de una investigación científica?	6
¿Qué precauciones debemos tener al realizar actividades experimentales?	8

Índice • Biología 1º medio



Unidad

1

Página

¿Cómo ha evolucionado la vida en la Tierra?

12

Lección 1 ¿Qué es el registro fósil?	14
Ciencia, tecnología, sociedad y ambiente	22
Actividad final / ¿Cómo voy?	23
Lección 2 ¿Cómo evolucionan los seres vivos?	24
Taller de ciencias:	
¿Cuál es la filogenia de los homínidos actuales?	34
Ciencia, tecnología, sociedad y ambiente	38
Actividad final / ¿Cómo voy?	39

Lección 3 ¿Cómo clasificar a los seres vivos?	40
Ciencia en Chile / Protagonistas de la ciencia	48
Actividad final / ¿Cómo voy?	49
Síntesis	50
Repaso mis aprendizajes	50
Nuestro proyecto:	
Aprendiendo más sobre Darwin	53



Unidad

2

Página

¿Cómo interactúan los organismos entre sí y con el ambiente?

54

Lección 1 ¿Cómo se organiza la vida en nuestro planeta?	56
Ciencia en Chile / Protagonistas de la ciencia	66
Actividad final / ¿Cómo voy?	67
Lección 2 ¿Cómo cambian las poblaciones en la naturaleza?	68

Taller de ciencias: Investigación de campo	76
Ciencia, tecnología, sociedad y ambiente	78
Actividad final / ¿Cómo voy?	79
Síntesis	80
Repaso mis aprendizajes	80
Nuestro proyecto: Especies invasoras en Chile	83



Unidad

3

Página

¿Qué ocurre con la materia y la energía en los ecosistemas?

84

Lección 1 ¿Cómo circulan la materia y la energía en el ecosistema?	86
Ciencia, tecnología, sociedad y ambiente	96
Actividad final / ¿Cómo voy?	97
Lección 2 ¿Cómo se relacionan fotosíntesis y respiración celular?	98
Ciencia, tecnología, sociedad y ambiente	104
Actividad final / ¿Cómo voy?	105
Lección 3 ¿Qué factores alteran los ecosistemas y cómo podemos ayudar a mantener el equilibrio?	106

Taller de ciencias:	
Importancia de los recursos forestales	116
Ciencia en Chile / Protagonistas de la ciencia	120
Actividad final / ¿Cómo voy?	121
Síntesis	122
Repaso mis aprendizajes	122
Nuestro proyecto: ¿De qué manera la ciencia da respuesta a problemáticas como el uso de recursos para la alimentación?	125

Índice • Biología 2º medio



Unidad 1

Página

¿Cómo se coordinan y regulan las funciones y respuestas del organismo?

126

Lección 1 ¿Qué funciones cumple el sistema nervioso y cómo las realiza?..... 128

Ciencia, tecnología, sociedad y ambiente 140

Actividad final / ¿Cómo voy? 141

Lección 2 ¿Cómo el sistema endocrino coordina el funcionamiento del organismo? 142

Taller de ciencias: Relación entre hormonas y caracteres sexuales secundarios 150

Ciencia, tecnología, sociedad y ambiente / Protagonistas de la ciencia 156

Actividad final / ¿Cómo voy? 157

Síntesis 158

Repaso mis aprendizajes 158

Nuestro proyecto: Aprendamos cómo cuidar el cerebro de los niños 161



Unidad 2

Página

¿Qué es la sexualidad y cuál es su relación con la reproducción en el ser humano?

162

Lección 1 ¿Qué es la sexualidad y cuáles son sus dimensiones? 164

Ciencia, tecnología, sociedad y ambiente 170

Actividad final / ¿Cómo voy? 171

Lección 2 ¿Cómo se forma una nueva vida humana y cuáles son los cuidados durante la gestación? 172

Taller de ciencias:
Ventajas de la lactancia materna 182

Ciencia tecnología, sociedad y ambiente 184

Actividad final / ¿Cómo voy? 185

Lección 3 ¿Cómo vivir una sexualidad responsable y segura? 186

Ciencia en Chile / Protagonistas de la ciencia 190

Actividad final / ¿Cómo voy? 191

Síntesis 192

Repaso mis aprendizajes 193

Nuestro proyecto: ¿Por qué es importante conocer el virus del papiloma humano y las consecuencias de su contagio? 195



Unidad 3

Página

¿Qué es el estudio de la herencia y qué aplicaciones tecnológicas tiene?

196

Lección 1 ¿Cómo se transmite la información genética a nivel celular? 198

Ciencia, tecnología, sociedad y ambiente 208

Actividad final / ¿Cómo voy? 209

Lección 2 ¿Cómo se transmiten las características de una generación a la siguiente? 210

Ciencia, tecnología, sociedad y ambiente 224

Actividad final / ¿Cómo voy? 225

Lección 3 ¿Qué es la biotecnología y cuáles son sus aplicaciones? 226

Taller de ciencias: Insectos resistentes al algodón transgénico 232

Ciencia en Chile / Protagonistas de la ciencia 234

Actividad final / ¿Cómo voy? 235

Síntesis 236

Repaso mis aprendizajes 236

Nuestro proyecto:
Aprendamos más sobre el ADN 239

Glosario 240

Solucionario 243

Índice temático 260

Bibliografía sugerida 262

Webgrafía 263

¿Cómo construir tablas y gráficos?

A. Tablas

En las **tablas** se registran y exponen los datos de manera exacta y estos se pueden ordenar para exhibir de forma clara las relaciones entre ellos. Para construirla, esta debe incluir un **título**

representativo, las **variables** estudiadas y sus **unidades de medida**. A continuación, se presentan los elementos que componen una tabla de datos:

Tamaño del pico de pinzones antes de una sequía, en 1977, y de los sobrevivientes a esta

Tamaño del pico de las aves (mm)	Cantidad de pinzones (número)	
	Antes de la sequía	Después de la sequía (sobrevivientes)
7,3	1	0
7,8	11	1
8,3	30	3
8,8	48	3
9,3	45	8
9,8	40	10
10,3	25	11
10,8	4	2

Título representativo.

Variable independiente.
Es la variable en estudio, que cambia o se modifica; es la manipulada por el investigador. (Causa).

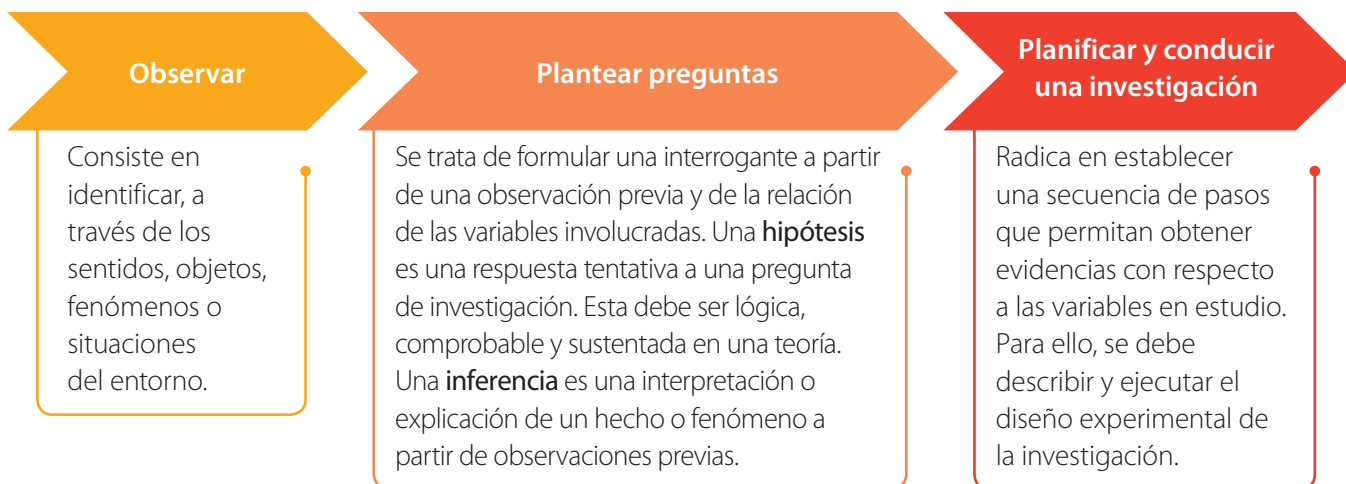
Variable dependiente.
Es la variable que se investiga y se mide; es la respuesta. (Efecto).

Importante: la **variable independiente** es aquella cuyo valor no depende de otra. La **variable dependiente**, en cambio, corresponde a la que se varía en relación con la independiente. La **variable controlada** es la que se mantiene igual durante toda la investigación o experimento.

¿Cuáles son las etapas de una investigación científica?

El proceso de investigación científica está conformado por un conjunto de etapas, algunas más complejas que otras. A través de ellas alcanzarás aprendizajes

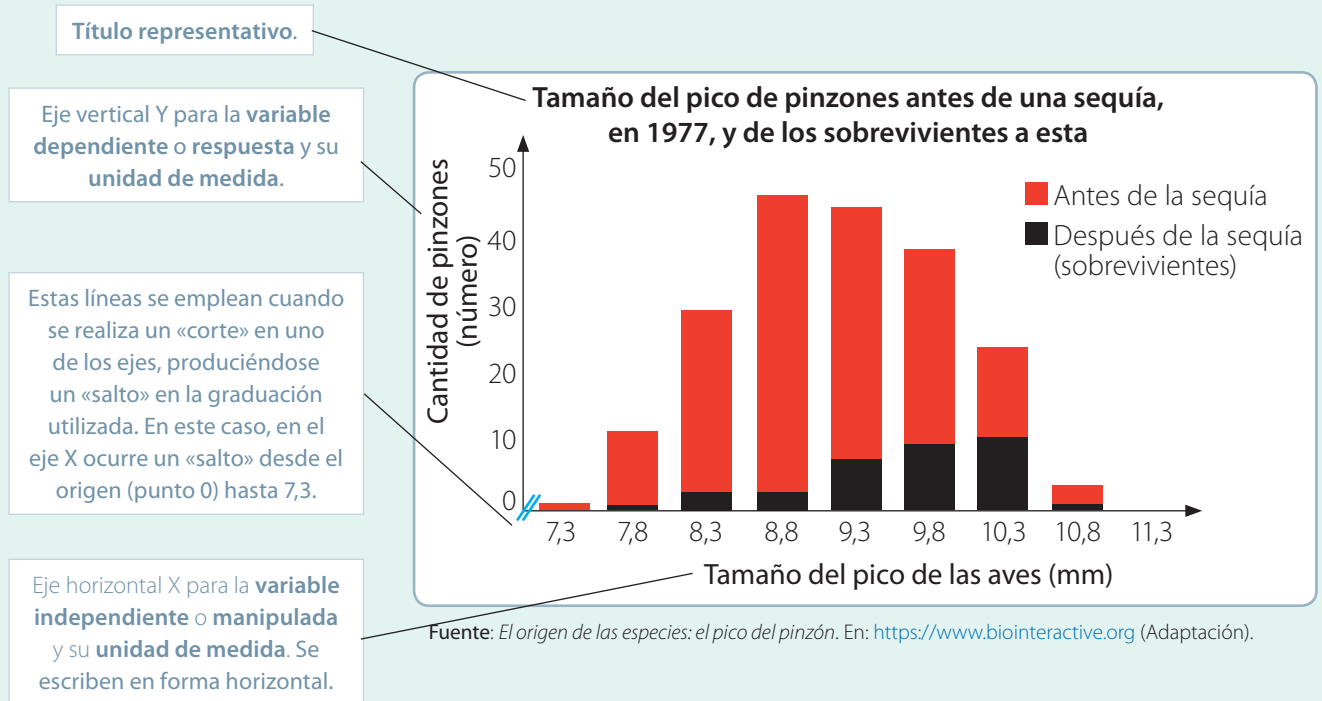
profundos, que podrás aplicar en diferentes ámbitos de tu vida, y desarrollar tu pensamiento. Te invitamos a conocer dichas etapas:



B. Gráficos

Existen diversos tipos de **gráficos**, como los de líneas, de barras y circulares. Al igual que en el caso de las tablas, los gráficos deben incluir un **título** representativo, las **variables** estudiadas y

las **unidades de medida** correspondientes. Aquí te presentamos los elementos más importantes que debes considerar al momento de construir un gráfico:



Analizar evidencias

Consiste en identificar regularidades entre las variables estudiadas de acuerdo con los resultados obtenidos.

Evaluar

Consiste en emitir un juicio fundamentado sobre los diferentes aspectos de la investigación; por ejemplo, el análisis de las evidencias y de la relación de las variables, la selección de materiales, la rigurosidad en las mediciones, su registro y el análisis, la cantidad y calidad de los datos o de las fuentes de información, etc.

Comunicar

Se trata de dar a conocer los principales aspectos de la investigación realizada.

¿Qué precauciones debemos tener al realizar actividades experimentales?

Al llevar a cabo una actividad experimental, debes ser responsable para protegerte así como a los demás.

A continuación, algunas normas y símbolos de seguridad que debes conocer antes del trabajo experimental:

Normas de seguridad

Generales

- Llevar puesto el delantal en todo momento.
- Si usas el cabello largo, mantenlo recogido.
- Guarda el material de laboratorio limpio y seco.
- Nunca ingieras alimentos dentro del laboratorio.
- Reconoce las señales de escape del laboratorio.
- Manipula fuego solo con la supervisión de un adulto.
- Identifica la posición del extintor dentro del laboratorio.
- Avisa inmediatamente a tu profesor si ocurre un accidente.
- Verifica que las llaves de agua y gas se encuentren cerradas.
- Manipula material o reactivos solo con autorización de tu profesor.
- Sigue las instrucciones de tu profesor y aclara cualquier duda con él.
- Lava muy bien tus manos antes y después de la actividad experimental.

Para trabajar con fuentes de calor

- Apaga la fuente de calor después de utilizarla, asegurándote de ello.
- Mantén la fuente de calor retirada de tu ropa, de tu cabello y de cualquier sustancia inflamable.
- No tomes directamente con tus manos materiales que hayan sido calentados. Si debes hacerlo, usa pinzas o guantes apropiados.
- Al calentar una sustancia dentro de un tubo de ensayo, hazlo por los costados, de modo que la boca de este nunca apunte hacia una persona.





Para trabajar con sustancias químicas

- Nunca mezcles sustancias químicas sin que lo indique tu profesor.
- Cierra los envases de cada sustancia química con la tapa correspondiente; no las intercambies.
- Nunca viertas los restos de sustancias químicas al desagüe. Sigue las indicaciones de tu profesor.
- No toques directamente las sustancias químicas. Para manipularlas, emplea espátulas u otros materiales apropiados.
- Jamás pruebes las sustancias químicas. Si por indicación de tu profesor tienes que oler alguna, dirige con una mano parte de los vapores hacia tu nariz.

Para trabajar con material de vidrio

- Manipula cuidadosamente los materiales de vidrio, ya que son frágiles y pueden ocasionar heridas si se quiebran.
- No fuerces el material de vidrio, ya que puedes romperlo. Si debes cerrar un recipiente a presión, por ejemplo, con un tapón, ponte guantes apropiados.

Símbolos de seguridad

Al realizar una actividad experimental, es importante identificar productos que pueden ser peligrosos.

Por ello, debes conocer señales para la prevención de riesgos, tales como:



Comburente



Peligroso para el medioambiente



Inflamable



Explosivo



Corrosivo



Tóxico

¿Qué hacer en caso de accidente?

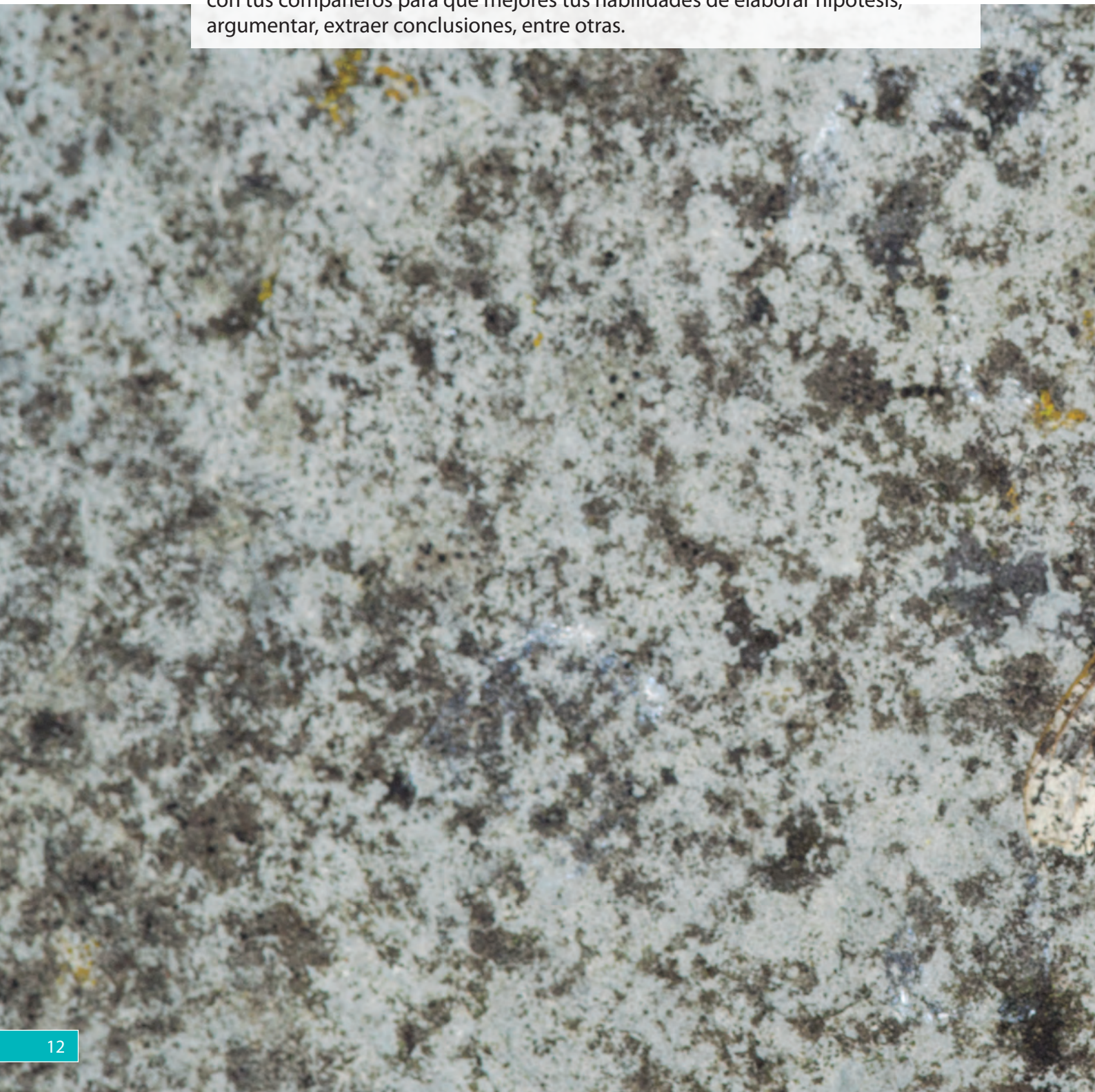
En caso de que ocurra un accidente, lo primero que debes hacer es avisarle a tu profesor, ya que actuar por iniciativa propia podría empeorar la situación.

Sin embargo, es importante que conozcas algunas medidas que se deben seguir en situaciones como las descritas a continuación:

En caso de...	¿Qué hacer?
quemadura:	Poner la zona afectada bajo el agua fría durante 5 a 10 minutos. Si la zona afectada es muy grande o tiene mal aspecto, requiere atención médica inmediata.
herida cortante:	Lavar la herida con abundante agua por unos 10 minutos. Si es pequeña y deja de sangrar, hay que desinfectarla, para lo cual es aconsejable usar un algodón impregnado con agua oxigenada al 3 %. Luego, se cubre con una venda o un apósito sin presionar demasiado la herida. Si es grande y no deja de sangrar, se requiere asistencia médica urgente.
incendio de ropa:	Cubrir a la persona con una manta o hacerla rodar por el piso. Es importante que no corra, para evitar la expansión del fuego.
que una sustancia entre en contacto con tus ojos:	Lavar los ojos con abundante agua durante 10 a 15 minutos. Luego, ir a un centro de atención médica. Si la persona usa lentes de contacto, no retirarlos, y llevarla para atención médica urgente.

¿Cómo ha evolucionado la vida en la Tierra?

En esta unidad podrás analizar evidencias que indican que todos los organismos que existen y han existido, incluido el ser humano, son fruto de la evolución biológica. Te invitamos a que seas curioso, crítico y a que trabajes en colaboración con tus compañeros para que mejores tus habilidades de elaborar hipótesis, argumentar, extraer conclusiones, entre otras.



Gran idea

«La evolución es la causa de la diversidad de los organismos vivos y extintos».

Observa la imagen de estas páginas y responde en tu cuaderno:

1. ¿Qué ser vivo observas?
2. ¿Te resultó fácil identificarlo?, ¿por qué?
3. ¿Qué ventajas tiene en este caso la coloración del ser vivo para su supervivencia?
¿Qué pasaría si fuera de color negro?



Lección 1

¿Qué es el registro fósil?

Hace cientos de millones de años, la Tierra era muy diferente a la que conocemos hoy: los actuales continentes se encontraban muy cerca entre sí y diversas especies de organismos hoy extintos la habitaban.

Con el correr de los años, la Tierra siguió cambiando y también los seres vivos que la habitaban.

¿Cómo la ciencia ha reconstruido la historia de la vida en la Tierra?

¿Qué registros y disciplinas lo han hecho posible?





65 millones de
años atrás

Actualidad

Alfabetización digital



En grupo, ingresen al siguiente sitio web:
<http://bit.ly/geoenciclopedia>

Escojan una era geológica de su interés, hagan un resumen y preséntenlo al curso.

¿Qué sé?

Evaluación inicial

Las imágenes de estas páginas representan cambios producidos en la distribución de grandes masas continentales y cómo habrían sido algunas especies que las habitaban hace millones de años. Obsérvalas y responde:

1. ¿Cómo piensas que influyeron los grandes movimientos de continentes en las especies que habitaban la Tierra?
2. Además de los dinosaurios, ¿sabes de otros grupos de seres vivos extintos?, ¿cuáles?



Representación de la vida en la Tierra hace unos 100 millones de años.

¿Cómo se forman los fósiles?

Focaliza



Una manera de estudiar la historia de la vida de la Tierra es a través de «señales» que nos llegan del pasado: los **fósiles**. ¿Qué es un fósil? Comenten.

Modelo e infiero

Extiende una capa gruesa de plastilina en un plato mediano. Luego, presiona un objeto pequeño, como una concha de molusco o un hueso de pollo, sobre la capa de plastilina y retíralo, dejando una huella. Intercambia tu huella con la de un compañero, sin revelar el objeto original. ¿Qué información sobre el objeto pudieron obtener mediante esa huella?



Reflexiona



Los fósiles corresponden a restos, a veces casi completos, de organismos del pasado o señales de su actividad. La **paleontología**, ciencia que se ocupa de su estudio, busca determinar la antigüedad de los fósiles, y reconstruir características de las estructuras y formas de vida de los organismos.

Existen fósiles de prácticamente todos los grupos de organismos, desde bacterias hasta dinosaurios. A continuación se describen los tres principales mecanismos por los que se forman fósiles:

Permineralización. Los restos de organismos (**A**) pueden quedar atrapados entre sedimentos (**B**). Estos se producen a partir de la erosión de las rocas, de modo que las partículas que se generan son transportadas, principalmente por el agua, y luego se depositan lentamente. Los tejidos blandos se descomponen mientras que los duros, como los huesos, son reemplazados lentamente por minerales de los sedimentos, originando el fósil (**C**).

Explora



La fotografía muestra las llamadas «huellas de Laetoli», formadas hace unos 3,7 millones de años. Se infiere que corresponden a pisadas de *Australopithecus afarensis*, un homínido extinto muy emparentado con nuestra especie. ¿Cómo se pueden haber conservado tantos años estas huellas? Formula una hipótesis.

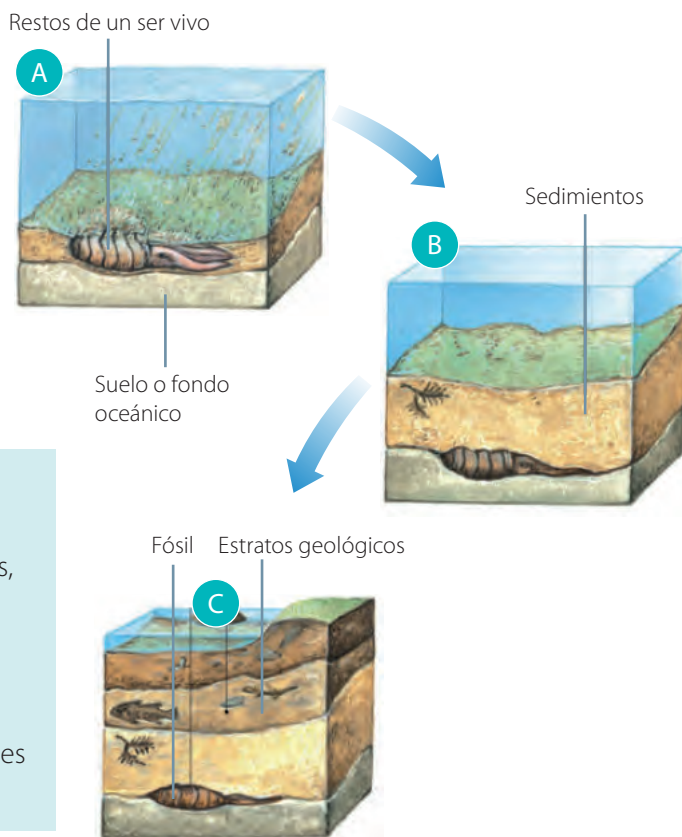


➤ Réplica de las huellas de homínido encontradas en Laetoli.

Fuente: Momotarou2012 (fotógrafo). (2013, 16 de febrero).

Laetoli footprints replica [imagen]. Wikipedia.

<https://bit.ly/3pUFYrP>





➤ Fósil de *Archaeopteryx*, organismo intermedio entre los dinosaurios con plumas y las aves modernas.

Fuente: Ruiz, M. (fotógrafo). (2006, agosto). *Archaeopteryx lithographica* [imagen]. Wikipedia. <https://bit.ly/39b0Y7L>

Fósiles de molde. Los restos originales se descomponen, pero dejan un molde (huella) en el suelo, que luego se mineraliza.



➤ Fósil de hielo de mamut enano descubierto en la zona de Beringia rusa (A) e Insecto fósil en ámbar (B).

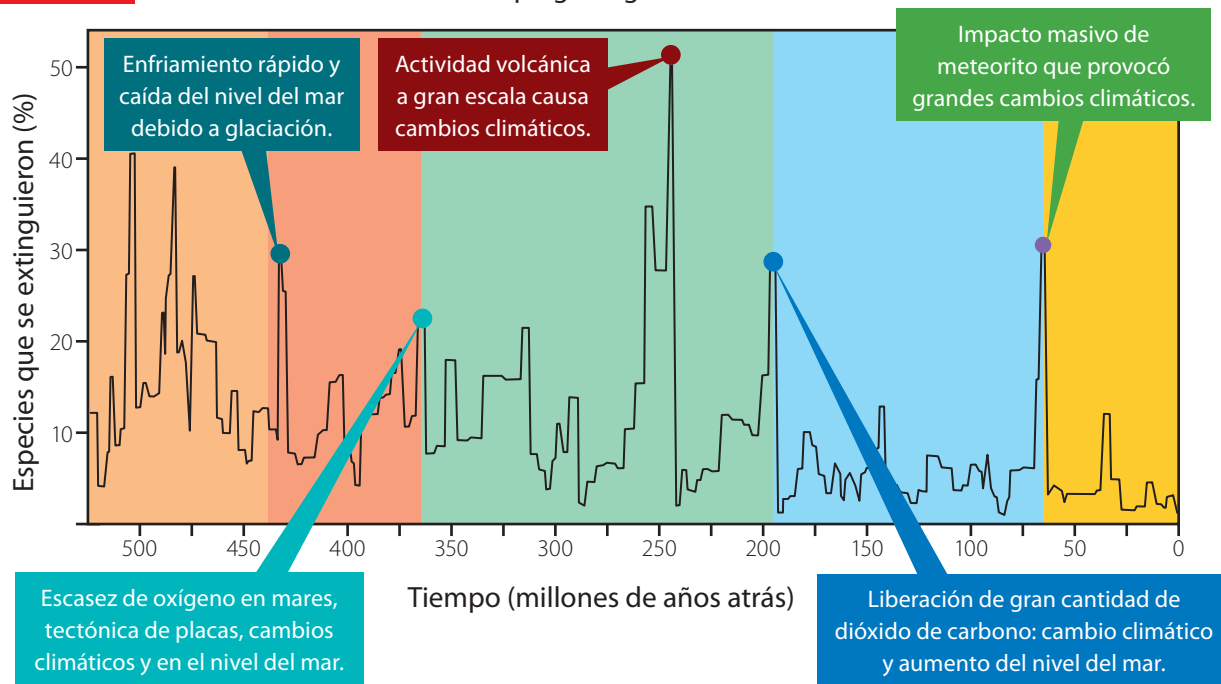
Fuente: Lozhkin, A. (fotógrafo). (1977). *Mamut enano Dima en Beringia rusa* [imagen]. Wikipedia. <https://bit.ly/3m1QrPL>

Inclusión. El organismo queda incluido en una sustancia donde se preserva.

Aplica

Analiza el gráfico que representa las cinco mayores extinciones conocidas desde el origen de los seres vivos, incluidas las principales hipótesis para cada una. Luego, responde.

GRÁFICO 1 Extinciones masivas en el tiempo geológico



Fuente: Spencer, C. (2018, 18 de diciembre). *Mass Extinctions and Climate Variability*. Georgia Tech Biological Sciences. <https://b.gatech.edu/3IYX452>

1. ¿Qué importancia ha tenido el registro fósil para estudiar la historia de la vida en la Tierra?
2. Formula una hipótesis para explicar qué ocurrió con las especies sobrevivientes a cada extinción.

¿Qué información sobre el pasado nos entregan los fósiles?

Focaliza



En el Cajón del Maipo, en las cercanías de Santiago, se han encontrado fósiles de organismos marinos. Plantea una hipótesis para explicar su presencia en dicho lugar.



Explora



Muchos de los cambios que experimenta la Tierra quedan registrados en los fósiles. Se ha descubierto que en el pasado los años tenían más días, pero eran más cortos. Este hallazgo astronómico se debe a que se encontraron fósiles de corales de hace 500 años que presentan 400 anillos de crecimiento por año, a diferencia de los organismos actuales en los que se forman 365 anillos anualmente. Esta especie genera un anillo de crecimiento diario.

1. ¿Qué otra información podrían aportar los fósiles formados hace millones de años?
2. ¿Por qué es importante para el avance de la ciencia que distintas disciplinas interactúen?

Reflexiona

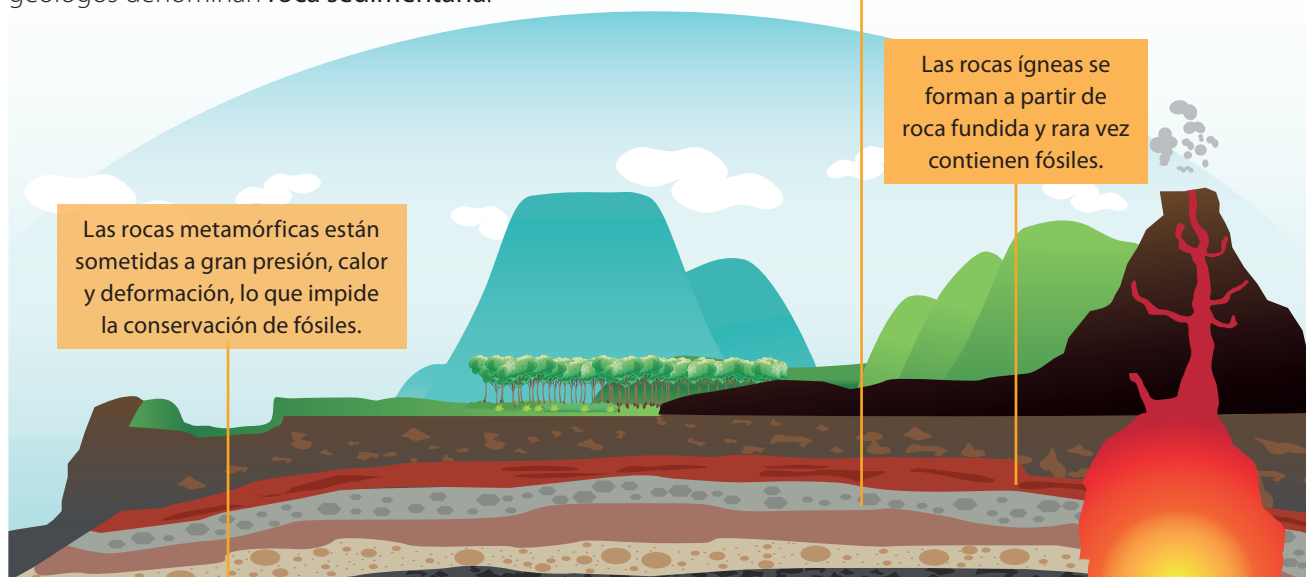


El proceso de fosilización que ocurre en el suelo requiere condiciones favorables, por ejemplo, que los restos de organismos sean cubiertos por sedimentos muy finos de arena o arcilla. Esto puede ocurrir en el fondo de cuerpos de agua y en medios sin oxígeno. Los sedimentos depositados sobre los restos del organismo se van compactando con el tiempo y originan lo que los geólogos denominan **roca sedimentaria**.

Las rocas sedimentarias se forman por acumulación y solidificación de partículas producidas por erosión de rocas más antiguas, facilitando la preservación de fósiles.

Las rocas ígneas se forman a partir de roca fundida y rara vez contienen fósiles.

Las rocas metamórficas están sometidas a gran presión, calor y deformación, lo que impide la conservación de fósiles.

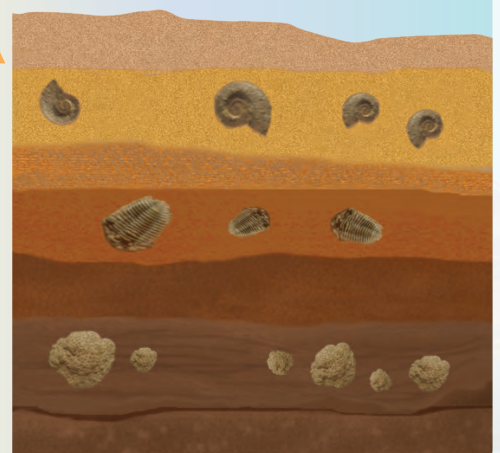


Capas o estratos. La fosilización incluye el depósito sucesivo de sedimento, de modo que los fósiles van quedando en diferentes capas o estratos: los más antiguos en el fondo y los más recientes en la superficie.

Hay fósiles típicos de ciertas capas sedimentarias, denominados fósiles guía. Estos se utilizan para la datación relativa, pues permiten estimar el tiempo de un estrato considerando sus fósiles.

Rocas más recientes

Rocas más antiguas



La edad geológica de cada estrato se relaciona con los fósiles presentes en ellos.

Paleoambiente. La información que aporta el registro fósil de un área determinada permite reconstruir el paleoambiente, que se refiere básicamente al tipo de clima y la vegetación del pasado. Una de las disciplinas que contribuye a esto es la palinología, dedicada al estudio de polen y esporas, vivos o fosilizados. Es así como sabemos que el actual desierto de Atacama hace 10 mil años presentaba humedales y lagos hoy inexistentes.



Un aspecto similar a este habría tenido el desierto de Atacama hace unos 10 mil años.

Aplica

En el link <http://bit.ly/2UcvzZM> encontrarás la infografía de la imagen, que ilustra la distribución que habrían tenido diferentes especies de dinosaurios en el territorio chileno.

Lee y analiza la infografía. Luego, escoge un yacimiento de fósiles de dinosaurios y busca información acerca de él. Presenta tu información y respuestas a las siguientes preguntas, con apoyo de las TIC. Selecciona el formato que consideres más adecuado.

1. ¿Hace cuánto tiempo vivieron los dinosaurios del yacimiento?
2. ¿Cómo era el paisaje en ese entonces?
3. ¿Qué hábitos alimenticios tenían esos dinosaurios?



¿Cómo es posible obtener energía de organismos del pasado?

Focaliza



La energía es imprescindible para nuestros procesos biológicos y para las actividades productivas de las sociedades. Una de las fuentes de energía que el ser humano emplea son los combustibles fósiles. ¿Qué combustibles fósiles conoces? Estos combustibles, ¿son fósiles realmente?

Explora



En parejas, lean y analicen la hipótesis más aceptada que explica el origen del carbón mineral:

A inicios del Carbonífero ciertos grupos de plantas comenzaron a producir lignina, un polímero formado por carbono, hidrógeno y oxígeno. La lignina permitió el desarrollo de tallos más duros y leñosos, apareciendo los primeros árboles. Sus restos fueron quedando depositados en la tierra por 60 millones de años, cuando surgieron los primeros organismos capaces de descomponer la lignina.

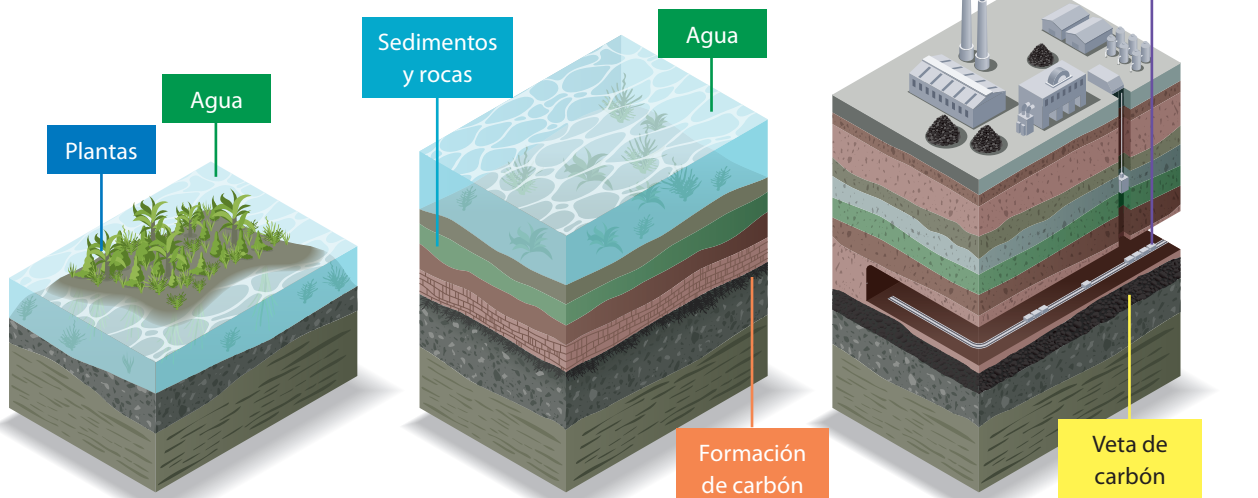
Expliquen de qué forma el registro fósil puede corroborar esta hipótesis.

Reflexiona



Los combustibles fósiles se forman cuando la materia orgánica de organismos en descomposición queda bajo la superficie terrestre, sometida a altas presiones y temperaturas. Así se pueden formar carbón, petróleo y gas natural.

Carbón mineral. Combustible sólido, que contiene principalmente carbono, además de hidrógeno, sulfuros, oxígeno y nitrógeno. ¿Cómo se forma?



400 millones de años atrás

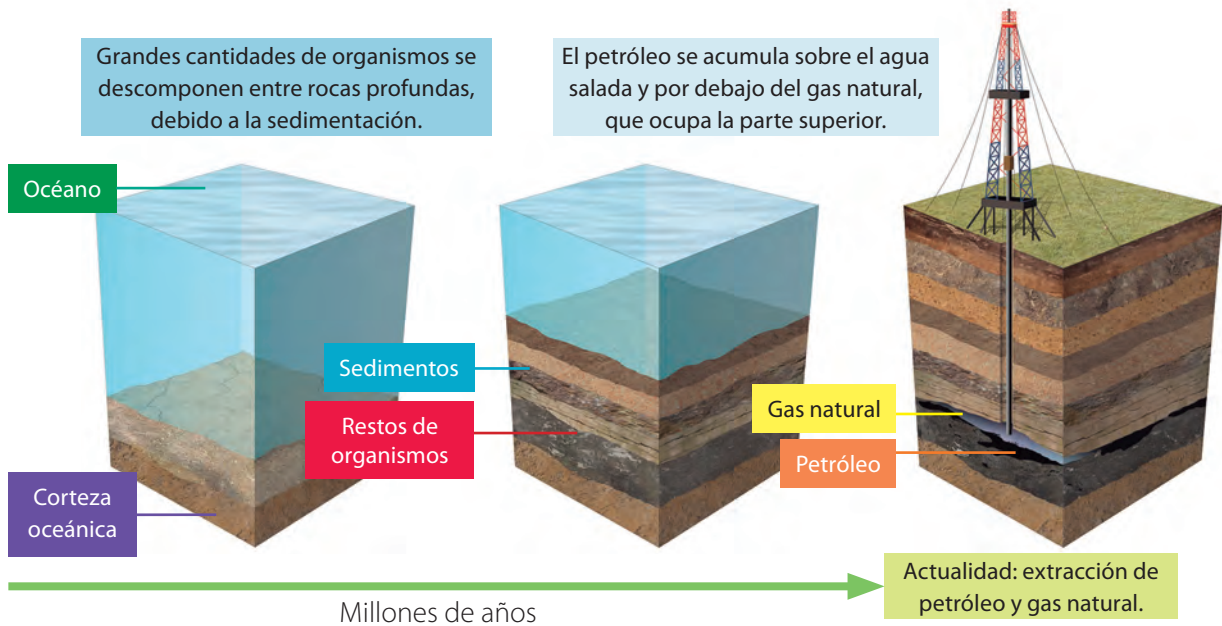
Muchas plantas quedaron sumergidas producto de inundaciones. Con el tiempo, se formó una gruesa capa de plantas muertas y en descomposición en el fondo de los pantanos.

100 millones de años atrás

La acumulación progresiva de agua y sedimentos, formó capas que comprimieron la materia vegetal, deteniendo la descomposición y formando **turba**, material rico en carbono producido por la fermentación de plantas.

Actualidad

Por efecto del calor y la presión, produjo cambios químicos y físicos en la materia vegetal, convirtiéndola, gradualmente, en carbón.



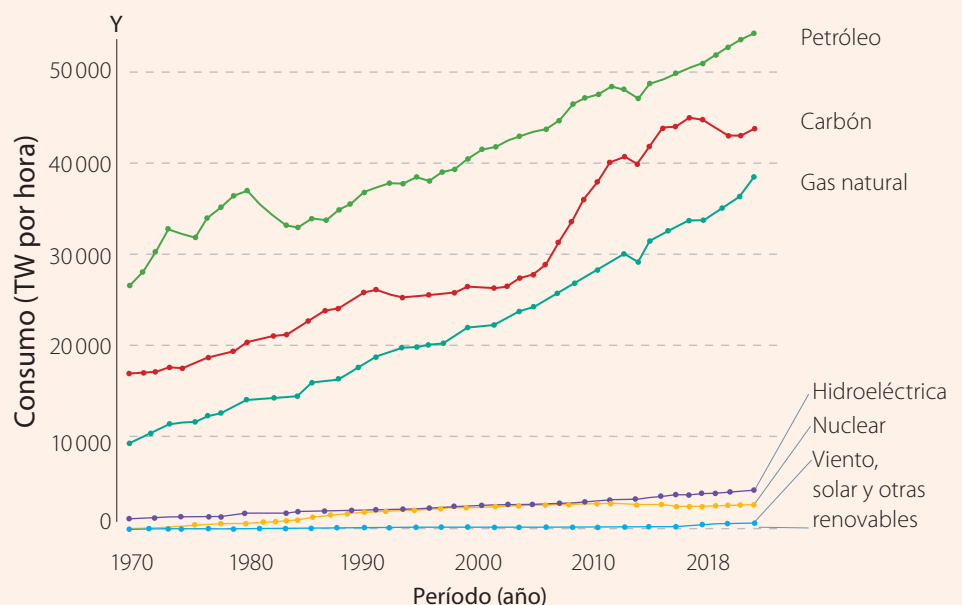
Petróleo. Es un combustible líquido formado por hidrocarburos, es decir, moléculas compuestas solo por carbono e hidrógeno.

Gas natural. Está constituido principalmente por gas metano y otros en menor cantidad, como etano, propano y dióxido de carbono.

Aplica

Analiza el gráfico.
Luego, responde.

GRÁFICO 2 Consumo de energía en el mundo, según la fuente



Fuente: Ritchie, H. y Roser, M. (2018, julio). *Energy*. Our World in Data. <https://bit.ly/3kbqvAw>

1. ¿Qué tendencia se observa respecto del uso de fuentes de energía?
2. ¿Cuáles han sido las consecuencias para el ambiente del uso de energía fósil?
3. Explica. ¿Podrían las fuentes de energía fósil recuperarse en un tiempo breve si se agotaran?

¿Es posible «revivir» especies ya extintas?

Esta pregunta que podría parecer de ciencia ficción ya no lo es: hay grupos de investigación trabajando en esto. Hasta ahora ha habido avances concretos y más de una vía para lograrlo, tanto en plantas como en animales.

El método de retrocruzamiento busca concentrar en un individuo características ancestrales presentes en poblaciones de especies existentes a través de cruzamientos dirigidos. En este enfoque, individuos similares a los ancestrales podrían obtenerse luego de varias generaciones.

En el clonamiento se busca crear copias genéticamente idénticas de una especie extinta a través de la preservación de las células somáticas. Los núcleos de estas células se transfieren a cigotos sin núcleo de una especie emparentada. El embrión es luego implantado en una hembra. Actualmente se han clonado un par de decenas de especies existentes. Sin embargo, como el material genético se degrada fácilmente, este método no es factible de usar en especies extintas hace mucho.

Finalmente, la edición genómica busca modificar la información genética en células de especies vivientes para que esta se parezca a la información genética de la especie extinta.

Los núcleos modificados de estas células se insertan en cigotos y los embriones son implantados en hembras de la especie actual, es decir, son clonados. Aunque esta metodología es prometedora, los científicos saben que la tecnología no permite obtener «copias» de organismos extintos, sino organismos relativamente similares a estos.

Fuente: Shapiro, B. (2017). Pathways to de-extinction: how close can we get to resurrection of an extinct species? *Functional Ecology*, (31), 996-1002. doi: 10.1111/1365-2435.12705



En el 2000 se extinguió la especie *Pyrenean Ibex*. Luego de varios intentos de clonamiento, nació un espécimen vivo en 2003, pero murió a los pocos segundos.

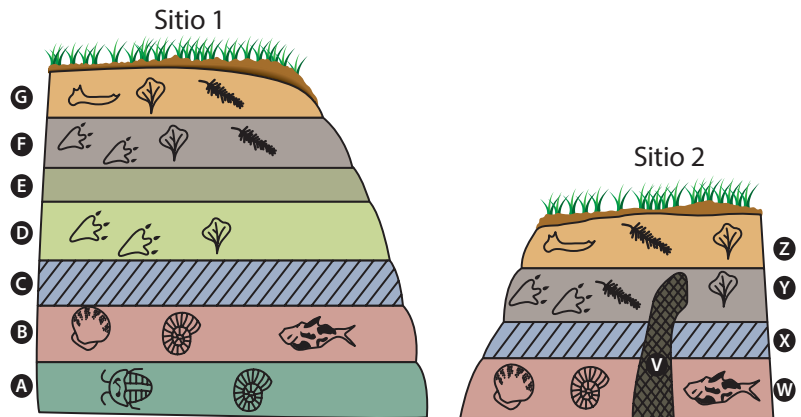
Fuente: Boudet, A. (fotógrafo). (s. f.). *Pyrenean ibex in the sierra de gredos* [imagen]. Shutterstock. <https://shutr.bz/3fCcBWl>

1. ¿Por qué no es posible obtener copias idénticas de organismos extintos?
2. ¿Qué importancia tiene el registro fósil para estas nuevas técnicas?
3. ¿Qué relevancia podría tener el recuperar especies extintas?, ¿qué riesgos podrían aparecer?

Actividad final

En grupo, analicen las imágenes que representan los estratos (A, B, C... Z) de dos sitios diferentes. Luego, respondan:

1. ¿Cuál de los estratos contiene restos fósiles más antiguos?
2. ¿En qué estratos encontrarían los fósiles más recientes en ambos sitios?
3. ¿Qué estratos del sitio 1 podrían haberse formado al mismo tiempo que en el sitio 2?
4. ¿Cómo contribuye el proceso representado en las imágenes al entendimiento de la evolución de los organismos?



Claves

	Trilobite		Pez		Planta
	Ave		Molusco		Mamífero
	Amonite		Dinosaurio		Roca ígnea extrusiva
					Roca ígnea intrusiva

¿Cómo voy?

Evaluación de proceso y progreso

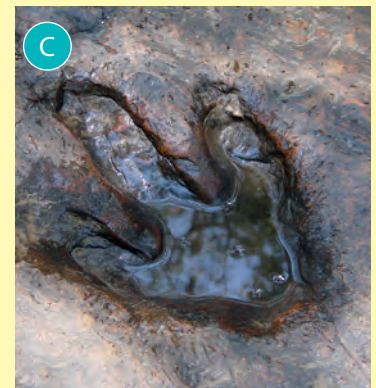
1. Observa las siguientes imágenes de fósiles y luego responde las preguntas.



Fuente: Damgaard, A. (fotógrafo). (2010, 3 de diciembre). *Baltic amber inclusions* [imagen]. Wikipedia. <https://bit.ly/3pWPJ94>



Fuente: Inspired By Maps (fotógrafo). (s. f.). *Fósil de una vida oceánica* [imagen]. Shutterstock. <https://shutr.bz/35Yom6A>



Fuente: Sappasit (fotógrafo). (s. f.). *Dinosaur footprints of Tyrannosaurus Rex in kalasin, Thailand* [imagen]. Shutterstock. <https://shutr.bz/3kZGtNF>

- a. ¿Qué proceso de fosilización representa cada imagen?
 - b. ¿Qué información del organismo se preserva en cada fósil? ¿Qué características pueden describirse directamente?
 - c. ¿Qué otras características de cada organismo podrías **inferir** a partir de sus fósiles?
2. Ingresa a bit.ly/fósiles-chile-antártica y revisa la información del artículo. Basándote en los hallazgos descritos, explica la importancia que tienen los fósiles para el conocimiento científico.

¿Cómo aprendo?

- ¿Qué concepto me resultó más difícil de aprender?, ¿cómo mejoraría esto?
- ¿Cómo puedo aplicar estos contenidos a mi vida diaria?
- Con lo que aprendí, ¿cuál sería mi respuesta a la pregunta de inicio de la lección?

Lección 2

¿Cómo evolucionan los seres vivos?

Sistema nervioso: 580 millones de años.
Tamaño actual del cerebro: 500 mil años.
Expresión simbólica: 100 mil años.

Ojos: 550 millones de años.
Visión binocular: 65 millones de años.

Vértebras: 525 millones de años.
Pérdida de la cola: 23 millones de años.

Placenta (durante el embarazo):
90 millones de años.

Uso de herramientas:
3,3 millones de años.

Extremidades: 400 millones de años.
Bipedalismo: 7 millones de años.



Todas las especies de seres vivos descienden de otras, y así sucesivamente hasta las primeras células, originadas hace unos 3 600 millones de años. La continua transformación ha permitido la mantención de la vida en los heterogéneos y cambiantes ambientes de la Tierra.

Así, los seres vivos heredamos características que han surgido en diferentes momentos de la historia, y que son evidencia de la evolución. Otras se han perdido y dicha pérdida también se ha mantenido en muchas especies, de generación en generación.

Pelo: 300 millones de años.

Piel sin pelo: 2,4 millones de años.

Pérdida de pulgar oponible en pies:

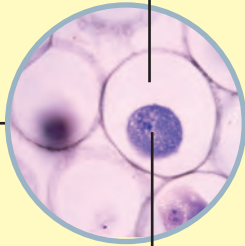
4 millones de años

Pulgar oponible: 3,5 millones de años.

Glándulas mamarias:

250 millones de años.

Células: 3 600 millones de años.



Núcleo celular:

2 000 millones de años.

Uñas: 55 millones de años.

La infografía de estas páginas muestra las fechas inferidas para el origen y modificación de diferentes características biológicas en nuestra especie.

¿Qué sé? Evaluación inicial

1. ¿Cuál es la característica humana más antigua?, ¿cuál la más reciente?
2. ¿Qué importancia tienen los fósiles como evidencia de la evolución de las características de los seres vivos?
3. El cerebro y la placenta, ¿proviene de distintos ancestros?, ¿por qué?



El registro fósil y la comparación de especies han permitido reconstruir la historia de los caracteres en el ser humano.

Fuente: Alexander, P. (fotógrafo). (s. f.). *Conjunto de tres esqueletos aislados sobre fondo blanco*. Shutterstock. <https://shutr.bz/3o6bzFx>

¿Qué es la selección natural?

Focaliza



En 1831, el naturalista inglés Charles Darwin (1809-1887), considerado el padre de la evolución, emprendió un viaje a bordo del navío HMS Beagle. Durante esta travesía, examinó animales y plantas de diferentes partes del mundo, y fue forjando sus ideas sobre la transformación de las especies.

Explora



1. En parejas, consigan: pinza, gotario, alicate, agua, fideos (espirales o canutos) y elásticos. Las herramientas (pinza, gotario y alicate) representan diferentes tipos de picos de aves; los fideos, agua y elásticos simbolizan distintos alimentos.
2. Planteen una hipótesis sobre qué tipo de alimento consumirá cada ave. Comprueben su hipótesis simulando recolecciones de alimento utilizando las herramientas.
 - a. ¿En qué medida la forma de las herramientas influyó en la captura de cada alimento?
 - b. ¿Cómo esta adaptación de las aves puede afectar en su supervivencia?

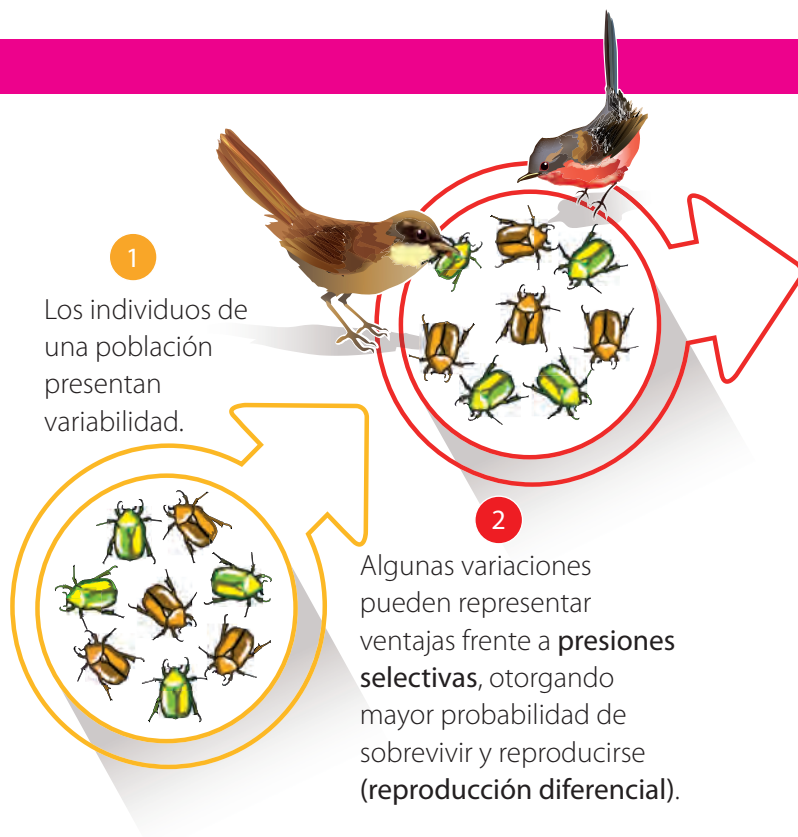


Mecanismo de selección natural

Variabilidad. Diferencias entre los organismos de la misma especie.

Presiones selectivas. Factores ambientales cuya variación afecta negativamente la reproducción diferencial de los organismos. Involucran la exposición a nuevos ambientes por modificaciones de las condiciones en un lugar o por migración de las poblaciones. Por ejemplo, cambios en recursos alimentarios, patógenos, condiciones atmosféricas, presencia de predadores, etc.

Reproducción diferencial. Diferencia en la probabilidad de que unos organismos dejen descendencia respecto de otros. Mayor supervivencia, fertilidad y velocidad del desarrollo aumentan la probabilidad de reproducción.



Reflexiona

A 20 años de culminar su viaje, Darwin recibió una carta del naturalista británico Alfred Wallace (1823-1913), solicitando la revisión de sus observaciones en el archipiélago malayo, en las que Darwin reconoció sus ideas. Así, juntos propusieron la **teoría de la selección natural** como mecanismo para explicar la evolución de los seres vivos.



En las Islas Galápagos Darwin observó la presencia de diversas especies de pinzones que se diferencian en la forma de sus picos, los que estaban adaptados a diferentes recursos alimentarios.

Herencia. Es la transmisión de características desde los progenitores a la siguiente generación.



3

Los rasgos se **heredan** a las siguientes generaciones.



4

La variación favorable aumenta su frecuencia, hasta alcanzar el total de la población o la especie, transformándose en una **adaptación**.

Adaptación. Rasgo heredable que les permite a los organismos vivir y reproducirse, o ser «aptos», en un ambiente específico. Por ejemplo, las aletas permiten a peces y algunos mamíferos moverse en el ambiente acuático.

Aplica

Cuando se usa un antibiótico de manera frecuente e indiscriminada, su efectividad puede ir disminuyendo, pues las bacterias adquieren resistencia.

1. Mediante un esquema explica cómo ocurre la resistencia a antibióticos en bacterias, por selección natural. Utiliza los conceptos: *variabilidad*, *presión selectiva*, *herencia* y *adaptación*.
2. ¿Por qué la resistencia a antibióticos es una evidencia de la selección natural?

¿Qué evidencias existen de la teoría de Darwin y Wallace?

Focaliza



La teoría de la selección natural propone un mecanismo evolutivo basado en la variabilidad y la presión del ambiente. ¿Qué ocurriría si una especie no fuera variable? ¿La selección natural aumenta o disminuye la variabilidad?

Explora



La domesticación es la obtención de nuevas variedades de organismos «útiles» para el ser humano. El perro se originó a partir de la domesticación del lobo y fue la primera especie en ser domesticada hace unos 14 mil años. La domesticación generalmente se logra por **selección artificial**, que consiste en que organismos con las características deseadas son seleccionados por los criadores y reproducidos, repitiendo esto por generaciones.

1. ¿Por qué Darwin consideró a la domesticación como una poderosa evidencia de la selección natural?
2. ¿En qué se diferencian ambos tipos de selección?

Reflexiona



La teoría de la selección natural involucra dos factores difíciles de predecir, pues son azarosos: la presión selectiva y la variabilidad, pero también incluye un resultado más o menos predecible: la adaptación al ambiente. Diversos ejemplos evidencian cómo actúa la selección natural:

Orquídeas que «imitan» abejas. Darwin observó que las orquídeas presentan pétalos modificados que atraen a abejas polinizadoras. La fotografía muestra una orquídea con pétalos en forma de abeja hembra, lo que atrae a machos. Estas estrategias se interpretan como adaptaciones y la presión selectiva sería la reproducción. ¿Cómo se podría haber generado este rasgo por selección natural? Plantea una hipótesis.

El caso de *Biston betularia*. El desarrollo industrial de fines del siglo XIX aumentó la contaminación atmosférica en Londres, causando el oscurecimiento de edificios y árboles. En las polillas *Biston betularia*, las blancas empezaron a ser depredadas más fácilmente por las aves, dejando menos descendencia que las negras. Como la presión selectiva continuó, la proporción de polillas oscuras aumentó gradualmente en cada generación.



Adaptaciones locales. Ocurren en grupos de organismos de una especie, y permiten la adaptación a condiciones ambientales de un área geográfica. Las adaptaciones locales pueden dar **origen a nuevas especies**: cuando la población se aísla de las demás y desarrolla diferencias en órganos y funciones, y si estas diferencias afectan la reproducción, se produce una separación definitiva y se origina una nueva especie.

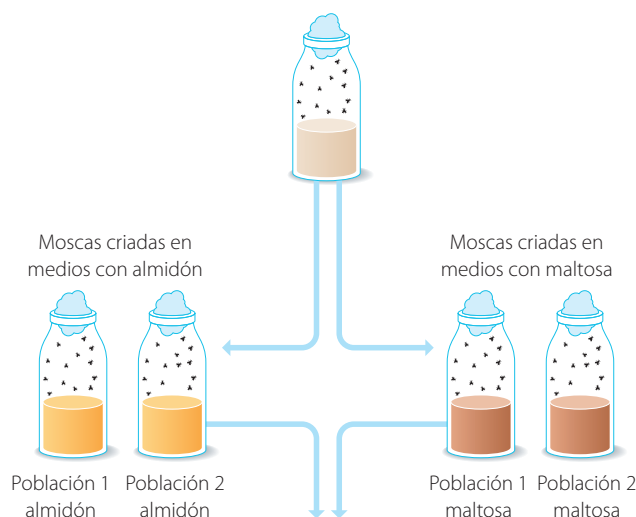
Estos casos de especiación corresponden a la teoría de **descendencia con modificación** que Darwin ejemplificó con los pinzones (ver página 27).

Otro ejemplo son las especies de la mosca *Drosophila*, que usan diferentes plantas hospederas, donde se alimentan y reproducen. El cambio de hospedero genera presiones selectivas y las consecuentes adaptaciones locales.

Aplica

En grupos, lean la información y respondan las preguntas:

En 1989, la bióloga Diane Dodd separó una población de moscas *Drosophila pseudoobscura* en diferentes medios:



Después de un año (40 generaciones), reunió moscas de igual o diferente población y midió las frecuencias de apareamiento. Resultados:

		Hembras	
		Almidón	Maltosa
Machos	Almidón	22	9
	Maltosa	8	20

Grupo experimental

		Hembras	
		Población 1 almidón	Población 2 almidón
Machos	Población 1 almidón	18	15
	Población 2 almidón	12	15

Grupo control

Fuente: Campbell, N., Reece, J., Minorsky, P., Wasserman, S., Cain, M. y Urry, L. (2017). *Biology* (11ª ed.). Pearson.

1. ¿Qué hipótesis habrá planteado la científica?
2. ¿Por qué fue necesario incluir un grupo control?, ¿cuán válidos hubieran sido sus resultados si no lo hubiera incluido?
3. ¿Cómo explicarías los resultados obtenidos?
4. Predigan que ocurriría después de 80 generaciones.

¿Qué evidencias evolutivas nos entrega la comparación de especies?

Focaliza



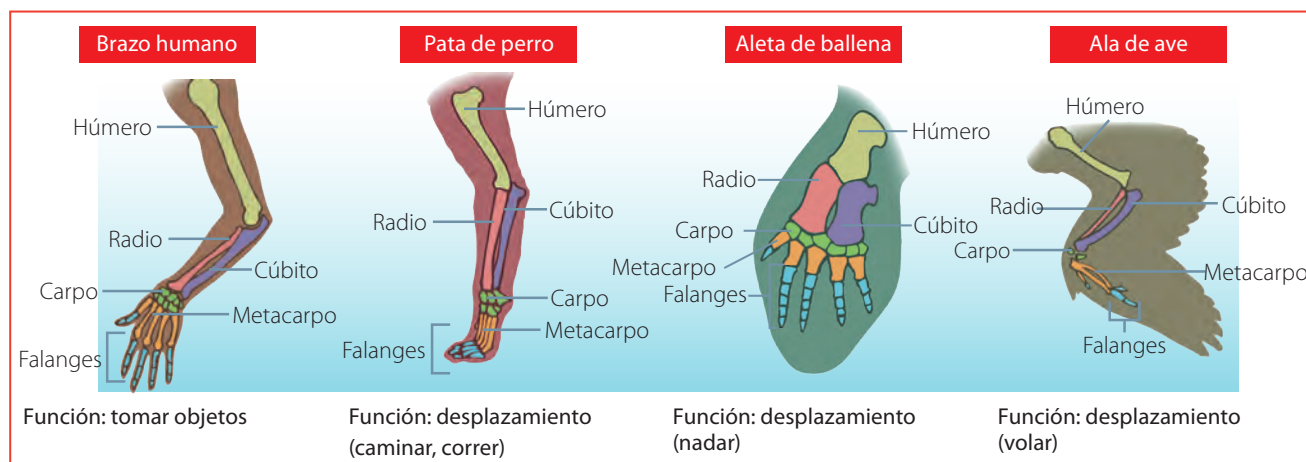
Muchas de las muestras de especímenes que Darwin recolectó las confió al ornitólogo John Gould y al paleontólogo Richard Owen, quien se dedicaba a comparar la anatomía ósea. Así, Darwin comprendió que la comparación de la anatomía interna revelaba la historia de los órganos y de las especies.

Explora



Las imágenes representan la estructura ósea de extremidades de humano, perro, ballena y aves.

1. ¿Qué similitudes puedes establecer entre ellas?
2. Las extremidades de estas especies, ¿son estructuras completamente diferentes o modificaciones desde un ancestro común?



Reflexiona



La **anatomía comparada** realiza estudios comparativos de los órganos y otras estructuras de distintas especies, entregando evidencia de su evolución. De esta forma, algunas estructuras se han clasificado, según sus orígenes evolutivos, en estructuras homólogas, homoplásticas y vestigiales.

Estructuras homoplásticas.

Corresponden a una similitud entre diferentes organismos que no heredaron dicha semejanza de un ancestro común. Normalmente son reconocidas por incongruencias en el patrón de distribución de caracteres (Thanukos, 2008). Es el caso de las alas de aves e insectos.

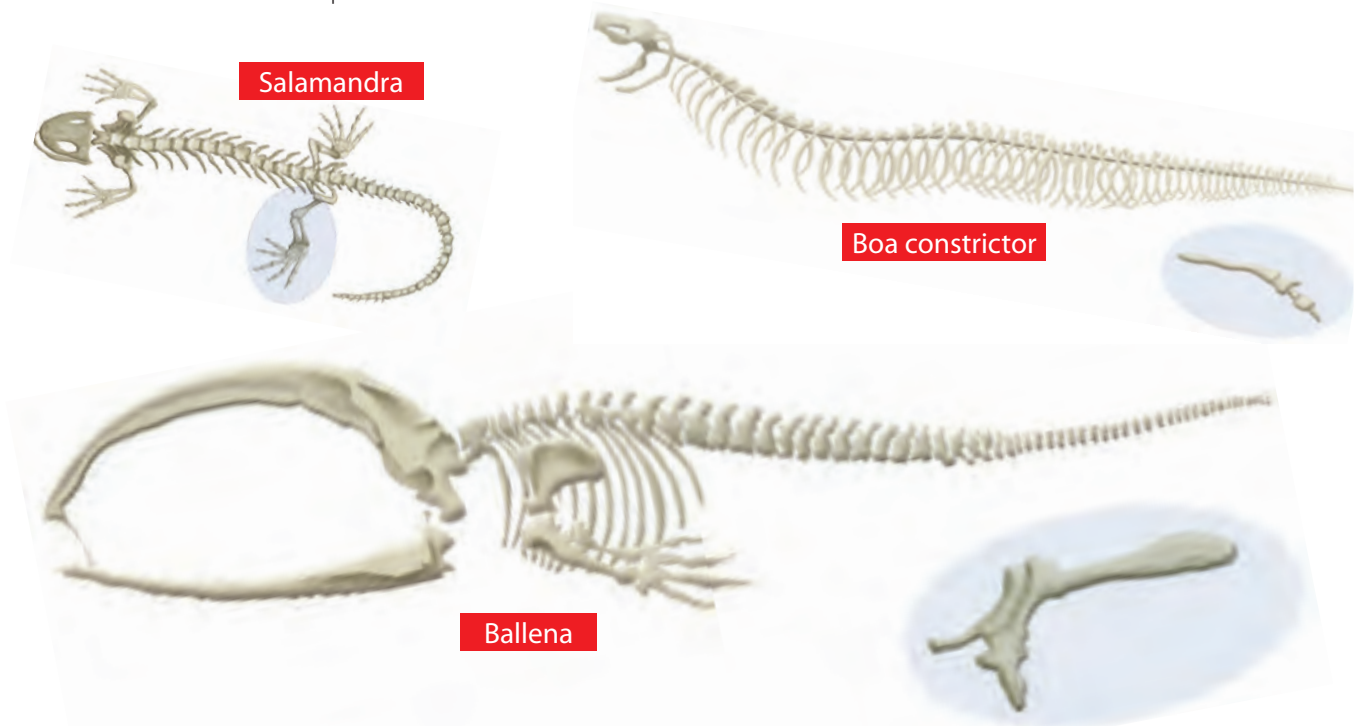


Estructuras homólogas. Son aquellas heredadas de un ancestro común, en que la posterior adaptación a distintos ambientes puede provocar diferencias entre ellas. Es el caso de las extremidades en vertebrados.



Estructuras vestigiales. Estructuras u órganos cuya función se ha perdido. Son una prueba de la evolución de las especies. Por ejemplo, en las ballenas y en las boas existen huesos similares a las patas de las salamandras, que se han mantenido de sus antepasados terrestres. Sin embargo, estos huesos no tienen función en las especies actuales.

En el cuerpo humano, numerosas estructuras se consideran vestigiales, dentro de las cuales se encuentran los terceros molares, más conocidos como las muelas del juicio, y el apéndice cecal, aunque también se plantea que este último podría tener una función inmune.



Embriología comparada. Como la anatomía comparada estudiaba las estructuras de organismos adultos de diferentes especies, surgió el interés por conocer cómo se formaban dichas estructuras durante la ontogenia (desarrollo de los individuos). Así nació la embriología comparada, siendo uno de sus fundadores Karl Ernst von Baer (1792-1876), quien formuló lo que se conoce como leyes de la embriología de Baer:

- Los caracteres generales del grupo al que pertenece un embrión aparecen en su desarrollo antes que los caracteres específicos.
- Las relaciones estructurales específicas se forman después de las genéricas.
- El embrión de una forma animal nunca se asemeja al adulto de otra forma animal sino a su embrión.

Aplica

En parejas, observen las imágenes y respondan:

1. ¿Qué sucede con el desarrollo de la cola a medida que el embrión crece?
2. ¿En qué primates actuales está presente la cola?
3. ¿Qué función puede tener la cola?, ¿es una adaptación? Razonen su respuesta.
4. Formulen una hipótesis acerca de la evolución de la cola en nuestra especie.

Embrión humano de cinco semanas.



Embrión humano de siete semanas.



Fuente: Hill, M. (2020, 18 de octubre). MainPage. Embryology.
<https://bit.ly/37fA8dT>

¿Podemos inferir el parentesco entre las especies?

Focaliza

En el dibujo inferior, realizado por Darwin, el científico representó su idea sobre el parentesco entre especies actuales. Las especies B y C son cercanas entre sí, y alejadas de D y A. El ancestro de las cuatro es (1). ¿Qué ventajas tiene hacer diagramas para representar ideas en ciencias y otras áreas del conocimiento?



Fuente: Racconish (fotógrafo). (2019, 25 de septiembre). *Darwin Tree 1837* [fotografía]. Wikipedia. <https://bit.ly/3q31MS9>

Reflexiona

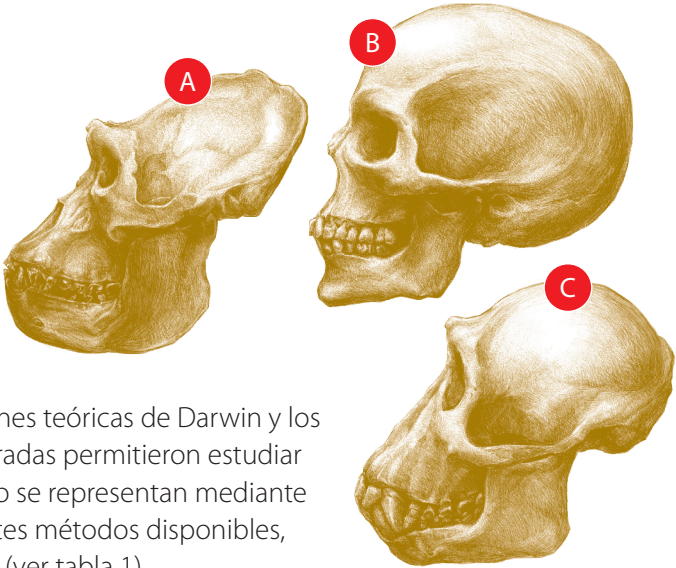
A partir de la segunda mitad del siglo XIX, las contribuciones teóricas de Darwin y los datos aportados por la anatomía y la embriología comparadas permitieron estudiar el parentesco entre especies. Las relaciones de parentesco se representan mediante **árboles filogenéticos**, que se construyen usando diferentes métodos disponibles, basados en el análisis de caracteres de distinta naturaleza (ver tabla 1).

TABLA 1. Tipos de caracteres usados en filogenia	
Caracteres	Ejemplos
Morfológicos	Presencia de órganos, estructura ósea, dimensiones corporales.
Conductuales	Hábitos (diurno v/s nocturno).
Ecológicos	Hábitat, nicho, distribución.
Bioquímicos	Forma y función de proteínas.
Moleculares	Secuencias de ADN.

Explora

A continuación se ilustran cráneos de gorila (A), humano (B) y chimpancé (C), especies que evolucionaron de un ancestro común hace unos 7 millones de años. ¿Cuáles serían las dos especies más emparentadas? Selecciona una de las posibles hipótesis y explica tu elección.

- Hipótesis 1: gorila y chimpancé.
Hipótesis 2: gorila y humano.
Hipótesis 3: chimpancé y humano.



¿Cómo la secuencia de ADN evidencia la evolución de las especies?

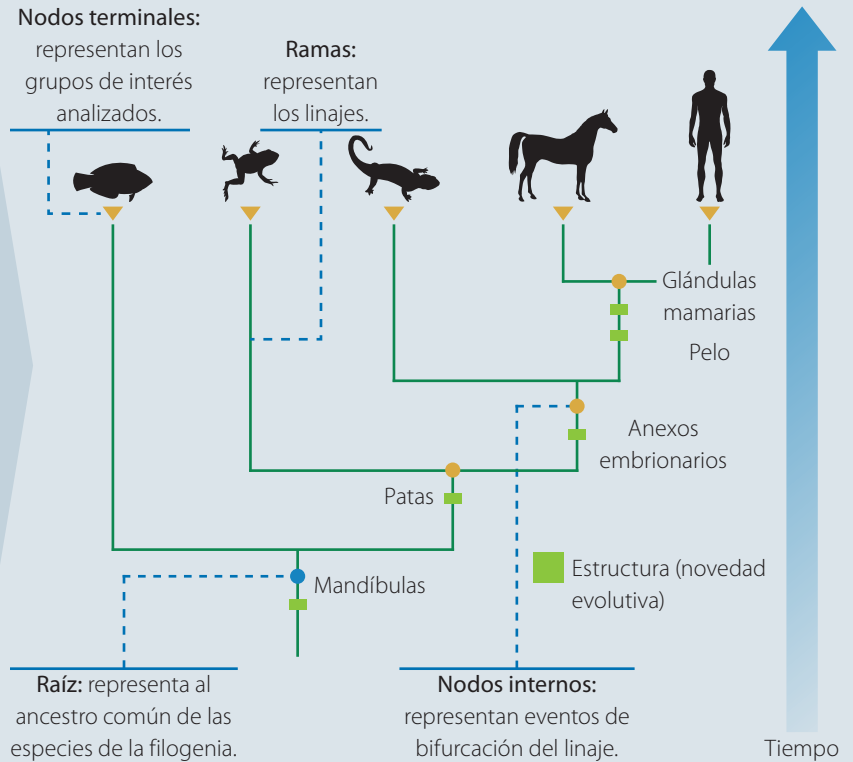
Las unidades estructurales del ADN son cuatro nucleótidos, que se simbolizan con las letras A, T, C y G. Como esta molécula cambia con el tiempo, dos especies muy emparentadas tendrán ADN muy similar. Observa las siguientes secuencias:

Especie A: GGCAAATTCGCTATCGATCG
Especie B: GGCAATTTTCGCTATCGATCG
Especie C: GGCCAGTTCGGTATCGCTCG

Las especies A y B serían las más emparentadas, pues presentan un nucleótido de diferencia, mientras que entre ellas y C hay cuatro.

¿Qué es un árbol filogenético?

Son esquemas que se seleccionan grupos de organismos para reconstruir el parentesco entre ellos y, de esta forma, analizar y representar su evolución. Los árboles filogenéticos poseen nodos terminales e internos, que representan eventos de bifurcación de un linaje, por ejemplo, cuando una especie da origen a dos diferentes, fenómeno denominado **cladogénesis**. Los **nodos terminales** representan a individuos de una especie o de grupos taxonómicos mayores. Los **nodos internos** representan al ancestro común entre los nodos terminales.



Fuente: Apodaca, M., Katinas, L. y Crisci, J. (2016, marzo). La evolución y el método científico como cimientos de la enseñanza de la biología. *Núcleos*, (3), 18-28.

Análisis

El árbol filogenético ilustrado arriba muestra las relaciones de algunos vertebrados, con las principales novedades evolutivas que definen a cada grupo.

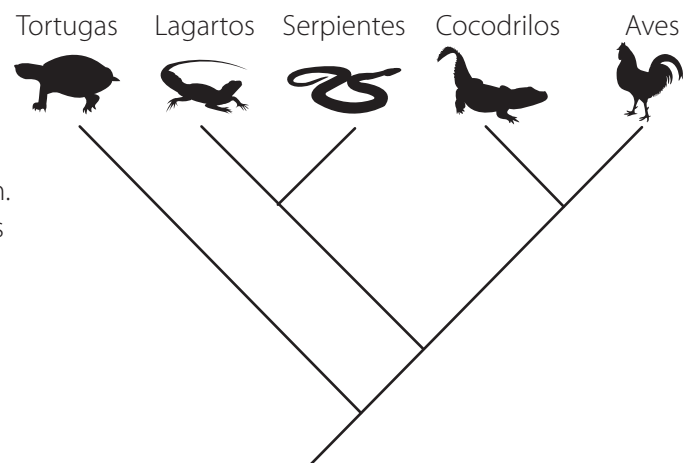
1. ¿Cuál es la característica que comparten todos estos grupos?
2. ¿En qué orden temporal aparecieron las estructuras en estudio?
3. ¿Qué características tenía el ancestro de anfibios, reptiles y mamíferos?
4. ¿Qué grupo está más emparentado con los mamíferos?



Aplica

¿Qué fue primero, el huevo o la gallina? Esta expresión del lenguaje común ha sido usada como metáfora de las relaciones causa-efecto. Es posible dar una respuesta desde el punto de vista evolutivo, pues el huevo es una estructura que surgió en algún momento de la evolución. El árbol filogenético muestra la evolución de vertebrados que se reproducen por huevos amniotas (con cáscara y vitelo entre otras características).

1. ¿Cuáles fueron los primeros organismos en reproducirse por huevos amniotas?
2. ¿Cómo responderías la pregunta inicial desde una perspectiva filogenética?





¿Cuál es la filogenia de los homínidos actuales?

Antecedentes

Un árbol filogenético representa una hipótesis sobre las relaciones de parentesco entre los linajes (o especies), por lo tanto, son considerados hipótesis filogenéticas.

En el análisis filogenético, el número de hipótesis depende del de especies. Así, con tres especies existen tres posibles árboles filogenéticos. Cuando aumenta el número de especies, también lo hace el de hipótesis filogenéticas: con cuatro especies hay 15 árboles posibles, y con cinco especies, 105. Para modelar este tipo de trabajo, usaremos un ejemplo con las especies: *Gorilla gorilla* (gorila), *Pan troglodytes* (chimpancé) y *Homo sapiens* (humano).

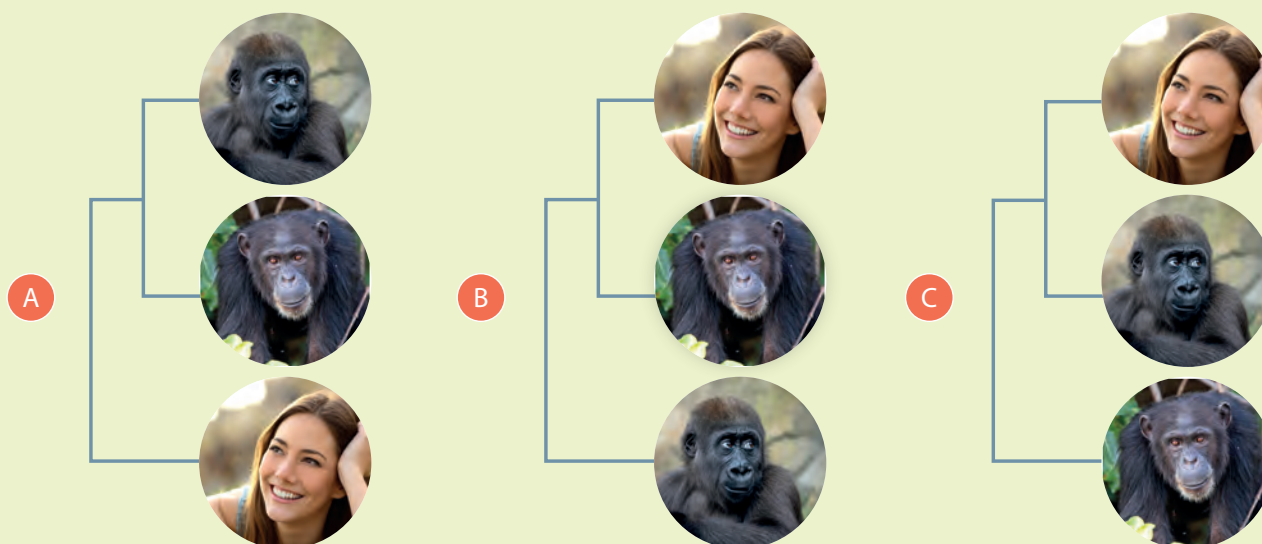
Planteamiento de hipótesis

El esquema presenta tres hipótesis posibles para la relación filogenética entre gorila, chimpancé y humano.

En **A**, gorila es especie «hermana» de chimpancé, y humano la más divergente.

En **B**, humano es especie «hermana» de chimpancé, y gorila la más divergente.

Y en **C**, humano es especie «hermana» de gorila, y chimpancé la más divergente.



A veces existe una hipótesis dentro de todas las posibles que se considera más plausible y se decide poner a prueba, es decir, confirmar o refutar a través de los datos. ¿Cuál de las tres hipótesis consideras más plausible?

Diseño experimental (contrastación de hipótesis)

Para poner a prueba las hipótesis filogenéticas, usaremos un método simple de análisis de secuencias de ADN. Para establecer la distancia evolutiva entre las especies, se considerarán las secuencias de un fragmento del gen NADH1 (presente en la mitocondria), que es similar entre las tres especies:

<i>Pan troglodytes</i>	CCTAGCATCACTCATGTGATATATCTCCATACCCACTACAATCTCCAGCA
<i>Homo sapiens</i>	CCTAGCATTACTTATATGATATGTCTCCATACCCATTACAATCTCCAGCA
<i>Gorilla gorilla</i>	CCTGGCACTACTCATATGATATATTTCCATACCTACCACAATCTCCAGCA

1. Para comparar, considera las secuencias de dos especies cada vez y observa base por base para detectar si coinciden o no. Luego, registra el número de diferencias en el fragmento de ADN.
2. Una vez obtenidos los resultados, evalúa cada hipótesis filogenética y elige la que se ajusta a tus resultados.

Desafío

En el ejercicio anterior analizaste la filogenia de las especies actuales de la familia Hominidae. ¿Qué sucede si queremos incorporar al árbol una especie que no está actualmente presente en esta familia? Se considerará para esto a *Pongo abelii*, una especie de orangután.

Gorila (<i>Gorilla gorilla</i>)	Humano (<i>Homo sapiens</i>)	Chimpancé (<i>Pan troglodytes</i>)	Orangután (<i>Pongo abelii</i>)
			
			

Fuente: De Stefano, M. (fotógrafo). (2016, 12 de abril). *Gorilla gorilla* [imagen]. Wikipedia. <https://bit.ly/3q8wdqg>

Fuente: Khongchum, C. (fotógrafo). (s. f.). *Close-Up Of Human Skull Against White Background* [imagen]. Getty images. <https://bit.ly/36aEPES>

Fuente: Hellier, C. (fotógrafo). (s. f.). *Common Chimpanzee Skull* [imagen]. Getty images. <https://bit.ly/2Jheoo3>

Fuente: De Stefano, M. (fotógrafo). (2016, 13 de abril). *Pongo pygmaeus skull* [imagen]. Wikipedia. <https://bit.ly/3mdUoBd>

En grupos, realicen lo siguiente:

1. Planteen una hipótesis respecto de la posición filogenética de *Pongo abelii* en relación con la familia Hominidae y expliquen en qué se basa. Consideren características del cráneo y otras estructuras físicas.
2. Escriban su hipótesis en forma de un árbol filogenético.
3. Contrasten su hipótesis usando el fragmento del gen NADH1 de la especie *Pongo abelii* y elaboren una filogenia de las cuatro especies.

Pongo abelii CCTAGCACTACTAATATGACACATCTCCGTACCCATTGCAACCTCCGGCA

4. Evalúen su hipótesis. ¿Fue refutada o no? Redacten un breve informe, con especial énfasis en la contrastación de su hipótesis y en la validez de los supuestos en que se basaron para formularla.

¿Qué evidencias recientes hay sobre la evolución?

Focaliza



Cuando Darwin publicó su teoría de la evolución se desconocía cómo se transmitían las características a través de las generaciones. La teoría de Darwin fue complementada con los descubrimientos de Gregor Mendel en los mecanismos de la herencia biológica y ha seguido incorporando avances en materia de biología molecular y genética. ¿Cómo evidencia esto que la construcción del conocimiento científico es dinámica y colectiva?

Explora



Darwin desconocía cómo se producía la herencia y planteó el mecanismo de pangénesis: el cuerpo de un organismo emitiría partículas llamadas gémulas, que se concentrarían en las gónadas, constituyendo la información heredable. En 1892, el alemán August Weismann propuso una teoría diferente llamada plasma germinal. Según esta, la información hereditaria se transmitía solo desde los gametos hacia **a.** las células somáticas (todas las células excepto las sexuales) y **b.** la siguiente generación.

Análisis

1. ¿Cuál de los mecanismos es compatible con lo que sabes de reproducción, la pangénesis o el plasma germinal?
2. ¿Cuál de ellos es aplicable a la idea de Lamarck sobre la herencia de caracteres adquiridos?



Reflexiona

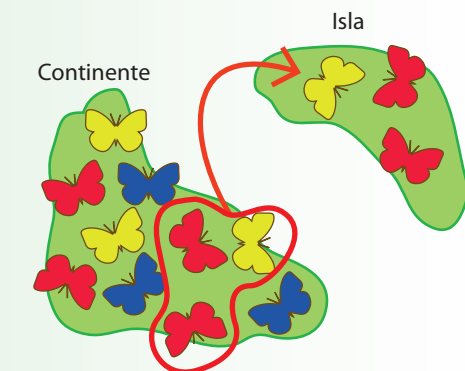


La validación de los estudios de Mendel y la verificación de la teoría de Weismann dieron inicio a la **genética**: el estudio de la herencia y la variación. Cada avance de la genética fue enriqueciendo el desarrollo de la teoría evolutiva y se originó la denominada **teoría sintética de la evolución**, que busca explicar cómo la evolución de las poblaciones es la base para comprender el origen de las especies. Esta teoría propone los siguientes mecanismos de evolución:

- Los genes (segmentos de ADN) transportan la información que se hereda de una generación a la siguiente.
- Los cambios genéticos ocurren de manera aleatoria o al azar.
- Lo que evoluciona es la población, no los individuos.
- La variabilidad genética se debe a dos procesos: mutación y recombinación. Las mutaciones son modificaciones del material genético que pueden originar una característica que antes no existía en la población. La recombinación corresponde al intercambio de material genético entre organismos.

Genética de poblaciones. Disciplina que se desarrolló con la síntesis moderna de la evolución. Uno de sus primeros objetos de estudio fue la selección natural a nivel de genes. Surgieron nuevos conceptos, como el de **deriva genética**, que permitió inferir el papel del azar en la evolución.

El **efecto fundador** es un caso particular de deriva genética, en que el futuro de la población lo determinan unos pocos migrantes, en ausencia de selección natural. Otro aspecto comúnmente estudiado por esta disciplina es la **diferenciación genética de las poblaciones**.



Representación del efecto fundador.

Posterior a la teoría sintética, la biología evolutiva ha continuado incorporado nuevos avances científicos y tecnológicos, así como nuevas preguntas.

Ecología evolutiva. Su principal foco es la evolución de la interacción entre especies.

Evidencias evolutivas:

- Los polinizadores se adaptan a las plantas, y las plantas, a los polinizadores.
- «Carrera armamentista»: en la relación ecológica depredador-presa: las presas adquieren adaptaciones de evasión (como el mimetismo) y los depredadores, adaptaciones para la captura (como aumento de la visión).

Filogeografía. Relación entre la distribución espacial de los organismos y su evolución.

Evidencias evolutivas: las barreras geográficas producen diferenciación de poblaciones y, eventualmente, especiación.

EvoDevo (*Evolutionary development*). Área de la biología que compara el proceso de desarrollo de organismos de distintas especies para determinar sus relaciones filogenéticas.

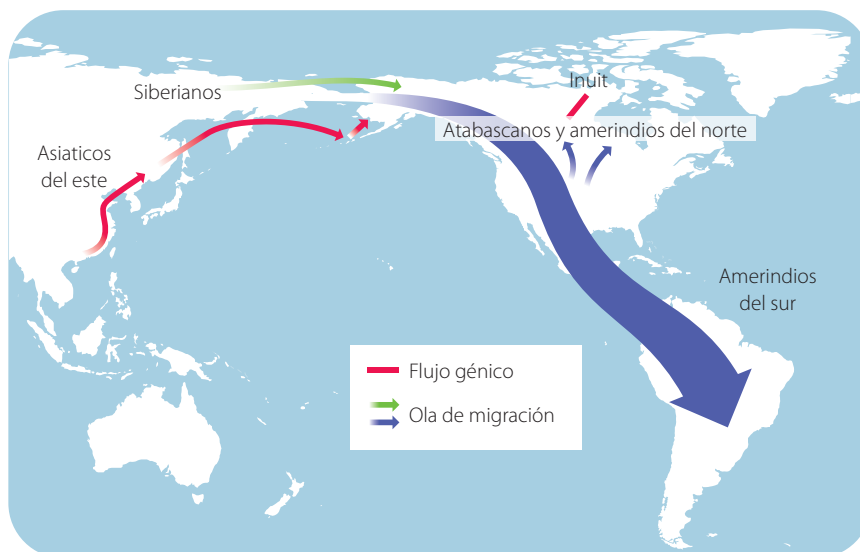
Evidencias evolutivas: los genes que dirigen el proceso de segmentación durante el desarrollo embrionario son los mismos en insectos y mamíferos.

Aplica

Un estudio publicado en la revista Science, en el que se comparó los genomas de 110 personas de América, Siberia y Oceanía, con el material genético de tres esqueletos ancestrales, aportó nuevos antecedentes a la teoría del poblamiento del continente americano, que señala que, hace unos 15 mil años, se produjo inmigración desde Siberia hacia dicho continente, a través del estrecho de Bering. Según la investigación, los primeros individuos comenzaron su travesía hace unos 23 mil años, quedando asilados durante 8000 años en Beringia, puente de tierra entre Siberia y el extremo noroccidental de América, que actualmente está inundado. Transcurrido ese tiempo, la población

de origen siberiano habría continuado su viaje hacia América, separándose en dos grupos, que habrían originado la mayor parte de pueblos nativos americanos que conocemos hoy.

1. Según el mapa, explica si pudieron ocurrir selección natural y efecto fundador durante el poblamiento americano.
2. La población americana precolombina, ¿sería similar a la de Siberia?, ¿por qué?
3. ¿Qué aspectos de la teoría evolutiva aplicaste para responder?



Fuente: Raghavan, M., Steinrücken, M., Harris, K., Schiffels, S., Rasmussen, S., DeGiorgio, M., Albrechtsen, A., Valdiosera, C., Ávila-Arcos, M., Malaspina, A., Eriksson, A., Moltke, I., Metspalu, M., Homburger, J., Wall, J., Cornejo, O., Moreno-Mayar, J., Korneliussen, T., Pierre, T., ... Willerslev, E. (2015, 21 de agosto). Genomic evidence for the Pleistocene and recent population history of Native Americans. Science, 349(6250), 841-851. <https://doi.org/10.1126/science.aab3884>

Filogenia del coronavirus y zoonosis

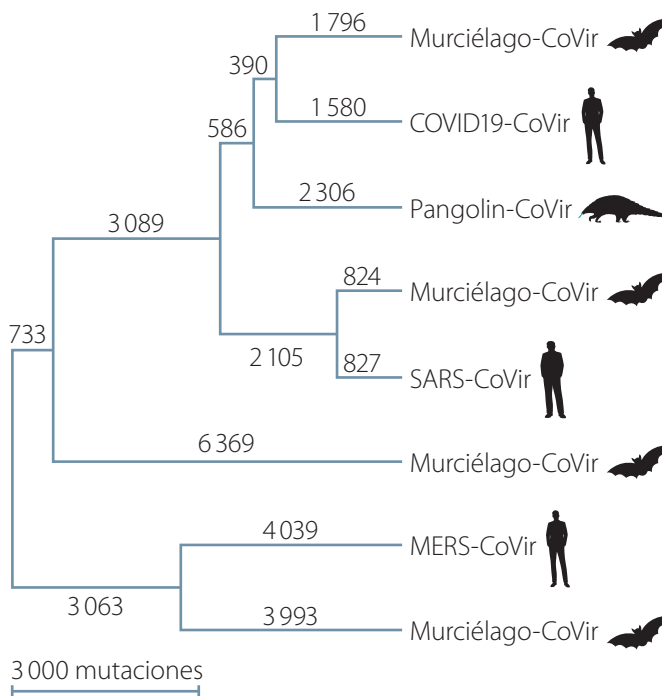
El origen y evolución de los virus es información valiosa para la medicina, pues aporta evidencias para comprender mejor sus modos de contagio. Por ejemplo, hay virus patógenos que se propagan desde otros animales a humanos (zoonosis), fenómeno ocurrido en varias epidemias en las últimas décadas. Este mecanismo de transmisión puede ser detectado a través del análisis del parentesco evolutivo.

En las zoonosis, los virus cambian de especie hospedera, enfrentándose a un nuevo ambiente. Se originan así procesos de selección natural y formación de nuevas cepas. Este es el caso de la reciente pandemia de covid-19. Tras conocerse los primeros contagios, investigadores de China

identificaron taxonómicamente el virus. Para ello realizaron análisis filogenético usando secuencias de ADN del virus causante de covid-19 y de otras especies de virus. Los resultados arrojaron que este agente infeccioso, está emparentado con otros virus conocidos, los coronavirus.

Según la filogenia, el virus causante de covid-19 está estrechamente emparentado a un virus presente en murciélagos y en una especie de pangolín que habita Asia.

Fuente: elaboración propia basada en el estudio de Zhu, N., Zhang, D., Wang, W., Li, X., Yang, B., Song, J., Zhao, X., Huang, B., Shi, W., Lu, R., Niu, P., Zhang, F., Ma, X., Wang, D., Xu, W., Wu, G., Gao, G. y Tan, W. (2020, 24 de enero). A novel coronavirus from patients with pneumonia in China, 2019. *New England Journal of Medicine*, 382(16), 727-733. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2001017>



◀ Filogenia de un tipo de coronavirus, construida a partir de secuencias genómicas. Los números indican las mutaciones ocurridas.

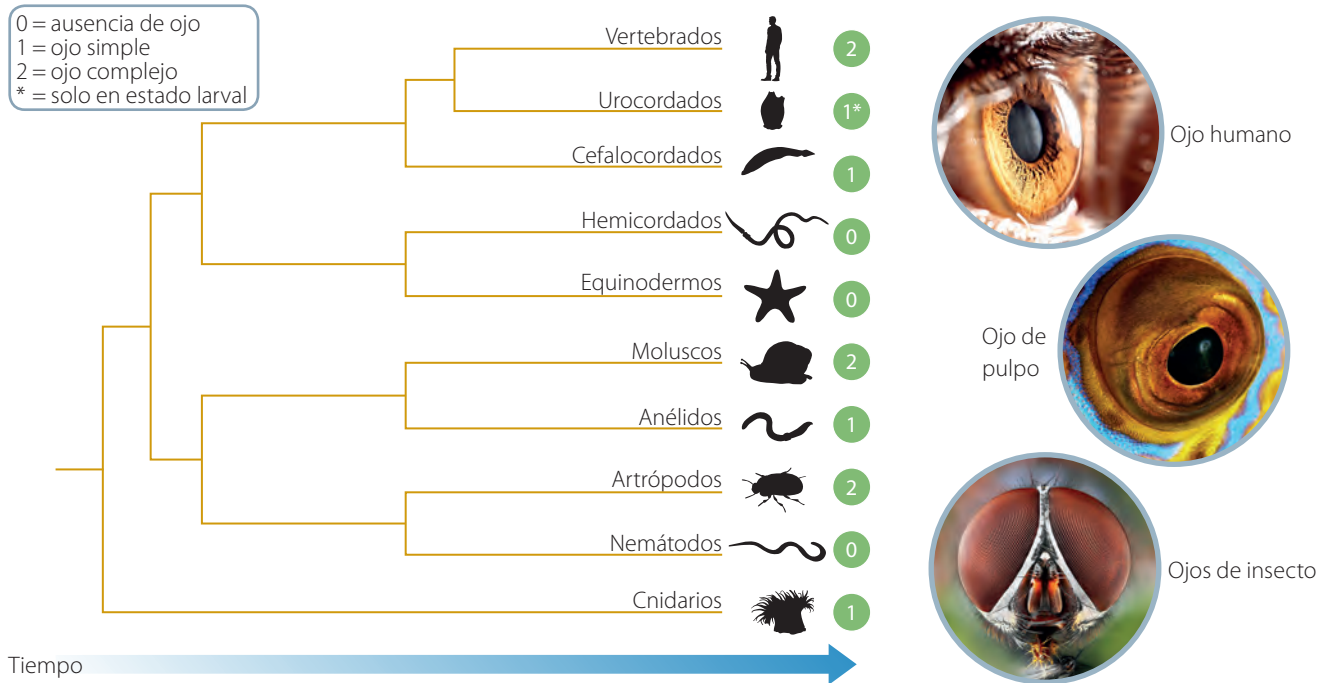
En parejas, respondan:

1. ¿En qué medida el estudio filogenético de virus, y otros agentes, nos podrían ayudar a evitar futuras pandemias?
2. ¿Qué rol crees que han cumplido los avances en ciencia y tecnología en hallazgos como los descritos en esta lectura?
3. ¿Consideras que este tipo de descubrimientos debería ser considerado por los estados, al momento de establecer políticas sanitarias?

Actividad final

Usando filogenias para detectar homologías y homoplasias: la evolución del ojo

El ojo es una estructura compleja que permite captar información lumínica del entorno. Algunos grupos de animales distantes poseen ojos complejos, mientras que los restantes grupos presentan manchas oculares, o bien, carecen de fotorreceptores.



1. Identifica los grupos de animales que presentan ojos complejos. Explica si estos grupos son cercanos o lejanos filogenéticamente.
2. Considerando lo anterior, fundamenta cómo calificarías los ojos de vertebrados, moluscos y artrópodos, ¿como estructuras homólogas u homoplásicas?
3. Explica si el ojo de los peces (cefalocordados) es homólogo con el del humano.
4. Plantea una hipótesis para la evolución del ojo complejo.

¿Cómo voy? Evaluación de proceso y progreso

1. Establece la relación que existe entre descendencia con modificación, filogenia y caracteres homólogos.
2. Explica cómo la selección natural puede provocar especiación.
3. Explica qué sucedería si un carácter no se hereda. ¿Podrá ocurrir selección natural sobre este?, ¿por qué?

¿Cómo aprendo?

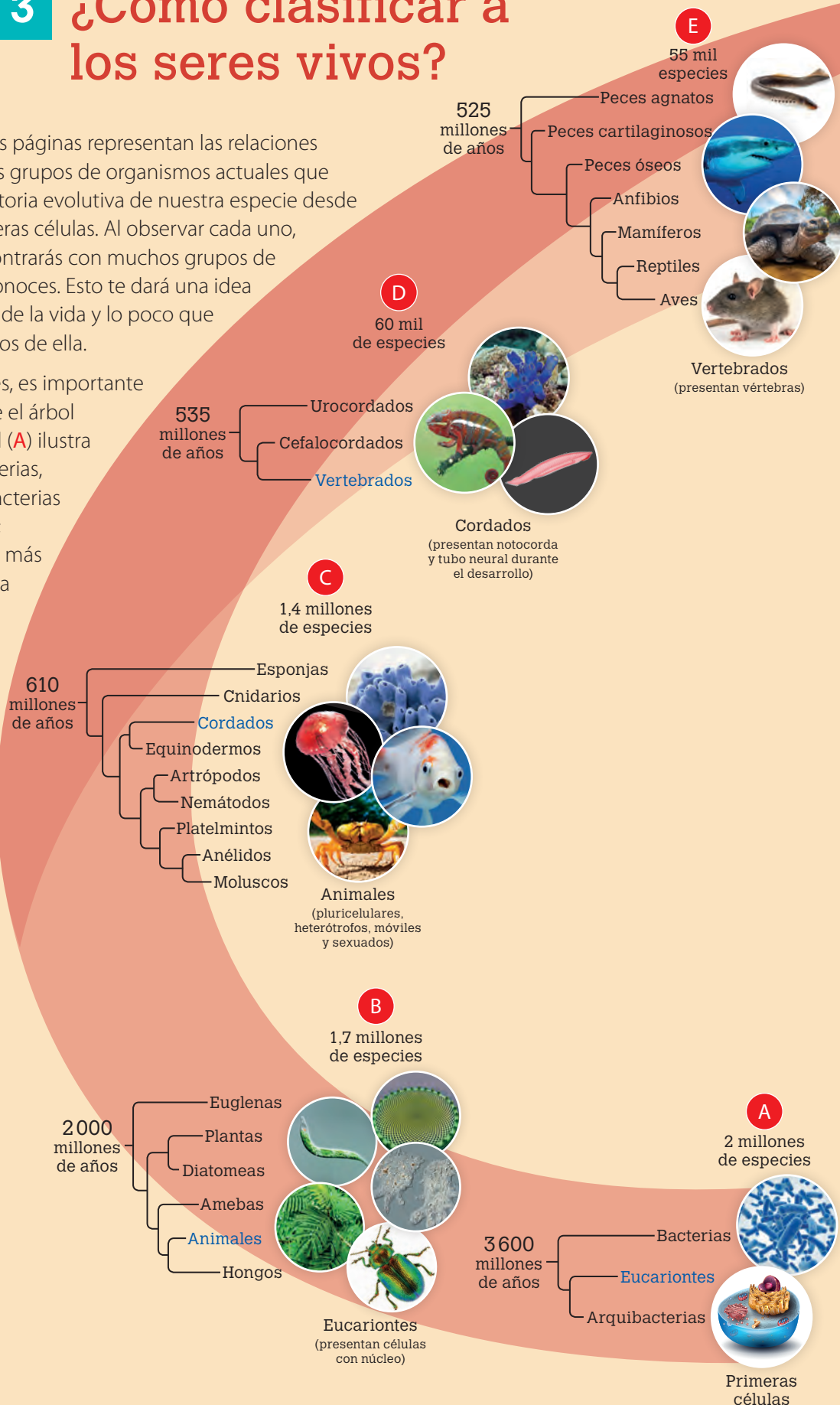
- ¿Soy capaz de explicar y representar la selección natural usando un ejemplo ficticio? ¿Qué estrategia de representación me resulta más útil: esquemas o dibujos?
- ¿Cuáles son los tres conceptos que más me costó comprender en esta lección?, ¿cómo los podría reforzar de manera autónoma?

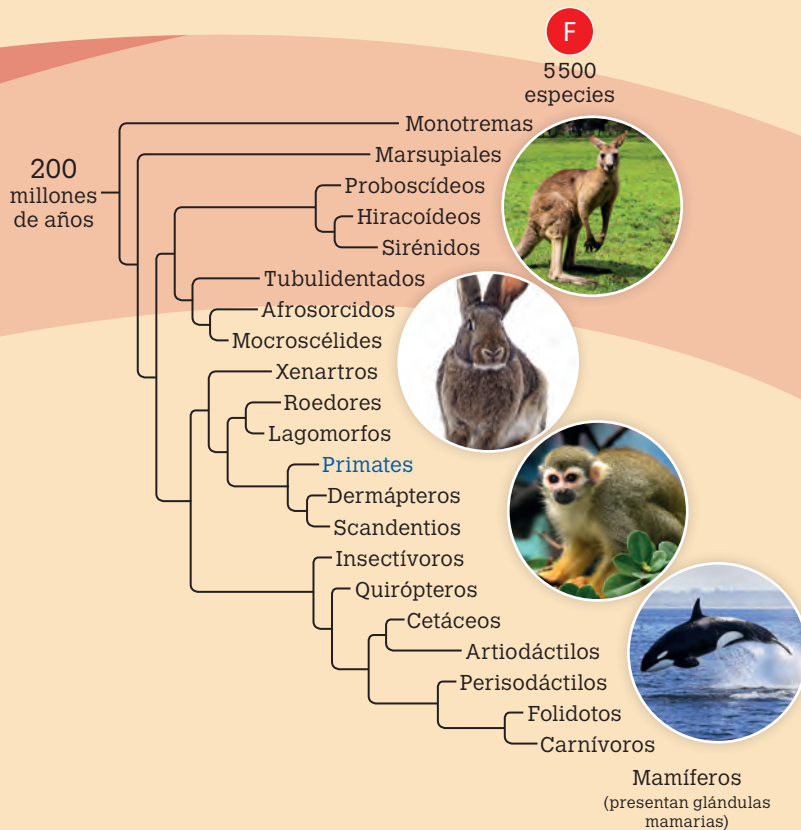
Lección 3

¿Cómo clasificar a los seres vivos?

Las filogenias de estas páginas representan las relaciones evolutivas de algunos grupos de organismos actuales que permiten trazar la historia evolutiva de nuestra especie desde el origen de las primeras células. Al observar cada uno, seguramente te encontrarás con muchos grupos de seres vivos que desconoces. Esto te dará una idea de la gran diversidad de la vida y lo poco que comúnmente sabemos de ella.

En términos generales, es importante que comprendas que el árbol más amplio y general (A) ilustra la relación entre bacterias, eucariontes y arqueobacterias en el inicio de la vida; mientras que el árbol más específico (H) muestra la relación evolutiva de los homínidos. ¿Cómo resumirías el papel que juega la evolución en la historia de la vida en la Tierra?





¿Qué sé?

Observa los árboles filogenéticos. En cada uno se indica la rama evolutiva de la que deriva nuestra especie.

1. ¿A qué tiempo se remonta la primera rama evolutiva de la cual derivamos?
2. Infiere por qué el número de especies va disminuyendo desde el árbol **A** hasta el **H**.
3. ¿Se podrían usar estos árboles para realizar una clasificación de los seres vivos?, ¿por qué?



¿Cómo podemos identificar a los seres vivos?

Focaliza



En la evolución de la vida en la Tierra han surgido millones de especies. Con esta gran diversidad resulta difícil identificar un organismo de una especie y distinguirlo de otra. Sin embargo, en la biología existen sistemas de clasificación que ayudan con esto, como los que permiten ubicar los libros en una biblioteca. ¿En qué otras situaciones cotidianas es útil clasificar?

Explora



El gráfico 3 ilustra la biodiversidad en la Tierra. Al leerlo, es importante considerar que:

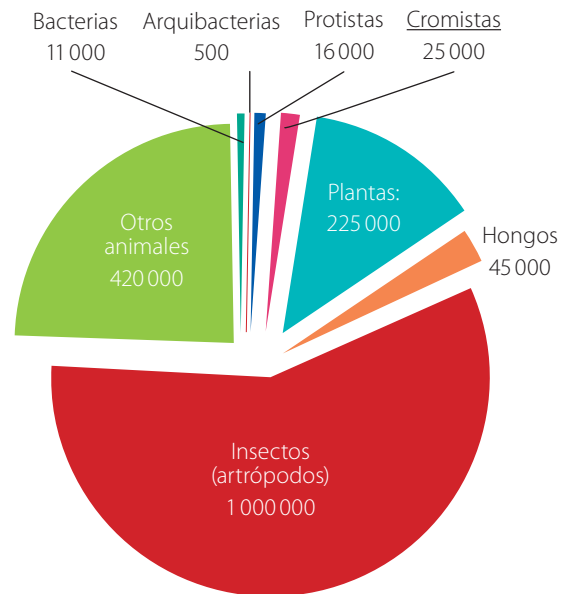
- las bacterias y arqueobacterias son los únicos grupos procariontes;
- animales, plantas y hongos tienen reproducción sexual, a diferencia de los demás grupos que se reproducen de manera asexual;
- los cromistas son organismos unicelulares y fotosintéticos;
- los protistas son organismos unicelulares que se han originado varias veces en la evolución. Algunos son más cercanos a las plantas y otros, a los hongos; unos a los animales y otros, a los cromistas.

Reflexiona



La diversidad biológica, o **biodiversidad**, corresponde a toda la variedad de seres vivos en la Tierra. A pesar de la enorme biodiversidad que existe, es posible agrupar organismos según patrones generales. Por ejemplo, de las 1 250 000 especies de animales invertebrados, más de un millón tienen segmentación corporal, exoesqueleto y apéndices corporales, como patas articuladas y antenas: a este grupo se le denomina **artrópodos**. Dentro de este están los insectos, cuyo patrón morfológico consiste en tres segmentos corporales, tres pares de patas y un par de antenas. Los científicos buscan organizar la información sobre la biodiversidad, tanto extinta como existente, a través de un sistema de clasificación universal. Aristóteles, en el siglo IV a. C., creó el primer sistema de clasificación.

GRÁFICO 3 Biodiversidad en la Tierra



Fuente: Mora, C., Tittensor, D., Adl, S., Simpson, A. y Worm, B. (2011). How Many Species Are There on Earth and in the Ocean? *PLoS Biology*, 9(8), e1001127. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001127>

1. ¿Qué organismos son más diversos: procariontes o eucariontes?
2. ¿Qué relación podría haber entre reproducción sexual y diversidad de un grupo?
3. ¿Sería posible que los ancestros de los animales descendieran de protistas ancestrales?, ¿por qué?

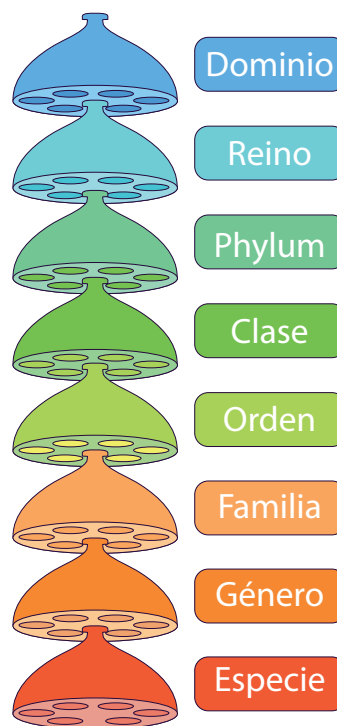


Los cangrejos y las hormigas son ejemplos de artrópodos.

Taxonomía. Disciplina cuyo objetivo es nombrar, definir y clasificar a los organismos basándose principalmente en el análisis de caracteres morfológicos y, más recientemente, de secuencias de ADN. Se inició con los trabajos del botánico sueco Carlos Linneo (1707-1778), basados en características morfológicas. Su sistema de clasificación se caracteriza por:

- comparar organismos;
- establecer siete categorías taxonómicas, desde la más amplia a la más específica: reino, *phylum*, clase, orden, familia, género y especie;
- ser jerárquico: los reinos están formados por varios *phyla* (plural de *phylum*), y así hasta llegar a las especies.

Clave taxonómica. Herramienta que permite identificar el taxón (o categoría) al que pertenece un organismo a través de una guía de observaciones estructurada dicotómicamente.



Posteriormente se agregó una nueva categoría taxonómica superior a reino: el dominio.

Vocabulario

Cromista. Según algunos taxónomos, este grupo comprende a organismos diversos que habían sido clasificados previamente como protistas o plantas. Se propuso este reino para diferenciarlos.

- 1.a. Planta con flores azules o violeta..... 2
 1.b. Planta con flores amarillas o blancas 3
 2.a. Planta con flores azules especie A
 2.b. Planta con flores violeta especie B
 3.a. Planta con flores blancas..... especie C
 3.b. Planta con flores amarillas especie D

▲ Ejemplo simplificado de una clave taxonómica.

Aplica

En parejas, analicen la tabla 2 y los conceptos sobre taxonomía estudiados. Luego, respondan:

1. Los seres humanos y los chimpancés pertenecen a la familia Hominidae. ¿Qué niveles taxonómicos comparten?
2. ¿Qué categoría taxonómica comparten los seres humanos y las plantas?
3. *Homo ergaster* es una especie extinta del género *Homo*. ¿Qué categorías taxonómicas compartiría con *Homo sapiens*?

TABLA 2. Clasificación taxonómica del ser humano		
Nivel	Nombre	Características del nivel
Dominio	<i>Eucaria</i>	Células con núcleo y organelos.
Reino	<i>Animalia</i>	Heterótrofo, multicelular, sin pared celular.
<i>Phylum</i>	<i>Chordata</i>	Médula espinal.
Subphylum	<i>Vertebrata</i>	Columna vertebral segmentada.
Superclase	<i>Tetrapoda</i>	Cuatro extremidades.
Clase	<i>Mammalia</i>	Amamanta a las crías, pelos en el cuerpo.
Subclase	<i>Eutheria</i>	Da a luz a crías vivas.
Orden	<i>Primates</i>	Cinco dedos en manos y pies, visión binocular.
Familia	<i>Hominidae</i>	Cerebro con mayor proporción respecto del tamaño corporal. Algunos bípedos.
Género	<i>Homo</i>	Postura erguida y marcha bípeda.
Especie	<i>Sapiens</i>	Alto nivel de desarrollo cultural.

¿Qué es una especie?

Focaliza

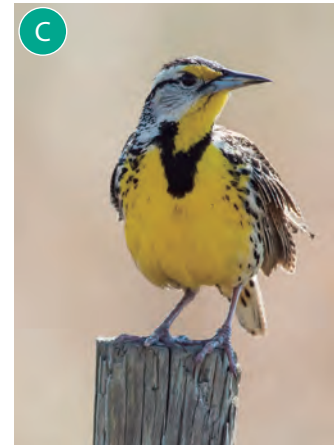


Así como en Chile las comunas, regiones y otras son divisiones territoriales que se establecen por convención, las categorías taxonómicas también son convenciones. Linneo definió siete categorías, y luego se han agregado otras, con el objeto de obtener un sistema de clasificación lo más útil posible. No obstante, el taxón «**especie**» parece ser una unidad biológica, aunque todavía no se tiene un significado definitivo ya que, pese a ser ampliamente utilizado, aún no existe consenso acerca de su significado exacto, pues a todas sus definiciones se les ha encontrado limitaciones, que estudiaremos a continuación.

Explora



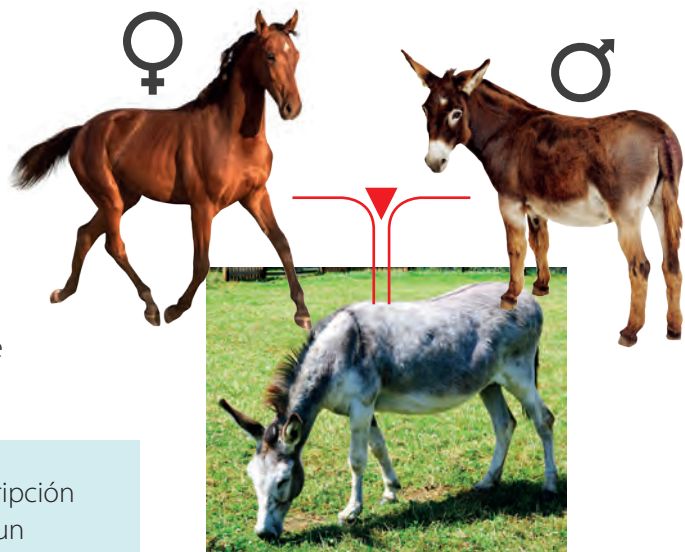
En la naturaleza encontramos organismos que a simple vista pueden parecer diferentes, aún así son de la misma especie, como es el caso de algunas hormigas que desempeñan tareas diferentes en la misma colonia (a). Por el contrario, dos organismos pueden parecer iguales pero ser especies diferentes, por ejemplo, los turpiales gorjeadores (b) y los turpiales orientales (c). Por lo tanto, aunque la apariencia puede ser útil para la identificar especies, no las define como tal.



Reflexiona



Si bien en la taxonomía actual se conserva la especie como taxón, no tiene una definición única y universal. Theodosius Dobzhansky (1900-1975) y Ernst Mayr (1904-2005) propusieron el **concepto biológico de especie** como «un grupo de poblaciones cuyos individuos, en condiciones naturales, son capaces de cruzarse y de producir descendientes fértiles, y están aisladas reproductivamente de individuos de otras especies». El principal criterio de esta definición no es la morfología de los organismos, sino la posibilidad de reproducirse entre ellos.



Descripción taxonómica de especies. Es una descripción formal de las especies descubiertas en la forma de un artículo científico. Su propósito es explicar cómo la nueva especie difiere de otras conocidas. Generalmente contiene fotografías y diagramas del espécimen «tipo» e información acerca del lugar en donde se observó. Además, se le asigna un nombre formal según las reglas taxonómicas.

La mula nace del cruce entre la yegua y el asno. Este híbrido es estéril, por lo que se aplica el concepto biológico de especie. En otros casos, los híbridos no son estériles, pero sí su descendencia.

No obstante, la definición biológica de especie es limitada, pues no se aplica a muchas plantas y tampoco a los organismos con reproducción asexual, como las bacterias. En el caso de las plantas, numerosas especies se cruzan fácilmente entre sí y producen híbridos fértiles.

Por todo lo anterior, el concepto de especie puede ser concebido como un grupo de organismos que evolucionan conjuntamente y que mantienen su identidad diferenciada de otros grupos de seres vivos.



El trigo *Triticum aestivum* es ejemplo de una planta que es un híbrido fértil. Es producto del cruce entre una especie del género *Triticum* y otra del género *Aegilops*.

¿Qué es el nombre científico de una especie?

Linneo creó un método para nombrar las especies, denominado **sistema binomial**, que utiliza dos términos en latín: el primero se refiere al nombre del género al que pertenece y el segundo, a la especie. La primera letra del nombre del género debe ser en mayúscula. El nombre científico debe destacarse utilizando cursiva o subrayado. Por ejemplo:

- Nombre común: puma
nombre científico: *Puma concolor*
- Nombre común: cóndor
nombre científico: *Vultur gryphus*
- Nombre común: guanaco
nombre científico: *Lama guanicoe*

Mientras los nombres comunes de los seres vivos pueden variar en distintos lugares e idiomas, el nombre científico es estable.



DNA barcoding (código de barras del ADN). Método para identificar la especie a la que pertenece un organismo o una muestra de él. Consiste en comparar una secuencia de ADN de la muestra con secuencias «de referencia» guardadas en bases de datos informáticas. Existen proyectos que buscan generar *barcode* para todas las especies conocidas.

Aplica

En parejas, realicen una descripción taxonómica de las siguientes especies chilenas:

1. Ñandú
2. Huemul
3. Palma chilena

La descripción debe ser breve, pero suficientemente específica para identificar a los individuos de cada especie y no confundirlos con otros. Organicen la información y presenten su descripción con apoyo de las TIC. Utilicen imágenes de las especies y de otras emparentadas e incluyan el nombre científico. Pueden consultar el sitio web del Ministerio del Medio Ambiente (bit.ly/especies-chile)

¿Qué relación hay entre taxonomía e historia evolutiva?

Focaliza



El análisis filogenético permite reconstruir la historia evolutiva de los seres vivos y sus caracteres. Esta disciplina científica se denomina **sistemática** y tiene una estrecha relación con la taxonomía. ¿Cómo explicarías esto?

Explora



Si definieras las relaciones de parentesco entre los mamíferos de las fotografías, ¿cuáles dirías que son las dos especies más emparentadas? La respuesta no es tan simple. Hay que considerar que el ratón y la ballena presentan placenta en el desarrollo; a diferencia de la rata canguro de Tasmania, que posee marsupio. Placentados y marsupiales se separaron hace 160 millones de años, y el ancestro común entre roedores y cetáceos existió hace unos 90 millones. Entonces, es evidente que la similitud externa no siempre es evidencia de parentesco.



Ratón doméstico



Rata canguro de Tasmania



Ballena jorobada

Argumento

La rata canguro, ¿es una rata? ¿Qué opinas respecto de que, para evitar confusiones, los nombres y la clasificación de los organismos deberían considerar su historia evolutiva?



Reflexiona



La sistemática es el estudio de la diversidad biológica y sus orígenes a través del análisis de las relaciones de parentesco evolutivo (filogenias). La taxonomía usa dichas relaciones como criterio de clasificación.

En la sistemática se emplean técnicas de biología molecular que permiten comparar moléculas, principalmente el ADN, para inferir las filogenias.

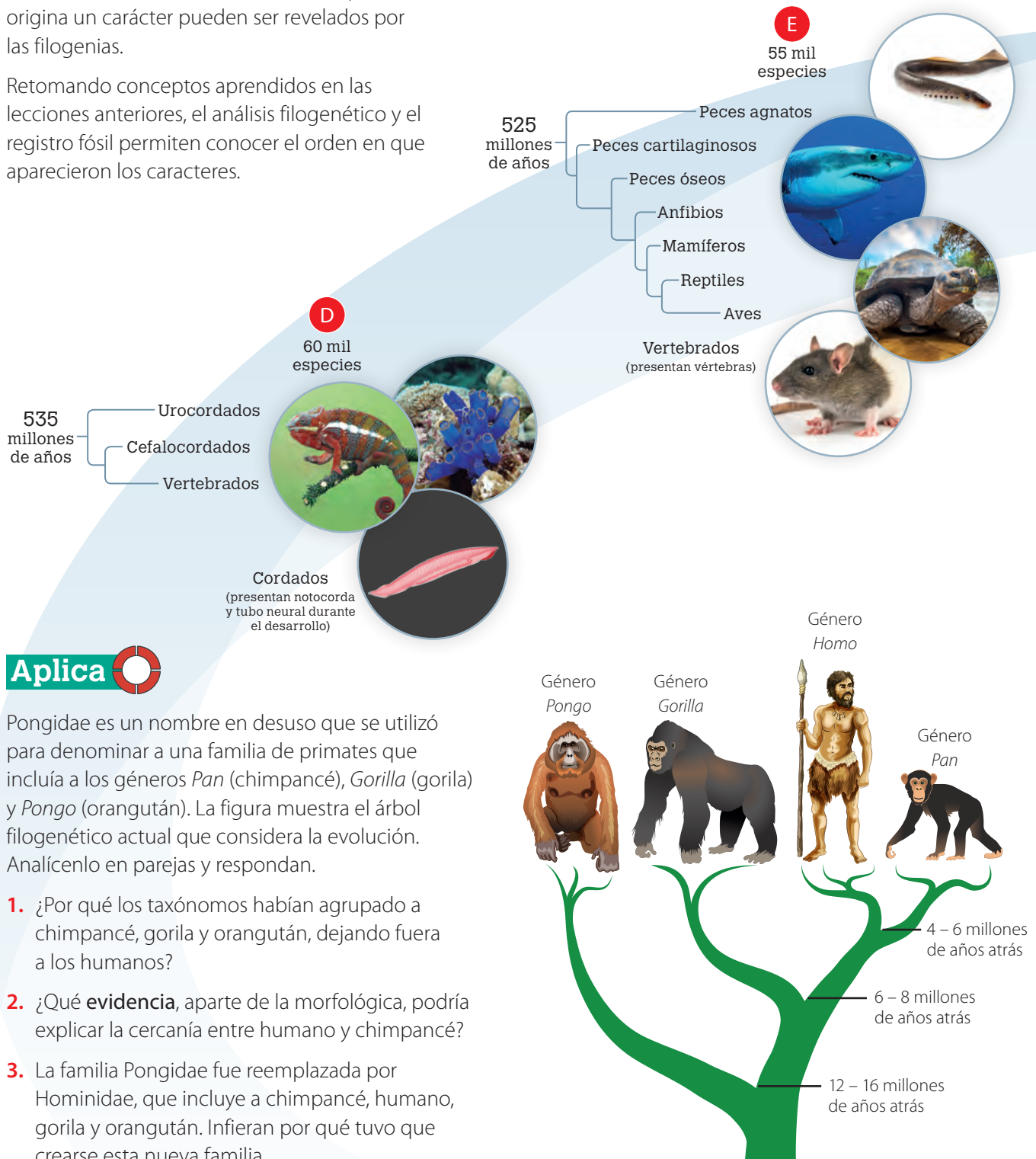


Un termociclador de PCR es un aparato usado en biología molecular para generar una reacción en cadena de la enzima polimerasa, lo que permite amplificar el ADN para su análisis.

Estudio de los caracteres. Conocer la historia de los caracteres permite usarlos correctamente como criterios en la taxonomía. Por ejemplo, si un carácter se originó más de una vez en la evolución no será un buen criterio de clasificación. Esto ocurre con las homoplasias vistas en la *Lección 2*, como las alas o las aletas. Los distintos momentos en que se origina un carácter pueden ser revelados por las filogenias.

Retomando conceptos aprendidos en las lecciones anteriores, el análisis filogenético y el registro fósil permiten conocer el orden en que aparecieron los caracteres.

De las filogenias a continuación, se deduce que todos los vertebrados tienen notocorda (cordados), pero no todos los cordados presentan vértebras. Es decir, la notocorda es un carácter más **ancestral** que las vértebras (carácter **derivado**). Los rasgos ancestrales permiten definir categorías taxonómicas más amplias y los derivados, más específicas.



Aplica

Pongidae es un nombre en desuso que se utilizó para denominar a una familia de primates que incluía a los géneros *Pan* (chimpancé), *Gorilla* (gorila) y *Pongo* (orangután). La figura muestra el árbol filogenético actual que considera la evolución. Analícenlo en parejas y respondan.

1. ¿Por qué los taxónomos habían agrupado a chimpancé, gorila y orangután, dejando fuera a los humanos?
2. ¿Qué **evidencia**, aparte de la morfológica, podría explicar la cercanía entre humano y chimpancé?
3. La familia Pongidae fue reemplazada por Hominidae, que incluye a chimpancé, humano, gorila y orangután. Infieran por qué tuvo que crearse esta nueva familia.

Ciencia en Chile

Centro de Modelamiento Matemático

La identificación taxonómica de bacterias es una tarea que presenta dificultades, pues estas normalmente se encuentran formando complejas mezclas de diferentes grupos taxonómicos, llamados microbiomas. Sin embargo, es posible identificar especies bacterianas en distintos microbiomas comparando ADN de muestras biológicas con secuencias de ADN conocido (secuencias de referencia).

El Centro de Modelamiento Matemático (CMM) de la Universidad de Chile ha realizado proyectos para simplificar la detección de especies bacterianas en microbiomas de interés productivo, como en la industria avícola y del vino. Estos proyectos se enfocan en detectar taxones relevantes para procesos productivos específicos.

El CMM es un centro de investigación interdisciplinario que analiza problemas complejos vinculados con necesidades locales, especialmente en las áreas de minería, medicina, telecomunicaciones, transporte, economía y energía. Sitio web: <http://www.cmm.uchile.cl/>



Las bacterias son importantes en muchos procesos productivos y en la salud. En nuestro cuerpo hay más bacterias que células humanas: solo el microbioma de nuestra boca comprende unas 600 especies, que pueden detectarse usando herramientas genéticas.

1. ¿Cuál es la importancia de identificar especies de bacterias en la salud y en procesos productivos?
2. Averigua qué ocurriría si todas las bacterias de nuestro cuerpo desaparecieran.

Protagonistas de la ciencia

La profesora Adriana Hoffmann (1940 - 2022) fue botánica y ambientalista. Durante su carrera describió 106 especies de cactus en Chile. Además, escribió numerosos libros, entre los que destacan aquellos relacionados con la biodiversidad y taxonomía de plantas en Chile.

En 1997 fue reconocida por Naciones Unidas como una de las 25 ambientalistas líderes de la década, debido a su esfuerzo por proteger los bosques de Chile.

1. ¿Cuál es la relevancia de que los investigadores difundan su trabajo hacia el público en general?
2. Averigua si en la biblioteca del colegio hay libros de Adriana Hoffmann. Consíguelos y úsalos para aprender más.

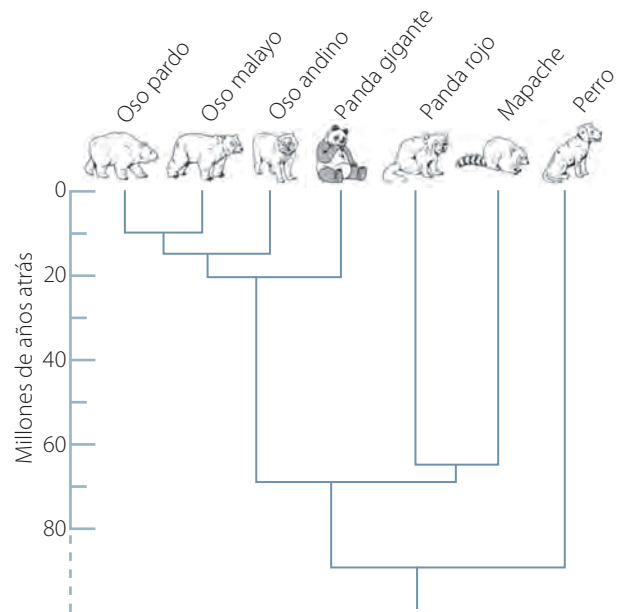
Sus títulos más destacados:

- 1978 Flora silvestre de Chile / Zona Central.
- 1982 Flora silvestre de Chile / Zona Austral.
- 1988 Plantas medicinales de uso común en Chile.
- 1989 Cactáceas en la flora silvestre de Chile: una guía para la identificación de los cactus que crecen en el país.
- 1990 De cómo Margarita Flores puede cuidar su salud y ayudar a salvar el planeta.
- 1997 Ecología e historia natural de la Zona Central de Chile.
- 1998 Plantas altoandinas en la flora silvestre de Chile.
- 1983 El árbol urbano en Chile.
- 1998 La tragedia del bosque chileno.
- 2000 Enciclopedia de los bosques chilenos: conservación, biodiversidad, sustentabilidad.
- 2001 Plantar, plantar, plantar: manual de reproducción y plantación de flora nativa chilena.



Actividad final

El panda gigante (A), *Ailuropoda melanoleuca*, nativo de China, fue descrito por primera vez en 1869 y clasificado en la familia de los osos (Ursidae). Más tarde, algunos biólogos cuestionaron esa clasificación al notar semejanzas físicas entre el panda gigante y el rojo (B), *Ailurus fulgens*, nativo del Himalaya. Tras años de debate, se demostró que el panda gigante era un úrsido y que las características que lo asemejan al panda rojo no se deben a un parentesco evolutivo. Analiza el árbol filogenético y luego responde:



1. ¿Hace cuánto tiempo, aproximadamente, existió el ancestro entre el panda rojo y el gigante?
2. ¿Cuántos años atrás, aproximadamente, existió el ancestro de todas las especies del árbol?
3. ¿Cuál es la especie con la que el panda rojo estaría más emparentado?
4. ¿Qué especie es más cercana a los osos, el mapache o el perro?
5. ¿Por qué las características físicas no siempre son buenos referentes para establecer relaciones de parentesco evolutivo?

¿Cómo voy?

Evaluación de proceso y progreso

1. El ornitorrinco es un mamífero que presenta características especiales: tiene un pico similar al de los patos; sus patas tienen membranas interdigitales, como las nutrias; la cola es ovalada y aplanada, como la de los castores. Junto con los equidnas forman el grupo taxonómico de los monotremas, cuyas crías nacen de huevos.
 - a. ¿Cómo clasificarías al ornitorrinco teniendo en cuenta las siguientes categorías? Dominio: ¿procarionte o eucarionte?; reino: ¿animal, planta u hongo?; *phylum*: ¿cordado o artrópodo?
 - b. Considerando que los mamíferos descienden de los reptiles, y que las crías de los reptiles nacen por huevos, ¿cómo explicas que los ornitorrincos nazcan de huevos?
 - c. ¿Por qué el ornitorrinco tiene estructuras similares a organismos que habitan el agua, como patos, nutrias y castores?
2. Según algunos taxónomos, cromista es un reino que comprende a organismos diversos que habían sido clasificados previamente como protistas, algunos, y otros, como plantas. Según esto, explica si existen reglas absolutas en la taxonomía, o más bien criterios y convenciones.

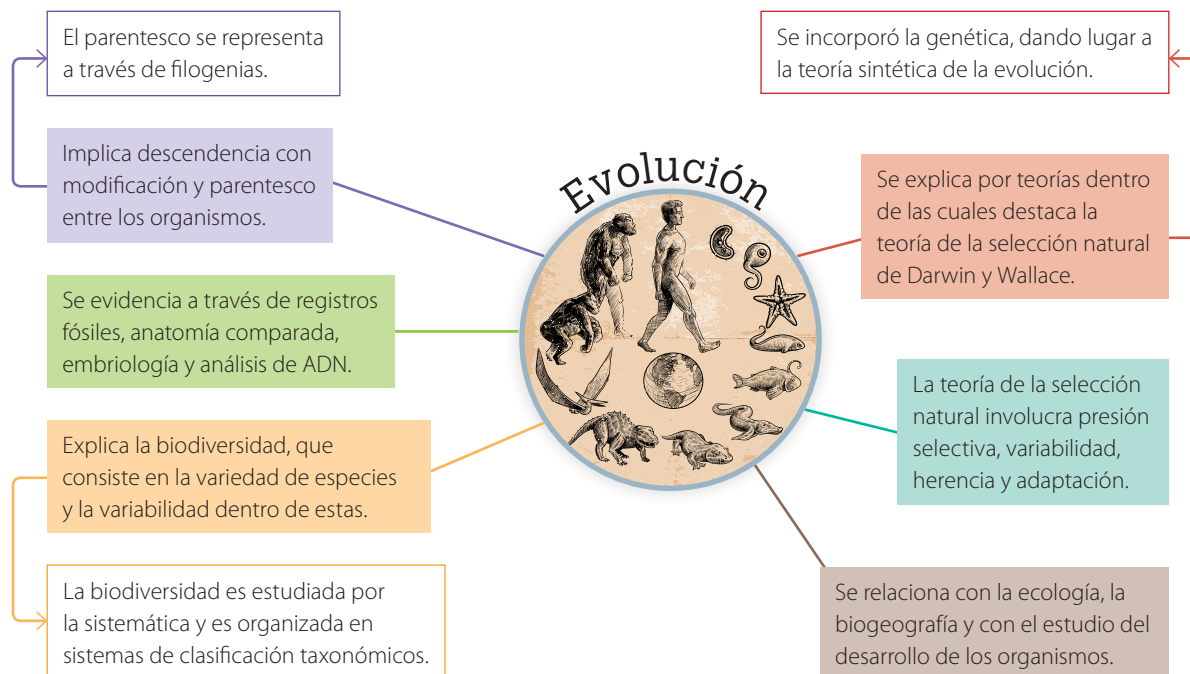


¿Cómo aprendo?

- ¿Qué fortalezas y debilidades de mi forma de estudiar influyeron en cuánto me costó aprender esta lección?
- ¿Conozco formas alternativas de estudio para aquellos conceptos que me fueron difíciles de aprender?

Síntesis

El siguiente mapa mental presenta y relaciona los principales conceptos que has aprendido en la unidad.



1. Analiza la información contenida en el mapa y vuelve a revisar los conceptos que te hayan resultado más difíciles de comprender.
2. Anota otros conceptos o ideas que para ti sean relevantes, y que no aparezcan en el organizador gráfico. Luego, mejora el mapa mental añadiendo tus propuestas. Para ello, puedes acceder al sitio bit.ly/canva-mapa_mental
3. Elige un concepto central distinto y crea tu propio mapa mental. Puedes encontrar más información de cómo construirlo en: bit.ly/map-mental.

Repaso mis aprendizajes

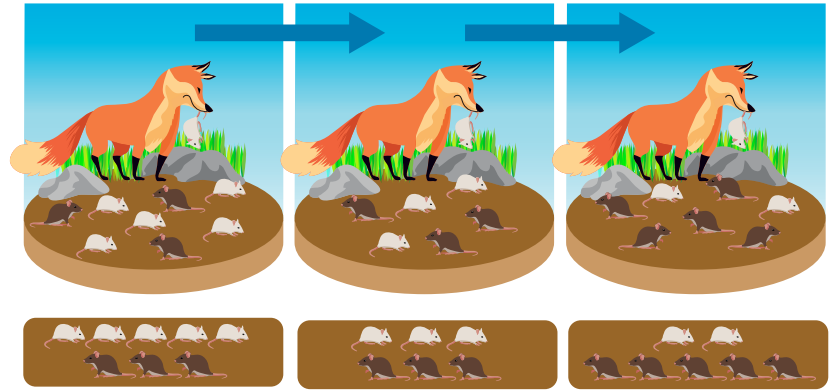
Desarrolla las siguientes actividades para poner en práctica lo que has aprendido y diversas habilidades cognitivas.

1. Observa las imágenes y describe los mecanismos de formación de los fósiles a los que corresponden.



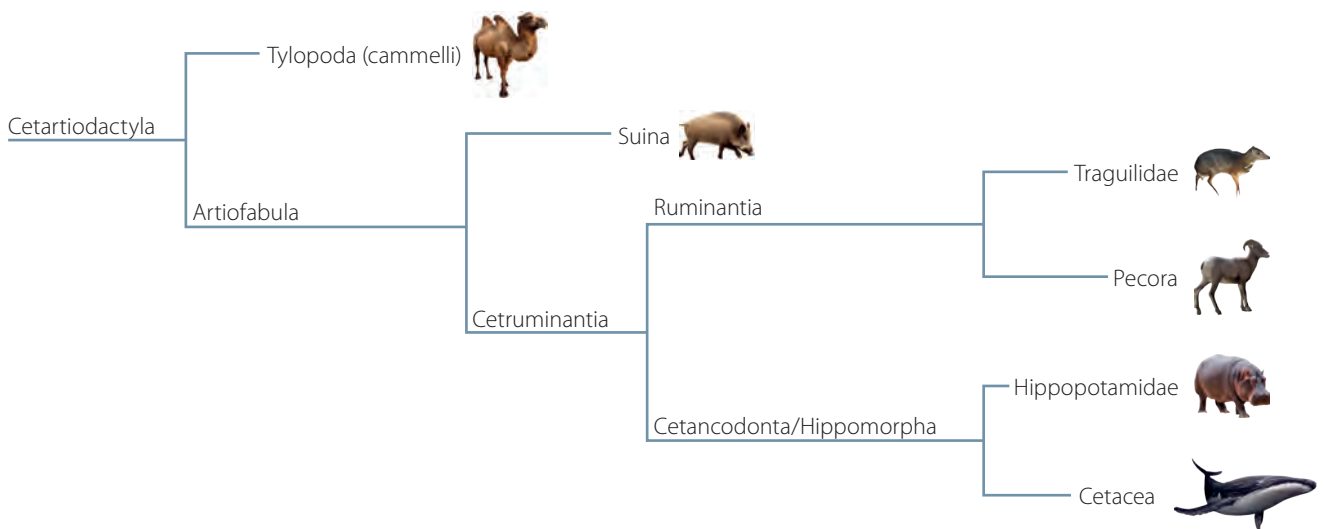
2. Respecto del proceso de fosilización, explica por qué en los estratos más profundos de la Tierra es posible encontrar fósiles más antiguos. Organiza la información en un modelo, utilizando las TIC.
3. Argumenta por qué el descubrimiento de la herencia y la genética fue un aporte para la teoría de la evolución por medio de la selección natural.

4. Explica el mecanismo de selección natural usando el esquema de la derecha. Utiliza los siguientes conceptos: rasgos hereditarios, variabilidad, adaptación y presión selectiva.



5. Consigue un pliego de cartulina negra, un dado y 12 círculos de cartulina: 4 grises de 3 cm de diámetro, 4 negros de 3 cm de diámetro y 4 grises de 5 cm de diámetro. Pon los círculos sobre la cartulina, distribuidos al azar, e imagina que representan una población de mariposas en un ecosistema determinado (pliego de cartulina). Luego, lanza el dado: si obtienes 1, elimina una mariposa negra; si consigues un 2 o un 3, quita una mariposa gris pequeña; y si sacas entre 4 y 6, saca una mariposa gris grande. Continúa lanzando el dado hasta que quede solo un tipo de mariposa.

- a. ¿Qué representan los lanzamientos del dado en esta actividad?
- b. ¿Qué mariposas tuvieron mayores posibilidades de sobrevivir en el ecosistema? ¿A qué lo atribuyes?
6. Analiza la siguiente filogenia. Luego, responde las preguntas planteadas:

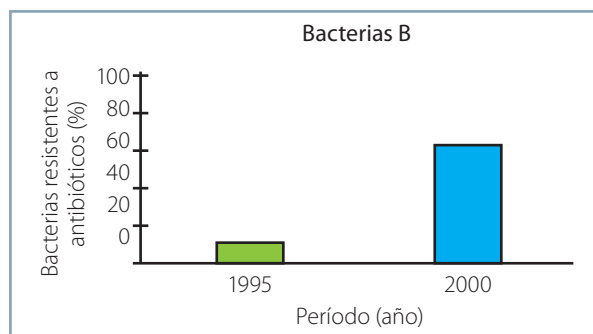
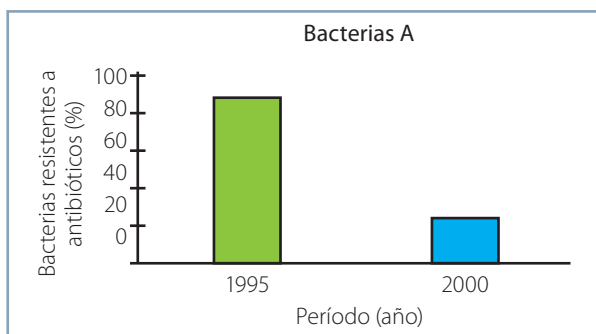


- a. Según este árbol, ¿qué especie es la más emparentada con la ballena?, ¿cuál la más alejada?
- b. ¿A qué grupo taxonómico pertenece el ancestro común entre la ballena y el camello?
- c. ¿Por qué la ballena tiene un aspecto externo tan distinto a sus parientes de la filogenia?
¿Qué papel tuvo la selección natural en esta diferenciación?
- d. Explica si el ancestro común entre ballenas e hipopótamos fue marino o terrestre.
7. Analiza la siguiente afirmación y explica su significado: «Las homoplasias no son buenos caracteres para clasificar a los seres vivos».
8. Evalúa la utilidad de las claves taxonómicas para comprender y estudiar la biodiversidad.
9. Aplica las características de una buena descripción de especie a un caso concreto de un organismo que elijas.

- 10.** Un grupo de investigadores estudió un fragmento del gen de la hemoglobina en las especies de la tabla. En esta aparece una sección del gen que varía entre las especies. De acuerdo con lo que has aprendido, plantea una hipótesis sobre cuáles son las especies más emparentadas entre sí.

Secuencia de un fragmento del gen de hemoglobina	
Especie	Secuencia de ADN
Ser humano	AAACAACATATT
Caballo	CGTAAACATAAA
Gorila	AAACAACATAAA
Chimpancé	AAACAACATATT
Cebra	CGTAAACATCGT

- ¿Qué procedimiento usarías para establecer qué especies están más emparentadas?
 - Realiza el procedimiento propuesto. Argumenta si tu hipótesis fue acertada o no.
 - ¿Qué aplicación tiene la comparación de secuencias de ADN entre distintas especies?, ¿qué información entrega?
- 11.** Consigue un juego de naipes ingleses para representar una población de aves isleñas. Los cuatro palos (picas, corazones, diamantes y tréboles) corresponden a diferentes alelos que determinan la forma de la cola, cuyas frecuencias son 25% cada uno.
- Quita los comodines del juego, y luego, baraja los naipes y ponlos boca abajo sobre una mesa. Luego, voltea 40 de ellas para representar los alelos de 20 descendientes producidos por apareamientos aleatorios en la población inicial.
 - Separa los 40 naipes por palo y encuentra las frecuencias alélicas calculando el porcentaje.
 - Supón que las condiciones meteorológicas provoca que algunas aves migren a otra isla, quedándose aislada y comenzando una nueva población. Para ello, vuelve a barajar el mazo y saca diez cartas para representar los alelos de cinco descendientes producidos en la nueva población. A continuación, calcula las frecuencias alélicas resultantes, como lo hiciste en el paso ii.
 - Analiza y compara las frecuencias alélicas originales con las calculadas en los pasos ii y iii.
 - ¿Cómo cambiaron las frecuencias alélicas?
 - ¿En qué medida estos cambios podrían diferenciar a la nueva población de la original? Explica.
- 12.** Analiza la siguiente situación hipotética: Se estudió la presencia de bacterias resistentes a antibióticos en el tracto digestivo de animales de laboratorio. Para esto, se tomaron muestras y se analizó la existencia de esta característica en las poblaciones de bacterias en dos momentos: año 1995 y 2000. Los gráficos muestran los resultados obtenidos.
- Describe e interpreta la información de cada gráfico.
 - Analiza el comportamiento de cada población de bacterias a partir de la teoría de la selección natural.
 - Explica si la bacteria A puede volver a ser frecuente.



Aprendiendo más sobre Darwin

La teoría de la selección natural como motor de la evolución, planteada en primera instancia por Darwin, es una teoría biológica muy alejada del uso social que en la actualidad le otorgan algunas personas. Por ejemplo, el concepto «darwinismo social» fue acuñado como una forma de explicar diferencias sociales y justificarlas en «la supervivencia del más fuerte». Algunas ideas de Darwin se han utilizado también con fines racistas. Otros autores incluso han afirmado que el capitalismo está basado en la selección natural. Sin embargo, ninguna de estas ideas corresponde a los planteamientos de Darwin.

Fuente: Hernández, M. (2018). *La importancia de aprender la teoría de Charles Darwin*. Asociación española para el avance de la ciencia.
<https://bit.ly/3N0YHMN>

Los invitamos a formar grupos e investigar más sobre el trabajo de Darwin.

Planificación y ejecución

Distribuyan los temas al interior del curso de manera que grupos de cuatro o cinco estudiantes trabajen en cada uno. Puede haber dos grupos trabajando en cada tema. Guiados por el profesor, distribuyan las tareas. Consideren la investigación, la ejecución de cada producto y la presentación del trabajo.

En su época, ¿cuál fue el impacto social del libro de Darwin *El origen de las especies*? Preparen un afiche para exponer. Apóyense de la asignatura de Historia, Geografía y Ciencias Sociales.

¿Cuáles son los eventos más relevantes en la vida de Charles Darwin? Describan los hechos más importantes de su vida e investigaciones. Usen los conocimientos adquiridos en Lengua y Literatura.

¿Cómo representaba sus observaciones Darwin? Recopilen bocetos y dibujos realizados por Darwin y monten una exposición. Indiquen en cada caso la técnica y el año (o período) de creación. Apliquen las habilidades trabajadas en Artes Visuales.

¿Qué ideas desarrolló Darwin en la introducción de su libro *El origen de las especies*? Traduzcan los ocho o diez primeros párrafos de la introducción de la versión original del libro. Empleen lo aprendido en Inglés.

Para la búsqueda de información, pueden consultar las siguientes páginas web:

<https://bit.ly/impacto-Darwin>

<https://bit.ly/original-inglés>

<http://www.memoriachilena.gob.cl>

(ingresen Darwin en el buscador)

Gran idea

La siguiente gran idea de la ciencia ha sido el tema central de esta unidad: «La evolución es la causa de la diversidad de los organismos vivos y extintos». Vuelve a responder las preguntas del inicio de la unidad y compáralas con tus respuestas iniciales. ¿Cambiaron?, ¿a qué lo atribuyes?

Para finalizar

Vuelve a leer la pregunta que da inicio a cada lección y elabora una respuesta lo más completa posible para cada una, considerando lo que has aprendido.

¿Cómo interactúan los organismos entre sí y con el ambiente?

La imagen corresponde al Parque Nacional Torres del Paine, uno de los paisajes más hermosos de Chile al que cada año llegan entre 250 y 300 mil turistas, que viajan desde lugares muy lejanos en algunos casos. Este parque es el hábitat natural de guanacos y de muchas otras especies de animales y plantas, como los que aparecen en las fotografías, además de hongos, líquenes, microorganismos y otros seres vivos.

En esta unidad aprenderás más de cómo los seres vivos se relacionan entre sí y con el ambiente donde viven, y la importancia de promover el cuidado y la protección de los ecosistemas. Te invitamos a que trabajes con responsabilidad y que valores el conocer más sobre la vida en la Tierra y sus interacciones, sin olvidar que somos parte de ella.

Cometocino
(*Phrygilus patagonicus*)



Guanaco
(*Lama guanicoe*)



Zorro gris
(*Lycalopex griseus*)



Puma
(*Puma concolor*)



Gran idea

«Los organismos necesitan energía y materiales de los cuales con frecuencia dependen y por los que interactúan con otros organismos en un ecosistema».

1. Busca más información para complementar lo entregado en estas páginas sobre flora y fauna en Torres del Paine. ¿Cómo es la biodiversidad en este lugar? ¿Qué importancia tiene que sea un parque nacional?
2. ¿Qué implicancias puede tener que varios seres vivos tengan las mismas necesidades que satisfacer?

Huemul

(*Hippocamelus bisulcus*)



Ñandú

(*Rhea pennata pennata*)



Martín pescador

(*Megaceryle torquata stellata*)



(*Anarthrophyllum desideratum*)



Neneo macho



Murta

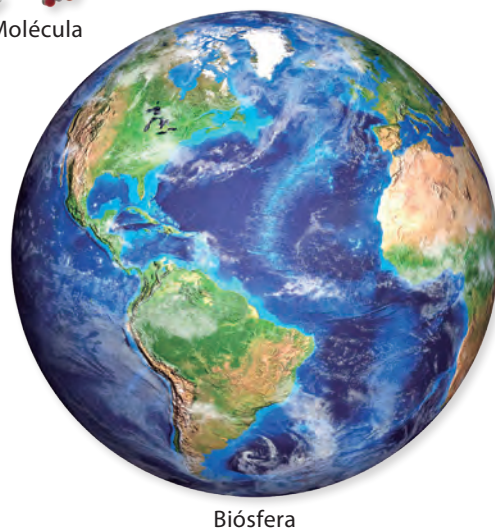
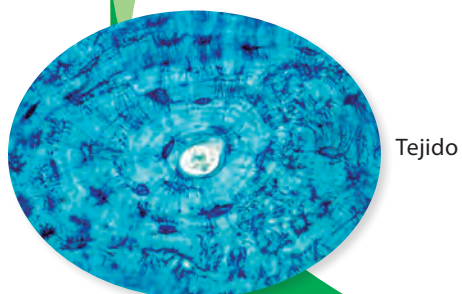
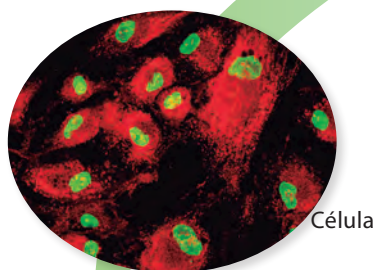
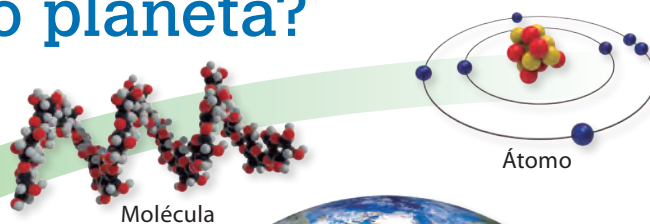
(*Ugni molinae*)

Lección 1

¿Cómo se organiza la vida en nuestro planeta?

Organización química.

Corresponde a las unidades que conforman toda la materia, incluidos los seres vivos: átomos y moléculas.



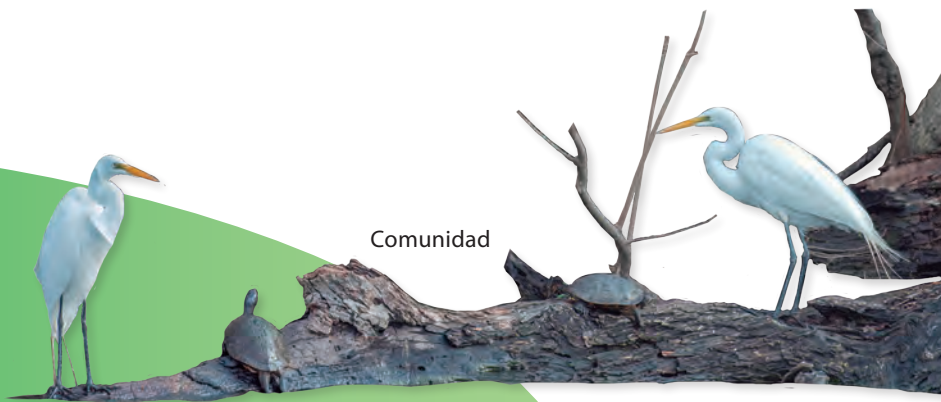
Organización biológica.

Corresponde al conjunto de estructuras propias de los seres vivos: tejidos, órganos y sistemas de órganos.

La vida en la Tierra se manifiesta de las más diversas formas, como aprendiste en la unidad anterior. Para entender cómo se organiza la vida y así poder estudiarla, se distinguen niveles de organización, desde el más pequeño (átomos y moléculas) hasta el más grande (biósfera). Cada nivel de organización incluye los niveles inferiores, y se van haciendo cada vez más complejos.



Ecosistema



Comunidad

Organización ecológica.

Comprende las relaciones que establecen los seres vivos entre sí y con su entorno.



Población

Organismo



¿Qué sé? Evaluación inicial

Los sistemas de organización de la materia viva permiten a los investigadores tener un lenguaje común para explicar las diversas estructuras y las asociaciones que se establecen tanto en un individuo como en el conjunto de ellos.

1. Observa la imagen y describe los niveles de organización de la vida que estudiaste en años anteriores.
2. ¿Qué niveles de organización son comunes a la materia inerte y los seres vivos?
3. ¿A qué niveles de organización ecológica perteneces tú?

¿Qué niveles de organización estudia la ecología?

Focaliza

En 1866, el biólogo alemán Ernst Haeckel (1834-1919) propuso el término **ecología**, que viene del griego «oikos», que significa «hogar o casa», y «logos», traducido en este caso como estudio. La ecología es la ciencia que estudia las interacciones entre los seres vivos y las relaciones entre estos y el ambiente físico que los rodea. Uno de los objetivos principales de la ecología es comprender la distribución y abundancia de los seres vivos en el ambiente físico. ¿En qué contextos has escuchado la palabra **ecología**?

Explora

La ecología no solo estudia bosques ricos en especies, selvas o arrecifes de corales. Las colonias de hormigas que en ocasiones llegan a nuestras casas o el moho que crece en las paredes también son ejemplos de lo que esta ciencia puede estudiar.

¿Sabías que las casas pueden ser el hábitat de organismos de distintas especies? Un estudio hecho el 2016 por Bertone y colaboradores en Carolina del Norte (EE. UU.) arrojó que, en condiciones normales, cerca de un centenar de especies de artrópodos viven en una casa promedio. De estos, los grupos más numerosos corresponden a moscas y mosquitos, arañas, escarabajos, himenópteros (hormigas, abejas, avispas, etc.) y hemípteros (pulgonas, cigarras, chinches). De las especies identificadas, muy pocas eran consideradas plagas (cucarachas, pulgas, piojos) y la mayoría era inofensiva. Puedes encontrar más información en: <https://bit.ly/artropodos-en-casa>

Si bien en Chile no hay publicaciones científicas de estudios equivalentes, es probable que la situación sea similar. ¿Cómo harías un estudio para conocer la distribución y abundancia de artrópodos que vivan en un lugar urbano (casa, departamento, patio, jardín o área verde común)? ¿Qué artrópodos u otros invertebrados podrías encontrar? ¿Qué relaciones se establecen entre estos organismos?, ¿y con nosotros? Elabora un diseño para responder a las preguntas planteadas.



Reflexiona

La ecología considera en sus estudios distintos niveles de organización: organismo, población, comunidad, ecosistema (y biomas) y biósfera.

El grupo de pingüinos de Humboldt que habita en esta costa integra una población. Esta se define como el conjunto de organismos de una especie que conviven al mismo tiempo en un área determinada y que se relacionan entre sí.

En esta imagen aparecen organismos de la especie *Spheniscus humboldti*, comúnmente llamados pingüinos de Humboldt. El organismo es la unidad básica de la población y corresponde a cada uno de los seres vivos individuales.

Además de los pingüinos, se observan algas y moluscos adheridos a las rocas. Y en el agua hay peces de los cuales se alimentan los pingüinos.

El conjunto de poblaciones de diferentes especies que habitan en un área determinada en un mismo período de tiempo conforma una **comunidad**.

A su vez, la comunidad y las relaciones que se establecen entre las especies que la integran es lo que se denomina **biocenosis**.

¿Qué elementos abióticos forman parte de este lugar?
¿Qué relaciones pueden darse entre estos y los seres vivos? Un ecosistema está formado por la interacción de la biocenosis y el **biotopo**, que es el conjunto de factores abióticos del ambiente. Los factores abióticos pueden variar a lo largo del tiempo e influyen en la supervivencia de los organismos. Algunos ejemplos son temperatura, humedad, presión, salinidad y nutrientes en el suelo.

Finalmente, la **biósfera** es el sistema formado por todos los ecosistemas de la Tierra, tanto aquellos terrestres como los acuáticos.

Aplica

1. En grupos, escojan un ecosistema cercano y averigüen las condiciones ambientales del lugar, por ejemplo, temperatura media, luminosidad, precipitaciones, etc. A partir de ello, formulen una hipótesis acerca de las poblaciones y comunidades biológicas que ahí podrían encontrar.
2. Planifiquen una investigación que les permita comprobar su hipótesis, determinando un área para explorar (por ejemplo, 100 m²), los materiales y el procedimiento.

¿Qué nuevas propiedades surgen en cada nivel de organización ecológica?

Focaliza



El «todo» presenta propiedades y características que no se encuentran en cada una de sus partes al analizarlas aisladamente. Este planteamiento filosófico tiene aplicación en ecología si pensamos en los distintos niveles de organización en que interactúan los organismos. ¿Qué propiedad posee una población que no tiene un organismo aislado?

Explora



A medida que se avanza en la escala de los niveles de organización surgen características propias de cada nivel que no existen en los inferiores. A estas se les denomina **propiedades emergentes**. Por ejemplo, una población tiene propiedades que no tienen los organismos, tales como: densidad, distribución de los individuos y crecimiento poblacional. La descripción de estas propiedades se realizará en la *Lección 2*.

Reflexiona



A nivel de **comunidad**, las principales propiedades emergentes son la estructura trófica, la riqueza de especies y su abundancia relativa.

Infiero y explico



Observa el esquema del ecosistema antártico. ¿Qué propiedades de su estructura trófica puedes inferir de él?

Estructura trófica. Corresponde a las relaciones alimentarias entre las poblaciones de organismos. En una comunidad se reconocen diferentes roles tróficos: los productores son la base de la trama; los consumidores se alimentan de los productores o de otros consumidores, y los descomponedores permiten que la materia se recicle dentro de la naturaleza.

Comunidad en la Antártica

Krill

(*Euphausia superba*)

Es un crustáceo que se alimenta de plancton y que sirve de alimento para otros animales marinos.

Foca cangrejera

(*Lobodon carcinophagus*)

Se alimenta especialmente de krill.

Ballena franca

(*Eubalaena australis*)

Se alimenta especialmente de krill.

Petrel antártico

(*Thalassoica antarctica*)

Se alimenta de peces, calamares, crustáceos y restos de otros animales.

Albatros errante

(*Diomedea exulans*)

Se alimenta de peces, calamares y restos de animales muertos.

Orca

(*Orcinus orca*)

Se alimenta, entre otros animales, de focas cangrejeras.

Pingüinos

(*Aptenodytes forsteri* y *Pygoscelis adeliae*)

Se alimentan de cefalópodos, peces y krill.

Paloma antártica

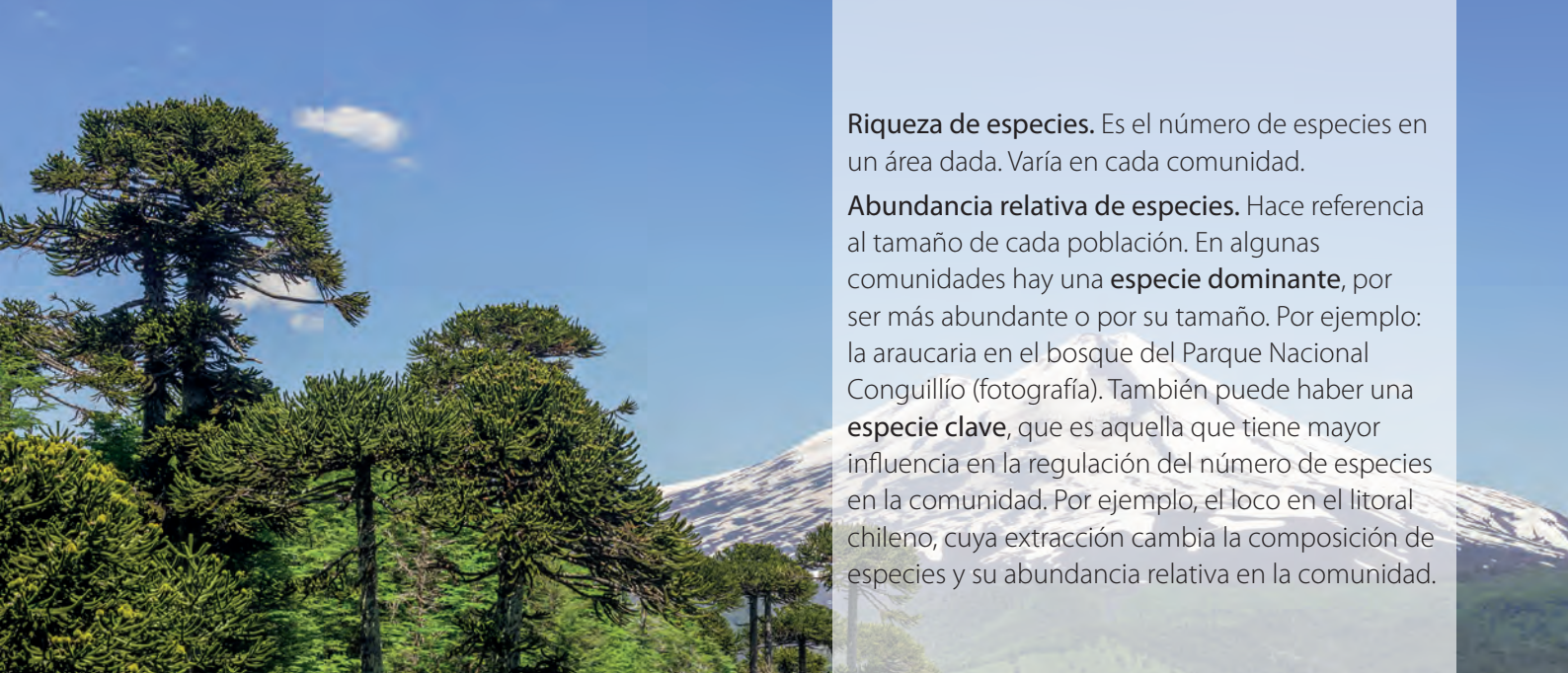
(*Chionis albus*)

Es depredador de los huevos del pingüino.

Krill

Plancton

Primer eslabón de la cadena alimentaria.



Riqueza de especies. Es el número de especies en un área dada. Varía en cada comunidad.

Abundancia relativa de especies. Hace referencia al tamaño de cada población. En algunas comunidades hay una **especie dominante**, por ser más abundante o por su tamaño. Por ejemplo: la araucaria en el bosque del Parque Nacional Conguillío (fotografía). También puede haber una **especie clave**, que es aquella que tiene mayor influencia en la regulación del número de especies en la comunidad. Por ejemplo, el loco en el litoral chileno, cuya extracción cambia la composición de especies y su abundancia relativa en la comunidad.

A nivel de **ecosistema**, las propiedades emergentes corresponden al flujo de materia y energía. El ecosistema es el nivel biológico que integra la biocenosis y el biotopo a través de interacciones que determinan el flujo energético y los ciclos de la materia, como los del agua, el carbono, el nitrógeno y el fósforo (que se analizarán en la *Unidad 3*).

Aplica

La tabla muestra los datos de riqueza de especies en cinco ríos de la zona norte de Chile. Analiza la información que proporciona para responder las preguntas.

Alfabetización digital



El Dr. Juan Carlos Castilla y otros científicos de la Universidad Católica hicieron un experimento que demostró que el loco es una especie clave en los roqueríos del litoral central. En el siguiente *link* hay un video en el que se explica este trabajo:

<https://bit.ly/JCastilla>

1. ¿Qué conocimientos aportó el experimento de este investigador y su equipo?
2. ¿Qué actitudes científicas reconoces en él?

TABLA 1. Riqueza de especies (por grupo) en cinco ríos del norte de Chile

Grupo de especies	Río				
	Loa	Huasco	Limarí	Mataquito	Cachapoal
Peces	5	7	8	5	8
Macroinvertebrados	15	10	46	30	20
Macrófitas	4	31	20	58	36
Diatomeas	51	38	102	94	39

Fuente: Palma, A., González-Barrientos, J., Reyes, C. y Ramos-Jiliberto, R. (2013). Biodiversidad y estructura comunitaria de ríos en las zonas árida, semiárida y mediterránea-norte de Chile. *Revista chilena de historia natural*, 86(1), 1-14. <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2013000100001>

1. ¿Cuál de los ríos presenta una mayor riqueza de especies?
2. ¿Cuál es el más pobre en número de especies?
3. ¿Qué factores pueden explicar la diferencia en riqueza de especies de estos ríos? Plantea una hipótesis.

¿Cómo interactúan los organismos en el ecosistema?

Focaliza



Las poblaciones de una comunidad biológica se relacionan entre sí de diversas maneras. Por ejemplo, el huemul (fotografía) es un ciervo nativo que habita en sectores cordilleranos del sur de Chile y Argentina. Comparte el mismo hábitat con otras especies de mamíferos, como el puma y el guanaco, con hierbas y árboles como lenga y roble, y con líquenes, entre otros. ¿Qué interacción se da entre huemules y pumas?, ¿y entre huemules y lengas?



Explora



Las interacciones o relaciones ecológicas que se dan al interior de una comunidad biológica son de dos tipos generales: **intraespecíficas** e **interespecíficas**. Las relaciones intraespecíficas se establecen entre individuos de la misma especie y las interespecíficas, entre organismos de distintas especies.

Reflexiona



Dentro de las **relaciones intraespecíficas** está la **competencia**, que ocurre cuando los individuos disputan recursos del medio. Los animales suelen competir por alimento, madriguera, aparearse o por áreas donde reproducirse, mientras que las plantas pueden competir por acceso a luz.

En la **cooperación** intraespecífica, los organismos se benefician de la presencia de otros, por ejemplo: al formar grupos como las colonias y las sociedades. En las colonias, los individuos viven juntos y se relacionan ventajosamente, como los corales. En las sociedades, los organismos cooperan, se comunican y tienen división del trabajo. Algunas sociedades muy organizadas las forman abejas, hormigas y termitas.



▲ Zorros grises.



▲ Corales.



▲ Termitas de una sociedad.

Relaciones interespecíficas. Son variadas y corresponden a la interacción entre poblaciones de diferentes especies. Se pueden analizar en función de si representan un beneficio para la población (+) o una pérdida o perjuicio (-). Cuando el efecto es neutro se indica con (0). Entre estas relaciones, se destacan competencia, depredación, comensalismo, mutualismo, parasitismo y amensalismo.

Competencia. Se produce cuando los organismos requieren acceder y usar un recurso que es escaso en su hábitat. En esta interacción ambas especies se ven perjudicadas (-/-). Las especies que requieren el mismo recurso para subsistir pueden coexistir sin que se produzca competencia entre ellas cuando el recurso no escasea o si la forma de obtenerlo es diferente entre ellas. Si el recurso se vuelve limitado (o escaso), y en una o ambas especies no evoluciona una forma diferente para obtenerlo, se producirá competencia. También puede ocurrir que la especie más exitosa desplace e incluso excluya a su competidora.

Los animales suelen competir por alimento y territorio. Las plantas pueden competir por recursos como disponibilidad de luz o de espacio.



En un bosque como el de la imagen (Parque Nacional Pumalín), árboles de distinta altura compiten por la luz. Puede darse competencia intra e interespecífica.

Depredación. Es esta relación organismos de una especie (depredador) se alimentan de individuos de otra especie (presa), provocándoles la muerte. En esta interacción el depredador se ve beneficiado y la presa, perjudicada (+/-).

La **herbivoría** es un tipo especial de depredación en la que un organismo se alimenta de partes de un vegetal. Esta interacción puede disminuir el crecimiento y reproducción de la planta, pero no necesariamente ocasiona su muerte.

Observo e infiero

Observa las imágenes de estas páginas.

1. ¿Qué tipo de interacción se representa entre los zorros grises?, ¿en qué basas tu respuesta?
2. ¿De qué forma se pueden dividir el trabajo las termitas?
3. ¿Qué ocurriría con la población de estrellas de mar si aumentase mucho la población de gaviotas?



Gaviota alimentándose de una estrella de mar.

Comensalismo. Una de las especies se beneficia, mientras que la otra aparentemente no obtiene ningún beneficio, aunque tampoco sufre perjuicio (+/0). Ejemplo de esto es la asociación entre la rémora y el tiburón, la que beneficia a las rémoras, pues se alimentan de los restos de las presas cazadas por los tiburones. La relación que se establece entre algunas aves que construyen sus nidos sobre árboles también es un ejemplo de comensalismo (fotografía).



El quintral es una planta parásita nativa de Chile y Argentina. Entre las plantas que parasita están: avellano, maqui, boldo, arrayán, cactus y maitén.

Parasitismo. Interacción que se establece entre un organismo llamado parásito, que vive dentro o sobre otro, conocido como hospedero, del que obtiene alimento, refugio u otros beneficios. El parasitismo beneficia al parásito y perjudica al hospedero (+/-).

En general, las especies parásitas y hospederas están adaptadas entre sí, de modo que la relación no causa daños severos a estas últimas. Esto es una ventaja para el parásito, pues si el hospedero muere, él también podría morir.

Los organismos parásitos que viven en la superficie externa de su hospedero son llamados ectoparásitos, como las pulgas, pulgones y garrapatas. A los que habitan en el interior del hospedero se les denomina endoparásitos, por ejemplo: la conocida lombriz solitaria, que habita en el intestino de algunos vertebrados, como los cerdos.



Los áfidos, conocidos comúnmente como pulgones, son una familia de insectos que parasitan diversas especies de plantas.

Mutualismo. Asociación que existe entre dos organismos de diferentes especies en la que ambos se benefician (+/+). Se identifican dos tipos: uno en el que las especies son mutualistas obligadas o **simbióticas**, pues una no puede vivir sin la otra, y el **mutualismo facultativo**, en el que las especies no dependen una de la otra para sobrevivir, pero la interacción entre ellas es beneficiosa para ambas.

Un ejemplo de mutualismo facultativo es la relación entre insectos polinizadores y plantas (fotografía). Un ejemplo de mutualismo extremo (o simbiosis) es el líquen, que corresponde a la asociación íntima entre un hongo y un alga.



Amensalismo. Relación ecológica en la que una de las especies se ve perjudicada mientras que la otra **no** sufre efectos. (-/0).

Un caso especial de amensalismo es la antibiosis, que consiste en la incapacidad de dos especies para coexistir debido a que una de ellas produce y libera antibióticos al medio que son letales para la otra.



Las hojas de los pinos tienen cierta toxicidad, y una vez caídas, impiden que las semillas que están en el suelo bajo ellas logren germinar.

Aplica

En nuestro cuerpo puede vivir una infinidad de seres vivos, desde numerosas bacterias hasta parásitos. La mayoría de estas especies son beneficiosas para el ser humano y otras, perjudiciales. Entre estos organismos y el ser humano se establecen relaciones que pueden clasificarse dentro de las categorías vistas.

1. Investiga en fuentes confiables ejemplos de parasitismo, comensalismo y mutualismo que se den en el ser humano. Indica el nombre del organismo, si habita dentro o fuera del cuerpo, y qué beneficio o daño causa al ser humano.
2. ¿Cómo aplicas lo que has aprendido al concepto actual del ser humano como ecosistema? Razona tu respuesta.
3. Fundamenta la importancia que le atribuyes para tu vida cotidiana lo aprendido con esta actividad.

Instituto de Ciencias Ambientales y Evolutivas (ICAEV)

El Instituto de Ciencias Ambientales y Evolutivas de la Universidad Austral de Chile, en Valdivia, está integrado por un grupo de científicos que tienen varias líneas de investigación, como ecología de poblaciones y comunidades; y ecología ecosistémica.

Como ejemplo de sus aportes, cabe destacar que uno de los investigadores del Instituto, el doctor Guillermo D'Elia, lideró una investigación que descubrió dos nuevas especies de monito del monte, un pequeño marsupial que habita en la Zona Austral de Chile.

Otra investigación ha sido el muestreo de aguas a lo largo de 150 km del humedal del río Cruces, para estudiar el ADN ambiental: moléculas de ADN que liberan al ambiente las especies que habitan el lugar. Así se han estudiado las especies del ecosistema, aunque no se hayan hecho avistamientos.

Además, el Instituto realiza labores de difusión, como el trabajo con algunas viñas que busca promover,

1. ¿De qué manera los avances tecnológicos apoyan los estudios ecológicos?
2. ¿Por qué es importante difundir los conocimientos sobre ecología?

ICAEV Instituto de Ciencias Ambientales & Evolutivas

Inicio

Investigación

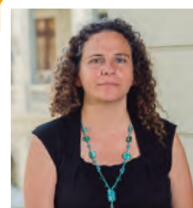


en quienes trabajan en ellas, nociones respecto a la biodiversidad presente en los predios. El objetivo es entregarles herramientas que les permitan identificar y diferenciar especies nativas de especies exóticas, así como entender y valorar las ventajas que la presencia de flora y fauna nativa representa para su producción.

Protagonistas de la ciencia

María Fernanda Pérez es profesora asociada de la Facultad de Ciencias Biológicas, de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Posee un posdoctorado con especialización en ecología evolutiva, ecofisiología y sistemática molecular.

Una de sus áreas de estudio es la relación entre plantas y sus polinizadores, para entender cómo han evolucionado de forma conjunta. Ejemplo de esto son las maripositas, más de 10 especies de plantas nativas del género *Schizanthus*, que presentan llamativas flores. Algunas de estas especies son polinizadas por abejas, otras por picaflores y otras por polillas; las flores tienen



ciertos colores y formas que permiten que los polinizadores interactúen con ellas, lo que muestra que ha habido coevolución entre estas plantas y los animales que las polinizan.

1. ¿Qué tipo de interacción ecológica es la que ha estudiado Fernanda Pérez?
2. ¿Qué actitudes son necesarias para llevar a cabo este tipo de investigaciones científicas?

Actividad final

Un grupo de investigadores realizó un experimento en una comunidad de invertebrados marinos en Chiloé. El objetivo era estudiar los efectos de la depredación. Para esto, eliminaron la población del depredador más importante: una estrella de mar. El resultado fue una disminución brusca de la riqueza de especies de dicha comunidad: de 15 especies a 8. A partir de este resultado, concluyeron que los depredadores son muy importantes, ya que, indirectamente, favorecen la presencia de otras especies.

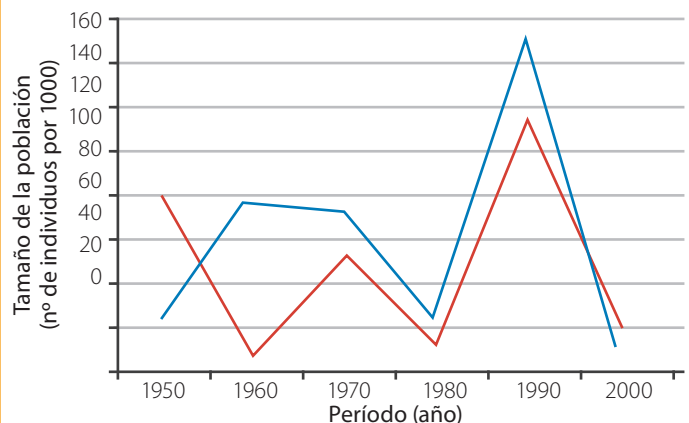
1. ¿Qué efecto produce en las poblaciones de presas la desaparición de su depredador?
2. ¿Qué relaciones se establecen entre las poblaciones de presas luego de un tiempo, teniendo en cuenta que ocupan el mismo espacio?
3. A partir de la nueva relación entre las presas, infiere cómo algunas de ellas desaparecieron y otras aumentaron en número.



¿Cómo voy? Evaluación de proceso y progreso

1. El gráfico representa una situación hipotética en relación con la variación del tamaño de una población de carnívoros (en rojo) y una de roedores (en azul) que viven en un matorral natural, a lo largo de 50 años.
 - a. Analiza el gráfico y explica lo que se observa entre 1950 y 1970, y entre 1970 y 2000.
 - b. Infiere el tipo de relación que tienen estas dos poblaciones.
 - c. Infiere qué factores hacen cambiar a la población de roedores, además de la presencia del carnívoro.

GRÁFICO 1 Variación del tamaño poblacional de una especie de carnívoro y una de roedor al interior de una comunidad



¿Cómo aprendo?

Lee la siguiente definición de ecosistema:

El ecosistema comprende las comunidades de organismos y sus relaciones (biocenosis), y las características del ambiente en que estas se encuentran (biotopo). Además, considera qué biotopo y biocenosis interactúan constantemente.

- ¿Qué definición de ecosistema logré construir en esta unidad?, ¿se parece a esta?
- ¿Qué elementos le faltan a mi definición?
- ¿Qué conceptos importantes están en la mía y en esta no aparecen?
- ¿Qué cambios requiero hacer en mi definición?

¿Cómo cambian las poblaciones en la naturaleza?

El castor (*Castor canadensis*) es un roedor de América del Norte de gran tamaño: puede pesar hasta 30 kilogramos y medir 1 metro o más de longitud. Ingresó al territorio nacional en la década de 1960, 16 años después que la Armada Argentina liberara 25 parejas en el lago Fagnano, en la zona argentina de Tierra del Fuego. Producto de su reproducción y de la migración, la población de castores en Magallanes ha aumentado enormemente. Una medición de 1999 arrojó un tamaño poblacional de 60 mil individuos. En la actualidad, se estima que llega a los 100 mil.

Aunque su hábitat natural es el bosque, en Magallanes los castores han colonizado la estepa donde han cambiado cursos de agua al construir diques con arbustos y árboles.

La introducción de esta especie ha provocado importantes alteraciones ecológicas, entre otras:

- Destrucción del bosque de ribera.
- Modificación de la estructura del hábitat acuático.
- Expansión de las áreas húmedas.
- Acumulaciones de sedimento y materia orgánica que modifican los ciclos de nutrientes.

Parte de estos efectos se observa en el paisaje como vegetación leñosa muerta en torno a los diques y áreas inundadas.

Fuente: Soto, N. (2008, 8 de enero). Programa de Control de Especies Dañinas en Magallanes: caso castor (*Castor canadensis*) [exposición]. Seminario-taller Vertebrados dañinos en Chile: desafíos y perspectivas, Santiago, Chile. <https://bit.ly/35bLUmF>

¿Qué sé? Evaluación inicial

Las poblaciones que integran cada ecosistema están en equilibrio dinámico, lo cual considera las interacciones que se establecen entre ellas y con los recursos del ambiente.

1. ¿Cuáles son los riesgos de incorporar una población a un ecosistema?
2. ¿Por qué las intervenciones humanas en los ecosistemas muchas veces tienen efectos negativos?



¿Cuáles son las propiedades de una población?

Focaliza

En 2010, una colonia de pingüinos rey se asentó en bahía Inútil, Tierra del Fuego, siendo esta la única colonia en el continente, ya que las otras se encuentran en islas. Su llegada llevó al establecimiento del Parque Pingüino Rey, un área protegida privada. Esta población de pingüinos ha ido aumentando, teniendo en la actualidad entre 120 y 140 individuos. Durante el verano es posible ver cómo los polluelos van creciendo y cambiando su plumón por plumaje de adultos. ¿Qué características de la población puedes inferir de esta descripción?

Explora

Los ecólogos estudian diversos aspectos de las poblaciones, como la proporción de individuos de distintas edades y sexo. Muchas veces sus investigaciones abarcan grandes ecosistemas y en otras, son acotadas a un lugar más pequeño. La tabla muestra un ejemplo de un estudio hecho en una isla, donde se hizo un seguimiento por más de un año a la población de lobos marinos.

TABLA 2. Censo de lobos marinos comunes (<i>Otaria flavescens</i>) en isla Chañaral						
Mes/Año	Machos adultos	Machos subadultos	Hembras adultas	Juveniles	Cachorros	Sexo desconocido
01/2007	77	60	544	65	109	85
03/2007	132	112	271	83	106	68
04/2007	67	38	162	39	112	18
06/2007	117	111	266	146	0	140
08/2007	168	135	328	133	0	126
09/2007	249	198	202	117	0	54
11/2007	306	212	250	174	0	102
12/2007	147	139	204	94	0	39
02/2008	127	102	382	44	155	45
03/2008	253	207	552	146	162	117

Fuente: Sepúlveda, M., Inostroza, P., Pérez-Álvarez, M., Oliva, D. y Moraga, R. (2009). Seasonal variation in the abundance of South American sea lions *Otaria flavescens* (Shaw, 1800) in Chañaral Island, Reserva Nacional Pingüino de Humboldt, Chile. *Revista de biología marina y oceanografía*, 44(3), 685-689.
<https://doi.org/10.4067/S0718-19572009000300014>

Análisis



1. Describe qué ocurre con el tamaño de la población de lobos marinos en esta isla a lo largo del año.
2. ¿En qué meses los machos son más abundantes en la colonia? Plantea una hipótesis que lo explique.
3. ¿Cómo explicarías que hay meses en que no hay presencia de cachorros?

Reflexiona

Las poblaciones cambian a través del tiempo, pues sus procesos de crecimiento son afectados por constantes modificaciones en los factores abióticos y bióticos del ecosistema. Los ecólogos estudian el comportamiento de las poblaciones a lo largo del tiempo, analizando su estructura, dinámica, densidad y distribución.

Estructura. Indica cómo está conformada la población en un momento determinado; por ejemplo, número, edad y sexo de los individuos.

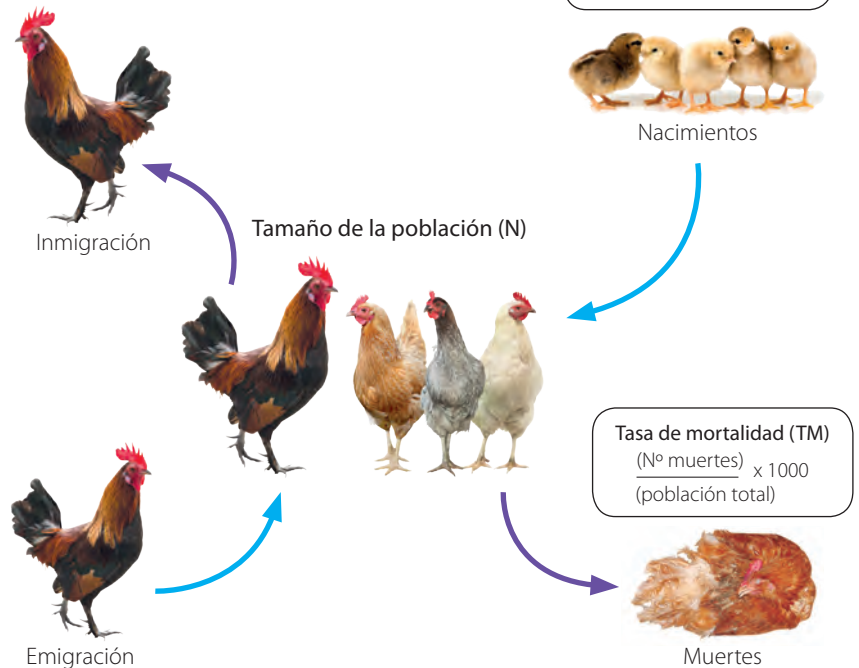
Dinámica poblacional. Indica cómo cambia la población a lo largo del tiempo. Por ejemplo, los cambios en el tamaño poblacional, por factores como los ilustrados en el esquema del costado..

Densidad poblacional. Es la cantidad de individuos que habitan por unidad de superficie o volumen.

Distribución. Depende de las características de la especie y de las condiciones del lugar. Hay tres tipos:

$$\text{Tasa de migración (TMI)} = \frac{(\text{N}^\circ \text{ inmigrantes} - \text{N}^\circ \text{ emigrantes})}{(\text{población total})} \times 1000$$

$$\text{Tasa de natalidad (TN)} = \frac{(\text{N}^\circ \text{ nacimientos})}{(\text{población total})} \times 1000$$



Distribución aleatoria: los individuos se distribuyen sin un patrón definido.



Distribución uniforme: los individuos se ubican a distancias regulares unos de otros.



Distribución agrupada: se forman grupos, ya sea porque las condiciones de ciertos lugares son mejores o porque estar juntos trae ventajas.



Realiza una exploración en un lugar natural cercano para investigar cómo se distribuye una población vegetal. Otra opción es usar la aplicación *Google Earth* y buscar una zona natural donde observar la distribución de cierta especie de árboles.

¿Cómo varía el tamaño de una población?

Focaliza

Volvamos al ejemplo de la población del pingüino rey en Tierra del Fuego. Esta colonia tenía inicialmente siete, individuos el año 2010 y ha ido en aumento, llegando a unos 120 a 140 en la actualidad. Según lo visto en las páginas anteriores, ¿qué factores podrían explicar dicho aumento?

Explora

El tamaño de las poblaciones en la naturaleza varía en el tiempo. Existen diferentes factores que influyen en ello. Por ejemplo, fenómenos climáticos como inundaciones y sequías que pueden provocar mayor mortalidad, lo que reduce el tamaño de una población. Las **enfermedades** también son un factor que puede afectar el tamaño de una población. ¿Cómo explicarías esto?

Reflexiona

La dinámica de poblaciones estudia, mediante modelos numéricos, los cambios que se producen en su tamaño con el paso del tiempo, en un entorno en que hay factores que limitan y/o favorecen su crecimiento.

Modelo de crecimiento exponencial. Este modelo de crecimiento expresa el potencial biótico que tiene toda población cuando los recursos son ilimitados. Se da generalmente en poblaciones de vida corta que bajo condiciones ambientales favorables se reproducen con rapidez. Por ejemplo, los cultivos de bacterias, las algas del plancton y algunos insectos.

El crecimiento exponencial ocurre bajo condiciones especiales y no puede mantenerse mucho tiempo en la naturaleza, pues llega a un punto en que los recursos comienzan a escasear y pueden llegar a agotarse, lo que ocasiona la muerte de individuos.

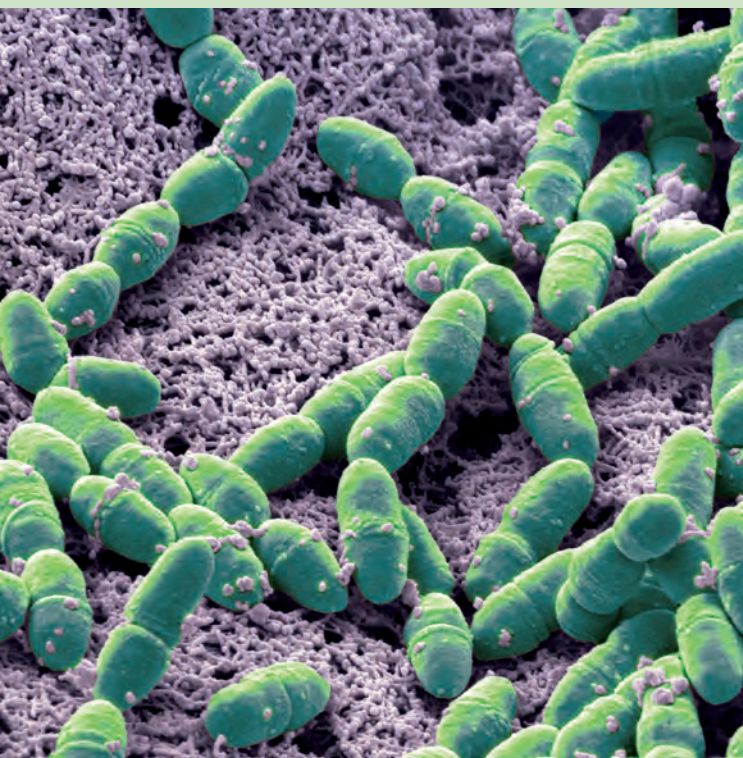
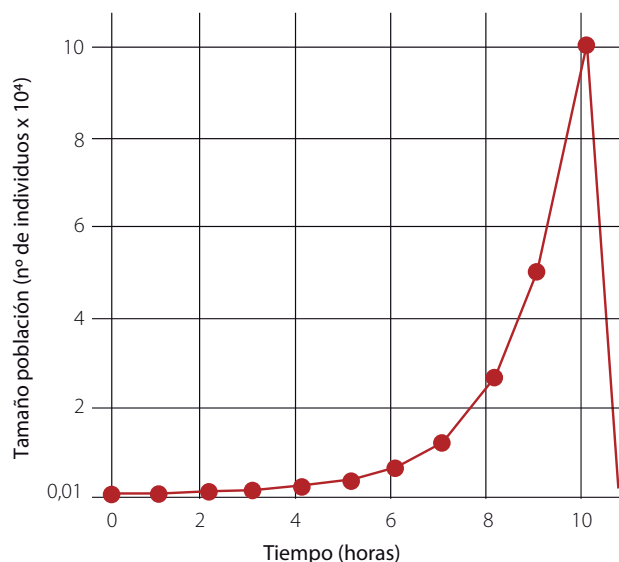


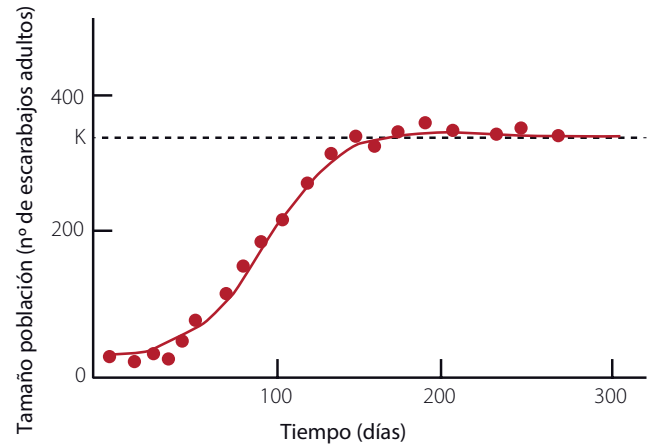
GRÁFICO 2 Curva de crecimiento de una población de bacterias en laboratorio



◀ Microfotografía de colonia de bacterias (*Streptococcus mutans*) en la mucosa bucal.

Modelo logístico de crecimiento. En la naturaleza, las poblaciones se pueden ver enfrentadas a limitación de recursos, por lo que no logran su potencial biótico o lo alcanzan por un período breve. En este modelo, la población comienza a crecer hasta un punto en que se frena porque los recursos empiezan a escasear. A partir de ese punto, la población se mantiene más o menos constante en torno a un valor denominado capacidad de carga. Este tipo de crecimiento puede observarse en poblaciones de larga vida y con pocas crías, como mamíferos y aves (fotografía inferior), pero también en muchos grupos de invertebrados.

GRÁFICO 3 Curva de crecimiento de una población de escarabajos en la naturaleza



Vocabulario

Potencial biótico. Capacidad reproductora de la población en condiciones óptimas de factores bióticos y abióticos.

Capacidad de carga. Valor que indica el tamaño máximo de una población que un ambiente puede soportar. Depende de factores como el espacio, la competencia por los alimentos, las enfermedades, la depredación, entre otros.

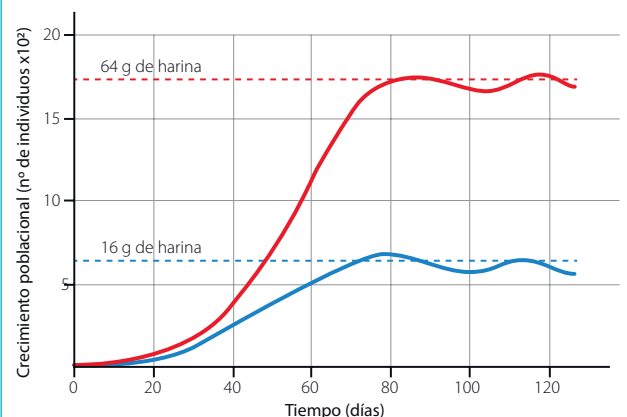
Aplica

El gráfico 4 muestra los resultados de un experimento sobre crecimiento poblacional realizado por Georgyi Frantsevich Gause (científico ruso) con el escarabajo *Tribolium confusum*.

En dos cajas puso el mismo número de escarabajos; en una de ellas colocó 64 g de alimento (harina) y en la otra, 16 g. A partir de ese momento, contabilizó el número de individuos en cada una de las cajas de manera periódica durante 150 días.

1. ¿Cuántos días aproximadamente demora cada población en alcanzar la capacidad de carga?
2. Compara la capacidad de carga en ambos casos. ¿Cuál es mayor?, ¿a qué se debe la diferencia?
3. ¿Qué puedes concluir respecto a la influencia del ambiente sobre el tamaño máximo al que puede llegar una población?

GRÁFICO 4 Crecimiento de dos poblaciones de *Tribolium confusum*



¿Qué factores humanos afectan el tamaño de una población?

Focaliza



Piensa en todas las cosas que necesitas para vivir. ¿De dónde se obtienen?, ¿se extraen o se elaboran?

Explora



Los seres humanos tenemos muchas necesidades que satisfacer, como alimento, agua, vivienda, vestuario, energía, entre otras. Para satisfacerlas, se utiliza una gran variedad de **recursos naturales**. Por ejemplo, la agricultura, la ganadería y la industria pesquera nos proveen de alimentos, para lo cual se usan grandes extensiones de suelo y se intervienen fuentes de agua como mares, ríos y lagos.

1. ¿Qué otras actividades productivas usan o extraen recursos de la naturaleza?
2. ¿Cómo piensas que este uso de recursos naturales por parte de los seres humanos puede afectar a las poblaciones?

Reflexiona



En muchas ocasiones el uso de los recursos naturales es excesivo y se habla de **sobreexplotación**. Esto ha llevado a que poblaciones de diversas especies se hayan visto muy afectadas, llegando en algunos casos prácticamente a su extinción.



El alerce (*Fitzroya cupressoides*) es una de las especies de árboles más longevas del mundo. En el Parque Nacional Alerce Costero está el ejemplar más antiguo, con una edad estimada de más de 3 500 años. En 1976 esta especie fue declarada Monumento Natural en nuestro país, y se prohibió su tala, pues está peligro de extinción. Sin embargo, no se ha logrado terminar con la explotación ilegal.



El alerce fue fuertemente explotado para usar su madera en la elaboración de tejuelas y tablas para la construcción. Pero es una especie que crece tan lentamente que los bosques no se han podido recuperar.



Claudio Alonso/Wikimedia Commons.

Escuela ubicada en la Isla de Mechuque, Chiloé.

Especies exóticas e invasoras. Retomando la situación presentada en el inicio de esta lección, el castor, que es un animal introducido en Chile, ha ocasionado grandes estragos en los bosques y cursos de agua de la zona austral del territorio nacional y de Argentina. No solo se han perdido árboles, sino que también se han inundado vastos sectores, lo que afecta el ecosistema nativo. Por estas razones, el castor es considerado una **especie invasora**.

El siguiente esquema ilustra el proceso por el cual una especie introducida se transforma en invasora.

¿Cómo ocurre una invasión biológica?



Enfermedades. Cualquier factor que altere la composición e interacciones de los ecosistemas puede favorecer la aparición de enfermedades. Algunas de las causas que provocan el desarrollo de afecciones en especies silvestres son: alteraciones físicas o químicas del hábitat, sobreexplotación, interacciones con especies huéspedes o reservorios patógenos y migraciones hacia nuevos ambientes. Todo ello, como consecuencia, principalmente, del aumento de la invasión humana en ambientes naturales, el aumento de contactos de las especies silvestres con seres humanos, animales domésticos y especies exóticas, y condiciones ambientales derivadas de la contaminación y del cambio climático.

Investigo y debate

En grupos, busquen información acerca de plagas y enfermedades que afectan a especies nativas, y las acciones humanas que las provocan. Por ejemplo, el huemul es atacado con frecuencia por parásitos del ganado. Comuniquen su trabajo y organicen una mesa redonda sobre medidas que permitan el desarrollo de las sociedades sin perjudicar a las poblaciones silvestres.



Aplica

En Chile hay varias especies de plantas y animales invasoras que afectan a poblaciones de especies nativas, generando diversos impactos en los ecosistemas. **Investiga** acerca de las siguientes: armo, avispa chaqueta amarilla, visón y jabalí. Considera: lugar de origen, año en que fue introducida en Chile, zona que ha sido invadida por ella y daño producido en ecosistemas naturales. Sintetiza la información en una tabla o un esquema conceptual.



Taller de ciencias

Investigación de campo

Antecedentes

Para estudiar las características de un ecosistema, los ecólogos suelen hacer investigaciones de campo. En ellas llevan a cabo distintos procedimientos de observación y medición, dependiendo del propósito de la investigación. Una técnica empleada es el muestreo de la distribución y abundancia de las especies presentes en un área de estudio.

Una forma de hacer esto es marcando varias cuadrículas al azar en el terreno a estudiar. Luego se revisa y registra todo lo que hay en el interior. Esto se repite en todas las cuadrículas para tener más datos y comparar distintos sitios. Es importante que la forma en que se analiza cada cuadrícula sea la misma para que las evidencias obtenidas sean confiables.



Procedimiento experimental

Guiados por su profesor, realicen una investigación de campo en algún lugar natural cercano. Consigan los materiales y planifiquen la investigación considerando el tiempo asignado. Organícense en grupos para distribuirse en la zona.

1. Observen el lugar y realicen una descripción general de los factores abióticos, considerando, por ejemplo, temperatura, luminosidad, humedad, viento, tipo de suelo, relieve.
2. Cada grupo marca un área cuadrangular de 6 m x 6 m en el terreno a estudiar. Utilicen la huincha de medir y fijen un palo en cada esquina. Luego, marquen la zona con cuerda o pitilla.
3. Con ayuda del profesor, identifiquen las plantas presentes en el área en estudio. Si no las reconocen, tomen muestras (flores o semillas y hojas) para identificarlas posteriormente.
4. Busquen otros seres vivos en el área de estudio: invertebrados, aves, reptiles, hongos, etc. También pueden registrar evidencias de su presencia, como cuevas, madrigueras, desechos, nidos, entre otros.

Materiales

- huincha de medir
- cuerda larga o rollo de pitilla
- palos cortos o estacas
- libreta o cuaderno para tomar notas y lápiz
- lupa
- frascos de plástico con tapa

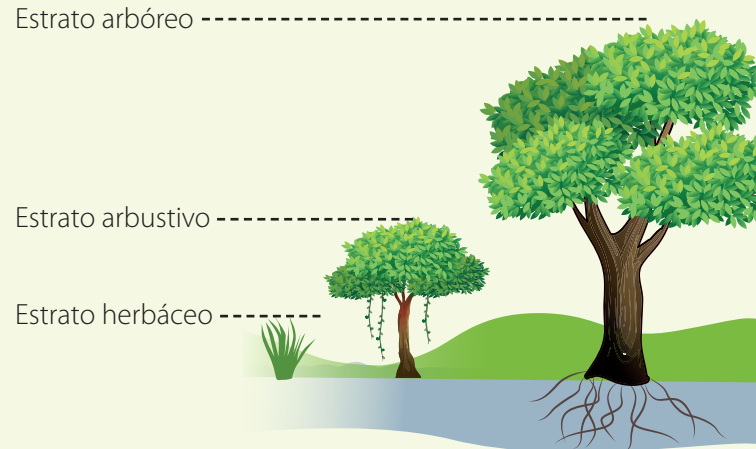


5. Identifiquen y registren los nombres de las especies observadas y el lugar donde están (suelo, tronco de árbol, arbustos, follaje, etc.). Pueden tomar fotografías o hacer dibujos de los organismos para luego determinar si se trata de una especie propia del lugar o de una introducida.

Resultados

Elaboren **tablas** para resumir sus observaciones. Pueden organizar sus registros considerando el biotopo (elementos abióticos) del ecosistema; grupos de organismos (plantas, invertebrados, anfibios, aves, etc.); abundancia de las poblaciones y cómo se distribuyen en el ambiente. Además, elaboren un **esquema** en el que identifiquen el estrato del ecosistema utilizado por las poblaciones observadas. Guíense por la figura en esta página.

6. Después de la investigación de campo, averigüen el comportamiento trófico de los animales encontrados y clasifíquenlos en herbívoros, carnívoros, detritívoros o descomponedores.



Investigo y debato



Se consideran ecosistemas saludables a aquellos que representan buen estado de conservación. Algunos indicadores de la mala salud del ecosistema son la presencia de basura, contaminantes químicos, ruidos ajenos al mismo, árboles talados, presencia de especies invasoras o actividades humanas que alteren su equilibrio.

- Considerando estos aspectos, ¿el ecosistema estudiado es saludable?, ¿en qué sustentan su opinión?

Análisis de resultados

Realicen una puesta en común de los resultados de cada grupo y analíenlos en conjunto para caracterizar la comunidad biológica del ecosistema observado.

1. Abundancia de especies:
 - ¿Cuál de las especies de plantas fue más abundante en este ecosistema?, ¿se trata de un árbol, arbusto o hierba?
 - De las demás poblaciones, ¿cuál es la más abundante?, ¿a qué categoría trófica pertenece?
2. Riqueza de especies:
 - ¿Cómo evalúan la riqueza de especies de la comunidad observada?
 - Formulen una hipótesis para explicar lo anterior.
3. Distribución de las poblaciones:
 - ¿Qué tipo de distribución lograron observar?, ¿qué poblaciones la presentaban?

Conclusiones y proyección

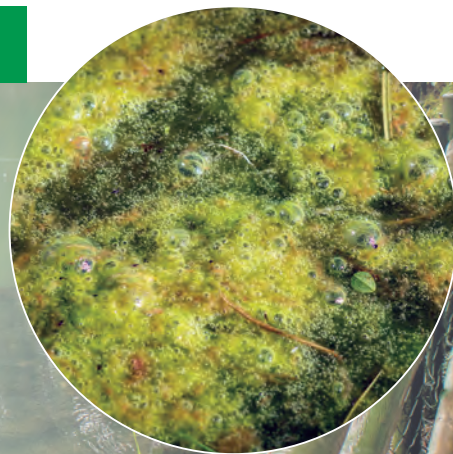
1. ¿Qué características tiene la comunidad de seres vivos en el ecosistema observado?
2. ¿Qué otros estudios serían necesarios para caracterizar de mejor manera esta comunidad?

Evaluación

Evalúen su trabajo a partir de los siguientes criterios:

- Rigurosidad en la observación y en el registro de la información.
- Aporte al análisis grupal de los datos.

Eutrofización en Chile



Según datos de la Dirección General de Aguas, en Chile existen 101 cuencas hidrográficas, cuyas aguas superficiales y subterráneas están distribuidas en 756 102 km² de territorio. En esta superficie encontramos 1 251 ríos y 12 784 cuerpos de aguas entre lagos y lagunas. Los sistemas de lagos están presentes desde el altiplano hasta Magallanes y muchos de ellos presentan contaminación de sus aguas y condiciones de eutrofización. Este último proceso consiste en forzar un sistema acuático desde el exterior, con la incorporación de nutrientes y materia orgánica que alteran las condiciones de equilibrio. Esto genera cambios en las características del ecosistema acuático y en su composición biótica. La eutrofización artificial se debe a la acción humana, y las principales fuentes son los vertidos urbanos, ganaderos y agrícolas; en conjunto, estos incorporan al agua detergentes, desechos orgánicos y fertilizantes, todos ricos en fosfatos y nitratos. Algunos de los efectos de la eutrofización son el aumento de la biomasa de fitoplancton, crecimiento de especies de algas nocivas, disminución de la transparencia de las aguas y del oxígeno disuelto, baja de la biomasa de moluscos, aumento de la mortandad de peces y reducción de su diversidad.

Para conocer el nivel de eutrofización de una fuente de agua, se suele medir el contenido en clorofila «a», valor que se combina con otros parámetros como el contenido de fósforo y nitrógeno, y el valor de penetración de la luz (transparencia).

Para evitar la eutrofización se proponen medidas como practicar agricultura ecológica, aplicar correctamente abonos, evitar la erosión, mantener el suelo con vegetación e impedir los vertidos orgánicos.

Fuente: Parra, O. (2019, 21–25 de octubre). *Eutrofización y floraciones algales en lagos y lagunas de Chile: necesidad de enfoques interdisciplinarios e interinstitucionales para su gestión* [conferencia]. XV Congreso de la Sociedad Chilena de Limnología, Villarrica, Chile. <https://bit.ly/2IJW46D>

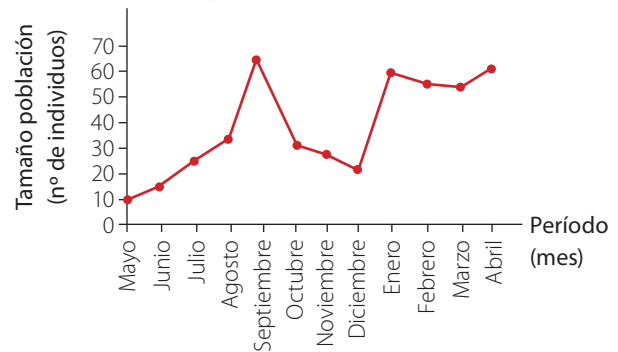
1. ¿Cómo la pérdida de transparencia de un lago afecta a las poblaciones que habitan en él?
2. ¿Cuáles son los principales componentes incorporados al agua que producen la eutrofización?
3. ¿De qué forma los ciudadanos podemos contribuir a evitar impactos ambientales como los descritos?

Actividad final

Un estudiante de posgrado en Ecología realizó una investigación sobre la población de ratones de cola larga en un pequeño sector aislado de un área rural, donde no había migración. El número inicial de individuos de la población era 10. Los datos de abundancia fueron registrados cada mes durante un año. Los resultados se ilustran en el gráfico 5.

1. Identifica en qué períodos la tasa de natalidad más la de inmigración en la población fue mayor que la de mortalidad más la de emigración.
2. Deduce cómo esperarías que se comportara la curva de crecimiento en los meses siguientes al último registro.
3. Considerando esta información, ¿cuál dirías que es la capacidad de carga de la población?
4. Relaciona con lo visto en la *Lección 1* e infiere si en la zona estudiada existe una población que deprede a estos ratones.

GRÁFICO 5 Tamaño poblacional de ratón de cola larga en zona de estudio

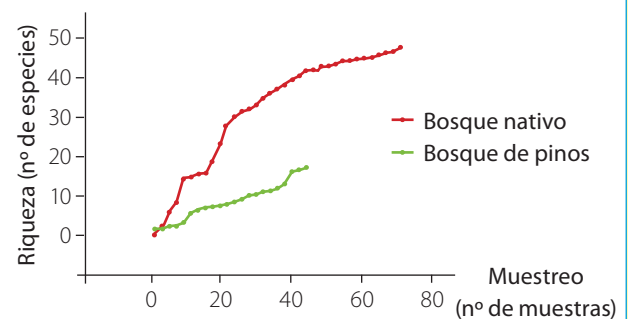


¿Cómo voy? Evaluación de proceso y progreso

Evalúa tu aprendizaje a partir de las siguientes preguntas:

1. Analiza el gráfico 6.
 - a. Explica en qué zona vegetal es mayor la riqueza de especies.
 - b. Relaciona esto con lo visto en la *Lección 1*, ¿qué características del pino podrían explicar estos resultados?
 - c. Con estos datos, fundamenta si se puede inferir la distribución de las poblaciones vegetales.
2. Explica la diferencia entre el crecimiento exponencial y el crecimiento logístico. Incluye los términos capacidad de carga y potencial biótico.
3. Explica de qué manera la actividad humana puede dañar los ecosistemas acuáticos.
4. ¿Cómo se relaciona la sobreexplotación de algunos recursos naturales con el concepto de las dinámicas de un ecosistema? Da dos ejemplos.

GRÁFICO 6 Número acumulado de especies de coleópteros en bosque nativo y plantación de pinos



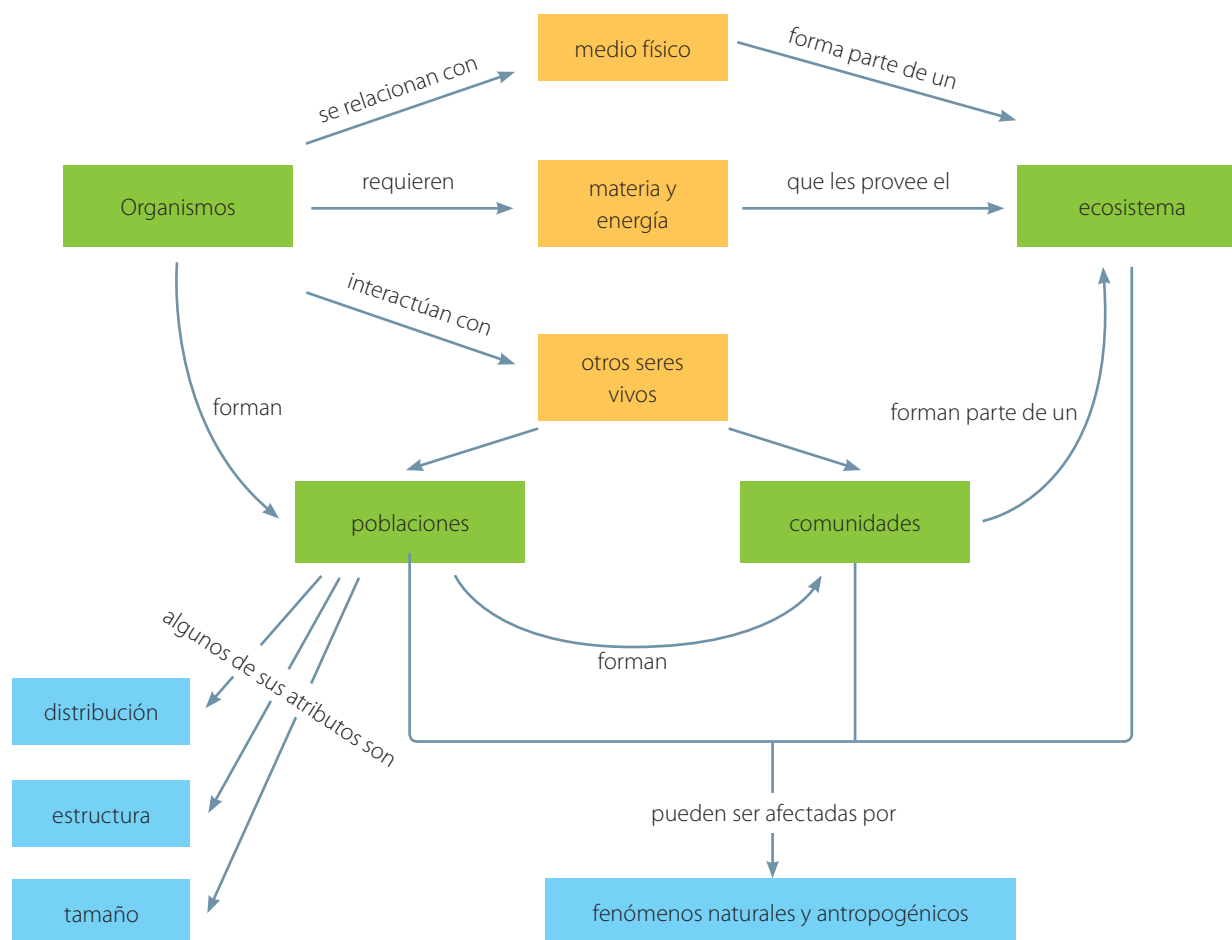
Fuente: Grez, A., Moreno, P. y Elgueta, M. (s.f.). Coleópteros (Insecta: coleoptera) epígeos asociados al bosque Maulino y plantaciones de pino aladañas. *Revista Chilena de Entomología*, 29, 9-18. <https://bit.ly/37hQoen>

¿Cómo aprendo?

- ¿Cuál de las dos formas de presentar datos usadas en esta lección (tablas y gráficos) me permite comprender mejor la información?
- ¿Los ejemplos y las fotografías facilitan mi aprendizaje?, ¿por qué?
- ¿Cómo respondería ahora la pregunta del inicio de lección?

Síntesis

El siguiente organizador gráfico presenta y relaciona los principales conceptos que has aprendido en la unidad:



1. Analiza la información contenida en el organizador y vuelve a revisar los conceptos que te hayan resultado más difíciles de comprender.
2. Cópialo y complétalo con ideas que no estén incluidas.
3. Elabora tu propio organizador gráfico con contenidos de esta unidad.

Repaso mis aprendizajes

Desarrolla las siguientes actividades para poner en práctica lo que has aprendido y diversas habilidades cognitivas.

1. Describe, utilizando un esquema, la relación entre los niveles de organización de la vida.
2. Explica las diferencias entre los conceptos de biotopo y biocenosis.
3. Compara de acuerdo a dos criterios las relaciones de competencia interespecífica y comensalismo. Realiza una tabla o esquema, e incluye dos ejemplos de cada interacción.

4. Analiza las siguientes observaciones, producto de investigaciones científicas, e identifica la interacción biológica descrita en cada caso:
- En la zona central algunos cactus con grandes flores blancas tienen además racimos de llamativas flores rojas. Estas son de quintral, una planta que crece dentro y sobre algunas especies de cactus.
 - Las garzas boyeras y los bueyes interactúan: ellas se paran sobre el lomo de los bueyes y los libran de parásitos. A su vez, los bueyes al caminar espantan a los saltamontes, que son cazados por las garzas.
 - En las poblaciones de un alga parda, llamada chascón, raras veces se encuentran individuos juveniles entre las algas grandes, pues las algas adultas impiden que se instalen algas juveniles mediante el roce de sus estipes (parte cilíndrica de un alga, de la que nacen las láminas) sobre la superficie rocosa.
- Fuente:** Hoffmann, A. y Armesto, J. (2008). *Ecología, conocer la casa de todos*. Santiago: Editorial Biblioteca Americana.
5. Los siguientes gráficos representan las curvas de crecimiento de dos especies cuando están separadas y cuando están juntas. Las condiciones del medio son las óptimas para ambas especies.

GRÁFICO 7 Crecimiento de poblaciones separadas

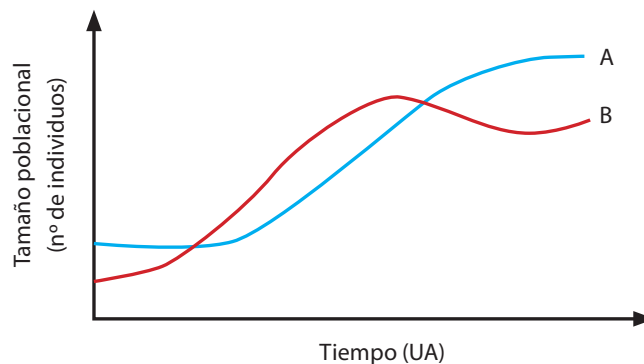
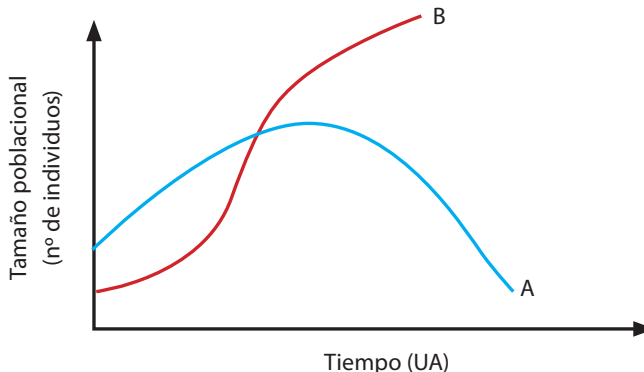


GRÁFICO 8 Crecimiento de poblaciones juntas



- Fundamenta qué tipo de interacción existe entre ambas especies.

6. Menciona dos factores que influyen en el tamaño de las poblaciones. Explica de qué manera estos factores afectan el funcionamiento de un ecosistema.

7. La reducción en número y rango de distribución del puma se debe probablemente a una combinación de factores antropogénicos, como caza excesiva, sobrepastoreo e introducción de ganado doméstico, conversión de hábitats en terrenos agrícolas y desarrollo urbano.
 - a. Explica cómo la presencia y el desarrollo de actividades humanas sobre el ecosistema modifican la población de los pumas.
 - b. Elige uno de los factores mencionados y plantea una hipótesis que explique cómo impacta en la población de pumas.
8. Un grupo de ecólogos estudió el crecimiento de dos poblaciones diferentes presentes en un ecosistema terrestre. Luego de un año obtuvieron los siguientes resultados:

TABLA 3. Valores de crecimiento poblacional de dos especies										
Tiempo (meses)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Población 1	77	60	544	65	130	130	130	130	130	130
Población 2	132	112	271	83	106	106	106	106	106	106

- a. ¿Qué modelo de crecimiento se ajusta mejor a cada población? Realiza un gráfico y fundamenta.
 - b. Si ocurre un cambio brusco en el clima del ecosistema, argumenta cuál de ellas vería más afectada su abundancia.
9. Explica cómo la introducción de especies exóticas que se vuelven invasoras es uno de los factores que influyen en la extinción de especies nativas.
10. Los ecosistemas que se encuentran desde la Región del Biobío hasta la de Magallanes poseen condiciones climáticas que promueven el cambio de vegetación. Su biodiversidad se caracteriza por la presencia de bosques templados, muy húmedos y siempre verdes. Explica qué aspectos del clima de estas regiones se relacionan con su biodiversidad.
11. La palma chilena (*Jubaea chilensis*) es una especie endémica que se encuentra actualmente solo en algunos valles de la zona central, entre las regiones de Coquimbo y el Maule. Su semilla es muy apetecida para el consumo humano, por lo que es cosechada intensamente.
 - a. ¿Qué impacto puede tener esta actividad extractiva en las poblaciones de esta palma?
 - b. Investiga los efectos que pueden tener los incendios sobre el tamaño de las poblaciones de palma chilena.
12. En parejas, diseñen y ejecuten un experimento que les permita comprobar esta hipótesis: Si las plantas de una población se localizan muy cercanas unas de otras, el crecimiento poblacional se verá afectado porque cada individuo no obtendrá la cantidad necesaria de nutrientes. Para ello:
 - a. Reconozcan las variables involucradas e ideen y describan un procedimiento. Luego, determinen y reúnan los materiales necesarios.
 - b. Lleven a cabo su experimento, teniendo en cuenta que las semillas deben plantarse cerca de la superficie del suelo. Midan y registren el crecimiento de las plantas durante dos semanas.
 - c. A partir de sus resultados, establezcan las conclusiones.
 - d. Comuniquen la actividad realizada mediante un informe escrito.

Especies invasoras en Chile

En Chile hay numerosas especies exóticas que se han tornado invasoras, debido a los daños que generan a los ecosistemas nativos. Hoy en el territorio nacional están presentes 25 de las 100 especies exóticas invasoras consideradas como las más dañinas del planeta, según lo indicado por el Grupo de Especialistas de Especies Invasoras (GEEI) de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Entre ellas hay hongos, plantas, moluscos, insectos, peces y mamíferos.

Planificación y ejecución

Distribuyan los temas al interior del curso de manera que grupos de cuatro o cinco estudiantes trabajen en cada uno. Puede haber dos grupos trabajando en cada tema.

Guiados por el profesor, distribuyan las tareas. Consideren la investigación, la ejecución del producto y la presentación del trabajo.

¿Cómo se instala la especie invasora en su nuevo hogar?

Hagan un cómic que muestre cómo la población se establece en el ecosistema. Apliquen lo aprendido en Lengua y Literatura.

¿Qué zonas ha invadido?

Elaboren un mapa de la zona invadida por la población. Hagan uso de los aprendizajes trabajados en Historia, Geografía y Ciencias Sociales.

¿Cómo se explica la invasión de esta especie?

Expliquen en términos ecológicos cómo ha sido posible la invasión de esta especie. Los conocimientos adquiridos en Biología les pueden ser de utilidad.

¿Cuál es el impacto económico de esta especie invasora?

Elaboren un gráfico que ilustre las pérdidas económicas a causa de la especie invasora. Apóyense de la asignatura de Matemática.

Para la búsqueda de información, pueden consultar las siguientes páginas web:

<https://especies-exoticas.mma.gob.cl>

<http://www.lib.udec.cl>

<https://bit.ly/impacto-económico>

<https://bit.ly/invasoras-ladera-sur>

Gran idea

La siguiente gran idea de la ciencia ha sido central en esta unidad: «Los organismos necesitan energía y materiales de los cuales con frecuencia dependen y por los que interactúan con otros organismos en un ecosistema». ¿Qué implicancias tienen para los organismos pertenecer a un ecosistema? ¿Qué importancia les atribuyes a los estudios de ecología?

Para finalizar

Vuelve a leer la pregunta que da inicio a cada lección y elabora una respuesta lo más completa posible para cada una, considerando lo que has aprendido.

¿Qué ocurre con la materia y la energía en los ecosistemas?

En esta unidad podrás reconocer cómo fluyen la materia y la energía en los ecosistemas, comprender que los seres humanos somos parte de ellos, y que nuestras actividades y decisiones pueden impactar positiva o negativamente en el ambiente.

Se espera que realices un trabajo riguroso y colaborativo, para aprender y poner en práctica habilidades y actitudes.

Cuando observamos la naturaleza, ya sea directamente o a través de documentales de televisión o de plataformas digitales, podemos ver interacciones alimentarias que se producen entre organismos en los ecosistemas, pero ¿logramos percibir qué se está transfiriendo? ¿La materia y la energía solo circulan a través de los seres vivos o también mediante los componentes abióticos del ecosistema?



Gran idea

«Los organismos necesitan energía y materiales de los cuales con frecuencia dependen y por los que interactúan con otros organismos en un ecosistema». Además, «tanto la composición de la Tierra como su atmósfera cambian a través del tiempo y esos cambios influyen en las condiciones necesarias para la vida».

1. ¿Qué relaciones alimentarias se establecen entre los seres vivos?
2. ¿Qué son los organismos productores y los consumidores?
3. ¿Por qué es importante cuidar los ecosistemas?



Lección 1

¿Cómo circulan la materia y la energía en el ecosistema?

Las poblaciones pueden clasificarse en niveles tróficos, según cómo obtienen su alimento. A continuación, se señala la alimentación de algunas especies de un ecosistema del norte de Chile.

En todo ecosistema es posible clasificar las poblaciones en niveles tróficos, según cómo obtienen su alimento.

Cóndor
Carroña.

Murciélago orejudo
Insectos.

Los **productores**, son organismos **autótrofos** (elaboran sus propios nutrientes). Constituyen el **primer nivel trófico**.

Libélula
Otros insectos.

Guanaco
Gramíneas.

Descomponedores. Organismos heterótrofos que se alimentan de restos de seres de cualquier nivel trófico.

Chinchilla
Gramíneas.

Lagarto
Insectos.

¿Qué sé?

1. ¿De dónde provienen la energía y la materia que se transfiere entre los organismos en el ecosistema?
2. ¿Dónde se inician y finalizan estas relaciones alimentarias entre las poblaciones biológicas?
3. ¿Qué niveles tróficos identificas en la imagen?

Puma

Lagartos.
Roedores.
Guanacos.



Consumidores. Organismos heterótrofos, es decir, se alimentan de otros seres vivos o de sus partes. Estos pueden ser, principalmente, primarios, secundarios o terciarios. Cada uno ocupa el segundo, tercer y cuarto nivel trófico, respectivamente.

Polluelos de búho

Roedores.
Reptiles.
Algunos invertebrados.



Búho

Roedores.
Reptiles.
Algunos invertebrados.



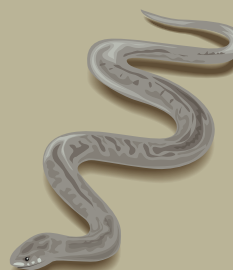
Zorro culpeo

Lagartos.
Roedores.



Culebra

Roedores.
Polluelos de búho.



Ratón

Semillas.
Frutos.
Pequeños artrópodos.



Los organismos **omnívoros**, se alimentan tanto de productores como de consumidores.

¿Cómo se representan las interacciones alimentarias en el ecosistema?

Focaliza



¿De qué organismos provienen los alimentos que ingeriste en tu almuerzo? ¿Qué tipo de nutrientes necesitas diariamente?

Explora



Los organismos autótrofos producen compuestos orgánicos complejos a partir de sustancias simples usando energía lumínica (fotosíntesis) o producida en reacciones inorgánicas (quimiosíntesis). En cambio, los heterótrofos obtienen su energía de la degradación de moléculas orgánicas que forman parte de los organismos de los cuales se alimentan.

1. ¿Por qué las relaciones alimentarias son fundamentales en el ecosistema?
2. ¿Cómo se representan estas relaciones?



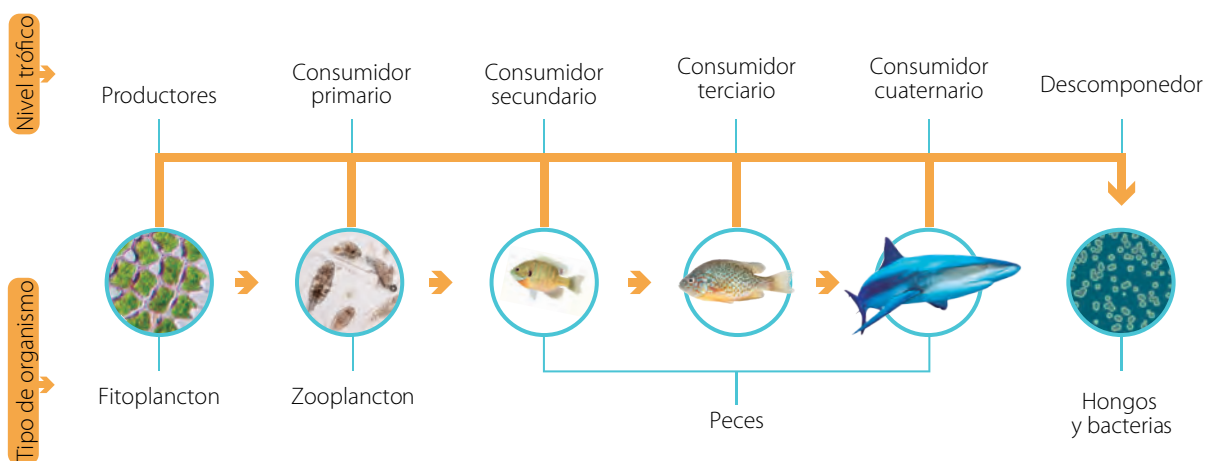
Reflexiona



La materia y la energía empiezan a circular en el ecosistema a partir de los productores. En las comunidades biológicas se producen numerosas relaciones de alimentación entre seres vivos de distintas poblaciones. Una forma de representarlas es mediante cadenas tróficas.

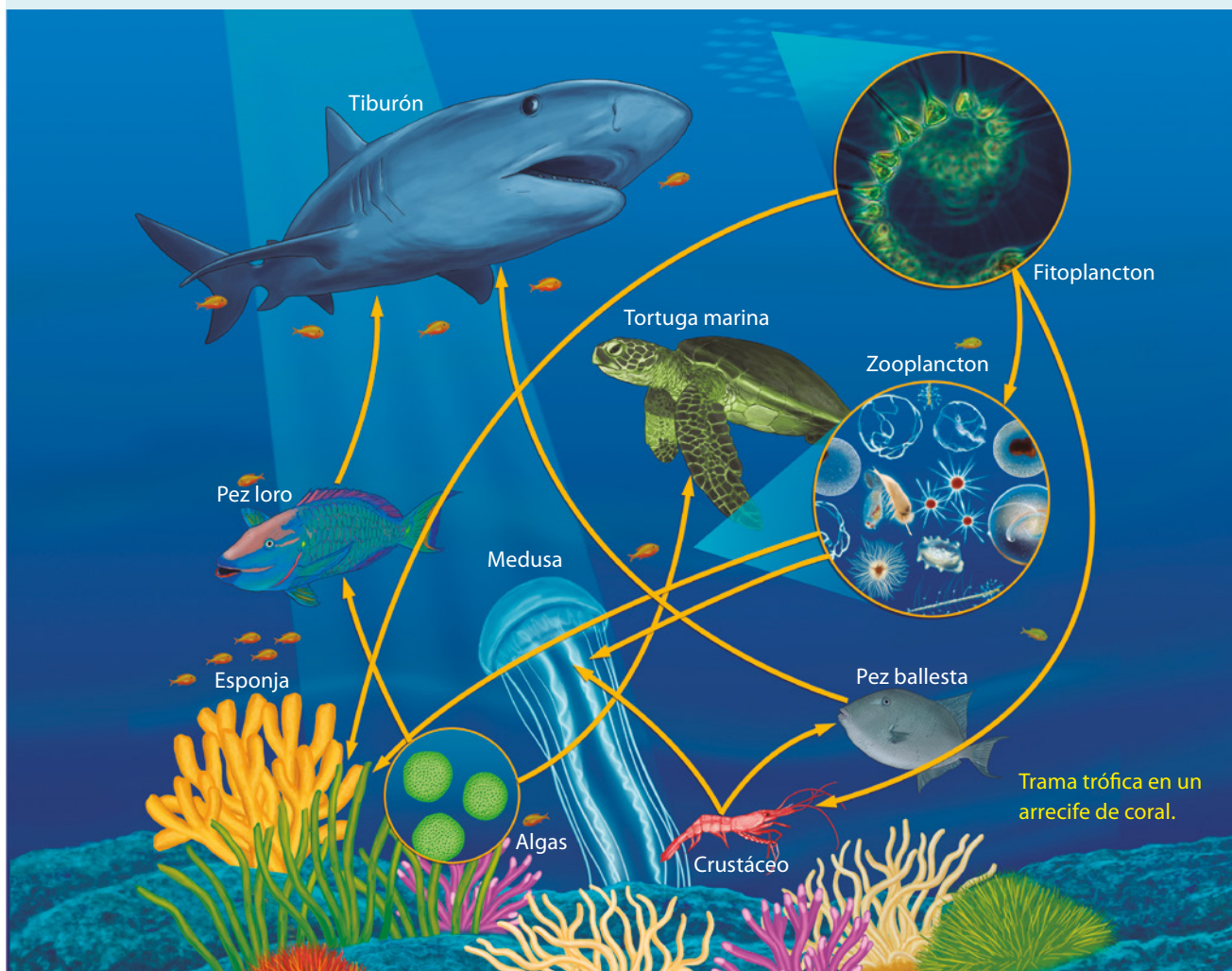
Cadenas tróficas. Representan el flujo de energía y materia entre poblaciones de organismos de manera lineal. Comienzan con un productor y terminan con un descomponedor. Las flechas indican la dirección en la que fluyen la materia y la energía.

Cadena trófica de un ecosistema acuático



En los ecosistemas marinos, los principales productores son fitoplancton.

Redes o tramas tróficas. En la naturaleza, las relaciones tróficas no son lineales: los productores pueden pertenecer a varias cadenas tróficas, y los consumidores secundarios y terciarios se alimentan de diversos organismos. Por esta razón, para que la representación se asemeje más a lo real, se utilizan las redes o tramas tróficas, que corresponden a un conjunto de cadenas tróficas interrelacionadas.



Interpreto y predigo

La imagen representa una red trófica de un ecosistema marino:

1. Explica las relaciones tróficas representadas.
2. Identifica los niveles tróficos indicando qué organismos pertenecen a cada uno. ¿Hay algunos que pertenezcan a más de un nivel?, ¿cuáles?
3. ¿Cuál es la fuente de energía inicial de esta red?
4. Predice las consecuencias que produciría la desaparición del tiburón y la medusa, de esa red trófica.



Aplica

Los líquenes corresponden a simbiosis extrema entre hongos y algas (o cianobacterias). El hongo proporciona anclaje a sustratos, como rocas o troncos, y puede captar nutrientes desde el entorno. Las algas y cianobacterias realizan fotosíntesis y proveen carbohidratos. Elabora una cadena alimentaria que incluya líquenes. Considera que hay animales como el huemul que se alimentan de ellos.

¿Cómo fluyen la materia y la energía en el ecosistema?

Focaliza



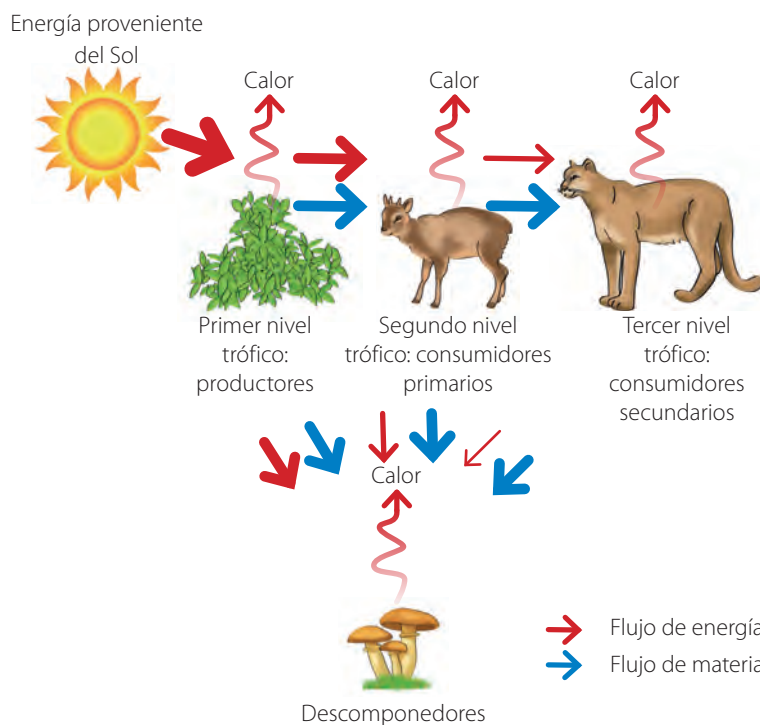
¿De dónde proviene la energía que necesita tu cuerpo para «funcionar» todos los días?

Explora



La imagen representa el flujo de materia y energía en una cadena trófica.

1. Interpreta qué representan las flechas que dicen «calor».
2. Si la energía que ingresa proviene solamente del Sol, describe cómo va cambiando la energía disponible en cada nivel trófico.

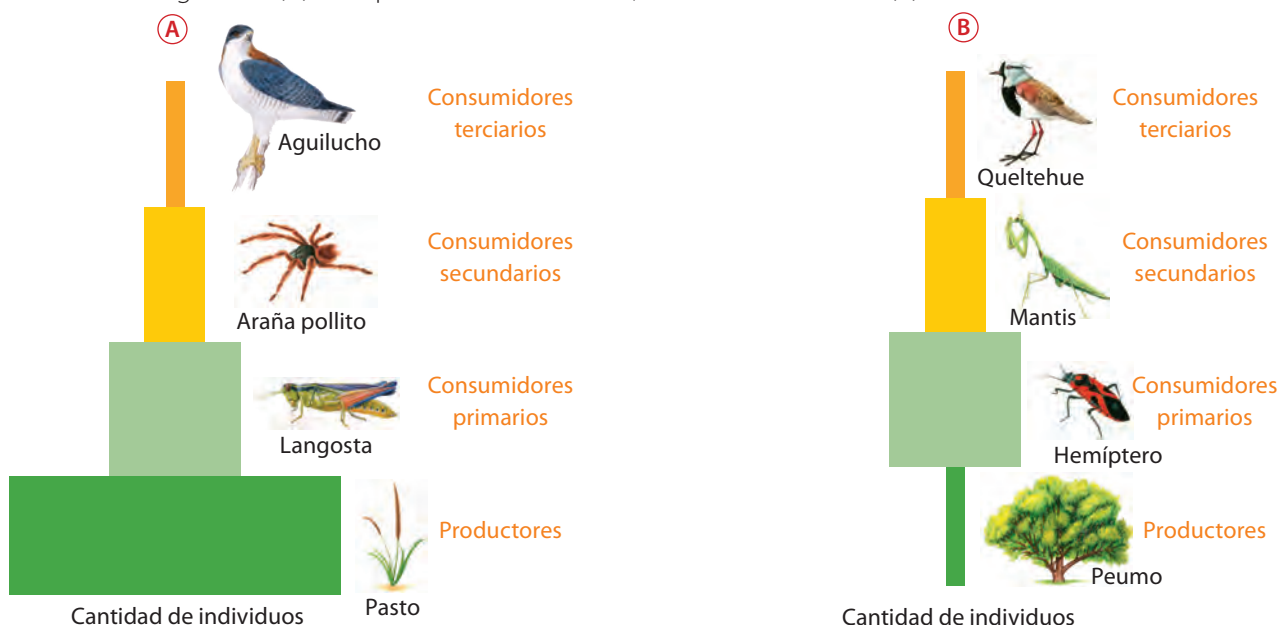


Reflexiona



Las pirámides ecológicas son modelos que representan las relaciones entre los niveles tróficos. Los productores constituyen la base y los niveles sucesivos son los siguientes pisos de esta.

Pirámide de número. Muestra la cantidad de seres vivos en cada nivel trófico en un tiempo y en una superficie determinados. La forma típica de pirámide, con la base ancha y el vértice estrecho, representa cadenas alimentarias en las que los productores son plantas pequeñas y los consumidores, animales relativamente grandes (A). Si el productor es uno solo, la forma es diferente (B).



Fuente: Curtis, H., Barnes, N., Schnek, A. y Massarini, A. (2016). *Invitación a la Biología en contexto social* (7ª ed.). Médica Panamericana. (Adaptación).

Pirámide de biomasa. Representa la cantidad de materia orgánica (biomasa) de cada nivel trófico en un momento determinado. Se expresa en gramos por metro cuadrado (g/m^2). En ecosistemas terrestres se observa una disminución desde los productores, pero puede ser invertida en ecosistemas oceánicos.



Pirámide de energía. Muestran el flujo de energía entre los niveles tróficos. Cada escalón representa la energía almacenada en un nivel trófico en un tiempo determinado, cuyos valores se expresan en unidades de energía (kJ o kcal) por unidad de superficie o volumen y por unidad de tiempo. En cada eslabón de una cadena alimentaria disminuye la energía utilizable: cada nivel trófico solo aprovecha aproximadamente el 10% de la energía disponible en el nivel trófico anterior. Esto se debe principalmente a la disipación de calor desde el cuerpo, al uso de energía para las funciones orgánicas y a la no asimilación de ciertos alimentos, por ejemplo, celulosa y secciones leñosas de las plantas.

Sintetizo

1. ¿Por qué a medida que se asciende en los niveles tróficos hay menos organismos y menos biomasa en ecosistemas terrestres?
2. ¿De qué forma la proporción de energía que llega a los últimos niveles de una cadena trófica limita la existencia de más niveles tróficos?



Aplica

En Chile existen zonas geográficas donde las estaciones del año son muy marcadas.

1. ¿Cómo podrían afectar los cambios estacionales a las pirámides de un ecosistema? Explica dando dos ejemplos.
2. En el caso del fitoplancton, ¿cómo afectarían los cambios de temperatura y luz solar a la pirámide de biomasa?

¿Cómo circulan algunos materiales de interés biológico?

Focaliza



La energía sigue un recorrido unidireccional a través de las cadenas y tramas tróficas. ¿Ocurre lo mismo con la materia?, ¿por qué?

Explora

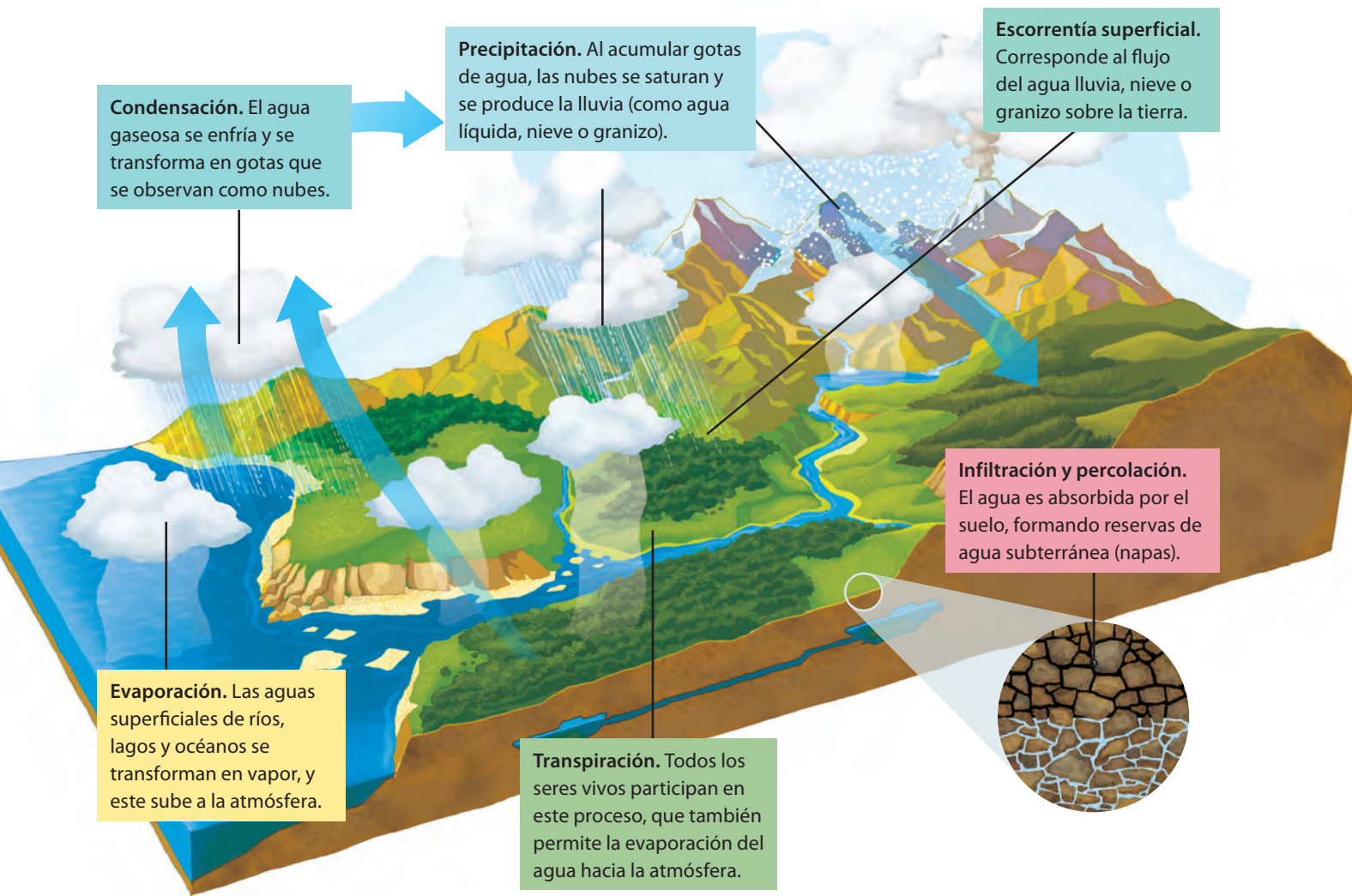


La mayoría de los seres vivos están integrados en un alto porcentaje por agua, pudiendo llegar hasta el 90% en algunos. En los mamíferos, el promedio es de alrededor de 60% y varía entre diferentes tejidos.

1. ¿De dónde proviene el agua que forma el cuerpo de los seres vivos?
2. ¿Qué ocurre con el agua que eliminamos de nuestros cuerpos?

Ciclo del agua. La circulación del agua en la naturaleza se denomina ciclo del agua o ciclo hidrológico, y en este participan los seres vivos y el ambiente. Este ciclo se produce de manera constante y es posible observar el agua en sus diferentes estados.

- Observa y analiza el ciclo del agua. Identifica cada etapa e indica los cambios de estado que ocurren.



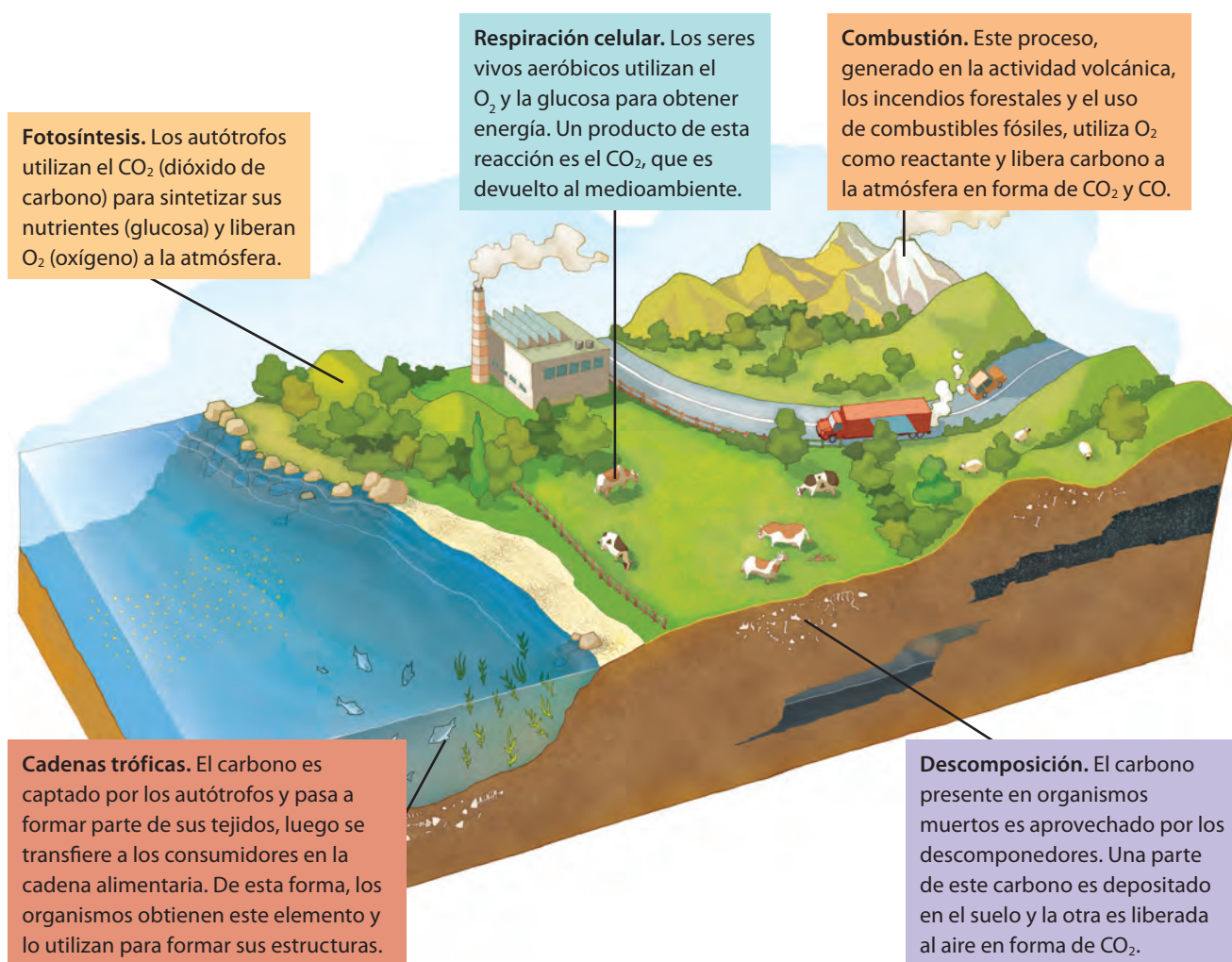
Reflexiona

Además del agua, otras sustancias fluyen cíclicamente entre los medios biótico y abiótico a través de los **ciclos biogeoquímicos**.

Elementos sedimentarios, como el azufre y el fósforo, circulan por la litosfera, los seres vivos y la hidrosfera. Su reutilización en general es muy lenta (años).

Gases como el oxígeno, el nitrógeno y los gases del carbono circulan por la atmósfera y los seres vivos, y se reciclan en poco tiempo (días-horas).

Ciclo del carbono y del oxígeno. El carbono es el principal componente de las moléculas orgánicas, como lípidos, hidratos de carbono y proteínas, que son esenciales para los seres vivos. Asimismo, el oxígeno forma parte de algunas moléculas orgánicas e inorgánicas, y es esencial para la respiración de los organismos, por lo que sin este elemento no podría existir la vida.



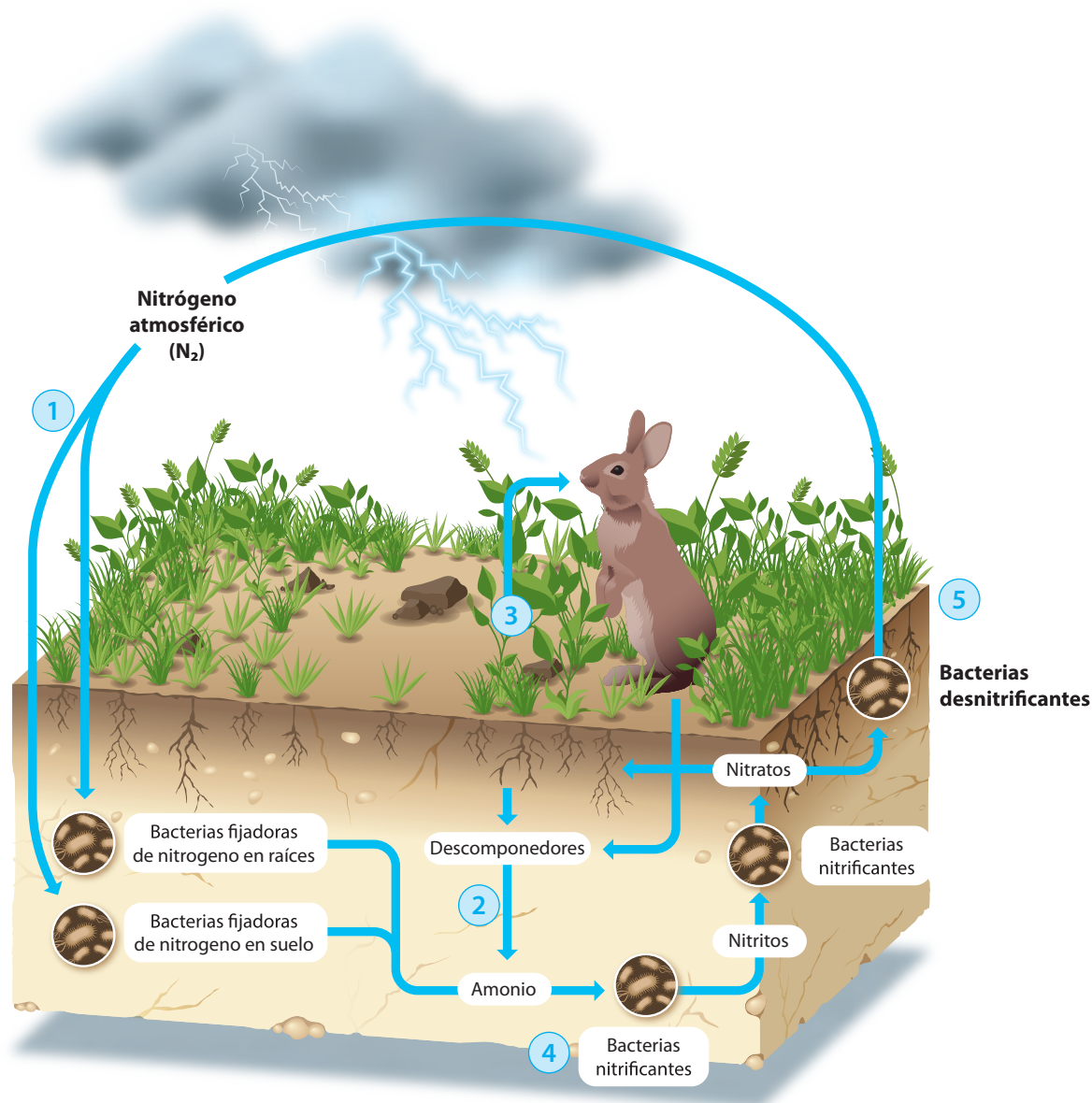
Infiero



Los ciclos del carbono y del oxígeno están muy asociados con distintos procesos en los seres vivos. Realiza un esquema simple para explicar cómo se relacionan la fotosíntesis y la respiración celular.

Ciclo del nitrógeno. El nitrógeno constituye el 78% de los gases de la atmósfera y forma parte de la estructura de proteínas y ácidos nucleicos, como el ADN. La mayoría de los organismos no puede captar el nitrógeno atmosférico directamente, pero sí luego de su transformación.

- 1 **Fijación del nitrógeno.** Las bacterias fijadoras de nitrógeno transforman el nitrógeno gaseoso (N_2) en amoníaco (NH_3). También se fija en forma de nitrito (NO_2^-) o nitrato (NO_3^-) mediante el volcanismo y descargas eléctricas.
- 2 **Amonificación.** Los descomponedores del suelo degradan excreciones animales o restos organismos muertos, liberando amoníaco (NH_3) o amonio (NH_4^+).
- 3 **Asimilación.** El nitrato del suelo puede ser absorbido por los productores y transferirse a los consumidores en las cadenas tróficas.
- 4 **Nitrificación.** Oxidación del amoníaco o amonio por acción de bacterias nitrificantes. Primero, son transformados en nitritos (NO_2^-) y luego oxidado a nitrato (NO_3^-).
- 5 **Desnitrificación.** Bacterias desnitrificantes transforman el nitrato a nitrógeno gaseoso (N_2), devolviéndolo a la atmósfera.



Las fuentes principales de ➤
fósforo son las carnes rojas
y blancas, huevos, lácteos,
frutos secos y legumbres.

Ciclo del fósforo. Este elemento forma parte esencial de todos los seres vivos, pues constituye la estructura de los ácidos nucleicos (ADN y ARN), y de muchas proteínas. Además, es el componente principal del ATP (molécula que almacena energía) y forma parte de la membrana plasmática, de los huesos y dientes en animales.

En las plantas, su concentración es baja, encontrándose principalmente en las semillas. Al morir los seres vivos, los descomponedores devuelven el fósforo inorgánico al suelo y los productores pueden absorberlo.

Aplica

Realiza un esquema que represente el ciclo del fósforo a partir de la siguiente información. Puedes usar imágenes como en los modelos de ciclos biogeoquímicos vistos.

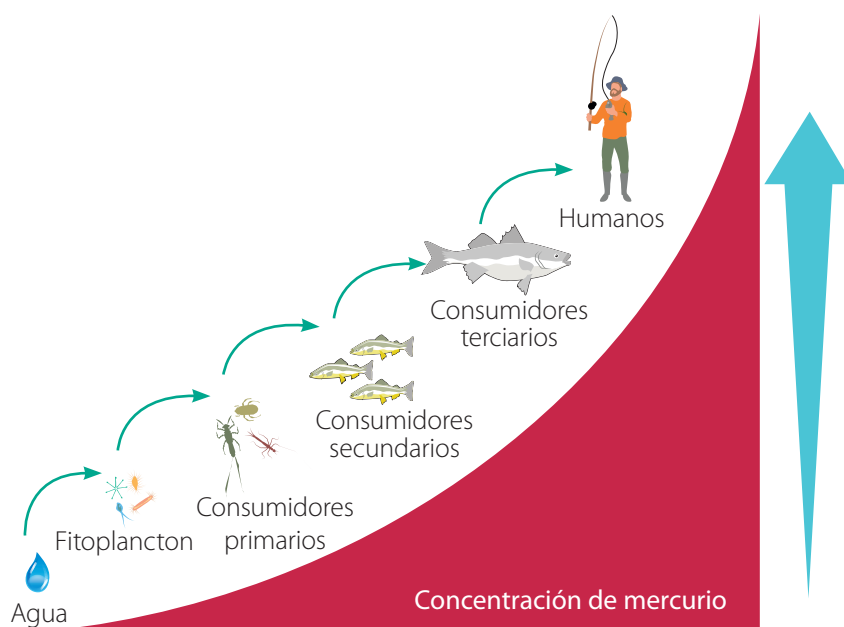
- El fósforo forma parte de los componentes geológicos, constituyendo las rocas y el suelo. La desintegración de la roca por acción de agentes atmosféricos (humedad, temperatura) y biológicos (descomponedores) libera fósforo que entra al ciclo.
- Los productores absorben fósforo inorgánico y lo transforman en moléculas orgánicas. En las cadenas tróficas, el fósforo absorbido por los productores queda a disposición de los consumidores.
- Parte del fósforo que es arrastrado hacia el mar es absorbido por el plancton. Así ingresa a las cadenas tróficas marinas.
- Cuando las plantas y los animales excretan desechos o mueren, los fosfatos pueden ser absorbidos por los organismos detritívoros o descomponedores que reintegran el fósforo al suelo.
- El fósforo también es liberado en las cenizas volcánicas y es absorbido por las plantas o arrastrado por el agua de ríos hasta llegar al fondo del mar, donde vuelve a formar parte de rocas, que son reservas de fósforo.

Bioacumulación y calentamiento global

La bioacumulación es la acumulación gradual de sustancias, como pesticidas y otros compuestos químicos en los organismos. La bioacumulación aumenta a lo largo de cadenas tróficas extensas, pues los consumidores van almacenando sustancias tóxicas presentes en organismos de niveles tróficos previos.

Un estudio reciente abordó la bioacumulación del mercurio (Hg), un metal que en su estado inorgánico proviene de actividades humanas y de la actividad volcánica. Un 80 % del mercurio emitido a la atmósfera se deposita en el océano, donde parte es convertido por microorganismos en metilmercurio (Me-Hg), potente neurotóxico. De esta manera, este compuesto entra en la cadena alimentaria marina, y se ha observado que en peces de amplio consumo humano (atún, bacalao y pez espada, entre otros) su concentración se amplifica un millón de veces o más.

Además, se ha demostrado que el calentamiento global y las prácticas pesqueras están provocando un aumento de los niveles de mercurio en el mar, a pesar de que su emisión ha disminuido debido a convenios internacionales. El aumento en la temperatura del agua produce un incremento



en la actividad de los peces, que consumen más alimento y acumulan más mercurio. Por otra parte, la pesca intensiva produce cambios en las cadenas tróficas que, en este caso, aumentan la bioacumulación de mercurio.

Los investigadores buscan ampliar estos estudios a diversos ecosistemas marinos y vincularlos con la salud pública, pues la combinación de factores como el cambio climático, la sobrepesca y la contaminación pueden transformarse en un riesgo para la salud humana.

Fuente: Schartup, A., Thackray, C., Qureshi, A., Dassuncao, C., Gillespie, K. Hanke, A. y Sunderland, E. (2019, 7 de agosto). Climate change and overfishing increase neurotoxicant in marine predators. *Nature*, 572(7771), 648-650. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1468-9>

1. Investiga cuáles son las actividades humanas que liberan mercurio.
2. Explica por qué a pesar de que se ha regulado el uso de mercurio en actividades industriales este sigue presente en las redes tróficas.
3. A tu juicio, ¿qué relevancia tienen investigaciones como la descrita? Fundamenta tu opinión.

Actividad final

Modelo de influencia humana en ciclo del agua

En grupo, realicen la siguiente actividad. Esta les permitirá analizar, mediante la construcción de un modelo, un efecto en el ciclo de agua de la contaminación con sustancias no solubles. Consigan los materiales necesarios para los montajes:

1. ¿Qué representa el modelo? ¿Qué situación se prueba en cada montaje?
2. Predigan lo que podría suceder en cada montaje y registren sus ideas.
3. Observen los resultados después de una hora. Describan y expliquen las diferencias entre ambos montajes.
4. Comparen sus predicciones con las evidencias. Registren diferencias y semejanzas.
5. Identifiquen y expliquen qué etapas del ciclo del agua son afectadas.
6. Relacionen el modelo con alguna situación ocasionada por el ser humano que altere grandes masas de agua. Describan cómo se vería afectado el ecosistema marino.



¿Cómo voy?

Evaluación de proceso y progreso

1. Un estudiante analizó los niveles involucrados en la cadena trófica que se sustenta en un rosal de un jardín. Los datos obtenidos respecto del número de organismos y su masa se muestran en la tabla. El rosal vive dentro de un área de 1 m^2 .

Nivel trófico	Masa individual aproximada (g)	Nº de individuos aproximados
Productor: rosal	4 000,000	1
Consumidor primario: pulgón	0,003	50 000
Consumidor secundario: chinita	0,030	2 000
Consumidor terciario: gorrión	25,000	2

- a. Calcula la masa de cada nivel trófico. Copia la tabla y agrega la información en ella.
- b. Analiza los datos y dibuja de manera aproximada (no a escala exacta) la pirámide de número. ¿Qué forma resulta?

- c. Dibuja de manera aproximada la pirámide de masa. ¿Qué forma tiene?
- d. ¿Cuál de las dos pirámides se asemejará más a la pirámide de energía?
- e. Elige una de las pirámides y modélala usando materiales de desecho, como cajas de cartón. ¿Cuál presenta proporciones más fáciles de modelar?

¿Cómo aprendo?

- ¿Soy capaz de explicar y representar cadenas y tramas tróficas? ¿Qué estrategia de representación me resulta más útil: esquemas, dibujos o modelos físicos?
- ¿Qué ciclo biogeoquímico, aparte del ciclo del agua, me gustaría modelar?, ¿qué materiales usaría?

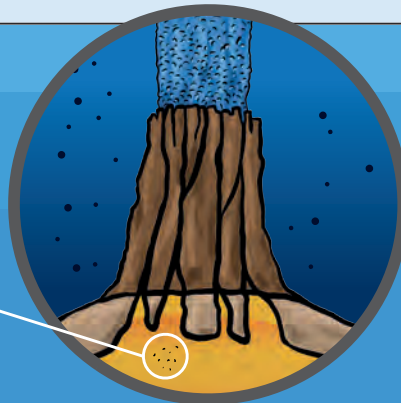
¿Cómo se relacionan fotosíntesis y respiración celular?

EN LA TIERRA PRIMITIVA...

4000 MILLONES DE AÑOS ATRÁS. CUANDO SE INICIÓ LA VIDA, LA ATMÓSFERA ERA DIFERENTE, LAS PRIMERAS CÉLULAS PROBABLEMENTE ERAN HETERÓTROFAS Y TOMABAN LOS NUTRIENTES DESDE EL MEDIO: LA SOPA PRIMITIVA.

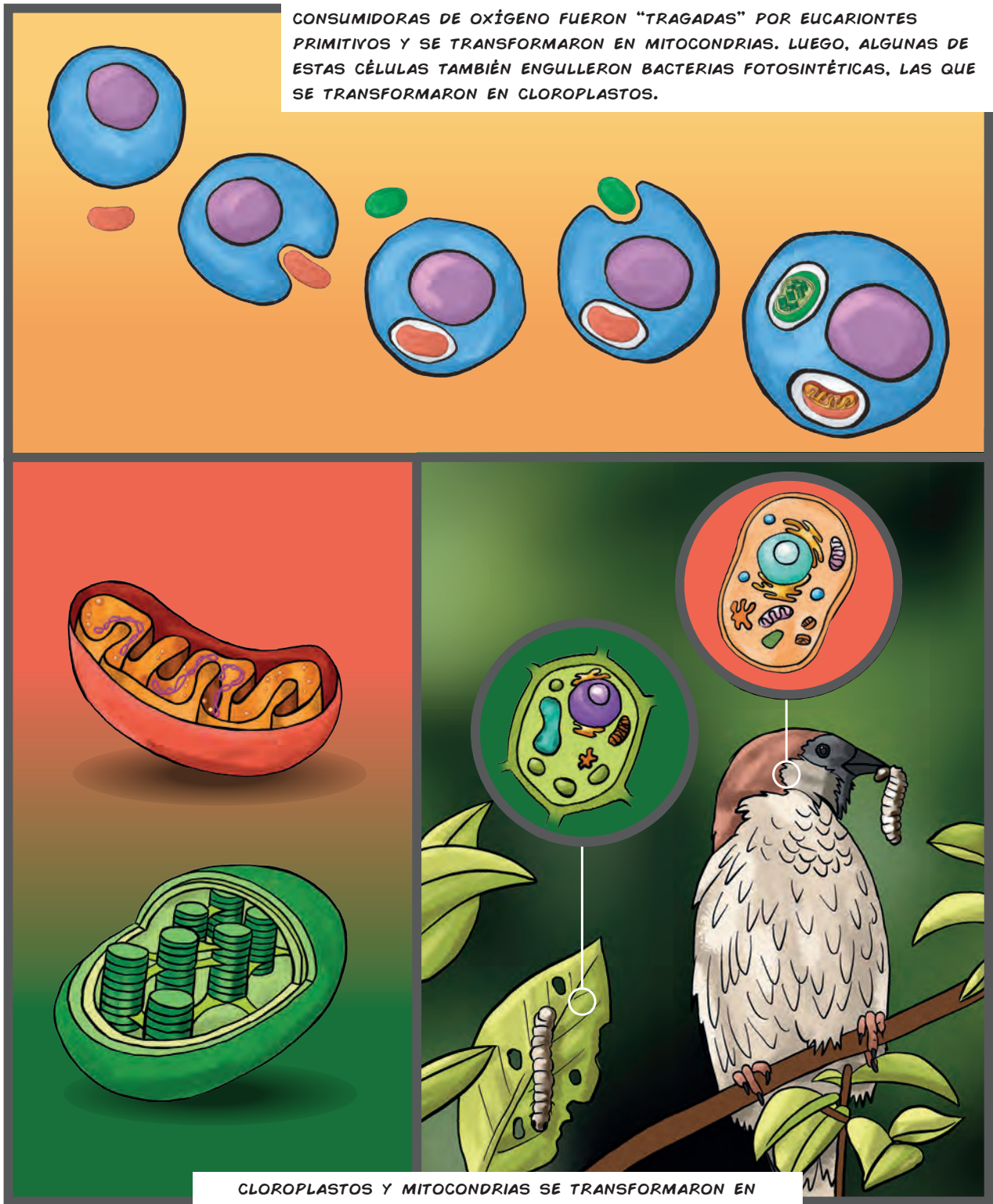


2700 MILLONES DE AÑOS ATRÁS. SURGIERON LAS BACTERIAS FOTOSINTÉTICAS, CAPACES DE FIJAR DIÓXIDO DE CARBONO PARA ELABORAR AZÚCAR. ÉLLAS EMPEZARON A LIBERAR OXÍGENO AL AGUA.



2400 A 2000 MILLONES DE AÑOS ATRÁS. EL OXÍGENO ACUMULADO RESULTÓ TÓXICO PARA LA MAYOR PARTE DE LAS CÉLULAS. LAS BACTERIAS FOTOSINTÉTICAS Y LAS CONSUMIDORAS DE OXÍGENO SE MULTIPLICARON. LAS BACTERIAS ANAERÓBICAS (QUE NO REQUIEREN OXÍGENO) QUEDARON CONFINADAS A AMBIENTES DONDE EL OXÍGENO NO ENTRABA.

2100 MILLONES DE AÑOS ATRÁS. ALGUNAS DE LAS BACTERIAS CONSUMIDORAS DE OXÍGENO FUERON "TRAGADAS" POR EUCARIONTES PRIMITIVOS Y SE TRANSFORMARON EN MITOCONDRIAS. LUEGO, ALGUNAS DE ESTAS CÉLULAS TAMBIÉN ENGULLERON BACTERIAS FOTOSINTÉTICAS, LAS QUE SE TRANSFORMARON EN CLOROPLASTOS.



CLOROPLASTOS Y MITOCONDRIAS SE TRANSFORMARON EN ORGANELOS FUNDAMENTALES PARA LA VIDA EN LA TIERRA.

¿Qué sé? Evaluación inicial

1. ¿Qué es la fotosíntesis y qué importancia tiene para los ecosistemas?
2. Averigua cómo se llama la teoría que plantea este origen de cloroplastos y mitocondrias y coméntala en clase.

¿Cómo se genera y se utiliza la energía en las células eucariontes?

Focaliza



Las células eucariontes presentan núcleo y organelos, como los cloroplastos presentes en eucariontes fotosintéticos, y la mitocondrias que están en todos los eucariontes. ¿Cómo se complementan las funciones de estos organelos?

Fotosíntesis. Proceso anabólico, realizado por organismos autótrofos, en el que la energía proveniente del Sol es utilizada para sintetizar glucosa a partir de sustancias inorgánicas. En las plantas ocurre en las estructuras verdes, principalmente las hojas, cuyas células poseen gran cantidad de cloroplastos. Estos contienen pigmentos que absorben la luz, y el más importante es la **clorofila**. En la ecuación se representa la reacción química general de la fotosíntesis:

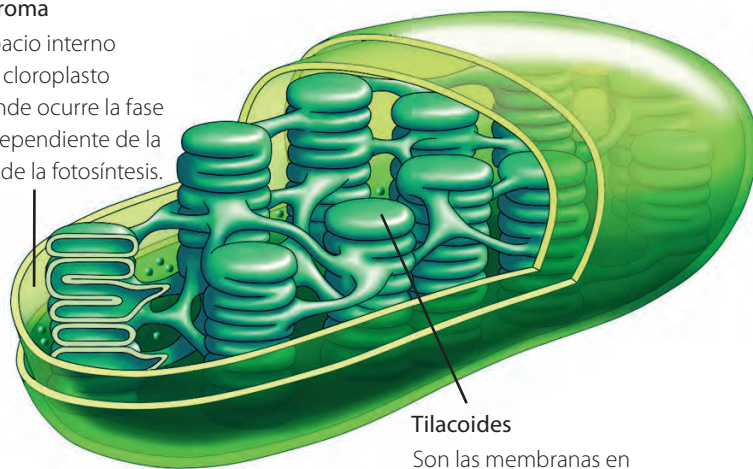
Explora



Analiza los esquemas que resumen los procesos de fotosíntesis y respiración celular. ¿En qué se parecen y en qué se diferencian las reacciones químicas?

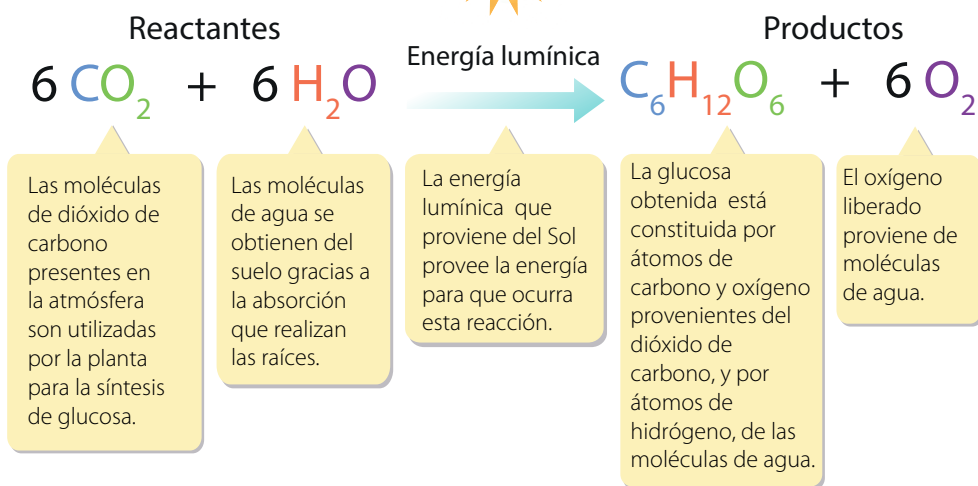
Estroma

Espacio interno del cloroplasto donde ocurre la fase independiente de la luz de la fotosíntesis.



Tilacoides

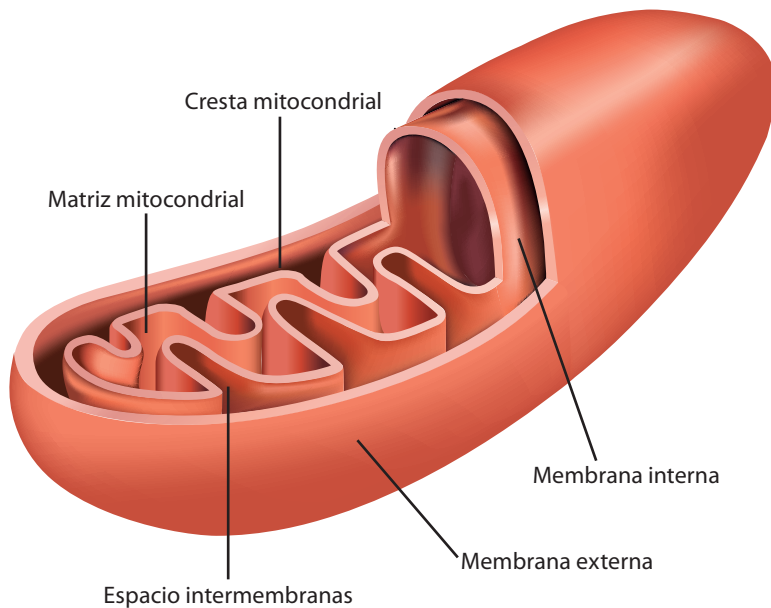
Son las membranas en las que ocurre la fase dependiente de la luz de la fotosíntesis.



El proceso fotosintético consiste en dos fases

Fase dependiente de la luz o lumínica. La luz es captada por la clorofila. Después de una serie de reacciones se forman 18 moléculas de ATP, que serán empleadas en la siguiente fase. En estas reacciones se libera oxígeno.

Fase independiente de la luz o ciclo de Calvin. La energía producida en la fase lumínica es empleada para sintetizar materia orgánica (glucosa y otras moléculas) a partir de dióxido de carbono y agua provenientes del ambiente.



En la matriz mitocondrial y en la membrana interna se llevan a cabo etapas de la respiración celular.

Respiración celular. Proceso catabólico por el cual los seres vivos obtienen energía en forma de ATP a partir de materia orgánica, como la glucosa, en presencia de oxígeno. **Los organismos autótrofos y heterótrofos realizan respiración celular.** La diferencia es que los autótrofos generan su propia materia orgánica, en cambio los heterótrofos necesitan obtenerla desde una fuente externa.

Una parte del proceso ocurre en el citoplasma celular y la otra, en las mitocondrias. La siguiente ecuación representa la reacción química general de la respiración celular:



Una molécula de glucosa necesita seis moléculas de oxígeno molecular provenientes del aire para que, mediante una serie de reacciones químicas, se transforme en sustancias más simples. En esta reacción se libera energía.

La energía que se libera en esta reacción catabólica lo hace en forma de moléculas de ATP y calor.

El dióxido de carbono se forma a partir de una serie de reacciones químicas de las que se obtienen los átomos de carbono, producto de la ruptura de la molécula de glucosa.

Las moléculas de agua obtenidas se forman a partir de los átomos de hidrógeno provenientes de la molécula de glucosa degradada y de los átomos de oxígeno del aire respirado.

Reflexiona

Durante la fotosíntesis, la energía lumínica es convertida en energía química que es almacenada en moléculas orgánicas como la glucosa. La fotosíntesis es el primer paso del flujo de energía en el ecosistema y sustenta a los autótrofos que la realizan, y de forma indirecta, a los heterótrofos que integran la trama trófica. Por otro lado, a partir de la respiración celular se obtiene energía proveniente de la degradación de compuestos orgánicos como la glucosa.

Aplica

Construye una tabla comparativa entre fotosíntesis y respiración celular considerando estos criterios: estructura celular donde ocurre, reactantes, productos, tipo de energía entrante y saliente.

Vocabulario

Reacción anabólica.

Reacción de síntesis de sustancias en la que se consume energía.

Reacción catabólica.

Reacción degradativa en la que se libera energía.

Anabolismo y catabolismo son las partes en las que se divide el metabolismo.

¿Cómo se relacionan fotosíntesis y respiración celular en los ecosistemas?

Focaliza



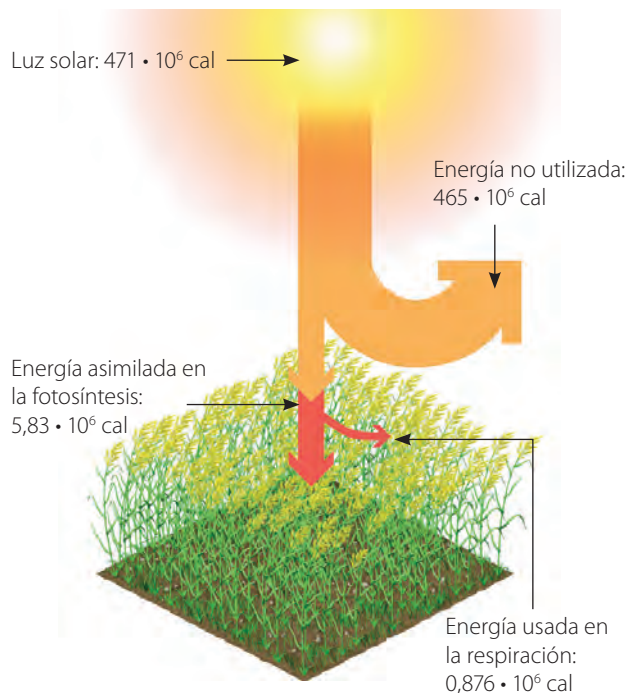
¿De dónde proviene la energía química que circula en el ecosistema? ¿Qué proceso transforma la energía lumínica en química?

Explora



El esquema lateral representa la cantidad de energía involucrada en el crecimiento de un metro cuadrado de plantas.

1. ¿Qué unidad de medida se usa para la energía?
2. ¿Cuánta energía lumínica estaba disponible en esta superficie?
3. ¿Por qué no se utilizó toda la energía disponible?
4. ¿Cuánta energía se empleó en la respiración celular?
5. ¿Cuánta energía quedó disponible para el siguiente nivel trófico?



Reflexiona



La cantidad de energía química fijada por los organismos autótrofos mediante la fotosíntesis durante un tiempo determinado, en una superficie dada, se denomina **productividad primaria bruta** (PPB). Como las plantas también usan energía en la respiración celular, queda solo una parte disponible para los consumidores primarios, lo que se llama **productividad primaria neta** (PPN). Esto se puede representar por medio de la siguiente ecuación:

$$PPN = PPB - \text{respiración celular}$$

Esta diferencia entre la energía asimilada y la que queda disponible para el siguiente nivel se repite en todos los niveles tróficos. Para los consumidores, se habla de productividad secundaria. Esto explica en parte las pirámides de energía vistas en la *Lección 2*.



➤ Mientras más energía gasta un organismo, más nutrientes deberá consumir. El colibrí consume una enorme cantidad de energía para volar, la que obtiene del néctar de las flores.

Productividad en ecosistemas marinos.

Aunque los ecosistemas marinos presentan menor productividad primaria neta por superficie que la selva tropical, su contribución a la productividad del planeta es equivalente a esta, dada su gran extensión.

Sin embargo, un estudio publicado en la revista *Science* predice que en el año 2300 las condiciones meteorológicas y oceanográficas habrán cambiado tanto, que causarán efectos negativos en la productividad marina. El aumento de la temperatura de los océanos causaría la redistribución de nutrientes y la disminución de la productividad primaria en más de un 20 % a nivel mundial y 60 % en el Atlántico Norte.



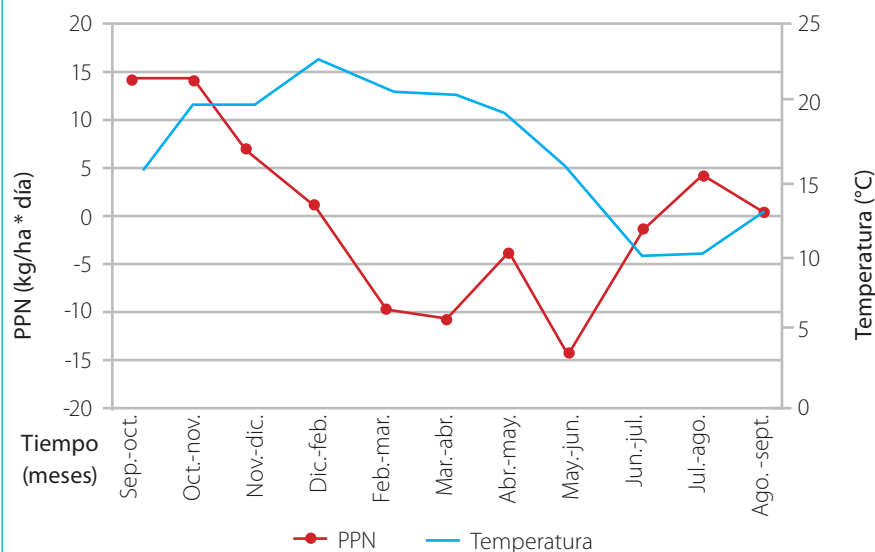
La luz penetra en el mar hasta una profundidad máxima de 200 m. En la mitad superior habita el fitoplancton marino, que es la base de la trama trófica del mar.

Aplica

La productividad de un ecosistema está determinada por la eficacia de los autótrofos para generar materia y energía. Por ende, los factores que afectan la fotosíntesis son los mismos que influyen en la productividad de un ecosistema.

1. Analiza el gráfico y explica cómo la temperatura puede afectar la productividad de un ecosistema.
2. ¿Por qué se produce esa relación entre las variables?

GRÁFICO 1 Comportamiento de la PPN según temperatura



Fuente: Cerutti, A., Mónaco, N., Rosa, M. y Santa, V. (2017, 28 de febrero). Relación entre biomasa aérea y producción primaria neta con las variaciones estacionales de precipitaciones y temperaturas en pastizales del sur de la provincia de Córdoba. *European Scientific Journal* 13(5), 117-133.
<https://doi.org/10.19044/esj.2017.v13n5p117>

Tamaño y productividad en uno de los ecosistemas más complejos del mundo



Un estuario es la desembocadura de un río en el mar y en ellos se intercambia agua salada y dulce. La mezcla de estas aguas provee de altos niveles de nutrientes, tanto en el agua como en los sedimentos, lo que convierte a los estuarios en uno de los ecosistemas más productivos.

En un estudio publicado en 2018, se analizaron resultados de varias investigaciones sobre la magnitud y dirección del flujo de carbono en ecosistemas de estuarios. Así, se logró identificar que la productividad bruta y la respiración celular determinan patrones que dependen de su tamaño. Los datos indicaban que el metabolismo del estuario varía de manera predecible con el tamaño del ecosistema: los estuarios más grandes tienen un metabolismo específico del ecosistema más bajo que los más pequeños. La principal conclusión de este estudio fue que el tiempo de residencia del agua nueva y rica en nutrientes es fundamental para los patrones observados. Mientras más grandes son los estuarios, la velocidad con la que cambian los nutrientes es menor.

Un patrón que llamó la atención de los investigadores fue que el metabolismo del ecosistema variaba con el volumen de manera similar a la escala entre el metabolismo y el tamaño de un organismo.

Además, observaron que la productividad no escala linealmente con el área de superficie, como podría esperarse, dada la importancia de la radiación solar para la producción primaria.

Para dar una explicación simple de sus resultados, el autor hizo una analogía: la razón de por qué un elefante tiene un metabolismo más lento que un ratón nos ayuda a responder por qué los estuarios grandes no son tan productivos como los pequeños. En este caso, el metabolismo de un ecosistema es la suma de todo el metabolismo, una medida integrada de cuánto carbono se produce y cuánto se consume en un lugar.

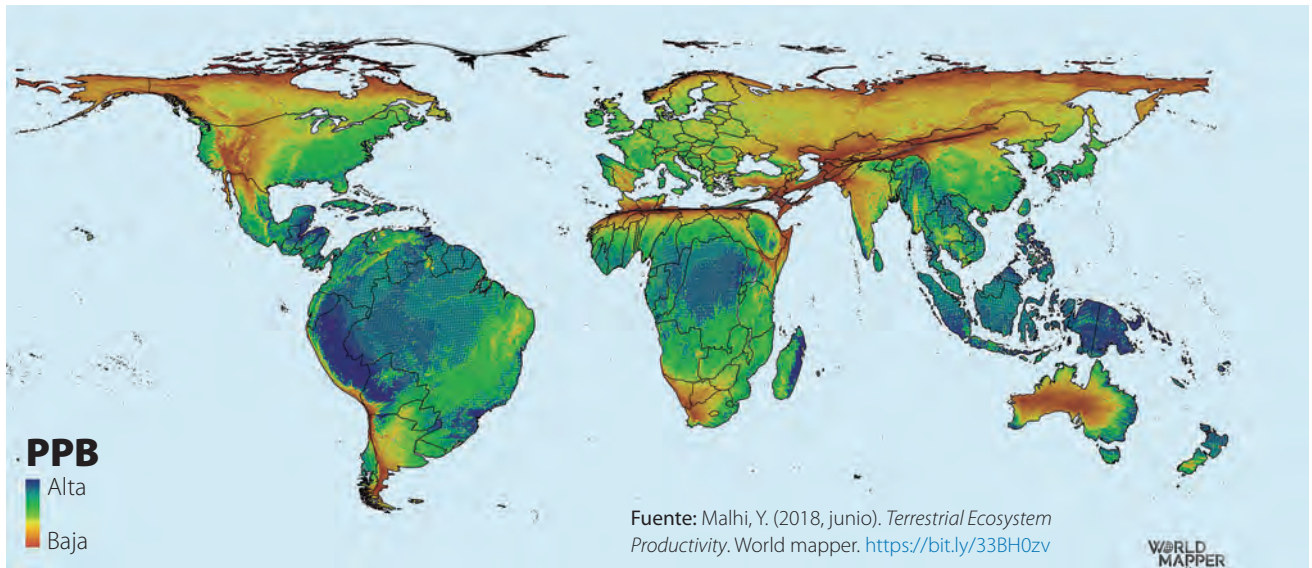
Fuente: Nidzieko, N. (2018, 26 de junio). Allometric scaling of estuarine ecosystem metabolism. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(26), 6733-6738. <https://doi.org/10.1073/pnas.1719963115>

1. Explica por qué los estuarios pequeños son, proporcionalmente, más productivos que los grandes.
2. Según lo leído, fundamenta por qué es importante cuidar los estuarios.
3. ¿De qué manera este estudio refleja la relación entre los avances científicos, el cuidado del ambiente y la sociedad?

Actividad final

En el mapa se observa la superficie terrestre redimensionada de acuerdo con los valores de PPB en distintos ecosistemas.

1. Identifica las regiones del mundo que presentan mayor productividad.
2. Ubica en el mapa la selva del Amazonas y Alaska. Plantea una hipótesis para explicar la diferencia que observas.
3. Infiere por qué la productividad en el norte de Chile es tan baja.

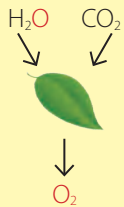


¿Cómo voy? Evaluación de proceso y progreso

Aplica lo aprendido para desarrollar las actividades a continuación:

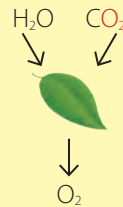
1. Analiza los experimentos y luego responde las preguntas planteadas:

Experimento 1



Se suministra a las plantas H_2O marcada con un isótopo de oxígeno, ^{18}O y CO_2 no marcado.

Experimento 2



Se suministra a las plantas CO_2 marcado con un isótopo de oxígeno, ^{18}O y H_2O no marcada.

- a. Explica la diferencia entre ambos resultados.
 - b. Fundamenta de dónde proviene el oxígeno que las plantas liberan en la fotosíntesis.
2. Explica cuáles son los roles de la fotosíntesis y la respiración celular en el flujo de la materia dentro de un ecosistema.
 3. Evalúa si la siguiente afirmación es correcta o no y fundamenta: «los animales no pueden vivir sin organismos fotosintéticos, pero estos últimos sí pueden vivir sin los animales».

¿Cómo aprendo?

- ¿Recordé los contenidos sobre fotosíntesis y la función de las mitocondrias aprendidos en años anteriores?
- ¿Cuál es mi respuesta ahora a la pregunta inicial de la lección?

Lección 3

¿Qué factores alteran los ecosistemas y cómo podemos ayudar a mantener el equilibrio?

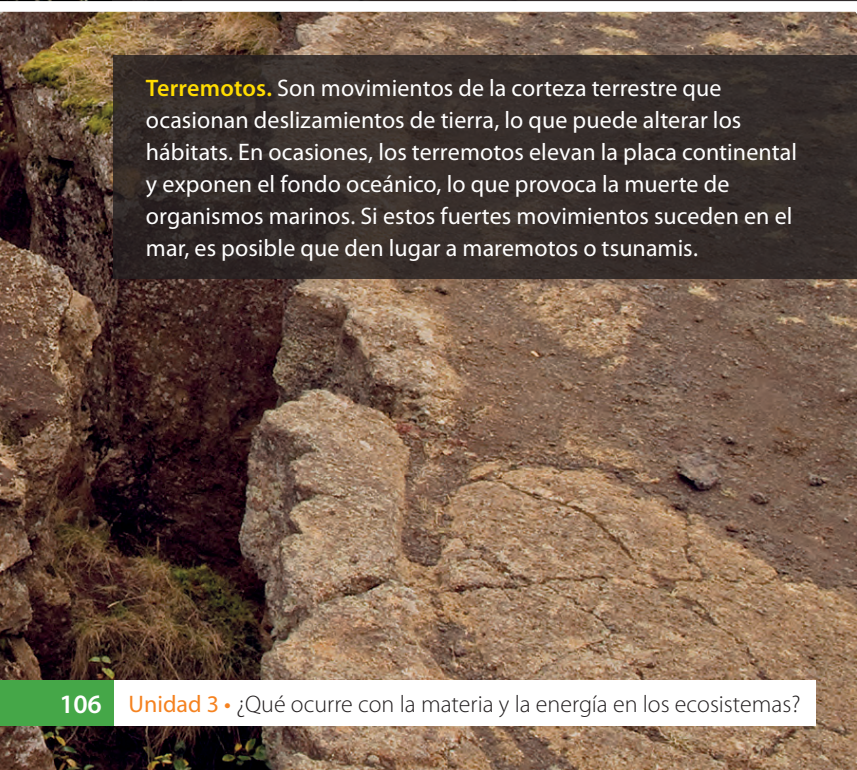


Cuando la relación entre los componentes del ecosistema es adecuada para su existencia, se habla de **equilibrio ecológico**. Este se manifiesta de manera dinámica: ante la alteración en algún parámetro se producen otros cambios que logran establecer nuevamente el balance.

Las **perturbaciones** al equilibrio corresponden a sucesos que modifican las condiciones del ecosistema, por ejemplo, generando cambios en las interacciones entre los organismos, en la disponibilidad de recursos, en el tamaño de las poblaciones, en las características del hábitat, entre otras.

Las **perturbaciones naturales** ocurren de manera espontánea en el medioambiente. Estas han formado parte integral de la dinámica de los ecosistemas desde sus orígenes, actuando como presiones selectivas que influyen en la evolución y en el surgimiento de la biodiversidad. A continuación, se describen algunos ejemplos.

Inundaciones. Modifican la humedad de los suelos, lo que afecta a las poblaciones que se desarrollan en ese ambiente, resultando algunas más alteradas que otras. Las inundaciones y sus efectos suelen ser temporales.



Terremotos. Son movimientos de la corteza terrestre que ocasionan deslizamientos de tierra, lo que puede alterar los hábitats. En ocasiones, los terremotos elevan la placa continental y exponen el fondo oceánico, lo que provoca la muerte de organismos marinos. Si estos fuertes movimientos suceden en el mar, es posible que den lugar a maremotos o tsunamis.



Erupciones volcánicas. Liberan gases y humo que contaminan el aire. La lava que emana está a temperaturas tan elevadas que avanza quemando todo a su paso. Además, las cenizas cubren la vegetación de una gran zona alrededor, dificultando la fotosíntesis y con ello la cadena trófica. No obstante, su efecto es temporal, pues después de un tiempo los ecosistemas se pueden recuperar, e incluso sus suelos volverse muy fértiles.

Sequías. Se producen por una disminución anormal de lluvias durante un período largo de tiempo. Provocan la muerte de la vegetación y, por tanto, la de los consumidores del ecosistema. En ocasiones, se produce la migración de animales a otras zonas, alterando el equilibrio ecológico no solo del ecosistema afectado por la sequía, sino también de aquel donde llegan los animales que migran.

¿Qué sé?

1. ¿Qué desastre natural ocurrido en Chile en los últimos 15 años recuerdas?
2. Busca información sobre algún desastre natural ocurrido en tu región que haya provocado una alteración del equilibrio ecológico. Elabora una presentación o una maqueta para comunicar tus resultados.

¿Cómo el ser humano usa los recursos del ecosistema?

Focaliza



Muchas veces la naturaleza se ve enfrentada a modificaciones muy profundas y permanentes, causadas por la actividad humana que busca extraer sus recursos. ¿Qué ejemplos podrías señalar?

Explora



Desde tiempos remotos el ser humano ha explotado los recursos de la naturaleza para satisfacer diversas necesidades, tales como la obtención de alimentos, la fabricación de vestuario, la construcción de viviendas, entre otras. Estas actividades han provocado alteraciones en los ecosistemas, que se han ido acumulando con el paso del tiempo. A las perturbaciones de origen humano se les denomina **antropogénicas**.



Reflexiona



Los **recursos naturales** se definen como aquellos bienes generados en la naturaleza sin la intervención del ser humano. Incluyen productos animales, vegetales, minerales, el aire, el agua y la luz solar, entre otros. El ser humano utiliza y transforma los recursos naturales para satisfacer sus necesidades. Sin embargo, sin una adecuada planificación, algunos de estos bienes pueden disminuir hasta desaparecer.

La mantención de las sociedades humanas se sustenta en actividades productivas, muchas de las cuales requieren de la **explotación de los recursos naturales**.

- Elabora una lista de cinco productos que usas diariamente. Señala de qué recursos naturales provienen.



Agricultura. Actividad económica básica en las sociedades humanas. Consiste en el uso del suelo para el cultivo de productos que se utilizan principalmente como alimentos y en la fabricación textil.



Ganadería. Crianza de animales para producir bienes, como carne, cuero y leche. Los tipos más comunes son: bovina, avícola, porcina, ovina y caprina. En su modalidad intensiva, los animales se mantienen en cautiverio y con control riguroso de su ciclo de vida.



Actividad forestal. Extracción y uso de los bosques, ya sea naturales o plantaciones hechas por el ser humano. La actividad forestal produce madera y celulosa para la fabricación de papel, entre otros.



Pesca. Captura o cría de peces u otros animales acuáticos. Existen diversas técnicas, desde la pesca artesanal hasta la industrial. La actividad pesquera también incluye el procesamiento, almacenamiento, preservación y transporte de productos.



Minería. Es la extracción o explotación de los recursos minerales de la tierra desde yacimientos. Chile obtiene gran parte de sus ingresos por la actividad minera del cobre. En la imagen se observa parte de la mina de Chuquicamata.

Aplica

Indaga sobre los principales impactos en el ecosistema de cada actividad productiva asociada al uso y explotación de los recursos naturales. Resume la información recopilada en un esquema o cuadro y compártelo con tus compañeros.

¿Qué fuentes de energía de la naturaleza utilizamos?

Focaliza



¿Qué tipo de energía usas diariamente para tus actividades? Nombra tres ejemplos e indica de dónde se obtiene esa energía.

Explora



El uso de fuentes de energía se inició con el descubrimiento del fuego que, según estudios arqueológicos, hizo el *Homo erectus* hace más de un millón y medio de años. Durante el resto de su evolución, el ser humano ha buscado muchas formas de explotar los recursos energéticos presentes en la naturaleza.

Reflexiona



Las fuentes de energía utilizadas y desarrolladas por el ser humano, se pueden clasificar según su disponibilidad en **renovables** y **no renovables**.

Energías no renovables. La mayor parte de la energía utilizada hoy, en el mundo, procede de recursos no renovables, fuentes energéticas que se agotan a escala humana. Estos son, principalmente, **combustibles fósiles**.



Carbón mineral



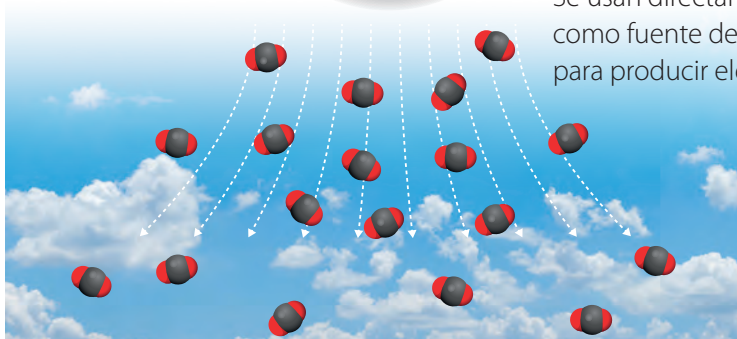
Gas natural



Petróleo



Al combustionar, generan gran cantidad de CO_2 que se acumula en la atmósfera. Se usan directamente o como fuente de energía para producir electricidad.



Conexión con...

Historia

Realiza una línea de tiempo acerca del uso de fuentes energéticas como la hidráulica, eólica, eléctrica, nuclear y solar, en la historia. Puedes usar la información de este *link* u otros similares: https://bit.ly/historia_energía

Energías renovables. Podrían agotarse si se usan en exceso. Por ejemplo, la energía hidráulica. Se emplea para producir energía eléctrica, y si bien no contamina la atmósfera, requiere la instalación de centrales hidroeléctricas, que generan gran impacto ecológico.

Es una **energía renovable convencional (ERC)**, pues se regenera a través de un ciclo (del agua). Esta tecnología es ampliamente usada en todo el mundo.



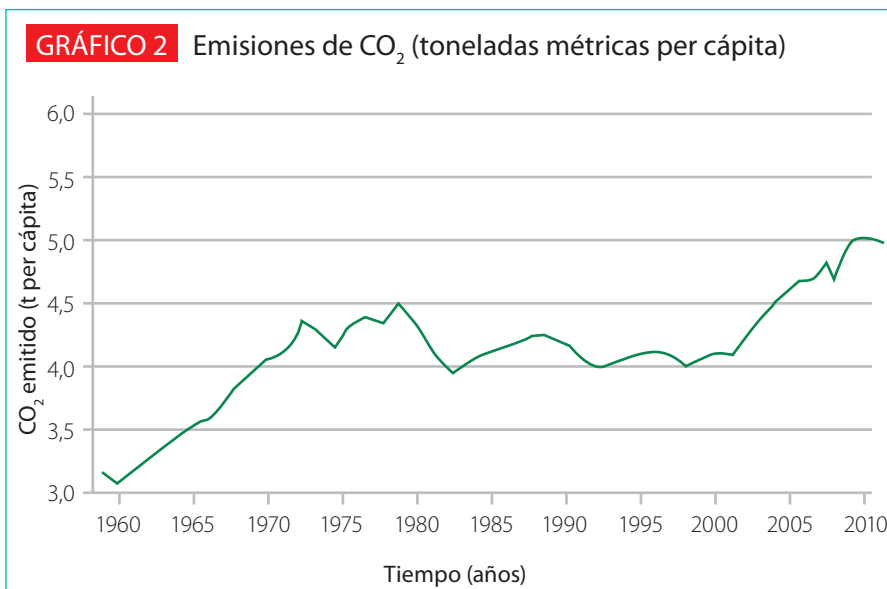
Las **energías renovables no convencionales (ERNC)** son las que se renuevan y su uso aún es bajo, como la energía del viento (eólica), la radiación solar y las mareas. También se utilizan para generar electricidad. Desde hace años en Chile se promueve su uso para reemplazar a los combustibles fósiles.

Si bien el costo de estas de instalaciones suele ser elevado, debería disminuir a medida que se masifiquen.

Aplica

Analiza el gráfico y responde.

1. ¿Qué ha ocurrido con la emisión de este gas contaminante con el paso del tiempo? Plantea una hipótesis que explique esto.
2. Explica en qué momentos el aumento ha sido más acelerado.
3. Fundamenta si piensas que un país podría disminuir sus emisiones y al mismo tiempo aumentar su calidad de vida.



Fuente: Centro de Análisis de Información sobre Dióxido de Carbono, División de Ciencias Ambientales del Laboratorio Nacional de Oak Ridge. (2020). *Emisiones de CO₂ (toneladas métricas per cápita)*. Banco Mundial. <https://bit.ly/3kpuNUQ>

Alfabetización digital



Explora interactivamente el gráfico del siguiente [link](https://bit.ly/emisión-CO2): <https://bit.ly/emisión-CO2>

1. Explica cómo se relaciona la emisión de CO₂ con la riqueza de los países.
2. Fundamenta cómo es el nivel de emisión de Chile.

¿Cómo las actividades productivas humanas impactan el ambiente?

Focaliza



Ciertas actividades productivas humanas tienen un gran gasto de energía, transforman los ambientes naturales y eliminan de desechos a la tierra, el aire y al agua. ¿Qué consecuencias tiene esto? Comenten.

Explora



Las sociedades humanas alteran los ecosistemas de manera directa o indirecta como resultado de su organización y sus actividades. Esta alteración se conoce como **impacto ambiental**. ¿Qué evidencias de impacto ambiental observas a tu alrededor?



Destrucción y deterioro de los hábitats.

El uso de la tierra para la agricultura y la explotación de los bosques ha destruido el hábitat natural de numerosas especies nativas. Otro factor de destrucción de hábitats son los incendios forestales. La ganadería también provoca la degradación del suelo por el sobrepastoreo. ¿Cómo piensas que impacta la minería en este aspecto?

Contaminación. Uno de los principales factores que ha dañado a la biósfera es la acumulación de contaminantes, principalmente en el aire, el suelo y las masas de agua. Esto causa fenómenos como la eutrofización de lagos y mares, el deterioro del suelo y el aumento del efecto invernadero, que ha causado el calentamiento global y el cambio climático que veremos en las páginas siguientes.



Investigo



Busca información respecto de las principales fuentes de contaminación del aire, el agua y el suelo. Luego, indaga sobre cuáles son los principales problemas de contaminación de la región donde vives. Crea un díptico para difundir esta información en tu comunidad.

Reflexiona

El aumento creciente de la población humana y de sus demandas por recursos hídricos, alimentarios y energéticos, entre otros, ha llevado a la **sobreexplotación de los recursos naturales**, lo que a su vez ha dañado el ambiente. Además, el empleo indiscriminado de los recursos puede poner en riesgo su disponibilidad para las próximas generaciones. Por ello es urgente planificar su uso de manera sostenible.

Deforestación. La pérdida de la superficie de bosques nativos es un ejemplo de destrucción del hábitat. En Chile, según datos de la Conaf, la tasa de disminución anual promedio ha sido de unas 6 700 hectáreas a partir del año 2000. Si bien ha habido un descenso en la deforestación, pues en la década de 1990 se perdían 20 mil hectáreas al año, aún es una cifra preocupante. La pérdida de los bosques afecta el ecosistema en que se estos se desarrollan, ya que deja sin hábitat a muchas poblaciones. También altera el suelo, que se erosiona y retiene menos agua, y el ambiente en general, pues deja de absorber dióxido de carbono, lo que provoca que este se acumule en la atmósfera.



Basura. Según cifras que maneja el Banco Mundial, Chile es el segundo país de Latinoamérica que más basura genera, considerando residuos domiciliarios e industriales. Uno de los problemas relacionados con esto es la enorme cantidad de desechos plásticos que llegan al mar, afectando los ecosistemas marinos. Se ha observado que hay animales que comen desechos plásticos, parte de los cuales son asimilados por ellos ingresando a la cadena trófica, lo que representa un riesgo para la salud de muchas especies, incluida la humana.

Efecto invernadero. Fenómeno natural que determina que la Tierra pueda mantener las condiciones de temperatura necesarias para la vida, producto de la presencia en la atmósfera de ciertos gases, como el dióxido de carbono, metano, óxido nitroso y vapor de agua, conocidos como gases de **efecto invernadero (GEI)**.

- 1** El aumento sostenido en las emisiones de GEI hacia la atmósfera terrestre, acontecido en las últimas décadas, producto de actividades humanas, como la quema de combustibles fósiles, la deforestación y la destrucción de ecosistemas, ha provocado el incremento gradual de la temperatura media de la Tierra, fenómeno denominado el **calentamiento global**.

El calentamiento global ha empezado a alterar el clima en distintos lugares del mundo. Por ejemplo, variación de los patrones de precipitación, aumento en la frecuencia de eventos meteorológicos extremos, alteraciones en las zonas costeras, derretimiento de los hielos. Este proceso, llamado **cambio climático**, además, influye en la modificación de la biodiversidad y produce cambios en la distribución de especies.

Principales fuentes de emisión de GEI

- Plantas termoeléctricas.
- Industrias plásticas y quema de combustibles.
- Ganadería intensiva.
- Aerosoles, espumas y refrigeración.
- Vehículos motorizados.

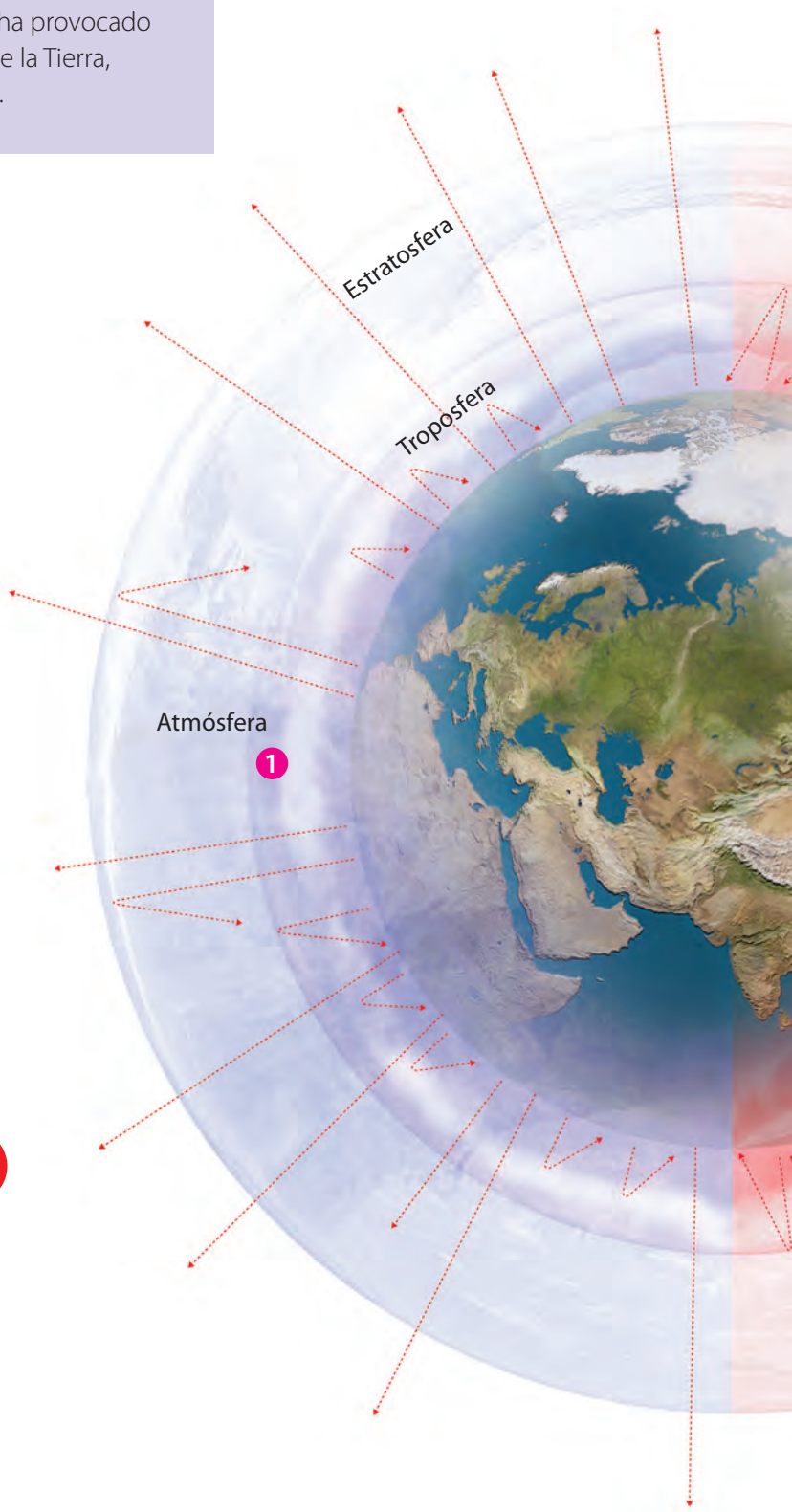
Alfabetización digital



Visita el sitio web de la NASA y revisa la información sobre las evidencias del cambio climático:

<https://climate.nasa.gov/evidencia/>

Realiza una presentación para compartir esta información.



2

Parte de la radiación solar que llega al planeta, es reflejada por la atmósfera y la superficie terrestre.

Cambios en los ecosistemas inferidos para Chile:

- Retroceso de los glaciares del sur.
- Aumento de la migración de organismos.
- Disminución de las precipitaciones invernales.
- Incremento de la temperatura en promedio de 2 a 4 °C.
- Aumento del nivel del mar en un promedio de 19 cm.

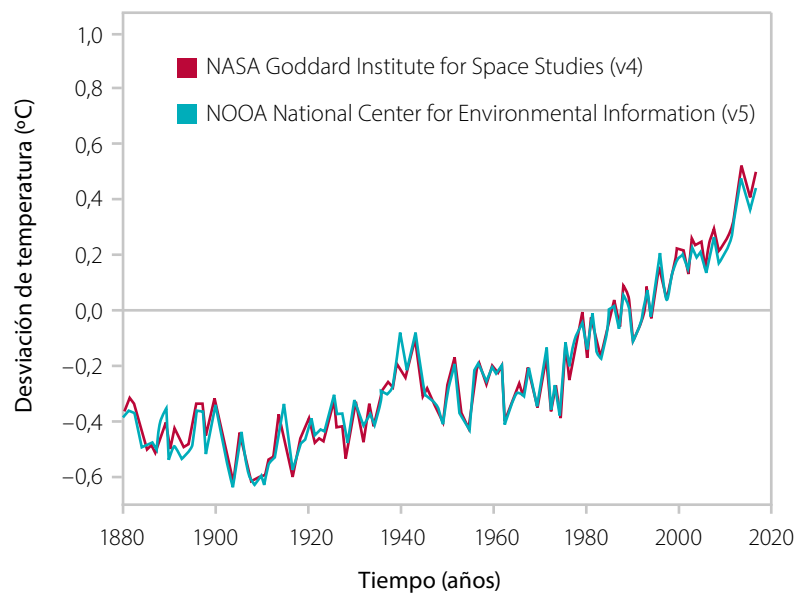
3

Otra parte de la radiación es absorbida y reemitida por las moléculas de los GEI. Esto produce el calentamiento de la superficie terrestre y la troposfera.

Aplica

Analiza el siguiente gráfico y responde.

GRÁFICO 3 Desviación de la temperatura promedio global en el tiempo (1880-2020)



Fuente: Cole, S. y Jacobs, P. (2020, 15 de enero). NASA, NOAA Analyses Reveal 2019 Second Warmest Year on Record. National Aeronautics and Space Administration.
<https://go.nasa.gov/37yE9dA>

1. ¿De qué manera la información entregada por el gráfico se puede utilizar como evidencia del calentamiento global?
2. Fundamenta qué factores antropogénicos están asociados al calentamiento global.



Importancia de los recursos forestales

Antecedentes

Los bosques son recursos naturales que brindan una gran variedad de bienes y servicios al ser humano, tales como madera y alimentos. Además, son importantes para la conservación de la fauna, la protección del suelo y participan en el ciclo de conservación del agua. Adicionalmente, contribuyen a mitigar el cambio climático, pues absorben CO_2 y lo fijan en moléculas orgánicas (biomasa).

Objetivo

Observar y analizar mediante modelos el efecto que tienen los bosques en la protección del suelo.

Problemas de investigación e hipótesis

Organícense en grupos. Luego, planteen un problema de investigación que sea coherente con lo que se pretende lograr y una hipótesis para cada prueba (ver montajes de ambas páginas).

Diseño experimental

Experimento 1

1. Armen dos sistemas tal como muestran las imágenes. Uno con la caja conteniendo solo tierra y el otro con la caja con tierra y pasto. Ambas cajas deben tener una inclinación de aproximadamente 45 grados.
2. Apliquen aire de forma lateral y por un par de minutos sobre la superficie de una de las cajas (A). Observen y registren la cantidad de suelo desplazado. Luego, hagan lo mismo con la otra caja (B).
3. Desde la parte superior viertan la misma cantidad de agua a cada caja (C y D), de forma que esta recorra la superficie del suelo. Comparen la cantidad de suelo desplazado de cada caja.

Materiales

- cajas plásticas
- tierra
- tierra con pasto
- secador de pelo
- agua
- papel filtro
- elásticos
- botellas plásticas vacías
- coladores medianos
- balanza
- vaso plástico



Experimento 2

1. Preparen dos coladores con un trozo de papel filtro por dentro. Lo pueden fijar con elásticos.
2. En un colador pongan tierra y en el otro, la misma cantidad aproximada de tierra con pasto. Midan la masa de cada sistema (A y B) y regístrenla.
3. Agreguen unos 20 mL de agua a cada sistema (C y D), dejen escurrir y reposar por 30 minutos. Luego, vuelvan a medir su masa. Registren y comparen los valores obtenidos en ambos casos.



Análisis de resultados y evidencias

1. En el experimento 1, ¿cuál de los sistemas perdió mayor cantidad de suelo: el que simulaba un bosque o el que no tenía plantas?, ¿a qué se debe?
2. En el experimento 2, ¿qué sustrato retuvo mayor cantidad de agua?, ¿cómo lo explicarían?
3. ¿Cuáles son los agentes erosivos representados en el primer experimento?, ¿cómo actúan sobre un suelo con plantas y uno desprovisto de ellas?
4. ¿Qué factor del suelo se puso a prueba en el experimento 2?, ¿qué diferencias observaron?

Conclusiones y discusión

Para elaborar conclusiones a partir del análisis de los resultados, conversen considerando el problema de investigación. En la discusión pueden referirse a la relevancia de los bosques no solo como recurso para uso humano, sino también para el ecosistema. También expliquen su visión sobre la importancia de la conservación de los bosques para el equilibrio de los ecosistemas y analicen cómo los modelos estudiados se proyectan a la realidad. Algunas preguntas que pueden guiarlos son:

- ¿Cómo pueden los bosques ayudar a conservar los suelos?
- ¿Cómo intervienen los bosques en la conservación de los recursos hídricos?
- ¿Qué consecuencias económicas y sociales se derivan de la pérdida de los bosques?

Comunicación

Elaboren un artículo de divulgación para explicar la investigación realizada. En este *link* encontrarán información sobre cómo hacerlo:

<https://bit.ly/articulo-cientifico>

Finalicen con una presentación del trabajo al curso.

Evaluación

Con apoyo del profesor, evalúen el desempeño individual y colectivo en esta investigación. Luego, propongan tres aspectos por mejorar en un próximo trabajo.

¿Cómo podemos aportar al desarrollo sostenible?

Focaliza

En la actualidad, la población mundial es de unos 7 800 millones de personas, el doble de lo que había en 1970. ¿Qué ha debido ocurrir en estos años con la producción de bienes y servicios para satisfacer en mayor o menor medida a toda la humanidad?

Explora

El ser humano requiere recursos del medio, como todas las especies. Sin embargo, a diferencia de las demás, al extraer y usar los recursos transforma profundamente la naturaleza, lo que se agrava por el enorme tamaño que alcanza la población humana.

Reflexiona

El aumento constante de la población humana ha llevado a la sobreexplotación de los recursos, tema que preocupa desde hace años a distintas organizaciones internacionales. En 1982, como parte del informe de la Comisión Mundial sobre el Medioambiente y el Desarrollo, surgió el concepto de **desarrollo sostenible**. Este refiere a «un modelo de crecimiento que satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades».

1. ¿Qué opinas sobre la importancia del concepto de desarrollo sostenible?
2. Argumenta cómo pueden las acciones de cada uno aportar a él.

¿Cómo conseguirlo? Para ello es necesario que todos nos comprometamos en la **protección del medioambiente** y la **preservación de la naturaleza**. Algunas medidas concretas son:

- Ocasionar el menor deterioro posible a los ecosistemas.
- Hacer uso de los recursos naturales renovables, según su capacidad y su ritmo de regeneración.
- Explotar los recursos no renovables con el menor impacto ambiental posible.



Analizo

Lee y analiza la publicación de la imagen lateral hecha por la ONU en relación con el desarrollo sostenible.

1. Argumenta si este concepto se refiere solo al uso de los recursos naturales.
2. ¿Qué se espera en cuanto al logro de las metas planteadas a partir de 2020?



Alfabetización digital



En parejas, visiten la página web de la ONU en el link <https://bit.ly/onu-des-sostenible>

Elijan uno de los objetivos de desarrollo sostenible y sinteticen la información. Compartan lo aprendido con el curso.



La Agenda para el Desarrollo Sostenible

17 Objetivos para las personas y para el planeta

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) constituyen un llamado universal a la acción para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y mejorar la vida y las perspectivas de las personas en todo el mundo. En 2015, todos los Estados Miembros de las Naciones Unidas aprobaron 17 Objetivos como parte de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, en la cual se establece un plan para alcanzarlos en 15 años.

Actualmente, se está progresando en muchos lugares, pero, en general, las medidas encaminadas a lograr los Objetivos todavía no avanzan a la velocidad ni en la escala necesarias.

Aplica

El siguiente esquema, denominado «hélice de la sostenibilidad», representa las etapas que se deberían seguir para lograr el desarrollo sostenible de un producto:

La hélice de la sostenibilidad



- Realiza tu propia hélice de sostenibilidad, usando para ello un caso concreto de la producción y consumo de un producto.

Ciencia en Chile

Centro de Investigación en Ecosistemas de la Patagonia

El Centro de Investigación en Ecosistemas de la Patagonia (CIEP) es una Corporación Regional de Desarrollo Cooperativo que promueve la investigación fundamental y aplicada en Aysén.

Dentro de sus ámbitos de acción destacan:

- Generación de conocimiento científico en ecosistemas terrestres y acuáticos, arqueología y patrimonio, turismo y pesca artesanal.
 - Transferencia de conocimiento derivado de estudios ambientales y condiciones de ecosistemas al sector público y privado.
 - Desarrollo de plataformas digitales para la divulgación de conocimientos, modelos del tiempo, estudio de eventos de contaminación atmosférica de la cuenca de Coyhaique y ecosistemas subacuáticos de la región.
- Además, estas plataformas fomentan el turismo sostenible que respeta el entorno ecológico y social de la región.



1. ¿Qué relación existe entre las tareas que realiza el CIEP y los temas tratados en esta lección?
2. ¿Qué aporte implicaría la existencia de centros como este en todas las regiones?

Sitio web: <http://www.ciep.cl>

Protagonistas de la ciencia

La profesora **Mary Kalin-Arroyo** es doctorada en botánica de la Universidad de California, Berkeley, y actualmente ejerce como directora del Instituto de Ecología y Biodiversidad de la Universidad de Chile.

Su interés científico abarca la biología reproductiva de plantas, la biogeografía y la biología de la conservación. Es autora de varios libros y artículos científicos y ha publicado la descripción de más de 30 especies y variedades de plantas.

A lo largo de su carrera ha integrado nuevos enfoques, como el análisis filogenético, el que ha desarrollado usando secuencias de ADN, para lo cual ha sido fundamental el trabajo en equipo con otros investigadores.

Gracias a su destacada trayectoria forma parte de la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos, de la Academia Chilena de Ciencias, de la Sociedad Real de Nueva Zelanda y de la Sociedad Linneana de Londres. En 2010 recibió el Premio Nacional de Ciencias Naturales.

1. ¿Qué relevancia tiene para la sociedad que las científicas y los científicos den a conocer su trabajo mediante publicaciones?
2. ¿Qué aspectos de la naturaleza de la ciencia se infieren del trabajo de esta importante investigadora?



Actividad final

Uno de los grandes problemas ambientales que enfrenta nuestro país es la sequía, fenómeno que muchos investigadores relacionan con el cambio climático. Busca información sobre la sequía en Chile. Puedes consultar el siguiente *link*: <https://bit.ly/mapa-sequia>

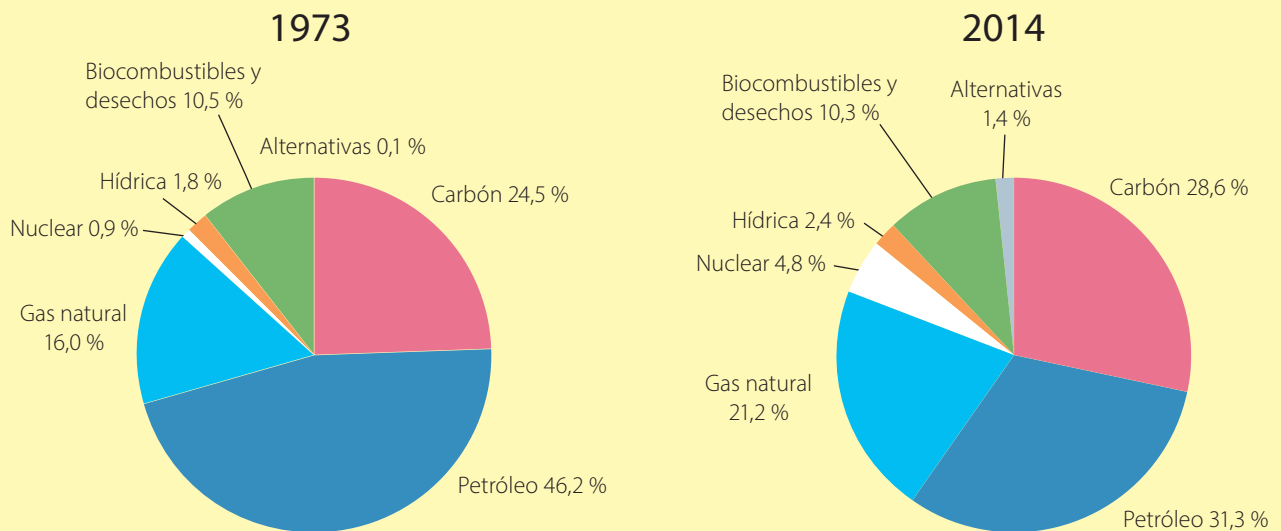
1. ¿Qué medidas a gran escala crees que deberían realizarse para responder a este problema?
2. ¿De qué forma las comunidades en las que participas, como tu colegio, pueden colaborar en las soluciones?
3. ¿Qué medidas cotidianas propones para cuidar el agua?

¿Cómo voy?

Evaluación de proceso y progreso

Analiza y compara los gráficos que muestran las diferentes fuentes de energía empleadas para generar electricidad a nivel mundial en las décadas de 1970 y de 2010.

GRÁFICOS 3 y 4 Matriz energética mundial



Fuente: AIE (2016), *Estadísticas energéticas mundiales clave 2016*, AIE, París, <https://bit.ly/3u3AkaP>.

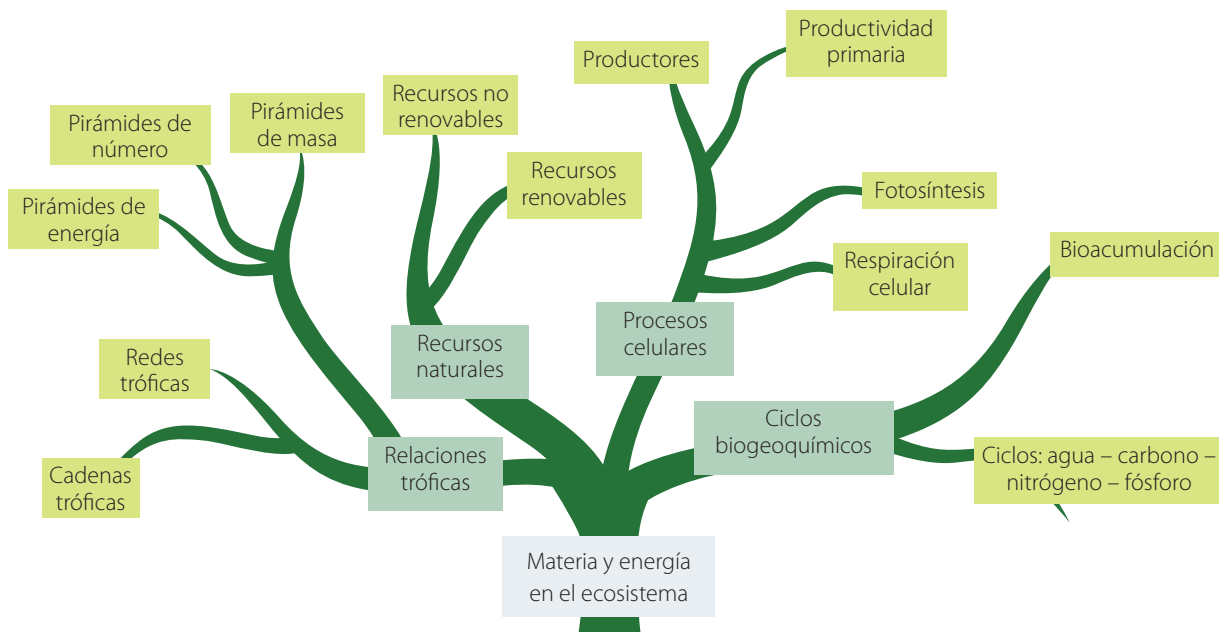
1. ¿Qué fuentes energéticas aumentaron su uso desde 1973?, ¿cuáles han disminuido?
2. ¿Qué porcentaje acumulado representan las fuentes de energía fósiles?, ¿cuáles son las consecuencias ambientales de su uso?
3. Argumenta tu opinión respecto de la tendencia de cambio de las fuentes energéticas a nivel mundial.

¿Cómo aprendo?

- ¿Recordé contenidos sobre circulación de materia y energía de las lecciones anteriores?, ¿cuáles debo reforzar?
- ¿Son importantes para mí los temas relacionados con el cuidado del medioambiente?

Síntesis

El siguiente diagrama presenta los principales conceptos tratados en la unidad:



1. Analiza el diagrama y revisa los conceptos que te hayan resultado más difíciles de comprender.
2. Copia el diagrama y complétalo con palabras conectoras que permitan integrar los conceptos.

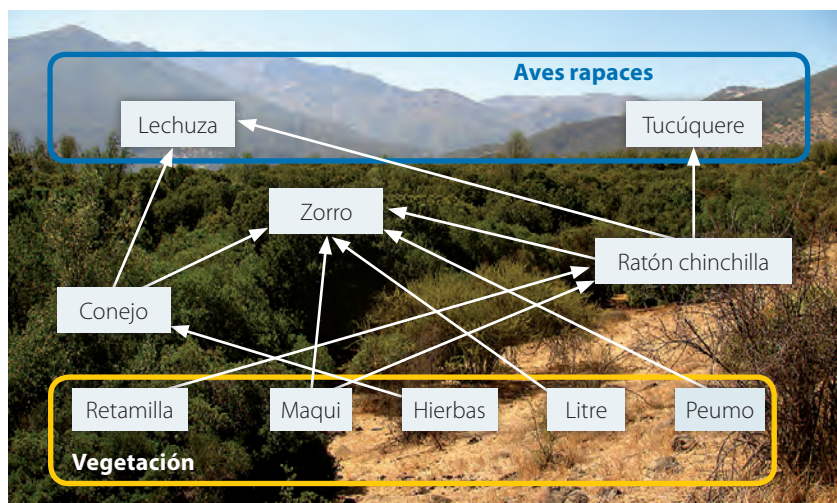
Repaso mis aprendizajes

Desarrolla las siguientes actividades para poner en práctica lo que has aprendido.

1. Lee y analiza la trama trófica del esquema. Luego, desarrolla lo solicitado.

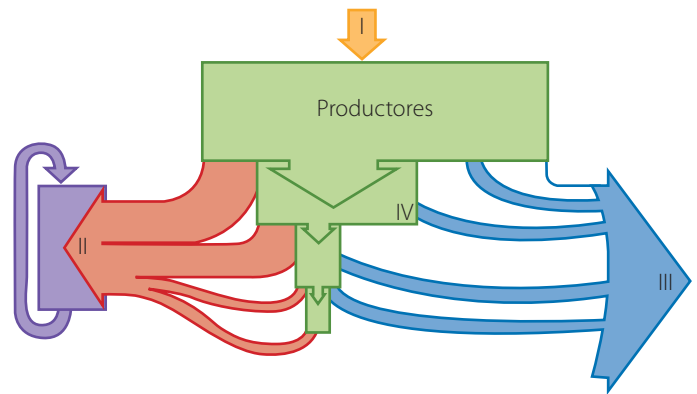
Esta trama trófica pertenece al bosque esclerófilo, que se desarrolla en quebradas y laderas con orientación sur de los cerros de la cordillera de la Costa y de la precordillera andina, en las zonas norte y centro de Chile.

- a. Identifica los organismos que constituyen el primer nivel trófico. ¿Qué características tienen en común?
- b. Reconoce e indica los consumidores primarios en la trama trófica.
- c. Diferencia tres cadenas tróficas y esquematízalas por separado. ¿Comparten poblaciones?, ¿cuáles?
- d. Explica la transferencia de materia que existe entre los pastos y matorrales, y las poblaciones de conejos, zorros y descomponedores.



2. Analiza el diagrama que representa un ecosistema y el flujo de materia y energía que ocurre en él.

- Identifica y explica qué representa cada número romano.
- Explica qué representa la disminución del grosor de las flechas verdes y rojas en los distintos niveles.

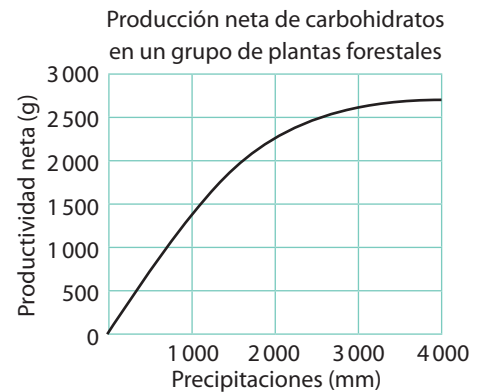


3. Una especie de herbívoro absorbe la mitad de las sustancias orgánicas que ingiere. Si la población de herbívoros de una cadena trófica ingiere en un día una cantidad de hojas equivalente a 60 000 kcal, estima la energía que recibirán los demás niveles tróficos. Argumenta cómo efectuaste los cálculos.
4. Respecto de los procesos realizados por los organismos para generar y usar energía:

- Fundamenta si podría haber aparecido evolutivamente la respiración celular antes que la fotosíntesis.
- Explica la relación entre productos y reactantes de la fotosíntesis y la respiración celular.

5. Unos científicos midieron la cantidad de carbohidratos producidos y almacenados por un conjunto de plantas forestales y las precipitaciones del lugar, durante un año. Los resultados se presentan en el gráfico del costado derecho.

- ¿Cómo explicarías la relación que existe entre las variables estudiadas?
- ¿Cuánta lluvia al año necesita ese bosque para obtener su máxima productividad?



6. Los ecosistemas dependen de la energía lumínica del Sol para su existencia.
- Fundamenta a qué se debe esta dependencia.
 - Considerando que la fotosíntesis apareció hace alrededor de 2 700 millones de años, y las primeras células hace 4 000 millones de años, formula una hipótesis respecto de dónde provenía la energía de los ecosistemas antes de la fotosíntesis.
7. Durante el año 2008, el volcán Chaitén, ubicado en la Región de Los Lagos, entró en erupción. Ante el riesgo inminente, miles de personas evacuaron el área. Además, el río Blanco se desbordó y las aguas de los ríos locales cambiaron su coloración y temperatura, por lo que este evento no solo afectó a los seres humanos, sino que también a otras poblaciones de seres vivos que vivían en el lugar y en zonas cercanas.
- Infiere a qué ciclos biogeoquímicos afectó la erupción y cómo.
 - Explica cómo la erupción pudo impactar las tramas tróficas.
 - Fundamenta si la alteración ambiental producida por la erupción tiene efectos permanentes o temporales.
8. Se calcula que en Chile una casa en verano gasta en promedio 1 100 litros de agua diarios. Casi un tercio de esta agua se utiliza en las descargas del estanque del baño. Propón dos acciones para usar este recurso de forma más eficiente.

9. En relación con los ciclos biogeoquímicos:

- Predice las consecuencias para el ciclo del carbono de la tala de una gran extensión de bosque.
- Sintetiza en dos frases la importancia para el ecosistema de los ciclos biogeoquímicos.
- Si la población de bacterias nitrificantes de un ecosistema experimentara una modificación en su material genético que le impidiera procesar y transformar el nitrógeno, predice qué consecuencias tendría este hecho para el ecosistema.

10. Analiza la siguiente situación hipotética:

En un ecosistema de lago, las águilas pescadoras adultas eran cada vez más escasas, por lo que la gente de la zona pidió que se realizara un estudio. Se observó que una industria cercana al lugar estaba derramando desechos metálicos tóxicos al agua. Luego, se hizo un análisis de la cantidad del metal en el tejido de cada organismo de la cadena trófica. Los resultados se resumen en la tabla.

Acumulación de metales en ppm	
Componente del ecosistema	Acumulación (ppm)
Águila pescadora	25,000
Peces grandes	2,000
Peces pequeños	0,500
Zooplankton	0,040
Agua	0,003

- Representa los datos en un gráfico de barras.
 - Identifica las observaciones que motivaron a la comunidad a pedir una investigación.
 - Reconoce las observaciones que impulsaron a tomar muestras de tejido de cada organismo.
 - Formula una hipótesis respecto del fenómeno que ocurre en la cadena trófica.
 - Concluye: ¿por qué disminuyeron los avistamientos de águilas pescadoras adultas en la zona?
 - Deduce el mecanismo que podría llevar a que el metal sea ingerido por las personas.
11. Consigue 3 tarjetas de cartulina de 20 x 10 cm, tres trozos de lana de 30 cm, perforadora, lápiz marcador, lupa y vaselina. Luego, realiza el procedimiento descrito:

- Perfora cada tarjeta en un extremo y átales un trozo de lana.
- Extiende una delgada capa de vaselina, de unos 3 cm², sobre una de las caras de cada tarjeta (ver imagen).
- Elige tres lugares diferentes para localizar las tarjetas, por ejemplo, el patio de tu casa, un pasillo o una habitación. Escribe en cada tarjeta la ubicación seleccionada y la fecha.



- Cuelga cada tarjeta en los lugares escogidos durante una semana. Posteriormente, examínalas con la lupa.
 - ¿Reconociste partículas contaminantes?, ¿de dónde provienen?
 - Plantea una hipótesis acerca de por qué ciertos lugares concentran más partículas en el aire que otros.
 - ¿Cómo se relaciona esta actividad con lo aprendido en la lección?

12. El ser humano ha intentado aminorar el impacto negativo sobre el ecosistema mediante acciones, como la reducción, la reutilización y el reciclaje. Describe cómo aplicarías estas medidas en tu sala de clases y qué efectos podrían tener en la comunidad escolar.

¿De qué manera la ciencia da respuesta a problemáticas como el uso de recursos para la alimentación?

El crecimiento de la población humana plantea desafíos a la ciencia, tales como avanzar en el uso sostenible de los recursos naturales para dar soluciones de alimentación a gran escala. Según cálculos de expertos en estos temas, la producción mundial de alimentos debiera aumentar al menos en un 60 % para el año 2050, pues se estima que la población humana alcanzará en ese momento los nueve mil millones.

Planificación y ejecución

Distribuyan los temas en grupos de cuatro o cinco estudiantes. Guiados por el profesor, distribuyan las tareas. Consideren la investigación, la ejecución del producto y la presentación del trabajo.

¿Qué ideas innovadoras está desarrollando la ciencia para la futura demanda de alimentos?

Preparen un minidocumental acerca de las tendencias más innovadoras en materia de alimentación en las que están trabajando científicos de distintas partes del mundo. Apóyense en las asignaturas de Ciencias.

¿Qué cambios en la dieta serán necesarios?

Preparen una maqueta de un «plato alimentario» que represente una dieta equilibrada en cuanto a nutrientes y que recoja las recomendaciones científicas actuales de cambios. Usen los conocimientos y habilidades trabajados en Artes Visuales.

¿En qué cifras se basa el desafío de alimentación para el 2050?

Recopilen datos y generen gráficos que ilustren los principales problemas de alimentación en el mundo actual y que se proyectan al futuro. Acudan a los contenidos trabajados en Matemática.

¿Qué cambios requiere el desafío alimentario de cara al futuro?

Escriban un ensayo breve que responda a la siguiente pregunta: ¿qué se requiere para que los sistemas agrícolas y alimentarios mundiales sean capaces de satisfacer de manera sostenible las necesidades de la población? Recurren a la asignatura de Lengua y Literatura.

Para la búsqueda de información, pueden consultar las siguientes páginas web:

<https://bit.ly/ideas-alimentación>

<https://bit.ly/propuestas-científicas>

<https://bit.ly/cambios-desafíos>

<https://bit.ly/3tEWzng>

Gran idea

Lee nuevamente las Grandes ideas de la ciencia que se plantearon al iniciar la unidad.

¿Cómo relacionas estas ideas con lo aprendido en cada lección?

Para finalizar

Vuelve a leer la pregunta que da inicio a cada lección y elabora una respuesta lo más completa posible para cada una, considerando lo que has aprendido.

¿Cómo se coordinan y regulan las funciones y respuestas del organismo?

En esta unidad conocerás los principios básicos del funcionamiento del sistema nervioso en la coordinación de las diversas partes del cuerpo y en el comportamiento, las emociones, la memoria y el lenguaje, entre otras. También comprenderás cómo el sistema endocrino coordina el funcionamiento de diversos órganos y sistemas. Trabaja colaborativamente: observa fenómenos cotidianos, formula preguntas y explicaciones y analiza evidencias.

Cada especie tiene adaptaciones para satisfacer sus necesidades en el ambiente en el que habita. Por ejemplo, todos los organismos tienen estructuras cuyas funciones les permiten coordinar respuestas a cambios en el entorno, cualidad llamada irritabilidad.

En la imagen vemos a dos adolescentes en bicicleta. ¿Qué sistema les permite mantener el equilibrio? ¿Dónde se almacena la información que nos permite hacer una actividad física como esta? ¿Qué información del medio se requiere integrar para andar en bicicleta? ¿Qué sistemas corporales están involucrados en esto?

Gran idea

« Los organismos tienen estructuras y realizan procesos para satisfacer sus necesidades y responder al medioambiente».

1. ¿Qué necesitamos obtener del ambiente para mantenernos con vida?
2. ¿Qué información necesitamos del ambiente y cómo respondemos a ella?
3. ¿Cómo es posible que los diferentes sistemas y estructuras del cuerpo respondan de manera coordinada al medioambiente?



Lección 1

¿Qué funciones cumple el sistema nervioso y cómo las realiza?



El sistema nervioso coordina las diversas partes del cuerpo, controla el comportamiento, las emociones, la memoria, el lenguaje, la voluntad, entre otros aspectos que conforman al ser humano.

Reflexiona y comenta, ¿cómo estima la portera la velocidad del balón?, ¿por qué se lanza hacia él?, ¿cómo aprendió la técnica para lanzarse?, ¿cómo logra coordinar sus movimientos?, ¿qué emoción sentirá al atrapar el balón o si falla y le hacen el gol?, ¿por qué siente esas emociones?, ¿recordará esa atajada?

Algunos hitos del estudio del sistema nervioso

Alcmeón de Crotona observó que los ojos se unen al cerebro y propuso que este es el responsable de las sensaciones y del pensamiento.

Siglo V a. C.

Siglo II

Galeno propuso la teoría ventricular, que afirma que el líquido de los ventrículos (cavidades del cerebro) fluye por la médula espinal y los nervios conduciendo información.

René Descartes propuso que el cerebro controla el cuerpo, y que la conciencia está en la mente, una entidad sin espacio definido.

Siglo XVII

Siglo XVII

Luigi Galvani descubrió que por las neuronas se transmite una señal eléctrica o impulso nervioso. Con esto, descartó la teoría ventricular.



¿Qué sé? Evaluación inicial

1. ¿Por qué una teoría neurocientífica reemplaza a otra?
2. ¿Por qué, aunque observaron lo mismo, Ramón y Cajal y Golgi establecieron teorías diferentes?
3. ¿En qué se asemeja la teoría celular a la teoría neuronal?
4. ¿Qué preguntas neurocientíficas te surgen a partir del ejemplo de la portera?

Un objetivo importante para el estudio del sistema nervioso (neurociencia) es comprender el funcionamiento de la corteza cerebral, porque en ella se procesa la percepción, la imaginación, el pensamiento, el juicio y la decisión.

La resonancia magnética funcional se ha transformado en una herramienta fundamental para la neurociencia, pues permite obtener imágenes de las regiones cerebrales activas durante una tarea (zona coloreada), como leer o hablar, ¿cómo impacta en la ciencia y en la sociedad esta tecnología?

Hermann von Helmholtz estableció que la velocidad de conducción nerviosa era de entre 25 y 43 m/s, un resultado muy cercano a lo que establecen las mediciones hechas con técnicas actuales.

Santiago Ramón y Cajal empleó la tinción argéntica y propuso la teoría neuronal, que dice que las neuronas, aunque están interconectadas, son células independientes y la base estructural y funcional del sistema nervioso.

Siglo XIX

Camillo Golgi desarrolló la tinción argéntica para observar neuronas al microscopio. Propuso la teoría reticular, que afirma que las neuronas están fusionadas formando una red.

Actualidad

Brenda Milner ha contribuido a la comprensión de la memoria y Muriel Deutsch Lezak avanza en el estudio de las funciones ejecutivas del cerebro, las que regulan el comportamiento para adaptarse al ambiente y lograr metas.

¿Con qué estructuras captamos información del ambiente?

Focaliza



El sistema nervioso continuamente capta estímulos del ambiente, procesa información y coordina respuestas que nos permiten adaptarnos y responder a los cambios ambientales, ¿cuáles son las estructuras involucradas en esas respuestas?

Los ojos contienen receptores de la luz; la información que captan viaja hasta el cerebro.

Explora



Los **receptores** captan estímulos, tanto externos como internos, y los transforman en impulsos nerviosos.

Los **nervios sensitivos o aferentes** conducen los impulsos desde los receptores hasta el **sistema nervioso central (SNC)**. Este está conformado por el encéfalo y la médula espinal y se ocupa de procesar la información y de elaborar respuestas.

Los **nervios motores o eferentes** conducen los impulsos hasta los efectores, que son músculos o glándulas, quienes ejecutan las respuestas.

1. En la percepción de las características de una flor, ¿qué receptores participan y qué estímulos captan?
2. ¿Qué función cumplen los nervios, la médula espinal y el cerebro en esta percepción?

Vocabulario

Estímulo. Cualquier cambio del ambiente capaz de provocar una respuesta.

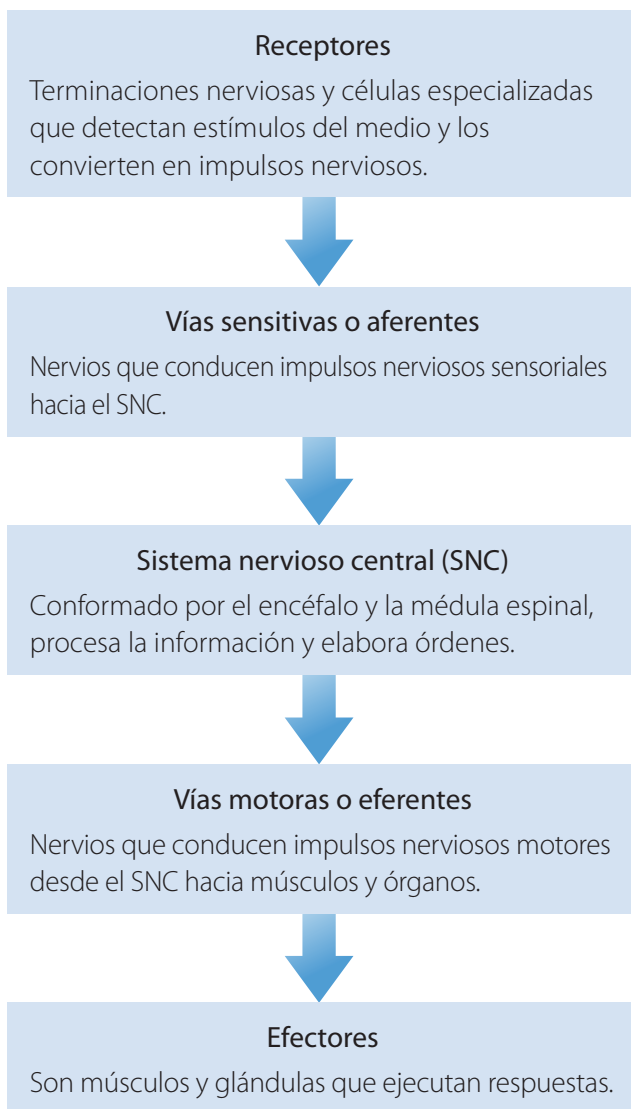
Percepción. Es la selección, organización e interpretación subjetiva de la información que obtenemos por los sentidos.

En la piel hay diferentes receptores que captan información de la textura, temperatura, presión y dolor, la que envían como señales al cerebro.





Reflexiona



Aplica

1. **Identifica** los estímulos y estructuras del sistema nervioso involucrados en la percepción y respuesta al oír una alarma contra incendios. Representa mediante un esquema
2. Diseña un experimento que te permita comprobar si en diferentes zonas del cuerpo la piel tiene la misma sensibilidad a los estímulos de presión y temperatura.

¿Cómo respondemos a estímulos?

Focaliza



Permanentemente respondemos a estímulos ambientales. Por ejemplo, si tenemos algo que irrita dentro de nuestra nariz, estornudamos. Si tocamos algo caliente, alejamos rápidamente la mano. ¿Qué tienen en común estas respuestas?

Explora

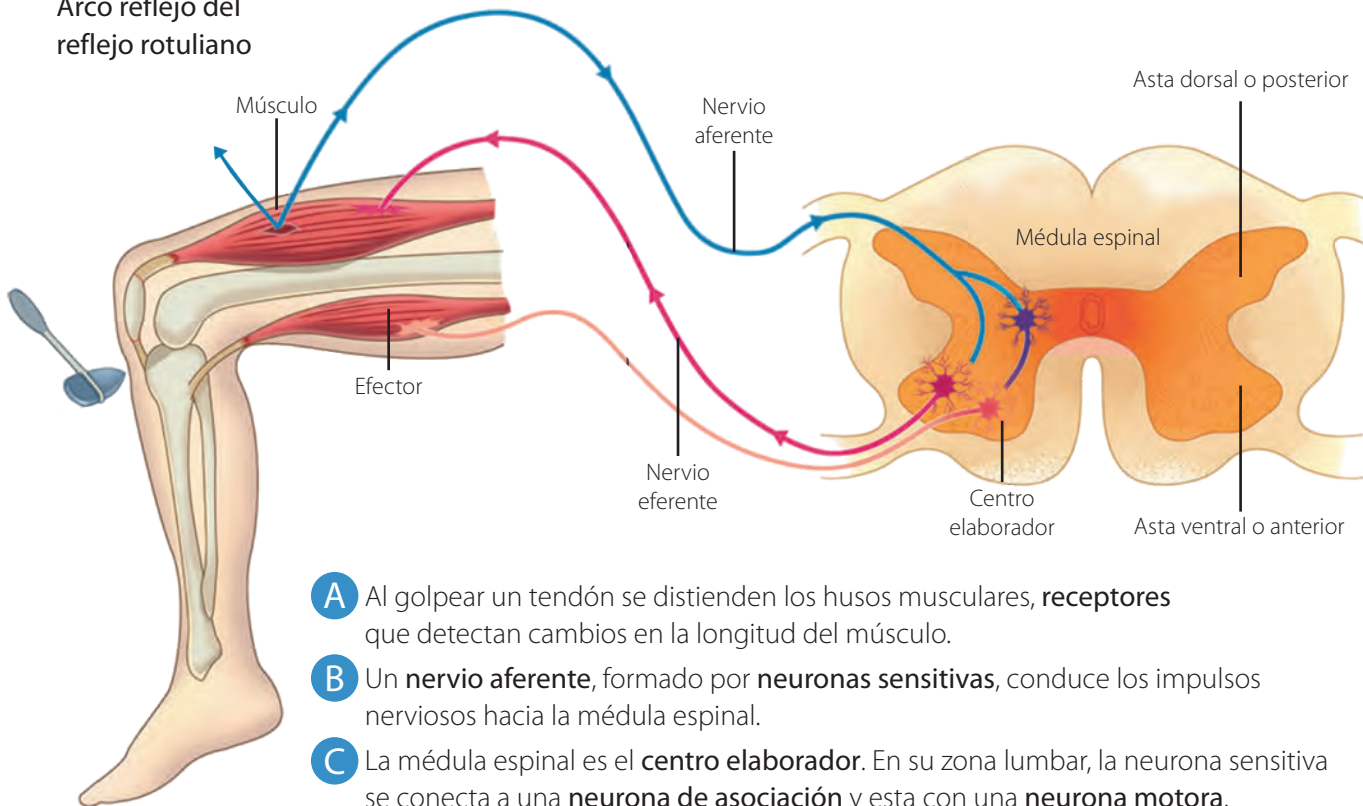


El sistema nervioso controla y coordina las respuestas tanto voluntarias como involuntarias, el funcionamiento del cuerpo y permite su relación con el medio.

Reúnete con un compañero y realicen la siguiente actividad.

1. Pídele que se siente sobre una mesa, con los ojos cerrados y las piernas colgando. Golpea rápida y suavemente, bajo la rótula de una de sus rodillas, con el canto de tu mano estirada.
2. Sitúa un lápiz a 90 cm de los ojos de tu compañero. Acerca el lápiz lentamente hasta que casi toque su nariz.
 - a. Describan lo observado en cada caso. Comenten y comparen sus resultados con el curso.
 - b. Identifiquen el estímulo que provoca cada respuesta.
 - c. Evalúen si sus respuestas fueron rápidas o lentas, voluntarias o involuntarias.

Arco reflejo del reflejo rotuliano



- A Al golpear un tendón se distienden los husos musculares, **receptores** que detectan cambios en la longitud del músculo.
- B Un **nervio aferente**, formado por **neuronas sensitivas**, conduce los impulsos nerviosos hacia la médula espinal.
- C La médula espinal es el **centro elaborador**. En su zona lumbar, la neurona sensitiva se conecta a una **neurona de asociación** y esta con una **neurona motora**.
- D Un **nervio eferente**, formado por la neurona motora, conduce los impulsos nerviosos hacia los efectores.
- E El **efector** es el cuádriceps femoral, el músculo que mueve la pierna.

Reflexiona

Los **reflejos** son respuestas rápidas e involuntarias ante un estímulo, e implican movimiento muscular o secreción glandular. A cada reflejo le corresponde un **arco reflejo**, circuito formado por un órgano sensitivo o receptor, una vía aferente, un centro de integración, una vía eferente y un efector.

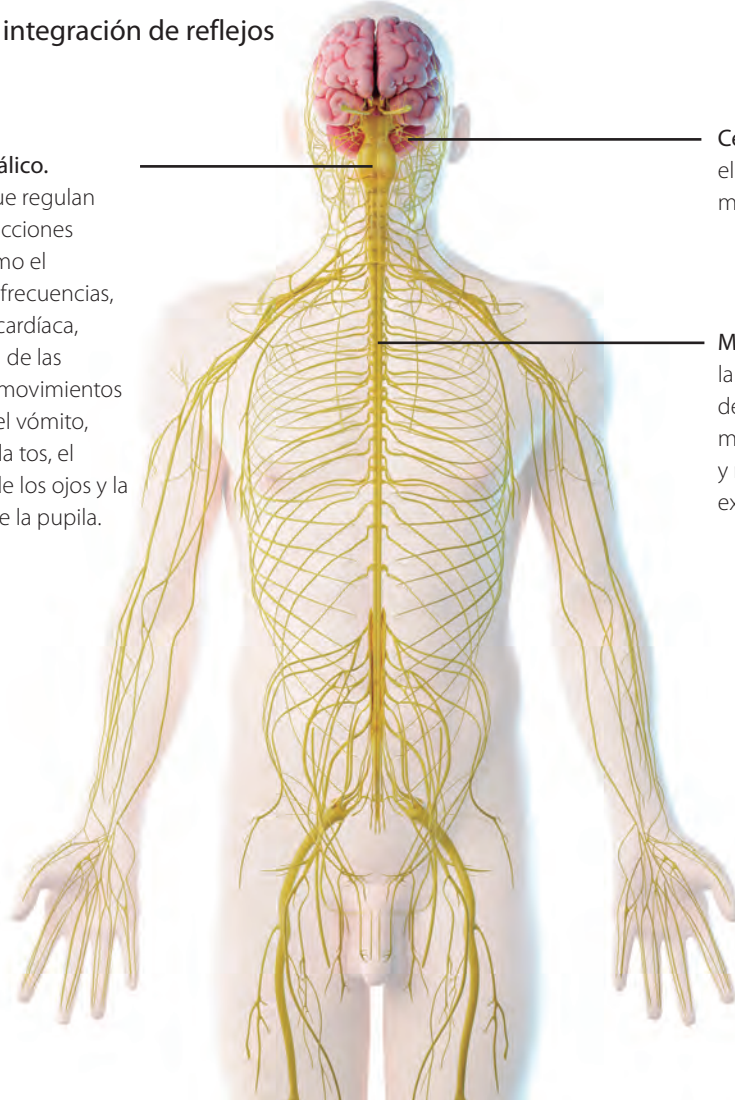
Centros de integración de reflejos

Tronco encefálico.

Estructuras que regulan importantes acciones orgánicas, como el control de las frecuencias, respiratoria y cardíaca, la contracción de las arteriolas, los movimientos respiratorios, el vómito, el estornudo, la tos, el movimiento de los ojos y la contracción de la pupila.

Cerebelo. Órgano encargado de mantener el equilibrio corporal y regular los movimientos finos y coordinados.

Médula espinal. Estructura que conduce la información sensitiva y motora, hacia y desde el encéfalo. Participa en los reflejos medulares, relacionados con la contracción y relajación de los músculos de las extremidades y el tronco.



Alfabetización digital



Descarga la imagen que representa un reflejo del siguiente [link: bit.ly/reflejo-dolor](https://bit.ly/reflejo-dolor)

Identifica los componentes del arco reflejo que se representa. ¿Cuál es la importancia de este tipo de reflejos?

Infiero y modelo

Existen estímulos internos que desencadenan reflejos, como la variación de la frecuencia respiratoria y cardíaca durante el ejercicio físico. ¿Qué estímulos desencadenan estas respuestas? ¿cuál es su utilidad? Representa con un esquema uno de estos arcos reflejos. Puedes ejemplificar con la imagen de inicio de unidad.



Aplica



Para comprobar el reflejo fotomotor (contracción de las pupilas), ubícate frente a un espejo en una habitación oscura. Acerca a tus ojos una linterna de baja potencia y observa.

1. Representa lo que observas en un esquema o dibujo.
2. ¿Cuál es el estímulo que provoca la respuesta? ¿Fue una respuesta rápida o lenta, voluntaria o involuntaria?
3. Aplica lo aprendido en este reflejo fotomotor y realiza un diagrama donde estén integrados todos los componentes e indica la función de cada uno de ellos.

¿Qué es el impulso nervioso y cómo se transmite?

Focaliza



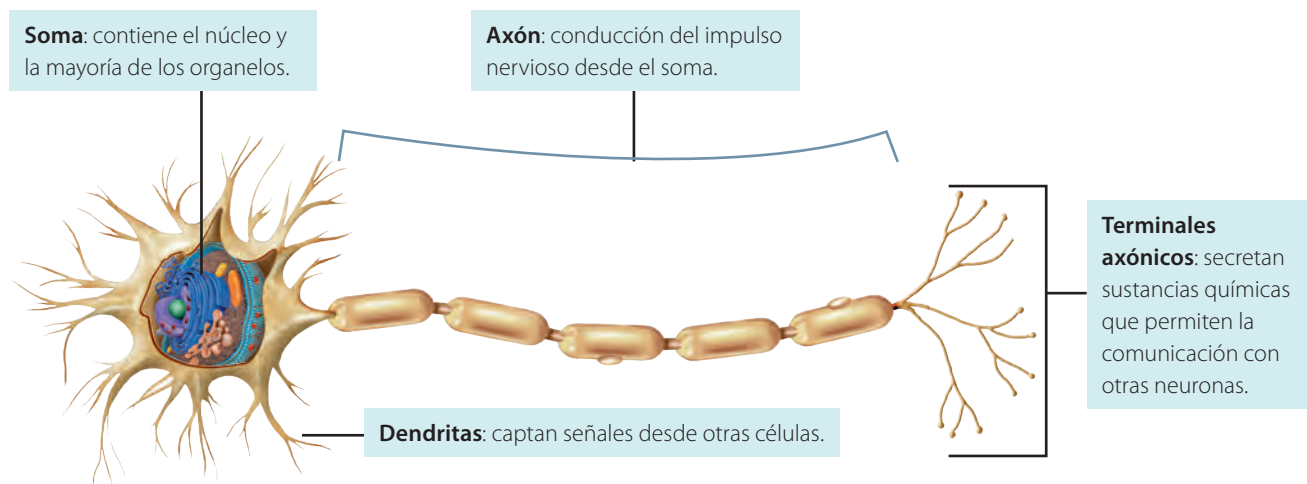
El tejido nervioso es el principal componente del sistema nervioso y está integrado por células especializadas: las neuronas.

Explora

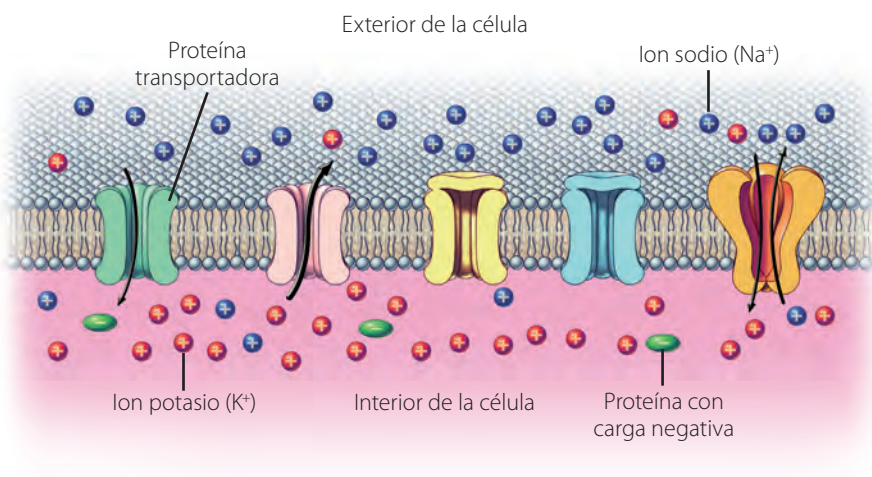


Las neuronas tienen cuatro regiones:

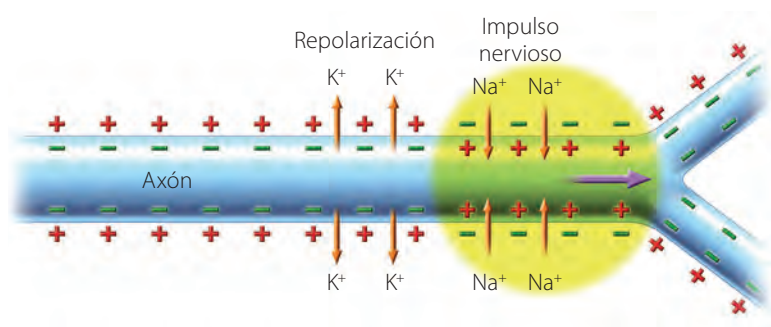
Estructura de una neurona multipolar



Las neuronas, y las demás células del organismo, presentan una diferencia de cargas eléctricas a un lado y otro de la membrana celular, denominada **potencial de membrana**, producto de la distinta concentración de iones al interior y exterior de la célula (menor concentración de sodio dentro de la neurona, que fuera de ella; y mayor concentración de potasio dentro de la neurona, que fuera de ella).



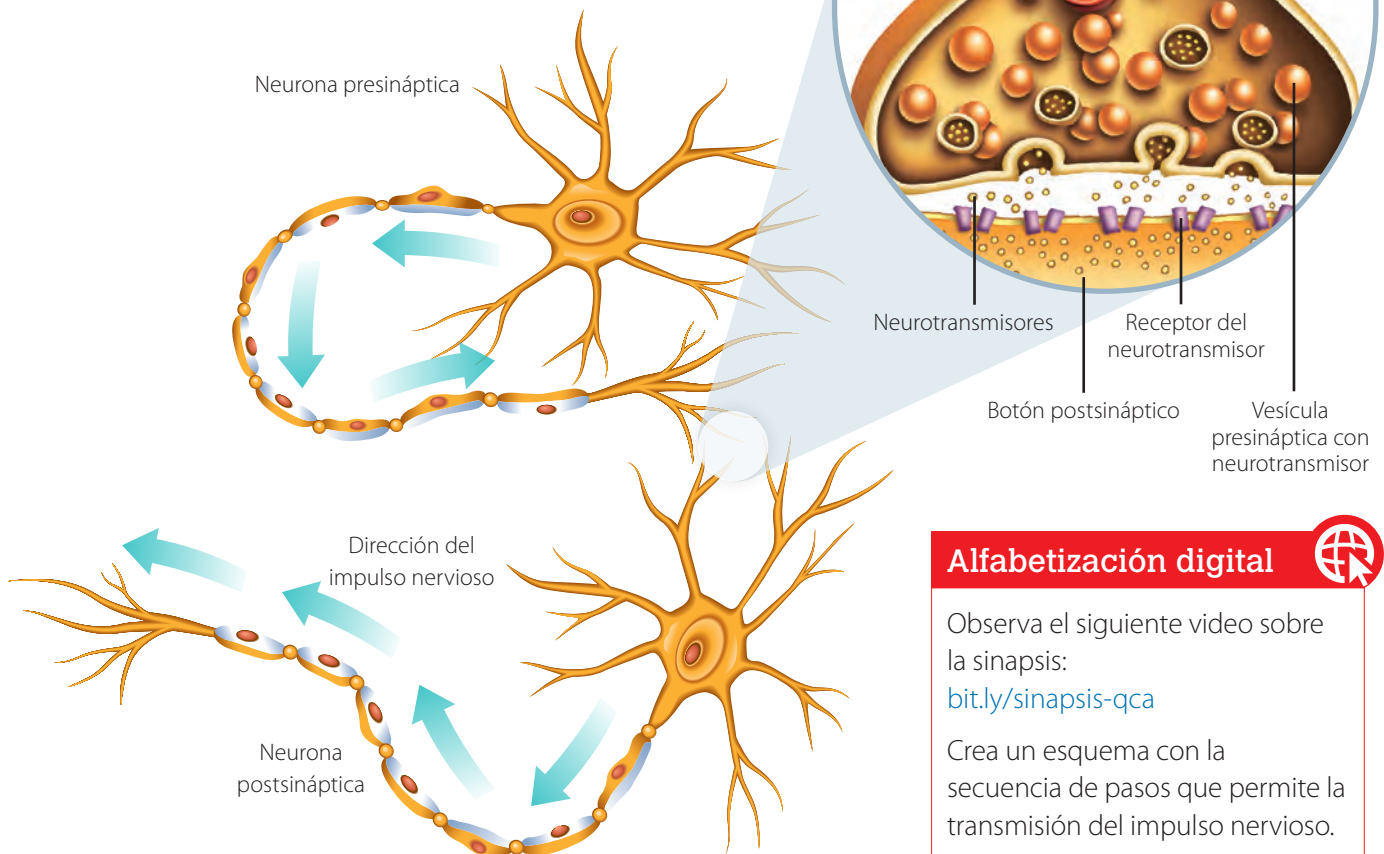
En las neuronas, este potencial puede modificarse, produciéndose un **potencial de acción**, inversión breve del potencial de membrana, debido a la entrada de iones sodio a la neurona, producto de un estímulo. El potencial de acción puede transmitirse, de forma unidireccional, a través del axón, generando un **impulso nervioso**. Luego, se produce la **repolarización**, restitución del potencial de membrana, ocasionado por la salida de iones potasio de la neurona.



Reflexiona

La forma de las neuronas está especializada para establecer redes de comunicación. La **sinapsis** es la unión funcional (no física) que permite la comunicación entre las neuronas. Se produce entre los botones sinápticos de las neuronas presinápticas y los receptores de neurotransmisores ubicados en las dendritas de las neuronas postsinápticas y también en músculos.

Cuando el impulso nervioso llega al botón sináptico provoca la liberación de neurotransmisores, moléculas que al unirse a un receptor específico estimulan o inhiben un nuevo impulso en la neurona postsináptica, o bien, la respuesta de un efector.



Alfabetización digital



Observa el siguiente video sobre la sinapsis:

bit.ly/sinapsis-qca

Crea un esquema con la secuencia de pasos que permite la transmisión del impulso nervioso.

Predigo

Explica qué pasaría con la transmisión del impulso nervioso si se bloqueara la secreción de neurotransmisores o sus receptores.



Aplica

1. Considera las propiedades de las neuronas y el rol del SNC, y responde:
 - a. Fundamenta por qué puedes sentir un pinchazo en tu mano.
 - b. Fundamenta por qué eres capaz de retirar tu mano inmediatamente del objeto que te pincha.
2. Explica qué pasaría con la transmisión del impulso nervioso si se bloquearan los canales de sodio.

¿Qué es el cerebro y qué funciones cumple?

Focaliza

El **cerebro** está formado por cerca de 90 mil millones de neuronas interconectadas y diez veces más células gliales. La zona más profunda de esta red tridimensional de neuronas es el **diencéfalo**, cuya función principal es la transmisión e interpretación de información sensorial entre las diferentes regiones del SNC.

Explora

Las redes neuronales más superficiales del cerebro conforman la **corteza**, a cargo de las funciones de procesos superiores, voluntarios y conscientes. En la corteza de cada hemisferio cerebral se distinguen **cuatro lóbulos** y en cada uno hay áreas especializadas en ciertas funciones.

Vocabulario

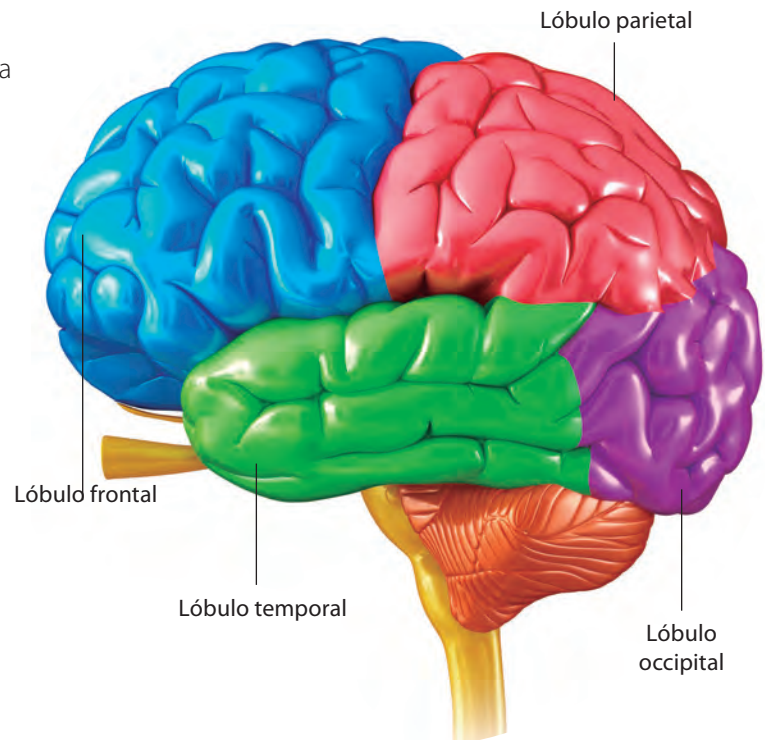
Células gliales o neuroglías. Células del sistema nervioso que cumplen importantes funciones en la nutrición y la defensa de las neuronas. Las células gliales que rodean a los axones de muchas neuronas forman la vaina de mielina que hace que el impulso viaje más rápido.

Alfabetización digital

Ingresa al siguiente *link* para reforzar las funcionalidades de las áreas de la corteza.

bit.ly/áreas-cerebrales

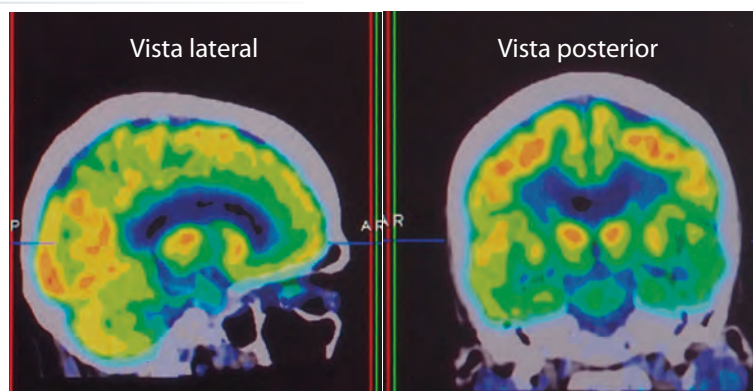
Toma notas de la explicación e identifica la ubicación y funciones de diferentes áreas cerebrales.



Relaciono

Observa y analiza las imágenes obtenidas mediante resonancia magnética funcional. Estas corresponden a una vista lateral y posterior de una persona mientras escribe un mensaje de texto.

1. ¿Qué áreas de la corteza presentan una mayor actividad?
2. ¿Qué lóbulos están con menor actividad?
3. Infiere si los lóbulos tienen funcionalidades diferentes.

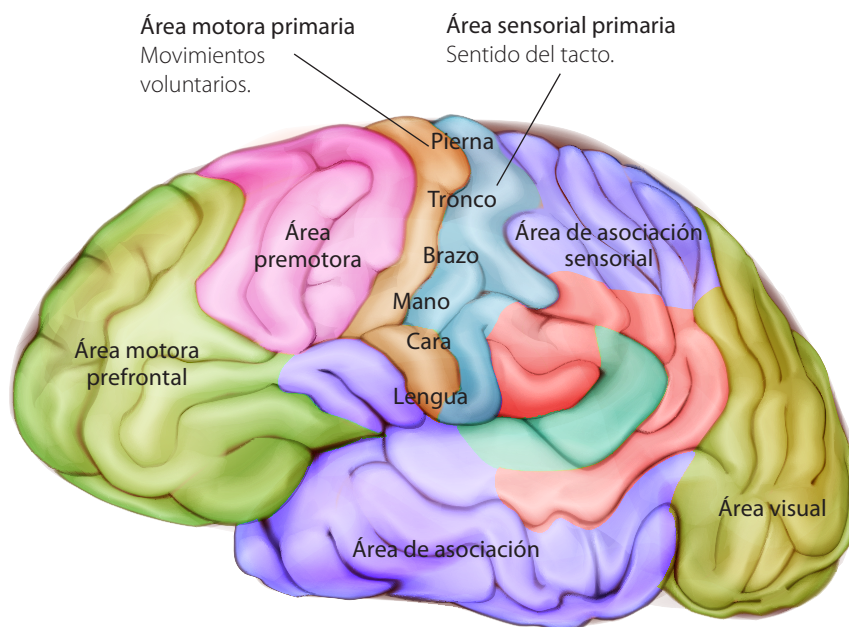


Nivel de actividad



Reflexiona

Las señales que se originan en los órganos de los sentidos, como los ojos, la piel y los oídos, llegan a las **áreas sensoriales primarias**. Las **áreas de asociación** contiguas interpretan estas señales y, asimismo, las relacionan con los recuerdos almacenados en la corteza. Las **áreas motoras primarias** regulan los movimientos de diferentes partes del cuerpo. También presentan áreas de asociación adyacentes que dirigen los actos motores. Las **áreas de asociación del lóbulo frontal**, son importantes en las funciones de razonamiento complejas como el aprendizaje, la memoria, la toma de decisiones y la planificación.



El **aprendizaje** tiene dos etapas: la **memoria de trabajo** y la **memoria a largo plazo**. Por ejemplo, si buscas y marcas un número telefónico para hacer una llamada, posiblemente, recuerdes el número el tiempo suficiente para marcarlo, pero al poco tiempo, lo olvidarás. Esta es la memoria de trabajo. Pero si llamas frecuentemente a ese mismo número, lo irás recordando de forma cada vez más permanente, lo que quiere decir que se almacenó en la memoria a largo plazo.

La memoria de trabajo, consiste en la capacidad para mantener las cosas en la mente el tiempo suficiente como para llevar a cabo acciones secuenciales. Esta depende, principalmente, de las áreas sensoriales primarias y del lóbulo prefrontal, e implica la activación de múltiples sitios encefálicos en los que se almacena temporalmente la información. La memoria a largo plazo, requiere la formación de conexiones sinápticas nuevas de larga duración entre neuronas específicas o el fortalecimiento de sinapsis existentes. Si bien esta memoria reside en muchas áreas del cerebro, los lóbulos temporal y frontal son particularmente importantes.

Aplica

Te invitamos a estimar la extensión de la corteza sensorial primaria encargada de recibir información del antebrazo y del dedo índice. Para ello, reúnete con un compañero y efectúen el siguiente procedimiento:

1. Consigan una venda y cubre los ojos de tu compañero.
2. Usando un mondadientes, toca suavemente la punta de su dedo índice.
3. Repite el paso anterior, usando dos, y luego, tres mondadientes. Pregunta a tu compañero cuántos puntos siente en cada caso.
4. Vuelve a realizar los pasos 2 y 3, en el antebrazo de tu compañero.
5. Intercambien roles y ejecuten nuevamente el procedimiento.
6. Registren sus resultados en una tabla.
 - a. ¿Cuál de las dos partes del cuerpo estudiadas presenta mayor sensibilidad táctil? ¿Por qué?
 - b. ¿Cuál de ellas, probablemente, tiene un mayor espacio en la corteza sensorial primaria? Argumenten.

¿Cómo puedes cuidar tu sistema nervioso?

Focaliza



El tejido óseo, el líquido cefalorraquídeo y las meninges protegen al sistema nervioso central. Sin embargo, no pueden evitar los daños ocasionados por **malos hábitos de vida**.

Explora



El **estrés** es el conjunto de alteraciones que se producen en el organismo como respuesta física o emocional a determinados estímulos. Si estos se prolongan o intensifican, se pueden manifestar emociones como rabia, frustración y ansiedad; también insomnio, problemas de memoria y falta de concentración.

1. En grupo, comenten entre sus compañeros:
 - a. Cuántos tienen uno o más síntomas de estrés.
 - b. Identifiquen los cinco estímulos más frecuentes que les provocan estrés.
2. Propongan medidas que les ayudarían a prevenir el estrés.
3. Comuniquen sus resultados al resto del curso.



Reflexiona



Nuestro cerebro cuenta con un sistema neuronal llamado «motivación-recompensa», que genera bienestar y placer en respuesta a conductas importantes para la supervivencia como comer y beber agua, lo que motiva a repetirlas. Se sabe que las drogas (lícitas e ilícitas) estimulan de manera artificial este sistema y disminuyen el placer aportado por conductas naturales. Además, las drogas provocan cambios neuronales que hacen que se requiera cada vez mayor cantidad para obtener un efecto similar (tolerancia) y generan dependencia.

Algunos **factores de riesgo** para iniciar el consumo de drogas son:

- Amigos consumidores.
- Baja percepción de riesgo.
- Padres permisivos.
- Familiares consumidores.
- Bajo desempeño escolar.
- Bajo apego a la escuela.
- Disponibilidad de droga en la escuela.



➤ El deporte contribuye a estar saludable física y emocionalmente, lo que ayuda a prevenir el consumo de drogas.

Investigo y comunico

1. En grupos, realicen un boletín informativo sobre los efectos que tienen en el sistema nervioso, el consumo de alcohol, café y drogas ilícitas (como la marihuana, pasta base y cocaína), el estrés, traumatismos y no dormir las horas necesarias.
2. Busquen, en fuentes confiables, información acerca esos temas considerando, además, las medidas de prevención.
3. Empleen la información recopilada para redactar los contenidos de su boletín.
4. Incluyan imágenes y esquemas que les permitan presentar los temas de forma dinámica y motivadora.
5. Distribuyan su boletín en su escuela. Previo a ello, decidan el formato que emplearán, impreso o digital. Si escogen esa segunda opción, procuren conseguir los correos electrónicos de los integrantes de su comunidad educativa.



Alfabetización digital



Para iniciar y orientar su investigación, pueden revisar estos sitios webs:

bit.ly/estudio-ciper

bit.ly/sueño-sn

bit.ly/cafeina-sn

bit.ly/pasta_bse

bit.ly/estres-sn

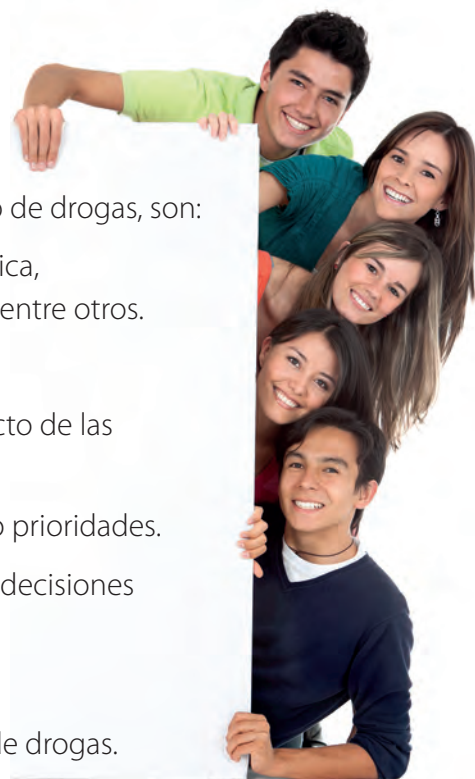
bit.ly/sinap-drogas

bit.ly/alcohol-ef

bit.ly/traumat-cereb

Algunas medidas de autocuidado del sistema nervioso, que previenen el estrés y el consumo de drogas, son:

- Tener hábitos de vida saludables: actividad física, alimentación balanceada y dormir suficiente, entre otros.
- Cuidar y mejorar la autoestima.
- Informarse en fuentes confiables sobre el efecto de las drogas.
- Planificar y organizar el tiempo, estableciendo prioridades.
- Mantener buenas relaciones sociales y tomar decisiones pensadas.
- Pasar tiempo de calidad con la familia.
- Convivir en un ambiente estimulante y libre de drogas.



Aplica

1. Con tu curso creen una rutina diaria de cinco minutos con actividades que les ayuden a reducir el estrés durante la jornada escolar. Por ejemplo, bailar o jugar en el patio.
2. Imagina las siguientes situaciones:
 - Tu mejor amigo consume marihuana.
 - Una de tus vecinas sale a patinar sin casco.
 - Tu hermana menor ve televisión hasta muy tarde.¿Qué evidencias argumentos usarías para explicarles esas personas, que están realizando conductas que dañan su sistema nervioso?
¿Qué medidas les propondrías para que cuiden ese sistema?

Proyecto BRAIN: develar cómo funciona la mente



La actividad mental que nos define se genera en la corteza cerebral, pero no sabemos bien cómo funciona. Científicos de todo el mundo, liderados por el neurobiólogo español y doctor en Neurobiología en la Universidad Rockefeller, Rafael Yuste, se han unido en el proyecto BRAIN, con el objetivo de crear tecnologías para mapear y manipular la actividad de todas y cada una de las neuronas del cerebro. Este proyecto busca comprender los efectos causados por enfermedades mentales y neurológicas, como depresión, Alzheimer y Parkinson. Las nuevas tecnologías permitirán hacer mejores diagnósticos, entender la causa de las enfermedades y curar a los pacientes.

El proyecto BRAIN tendrá efectos revolucionarios en otras áreas, pues develará el funcionamiento del cerebro completo. Si se considera que, hasta ahora, la inteligencia artificial (IA) que se emplea para procesar datos en internet se basa en nociones

sobre el funcionamiento de pequeñas redes neuronales, los nuevos conocimientos aumentarán enormemente las aplicaciones en esta área.

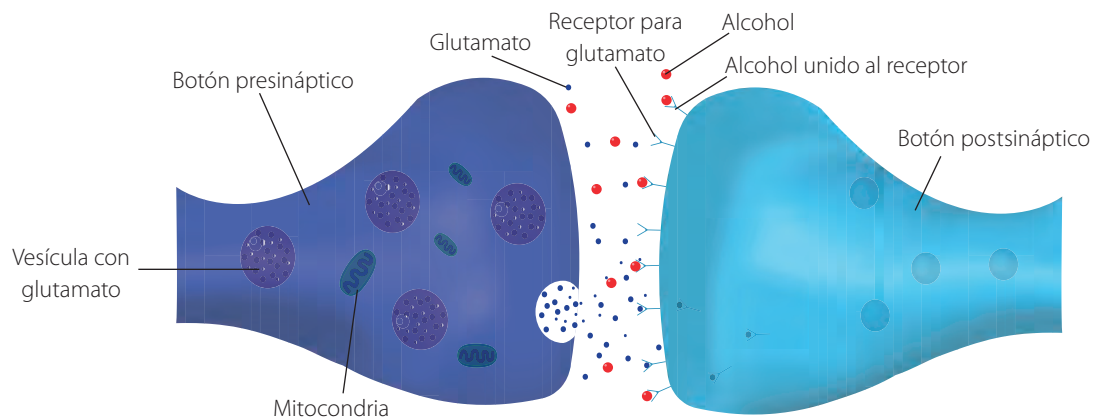
También hay aspectos éticos involucrados: la tecnología en desarrollo permitirá manipular pensamientos o alterar recuerdos. Por esta razón, los investigadores promueven la creación de un nuevo derecho humano: la neuroprotección, que salvaguarde la identidad y el libre albedrío de cada persona.

Fuente: Congreso Futuro. (2019, 26 de septiembre). Rafael Yuste. *El cerebro y las enfermedades mentales* [video]. YouTube. <https://bit.ly/3dMUQD9>

1. ¿Qué nuevos conocimientos científicos permitirá alcanzar la tecnología desarrollada?
2. ¿Cómo el conocimiento científico alcanzado impactará en la tecnología de internet?
3. ¿A qué nuevos desafíos éticos nos enfrentarán estas nuevas tecnologías?

Actividad final

Analiza la imagen y el texto, y realiza las actividades.



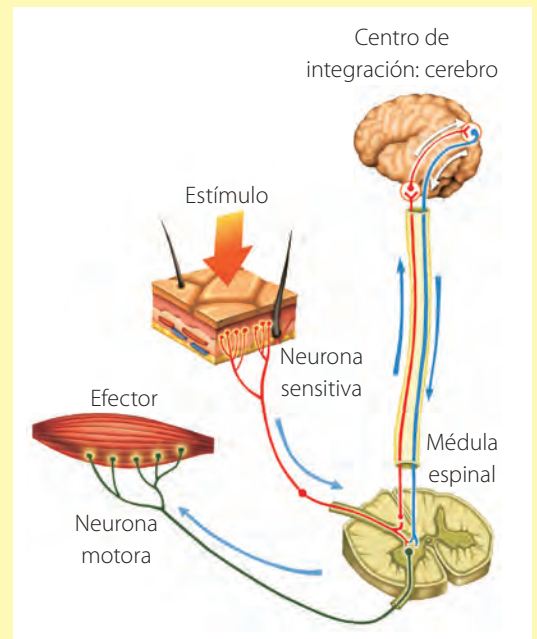
Uno de los mecanismos de acción del alcohol es inhibir el efecto excitatorio del glutamato, lo que explica su efecto sedante. El alcohol altera las áreas cerebrales relacionadas con la memoria, la toma de decisiones y el control de los impulsos.

- Infiere la función del glutamato a partir de la imagen y la información.
- Explica cómo se comportan las moléculas de alcohol en la sinapsis.
- Deduce la razón por la cual la gente que conduce vehículos no puede tomar alcohol.

¿Cómo voy?

Evaluación de proceso y progreso

- Utiliza el esquema de la derecha para responder las siguientes preguntas.
 - Explica cuál es la diferencia en cuanto a su función de una neurona motora y una sensitiva.
 - Analiza la imagen e indica por qué el cerebro se considera un centro de integración.
 - Fundamenta si el dibujo representa una respuesta voluntaria o refleja.
 - Infiere cuál puede ser el estímulo que genere este circuito.
 - Explica cuál es la función de la médula espinal.
- Responde de manera sintética la pregunta de inicio de lección, considerando lo aprendido: ¿Qué funciones cumple el sistema nervioso y cómo las realiza?



¿Cómo aprendo?

- ¿Qué aprendizajes de la lección relacioné con mi vida cotidiana?
- ¿Qué actividades me resultaron fáciles y cuáles difíciles de resolver?, ¿por qué?
- ¿Qué opiniones respecto de la importancia de llevar una vida saludable cambié después de estudiar la lección?

Lección 2

¿Cómo el sistema endocrino coordina el funcionamiento del organismo?

Las funciones del cuerpo humano están reguladas por los sistemas nervioso y endocrino; y el miedo es un ejemplo de su interacción. Cuando detectamos una amenaza, el sistema nervioso responde enviando señales a las glándulas que se ubican sobre los riñones (suprarrenales), las que secretan hormonas que desencadenan una serie de reacciones fisiológicas: todo el cuerpo se prepara para luchar o huir.

La sangre aumenta su capacidad de coagulación como preparación a posibles heridas.

El corazón se acelera, aumenta la provisión de sangre y se eleva la presión sanguínea.

Los bronquios se dilatan, lo que permite el ingreso de mayor cantidad de oxígeno.

El vello se eriza y la piel palidece, porque los vasos periféricos se contraen y así la sangre llega a zonas más vitales.

No todos los estímulos que afectan nuestra conducta provienen del medio externo, ya que parte de ellos provienen del medio interno del cuerpo conformado por el líquido intersticial (que rodea a las células) y el plasma sanguíneo.

El sistema endocrino es el encargado de regular la composición del medio interno, el pH, volumen

y temperatura, manteniéndolos dentro de ciertos valores. Esta condición, en la que el medio interno permanece constante, se denomina **homeostasis** y es vital para el buen funcionamiento de las células.

¿Qué aspectos del medio interno se alteran cuando nos enfermamos? Plantea una inferencia.

Las pupilas se dilatan, lo que aumenta la capacidad de visión.

Los músculos intercostales ensanchan el tórax y se incrementa el volumen de aire en los pulmones.

El hígado libera glucosa, «combustible» rápido para los músculos.

¿Qué sé?

El estrés se puede definir como la respuesta física del organismo ante una demanda o agresión, física o psicológica. Esta respuesta es un conjunto de reacciones fisiológicas y al agente que la provoca se le llama estresor.

1. En la situación que muestra la imagen, ¿qué tipo de agente estresor puede provocar las reacciones de las personas?
2. ¿Qué ocurrirá una vez que la «amenaza» desaparezca?



¿Qué es el sistema endocrino?

Focaliza

El **sistema endocrino** responde a la necesidad del organismo de adaptarse a los cambios producidos en los medios externo e interno. Actúa mediante la síntesis y secreción de hormonas y su función es regulada por el sistema nervioso. ¿Qué situación genera las respuestas de las personas de las páginas anteriores?

Explora

Los **tejidos y glándulas endocrinas** producen **hormonas**. Estas sustancias son liberadas desde células endocrinas, viajan por la sangre y actúan como mensajeros químicos influyendo en el funcionamiento de células distantes. Las respuestas generadas por las hormonas son más lentas pero más duraderas que las provocadas por los neurotransmisores. ¿Qué sabes respecto de la función endocrina de las gónadas? ¿Qué hormonas secretan y con qué función general se relacionan?

Hipotálamo. Estructura nerviosa que actúa como glándula endocrina fundamental. Junto con la hipófisis, regula gran cantidad de funciones corporales.

Hipófisis. Se conecta con el hipotálamo. Produce hormonas que estimulan la secreción de otras glándulas y tejidos endocrinos, por ejemplo, la prolactina y la oxitocina involucradas en la lactancia. También secreta la hormona del crecimiento.

Pineal. Secreta melatonina relacionada con los ritmos biológicos, la regulación del sueño, la disminución del estrés y la regeneración celular, entre otras funciones.

Tiroides y paratiroides. Las hormonas producidas por la tiroides aumentan el metabolismo. Las paratiroides se localizan en la parte posterior de la tiroides. Secretan paratohormona, sustancia que regula los niveles de calcio y fósforo.



Reflexiona

Las glándulas endocrinas son: hipófisis, pineal, tiroides, paratiroides y suprarrenales. Además, varios órganos contienen tejido endocrino, como: hipotálamo, timo, páncreas, gónadas y placenta. En estas páginas se ilustra su ubicación y se explica la función de algunas de ellas.

Timo. Produce hormonas que estimulan la proliferación y maduración de los linfocitos T, involucrados en la defensa del organismo.

Suprarrenales. La corteza secreta aldosterona, que incrementa la presión sanguínea; y cortisol, que actúa en situaciones de estrés prolongado. La médula libera noradrenalina y adrenalina ante situaciones de emergencia.

Páncreas. Como órgano endocrino permite mantener la glicemia sanguínea dentro de rangos normales, mediante las hormonas insulina y glucagón.

Ovarios. Secretan hormonas sexuales: estrógenos y progesterona.

Testículos. Secretan testosterona, cuya concentración mayor en el hombre determina los caracteres sexuales masculinos.

Placenta. Durante el embarazo produce hormonas relacionadas con la reproducción: gonadotropina coriónica humana, estrógenos, progesterona, relaxina y lactógeno placentario humano.

Conexión con...

Química

Utilicen los conocimientos adquiridos en Química para representar la estructura molecular de la progesterona e insulina. Identifiquen sus grupos funcionales.

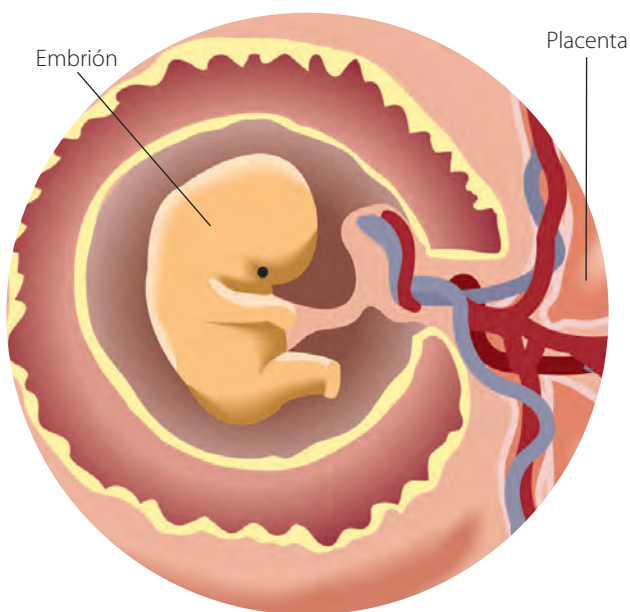
Relaciono

Explica cómo se relacionan el sistema endocrino y las hormonas con la afirmación «los organismos tienen estructuras y realizan procesos para satisfacer sus necesidades y responder al medioambiente».



Aplica

1. Explica qué síntomas debiera presentar una persona que produce menos hormonas tiroideas (hipotiroidismo).
2. Cuando se cambia al horario de invierno o al de verano algunas personas manifiestan cansancio y alteraciones en el estado de ánimo. ¿Qué glándula y hormona se relacionan con estos trastornos?



¿Cómo funciona el sistema endocrino?

Focaliza



Las hormonas son transportadas a todo el organismo por la sangre, pero solo actúan sobre algunas células. ¿Cómo una hormona reconoce las células sobre las que debe actuar?

Explora



Se denomina **células blanco** a aquellas sobre las cuales una hormona ejerce su efecto. Cada hormona tiene células blanco específicas.

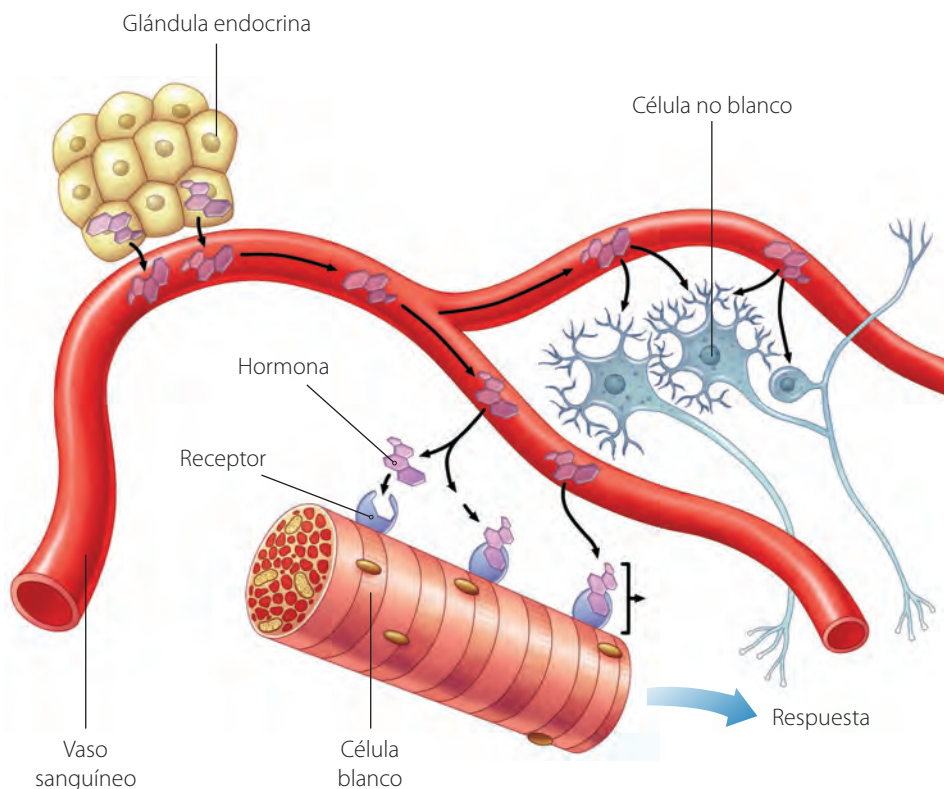
Analiza el modelo ilustrado en esta página y responde.

1. ¿Qué mecanismo hace que la hormona se una, solo a la célula blanco?
2. ¿Qué características de las hormonas y de sus receptores influyen en su interacción?
3. Averigua qué síntomas tendría una persona si las células blanco de la hormona antidiurética (ADH) perdieran sus receptores.

Reflexiona



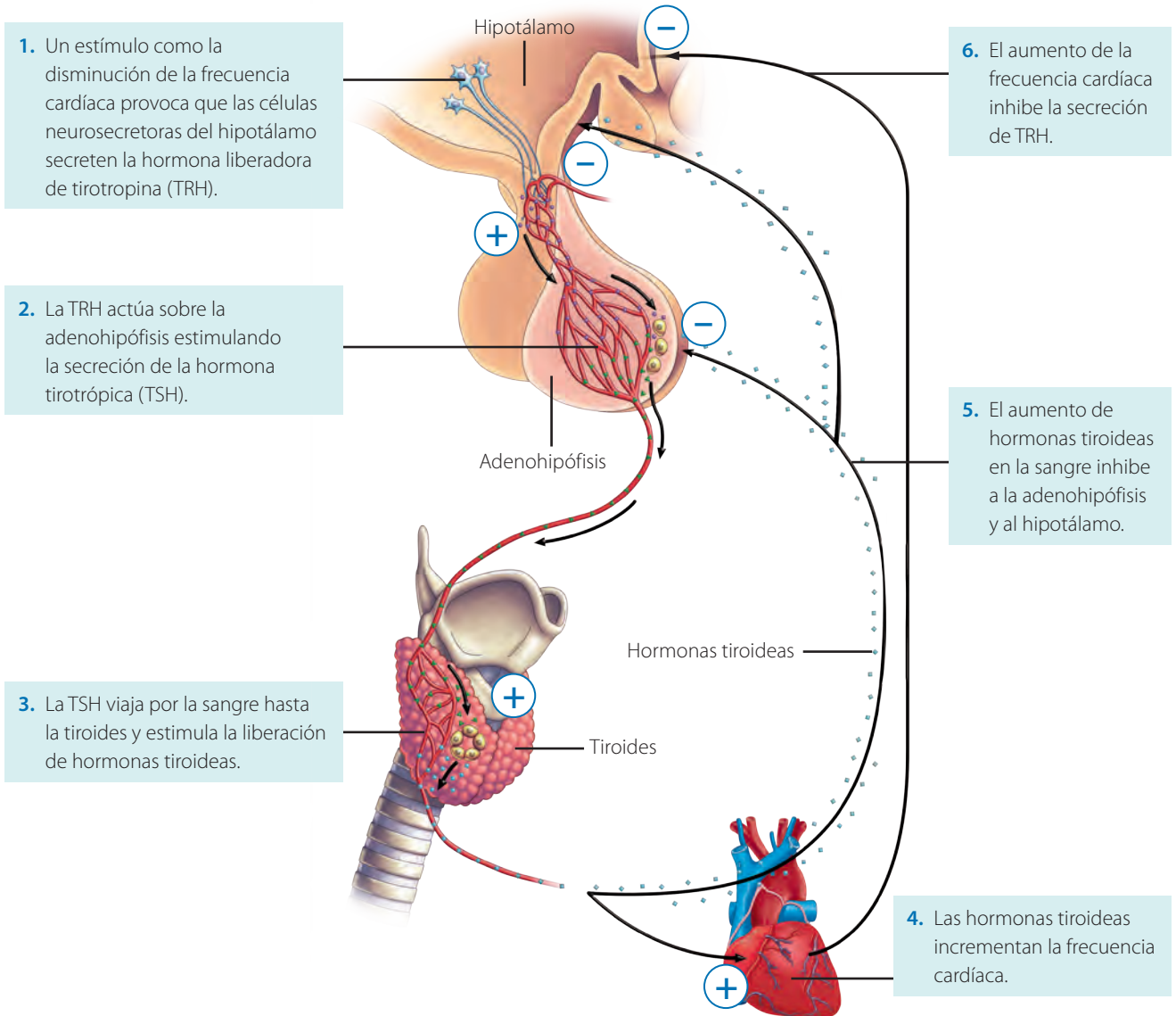
Las glándulas y tejidos endocrinos regulan el funcionamiento de órganos y tejidos distantes mediante la secreción de hormonas que viajan por la sangre hasta las **células blanco**. Las hormonas son «mensajeros químicos» que coordinan las respuestas de las distintas células del organismo. Algunas son proteicas, como la insulina, y se unen a receptores ubicados en la membrana celular. Las hormonas esteroideas, en cambio, se difunden a través de la membrana plasmática uniéndose a receptores en el citoplasma o en el núcleo celular.



Sistemas de retroalimentación.

Son mecanismos por los cuales el sistema endocrino regula la cantidad de hormonas que libera. Estos sistemas dependen de la concentración de cada hormona y de otras sustancias que controlan, como la glucosa o el calcio. Hay mecanismos de retroalimentación negativa y positiva. Para que el equilibrio o estado original del sistema se mantenga, la **retroalimentación negativa** reduce el estímulo que produjo el cambio. La **retroalimentación positiva**, al contrario, favorece el cambio, aumentando el estímulo que lo provocó y, por ende, también la respuesta.

Regulación de la frecuencia cardíaca por la glándula tiroides



Analizo y explico

Analiza el esquema de regulación tiroidea de la frecuencia cardíaca y explica cómo funciona un sistema de retroalimentación negativa.



Vocabulario

Retroalimentación. Proceso en el que un sistema responde a alguna acción gracias a la información que obtiene sobre sus efectos.

Alfabetización digital



En parejas, creen un video para explicar los mecanismos de retroalimentación de la acción hormonal. Pueden recurrir a programas como [Moovly](#), [Powtoon](#), [Animaker](#) y [Wideo](#).

Aplica



1. En el esquema de control por retroalimentación negativa de las hormonas tiroideas, reconoce: estímulo, receptor, vía aferente, centro elaborador, vía eferente, efector y respuesta.
2. Investiga y representa el control de la secreción de oxitocina en el parto como ejemplo de retroalimentación positiva.

La insulina y el glucagón: un modelo de regulación

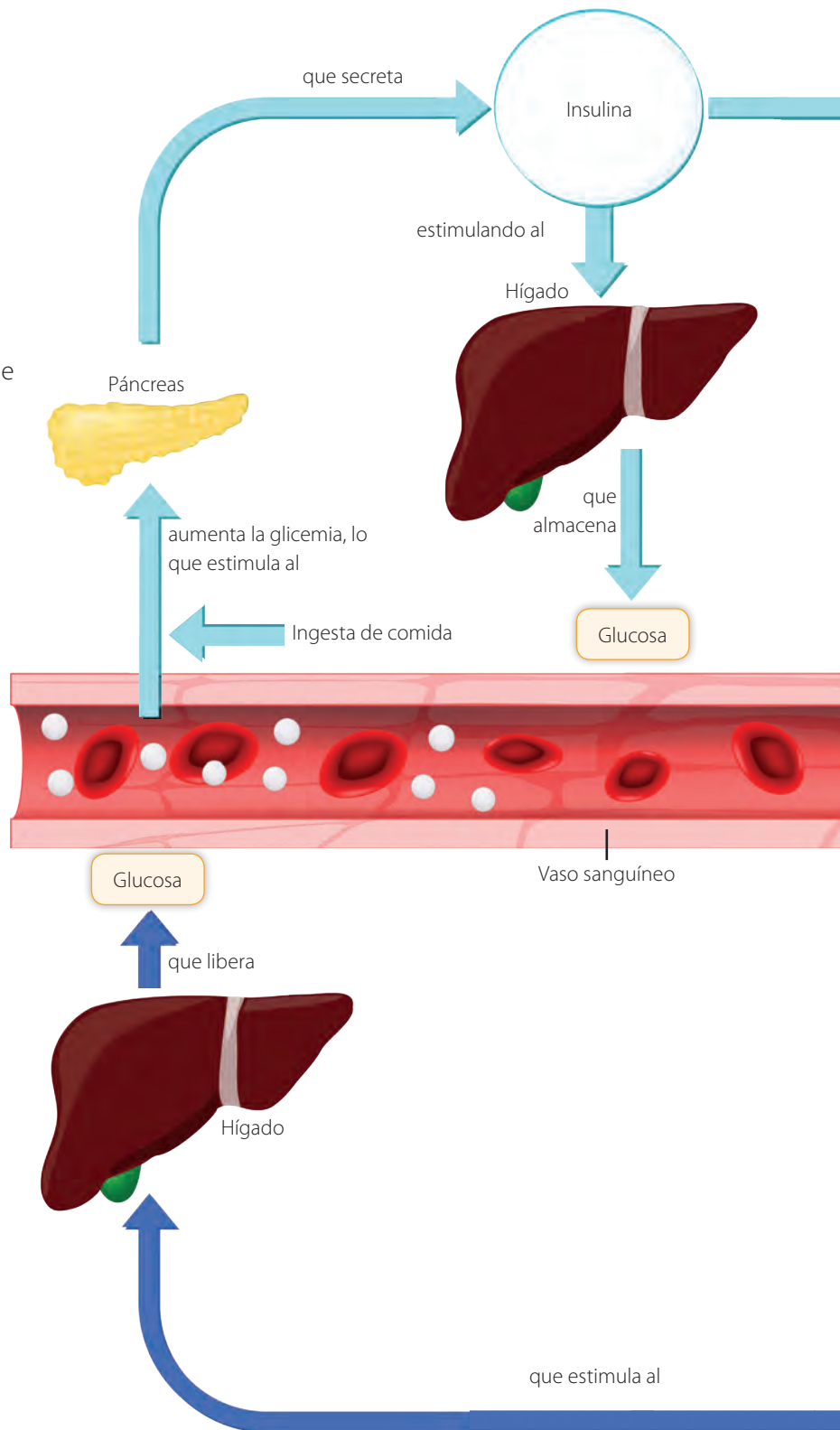
Focaliza



Así como los gráficos sirven de modelos, los esquemas como el que se muestra en estas páginas también son representaciones que pueden describir y explicar un fenómeno.

Analiza el modelo que explica la regulación de la glicemia. Se denomina **glicemia** a la concentración de glucosa en la sangre. Comienza a leer el esquema, desde el estado de «Ayuno». Luego, responde las preguntas:

1. ¿Cuál es la glándula y cuáles son las hormonas que participan en la regulación de la glucosa sanguínea?
2. ¿Desde qué otra parte puedes comenzar a leer el modelo para analizar y comprender las acciones de la insulina y el glucagón?



Explora

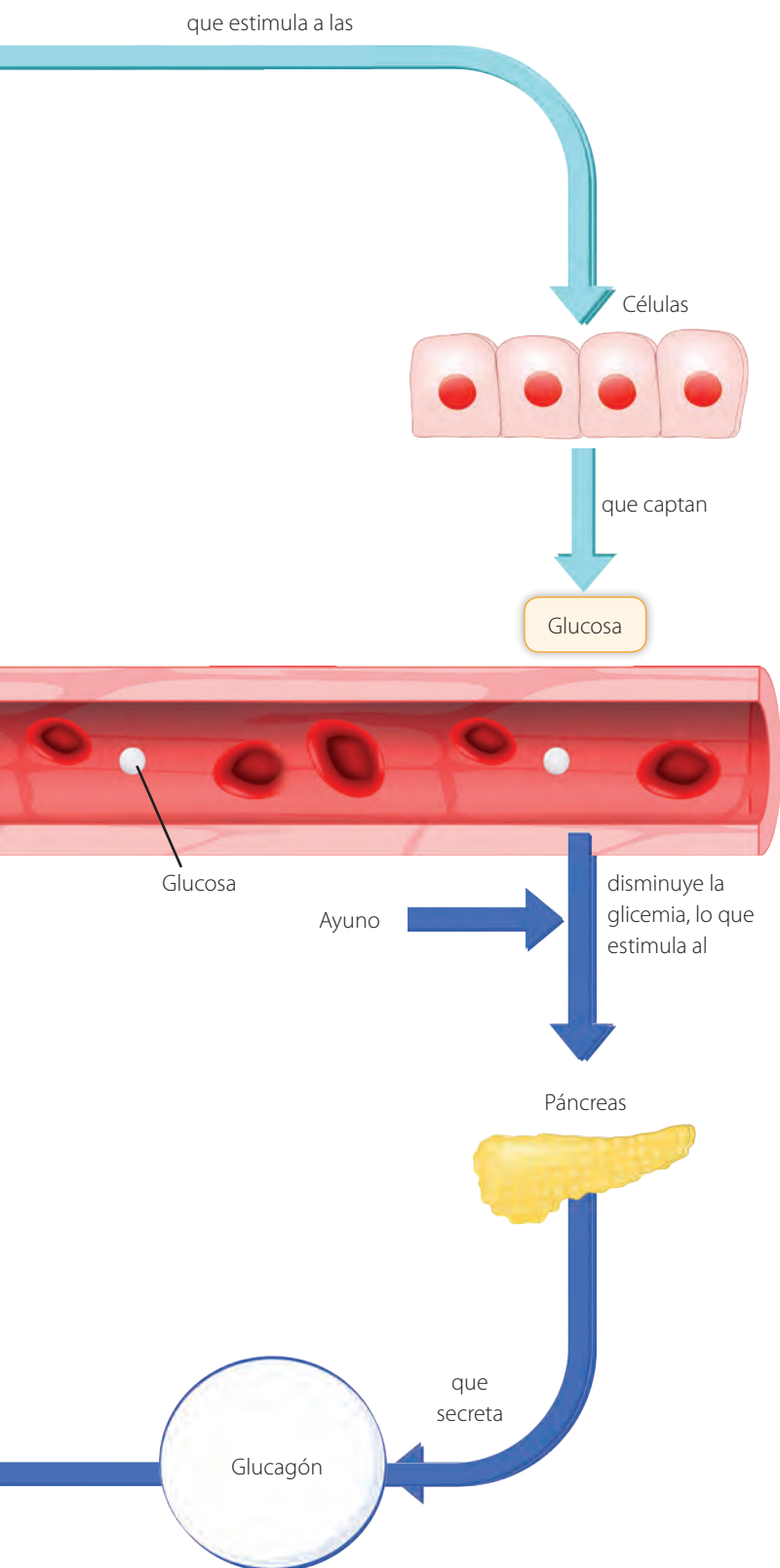


Utilizando el modelo de estas páginas, realiza lo solicitado:

1. ¿Qué efectos tienen la insulina y el glucagón en el hígado y en las células del cuerpo?
2. Plantea dos nuevas preguntas que puedas contestar utilizando la información de este modelo. Intercámbialas con un compañero y respóndanlas.

Reflexiona

La glicemia, al estar regulada por la insulina y el glucagón, permite al organismo mantener un **estado homeostático** o de equilibrio interno. Este estado se debe a que la insulina tiene un efecto **hipoglicemiante**, es decir, disminuye la glicemia, mientras que el glucagón es una hormona **hiperglicemiante**, pues la incrementa. Por ello se dice que son hormonas antagónicas.



Aplica

Un modelo también permite predecir consecuencias de enfermedades, en este caso, relacionadas con el estado de equilibrio homeostático de la glicemia.

- Crea un modelo para explicar qué consecuencias tendrá en la glicemia una disminución en la secreción de insulina y el efecto de esta alteración en las células del hígado y del resto del cuerpo.

Alfabetización digital

Revisa el video donde se explica la relación entre glucosa, insulina y diabetes disponible en el *link*: <https://bit.ly/regulación-glucosa>

1. ¿Cómo actúa la insulina en las células blanco?
2. ¿Cuál es la causa de la diabetes tipo I y II? y ¿cómo pueden ser tratadas?



Relación entre hormonas y caracteres sexuales secundarios

Antecedentes

En el año 1849, el científico alemán Arnold Berthold realizó el primer experimento clásico en endocrinología que permitió relacionar un órgano con una función endocrina determinada y aportó antecedentes para la posterior teoría hormonal.

Contexto del problema

Berthold quería estudiar los cambios morfológicos y conductuales que presentaban los gallos cuando eran castrados y observar si era posible recuperar dichas características al reimplantarles los testículos o una parte de ellos.

Problema de investigación

Considerando los antecedentes, redacta un posible problema de investigación. Para ello, responde:

- ¿Cuáles son las variables en esta investigación?
- ¿Cuál es la dependiente?, ¿cuál la independiente?
- ¿Qué pregunta se pudo haber planteado Berthold antes de llevar a cabo el procedimiento experimental?

Planteamiento de hipótesis

Formula una hipótesis coherente con el problema de investigación que redactaste y que se relacione con el procedimiento llevado a cabo por Berthold. Recuerda que esta debe ser una explicación basada en fundamentos científicos.

Procedimiento experimental

Berthold utilizó tres grupos de pollos machos y efectuó los siguientes procedimientos:

Grupo 1: castración de los individuos.

Grupo 2: castración de los individuos y reimplantación de los testículos en la cavidad abdominal, conectados a vasos sanguíneos.

Grupo 3: castración de los individuos y trasplante cruzado de los testículos en la cavidad abdominal de los pollos, es decir, a cada uno se le implantaron los testículos del otro.

Luego, esperó hasta que los pollos se desarrollaron como adultos para observar los resultados.



Resultados y conclusiones

Berthold obtuvo los siguientes resultados:

Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
		
• Escaso desarrollo de cresta. • Plumaje poco desarrollado. • Baja agresividad y canto débil.	• Cresta y plumaje normales. • Agresividad y canto normales. • No producen espermatozoides.	• Cresta y plumaje normales. • Agresividad y canto normales. • No producen espermatozoides.

- ¿Qué ocurrió con el desarrollo de la cresta y el plumaje en cada grupo de pollos?
- ¿Con qué características de los individuos adultos se relaciona el funcionamiento de los testículos?
- ¿Qué importancia tuvo para sus resultados que Berthold haya unido los testículos trasplantados a vasos sanguíneos de la cavidad abdominal de los pollos?
- Según tus conocimientos, ¿qué sustancia pudo haber descubierto Berthold?

Evaluar

Evalúa el diseño experimental de Berthold. Guíate respondiendo las siguientes preguntas:

- ¿Por qué el investigador castró a los pollos de todos los grupos?
- Fundamenta cuál es la importancia del Grupo 1 en el experimento.
- Explica qué variables relaciona el procedimiento?
- Los resultados obtenidos, ¿permiten responder la inquietud del científico?, ¿por qué?
- Argumenta si el experimento puede ser replicado.
- ¿Qué modificaciones harías al procedimiento experimental para mejorarlo?

Comunicar

Utiliza un *software* que te permita diseñar y crear un póster científico. En él deberás incluir imágenes y descripciones de las distintas etapas de la investigación de Berthold, desde los antecedentes del problema hasta la evaluación del diseño experimental. También puedes emplear recursos materiales (cartulina, recortes, etc.).

¿Cómo se regula el sistema reproductor masculino?

Focaliza



En el *Taller de ciencias* pudiste conocer la relación entre los testículos y el desarrollo de ciertas características físicas y de comportamiento en gallos. ¿Existirá esta relación también en los hombres?, ¿cómo se regula la función de los testículos?

Explora



La **pubertad** es la etapa inicial de la adolescencia, en la que comienza el desarrollo de los **caracteres sexuales secundarios**, que distinguen a hombres de mujeres. Observa la imagen y responde.

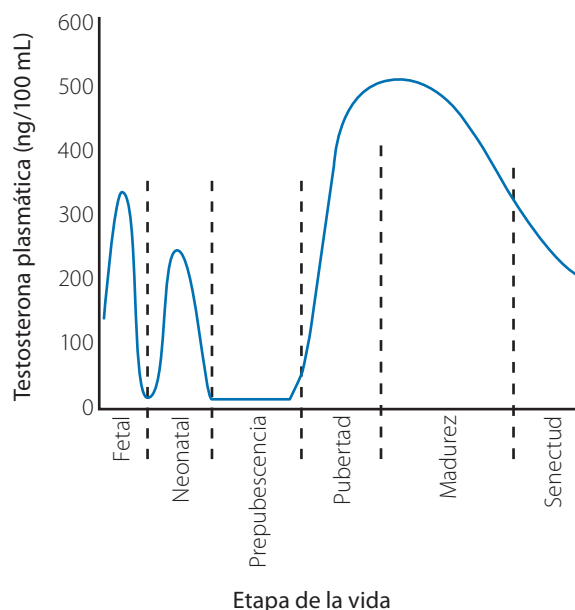
1. ¿Qué caracteres sexuales secundarios identificas en las personas de la imagen?
2. Junto con un compañero haz una lista de los caracteres sexuales secundarios de hombres y de mujeres.
3. Acerca de estos cambios, discutan y expliquen su causa y «utilidad» biológica.

No todas las personas desarrollan los caracteres sexuales secundarios de la misma manera y al mismo tiempo. ¿Qué factores pueden influir en esto? Analiza el gráfico 3 y responde.

1. Identifica las variables del gráfico. Luego, describe los cambios en los niveles de testosterona durante la vida de un individuo de sexo masculino.
2. Plantea una hipótesis para explicar el gran aumento de esta hormona durante la pubertad.
3. Utilizando como fundamento la evidencia que entrega el gráfico, plantea una conclusión general sobre la acción de la testosterona en el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios.



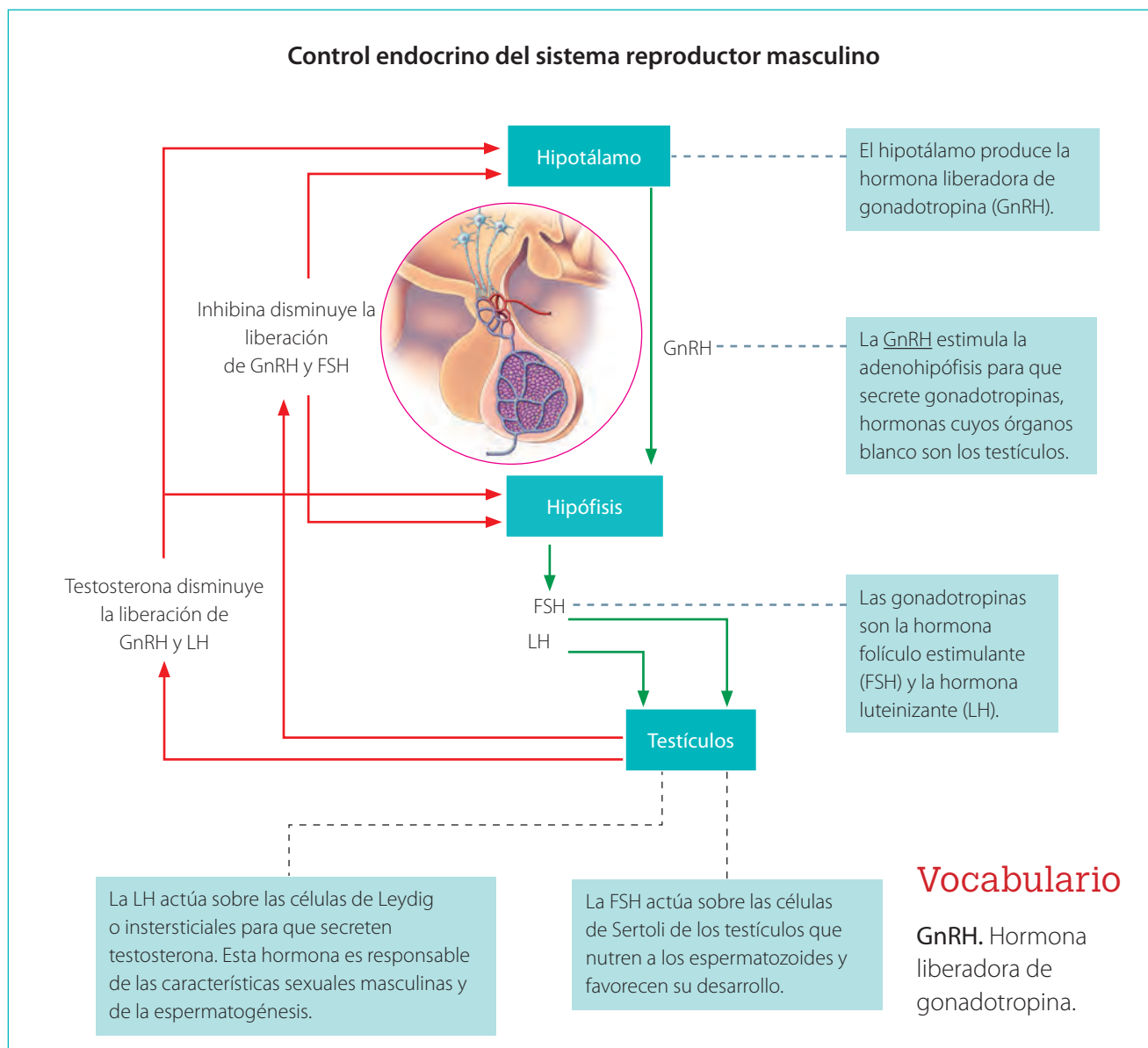
GRÁFICO 1 Concentración sanguínea de testosterona en diferentes etapas en la vida de un hombre



Fuente: Barret, K., Barman, S., Boitano, S. y Brooks, H. (2016). *Ganong. Fisiología Médica* (25ª ed.). Mc Graw Hill.

Reflexiona

Las gónadas masculinas o testículos tienen la doble función de producir espermatozoides y hormonas. Su funcionamiento está controlado por el hipotálamo y la hipófisis.



Interpreto modelos

1. Describe los efectos de las gonadotropinas en las gónadas.
2. Identifica qué hormonas inhiben la secreción de GnRH y de gonadotropinas.
3. Reconoce si la secreción de hormonas sexuales está regulada por sistemas de retroalimentación. Ejemplifica.



Aplica

1. ¿En qué tejidos habrá receptores de testosterona?
2. Infiere qué pasaría si se elimina la síntesis de testosterona antes de la pubertad.

¿Cómo se regula el sistema reproductor femenino?

Focaliza



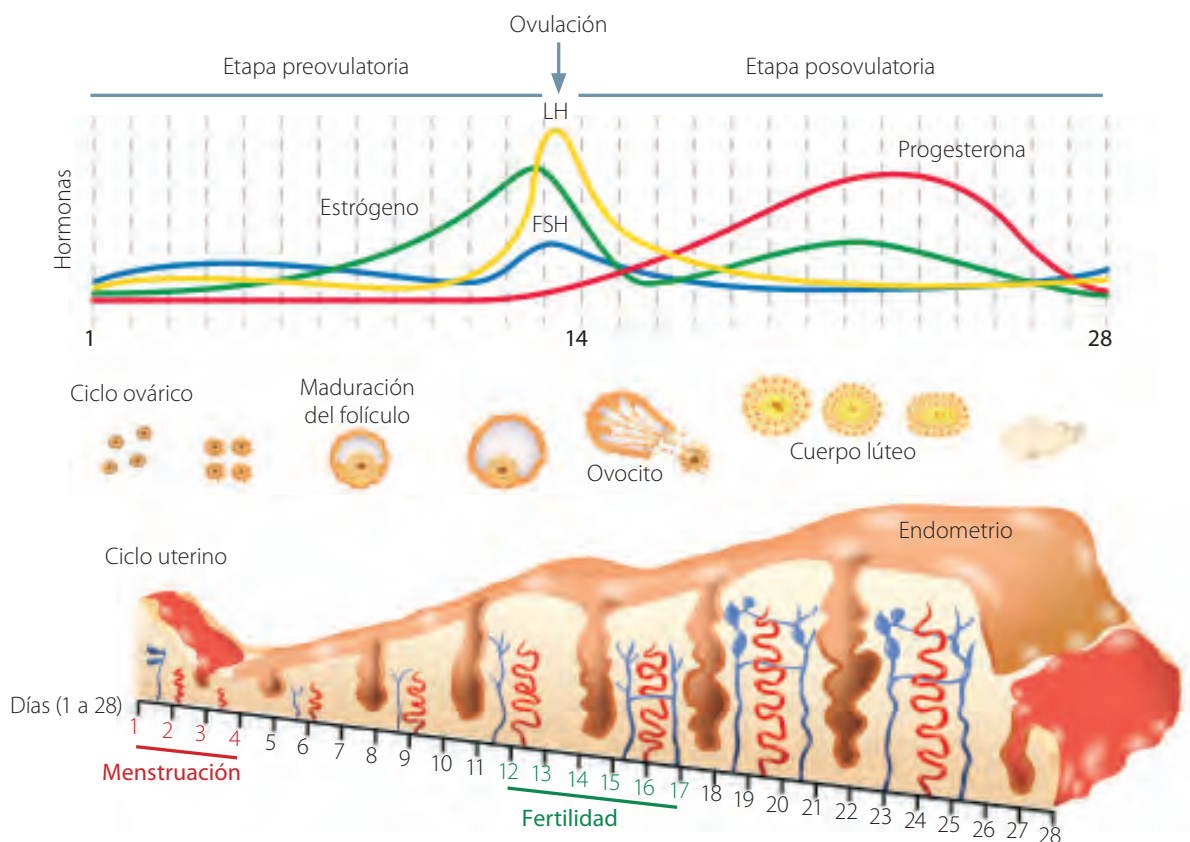
El hipotálamo y la hipófisis regulan la actividad de los ovarios y del conjunto de los órganos reproductores de la mujer. ¿Qué hormonas participan en esto?

Explora



A diferencia del hombre, la mujer experimenta ciclos reproductores, denominados **ciclos menstruales**, con fases de fertilidad e infertilidad. Cada ciclo se divide en las etapas preovulatoria y posovulatoria y en ellas se distinguen los **ciclos ovárico** y **uterino**.

Relación entre los ciclos ovárico y uterino con los niveles hormonales

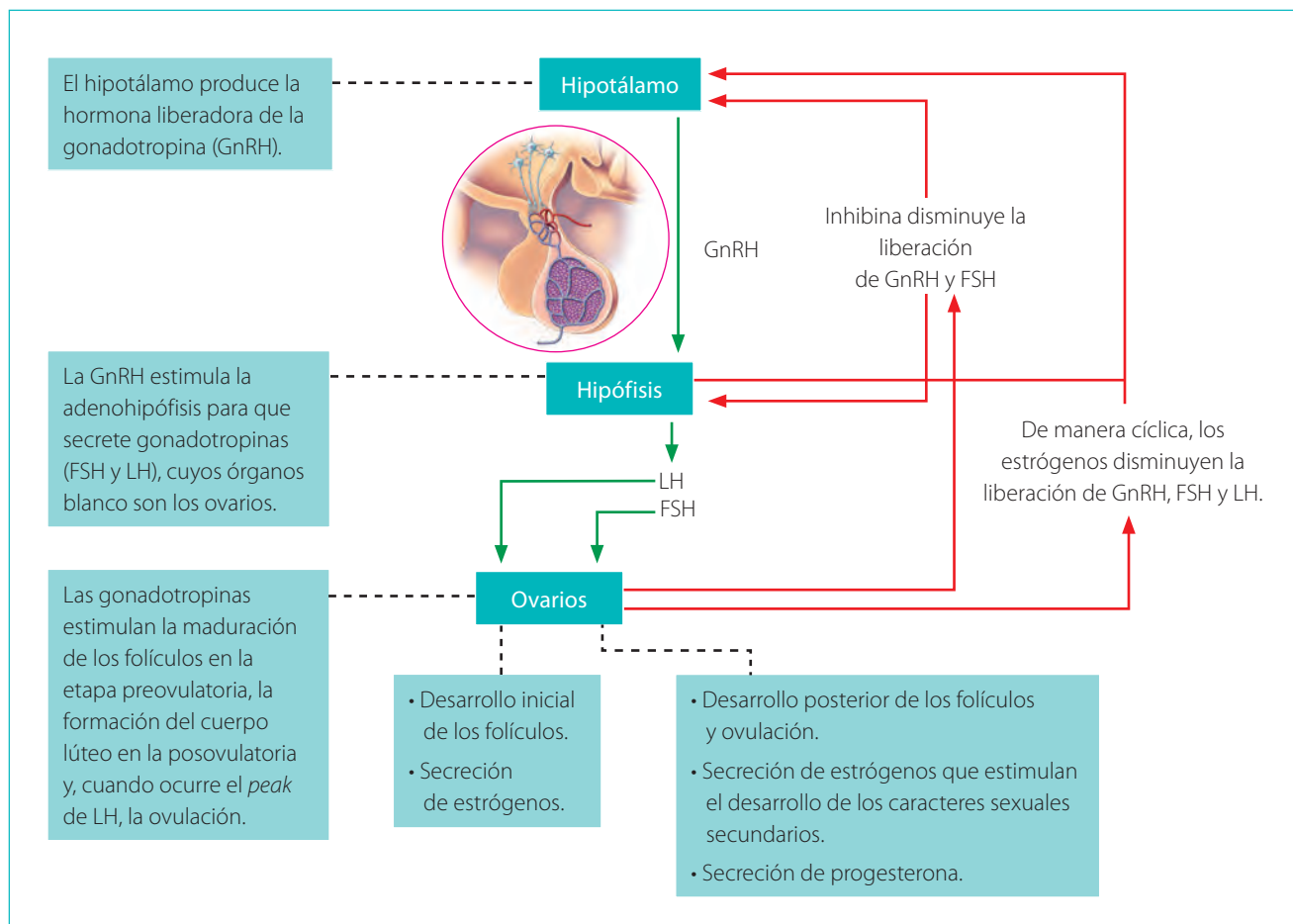


Analiza los esquemas que representan los ciclos ovárico y uterino, y responde:

1. ¿Qué fenómeno marca el inicio del ciclo menstrual?
2. Compara las etapas preovulatoria y posovulatoria considerando:
 - a. los niveles de gonadotropinas (FSH y LH);
 - b. los niveles de hormonas ováricas (progesterona y estrógenos);
 - c. el estado de los folículos en el ovario;
 - d. el desarrollo y características del endometrio.
3. ¿Qué cambios provocan sobre el endometrio los estrógenos y la progesterona?
4. ¿Qué cambios hormonales ocasionan la menstruación?

Reflexiona

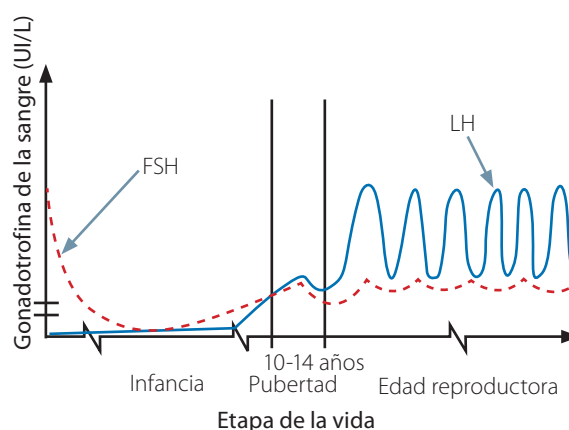
El ciclo menstrual es consecuencia de las variaciones rítmicas de las secreciones hormonales del hipotálamo, de la hipófisis y de los ovarios.



Aplica

- Analiza el gráfico 2 y responde:
 - Explica el comportamiento de la curva de FSH y de LH.
 - Identifica los cambios hormonales que desencadenan la pubertad.
 - Predice qué ocurriría si la síntesis de LH y FSH se interrumpe antes de los 10 años.
- Debido a una alteración hormonal, una mujer experimenta problemas en la regulación de las gonadotropinas. A los 30 años, se detecta una disminución en la síntesis de FSH y LH. Infiere las consecuencias que le puede traer este trastorno.

GRÁFICO 2 Niveles de LH y FSH en la mujer durante su vida



Fuente: Barret, K., Barman, S., Boitano, S. y Brooks, H. (2016). *Ganong. Fisiología Médica* (25ª ed.). Mc Graw Hill.

Prueban molécula análoga a la insulina

Investigadores del Instituto Florey de Neurociencia y Salud Mental han desarrollado un nuevo tipo de insulina llamado glicoinsulina, que logra el mismo efecto en la reducción de los niveles de glucosa, pero sin la formación de fibrillas y grumos que pueden interferir en la administración de insulina a través de bombas de infusión. El estudio publicado en la revista *Journal of American Chemical Society* fue financiado por el National Health and Medical Research Council de Australia y recibió el aporte fundamental de técnicas de ingeniería desarrolladas por los profesores Ryo Okamoto y Yasuhiro Kajihara de la Universidad de Osaka en Japón.

«La glicoinsulina es una molécula análoga de la insulina que ha demostrado una unión casi nativa a receptores de insulina en estudios de laboratorio y animales», explica John Wade, codirector del estudio. Por su parte, el profesor Akhter Hossain, quien también lideró esta investigación, explica que la glicoinsulina ofrece una nueva solución a los pacientes no solo por no formar fibrillas, sino porque es más estable en el suero humano que la insulina nativa. Hossain plantea además que se espera «optimizar el proceso de producción de la glicoinsulina para que este compuesto pueda ser investigado más a fondo en estudios clínicos».



Fuente: Europa Press. (2020, 13 de enero). *Un nuevo compuesto de insulina podría mejorar la terapia en pacientes con diabetes, según un estudio.* Infosalus. <https://bit.ly/3mcQGat>

1. ¿Qué relevancia tiene la creatividad como característica de la naturaleza de la ciencia?
2. ¿Por qué los avances en ciencia requieren aportes interdisciplinarios y financiamiento para desarrollarse?

Protagonistas de la ciencia

La Dra. Paola Llanos y su equipo de la Facultad de Odontología de la Universidad de Chile encontraron que una molécula parecida a la glucosa, llamada metil- β -ciclodextrina, reduce la resistencia a la insulina, enfermedad que afecta al 22 % de los chilenos.

En pacientes con resistencia a la insulina, esta hormona no se une adecuadamente al receptor. Esto provoca que el páncreas secrete cada vez más insulina a la sangre, la que después de un tiempo se agota y puede ocasionar diabetes tipo II. La Dra. Llanos descubrió que la metil- β -ciclodextrina mejora la recepción de la insulina en las células musculares.



1. ¿De qué manera esta investigación puede mejorar la vida de las personas?
2. ¿Por qué es necesario fortalecer la participación y el rol de la mujer en ciencias?

Actividad final

Lee la siguiente información. Luego, responde:

La diabetes mellitus es una enfermedad cuyo signo más evidente es la glicemia elevada. Existen dos tipos de diabetes. En la tipo I, la persona no secreta insulina o lo hace de manera reducida, se desarrolla a temprana edad y no depende de hábitos; en la diabetes tipo II, aunque el paciente secreta insulina, las células blanco no responden a ella. Entre los factores que promueven el desarrollo de diabetes tipo II se encuentran la obesidad, el sedentarismo y los malos hábitos alimentarios. Puedes encontrar más información en <https://bit.ly/niv-glicemia>

Supón que eres médico y tienes los resultados de dos pacientes que se han hecho un examen de glicemia:

Glicemia en ayuno y luego de ingerir un jarabe de glucosa			
Momento	Glicemia (mg/dL)		
	Paciente 1	Paciente 2	Rango normal
Luego de ocho horas de ayuno	80	109	70 - 100
Dos horas después de ingerir un jarabe de glucosa	102	190	<140

1. ¿Cuál de los dos pacientes es probable que tenga diabetes mellitus?, ¿por qué?
2. ¿Es posible precisar cuál de los tipos de diabetes presenta el paciente enfermo?, ¿cómo?
3. ¿Qué cambios de hábitos le recomendarías a un paciente con diabetes tipo II?

¿Cómo voy?

Evaluación de proceso y progreso

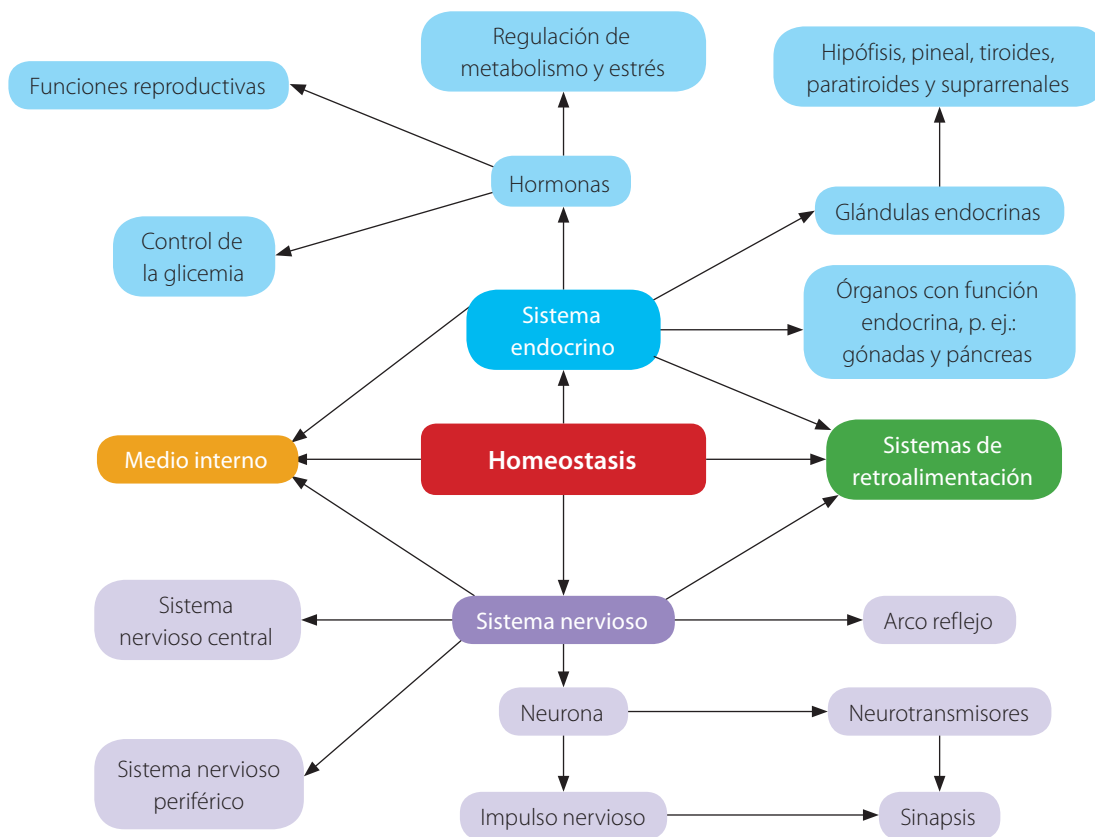
1. Relaciona los siguientes conceptos en un diagrama: sistema endocrino, hormona, retroalimentación negativa, homeostasis, estrés, glándulas endocrinas, hipotálamo, hipófisis.
2. Explica de qué manera los sistemas de retroalimentación facilitan la homeostasis. Da un ejemplo.
3. Analiza la función del páncreas y menciona bajo qué condiciones descarga más insulina y más glucagón.
4. ¿Qué aspectos indagarías para saber si un adolescente corre riesgo de padecer diabetes en su vida adulta?
5. Explica la relación funcional que existe entre el hipotálamo, la adenohipófisis y las gónadas en el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios.

¿Cómo aprendo?

- ¿Qué técnicas de estudio utilicé en esta lección?, ¿qué resultados obtuve con ellas?
- ¿Los esquemas facilitan mi aprendizaje?
- ¿Cómo respondería ahora la pregunta del inicio de lección?

Síntesis

El siguiente organizador gráfico relaciona los principales conceptos que has aprendido en la unidad:



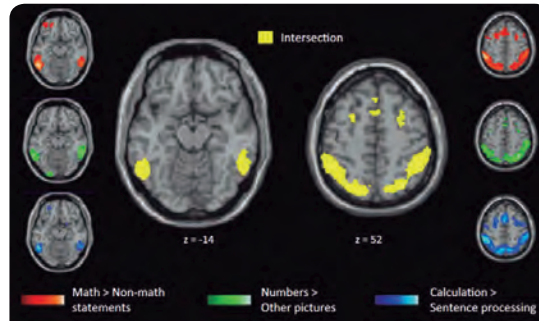
1. A partir del diagrama, ¿cómo definirías homeostasis?
2. Copia este esquema en tu cuaderno e incorpora otros conceptos estudiados en la unidad.

Repaso mis aprendizajes

Desarrolla las siguientes actividades para poner en práctica lo que has aprendido:

1. Explica por qué la irritabilidad es una característica que permite sobrevivir en el ambiente.
2. Compara los siguientes pares de conceptos o procesos según los criterios indicados entre paréntesis en cada caso:
 - a. Sistema nervioso y sistema endocrino (funciones relacionadas con la homeostasis, velocidad y duración de la respuesta, tipo de mensaje).
 - b. Neurotransmisor y hormona (lugar de secreción, ubicación de receptores, función, ejemplos).
 - c. Vía aferente y vía eferente (función).
 - d. Neurona presináptica y neurona postsináptica (función).
3. Ilustra mediante un esquema cómo la marihuana u otra droga afecta la sinapsis.

4. Lee y analiza la siguiente información acerca de una investigación científica. Luego desarrolla lo solicitado:



En un estudio sobre la base neural del pensamiento matemático avanzado se analizaron imágenes funcionales del cerebro de 30 personas: 15 matemáticos profesionales y 15 de otras áreas. A ambos grupos les presentaron enunciados matemáticos complejos que debían evaluar como verdadero, falso o sin sentido.

Los resultados reflejaron que los ejercicios de análisis matemático activan diversas zonas del cerebro en los matemáticos (región intraparietal, lóbulo temporal inferior y córtex prefrontal), lo que no ocurre en las demás personas. Se observó, además, que las partes del cerebro «encendidas» en los matemáticos por ejercicios de alto nivel se activaron, tanto en ellos como en los individuos no matemáticos, frente a cálculos aritméticos sencillos.

Fuente: Servicio de Información y Noticias Científicas. (2016, 4 de noviembre). Detectan regiones del cerebro que se activan en los matemáticos. Agencia SINC. <https://bit.ly/2FRmlil>

- a. Interpreta los resultados considerando lo que sabes del funcionamiento de las áreas cerebrales.
 - b. Explica por qué fue importante comparar los resultados de matemáticos con personas que no lo son.
 - c. Plantea una hipótesis que explique por qué tanto en matemáticos como en no matemáticos se activaron las mismas zonas al realizar cálculos sencillos.
5. Reúnete con un compañero, consigan un cronómetro y realicen el procedimiento descrito:
- i. Pídele a tu compañero que se siente y se relaje. Mide sus pulsaciones durante 30 segundos, tocando su muñeca con tus dedos índice y medio.
 - ii. Calcula su frecuencia cardíaca en reposo, multiplicando por dos el total de pulsaciones. Registra el resultado.
 - iii. Solicita a tu compañero que realice un ejercicio vigoroso durante tres minutos, como correr. Inmediatamente después, estima nuevamente su frecuencia cardíaca. Registra.
 - iv. Deja que tu compañero descanse durante 5 minutos. Transcurrido ese tiempo, mide su frecuencia cardíaca. Registra.
 - v. Intercambien roles y repitan el procedimiento.
 - vi. Comparen sus resultados y respondan.
 - a. ¿Qué cambios experimentó la frecuencia cardíaca con el ejercicio?
 - b. ¿Qué otros cambios corporales percibieron?
 - c. ¿Cómo respondió el cuerpo durante el período de descanso?
 - d. ¿Cómo se relaciona lo observado con el mecanismo de retroalimentación negativa?

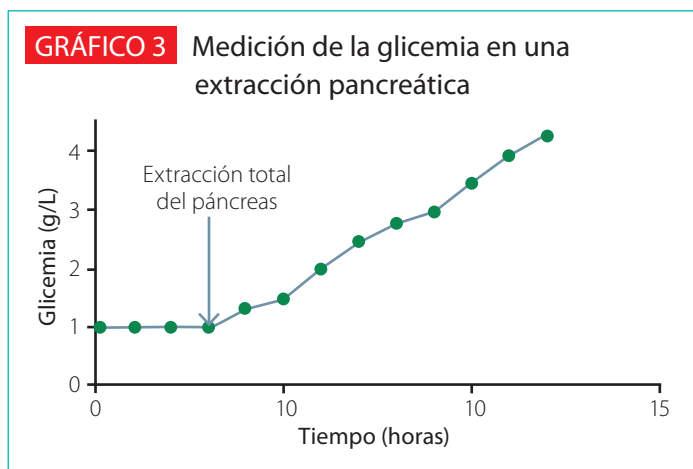
6. A continuación se presentan las definiciones del concepto de homeostasis dadas por dos estudiantes. Evalúa cada una y selecciona la mejor. Luego, escribe tu propia definición.

Daniela: La homeostasis es el estado permanente en el que todos los sistemas del organismo funcionan de manera adecuada gracias a los sistemas nervioso y endocrino.

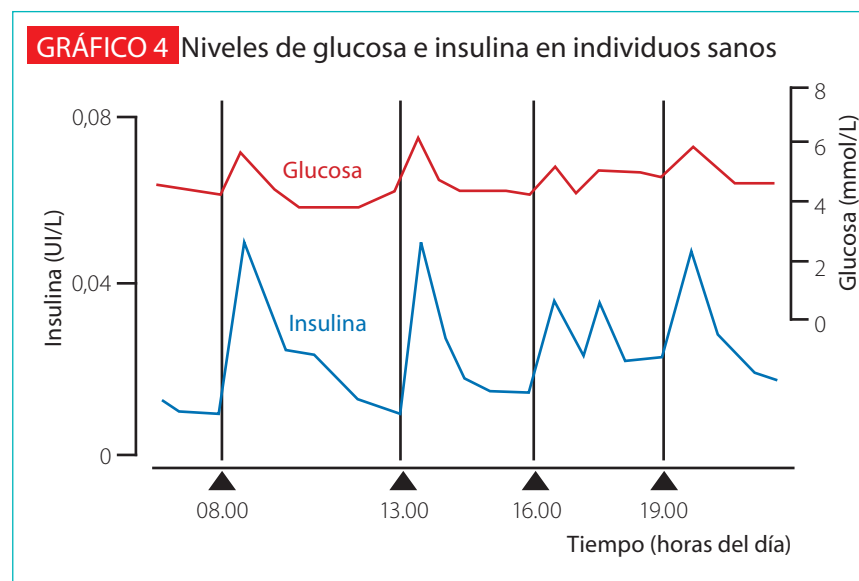
Joaquín: La homeostasis es una condición en la que todos los líquidos del cuerpo tienen la misma composición gracias a sistemas de retroalimentación.

7. Argumenta por qué se puede afirmar que la insulina y el glucagón son hormonas que ejercen un efecto homeostático en el cuerpo humano.
8. Analiza el gráfico 3 de cómo varía la glicemia de un animal al que se le extrajo el páncreas.

- ¿Cuáles eran los valores de la glicemia antes de la extracción del páncreas?
- ¿Qué ocurre con la glicemia luego de la extracción del páncreas?
- ¿Qué conclusión se puede obtener a partir de los resultados?
- ¿Es posible restablecer la glicemia a niveles normales en este animal? Explica una manera de lograrlo.



Fuente: DEMRE (2011). *Prueba oficial de Ciencias*. Recuperado de <https://es.slideshare.net/psuinformator/demre-ciencias-psu-2011>.



Fuente: Quinteros, J. I. (2001). Insulinas: hoy y mañana. *Temas de medicina interna*, Pontificia Universidad Católica de Chile. Recuperado de <http://publicacionesmedicina.uc.cl/TemasMedicinaInterna/insulinas.html>

9. Analiza las variaciones de la glicemia en individuos sanos y su relación con la liberación de insulina, representadas en el gráfico 4.
- Describe la curva de la glicemia y su relación con los niveles de insulina.
 - ¿Estarías de acuerdo en afirmar que la glicemia está bajo control homeostático?, ¿por qué?
 - Los horarios marcados indican momentos de alimentación. ¿Cómo explicas los niveles de glucosa e insulina luego de cada período de alimentación?

Aprendamos cómo cuidar el cerebro de los niños

En los dos primeros años de vida, el cerebro de un bebé triplica su tamaño y alcanza el 80 % del peso de un cerebro adulto. Durante este período el cerebro adquiere características estructurales que serán la base de su funcionamiento futuro. Por lo anterior, es imprescindible que niños y niñas sean adecuadamente estimulados desde el nacimiento para que desarrollen todas sus capacidades.

Los invitamos a investigar acerca de la estimulación temprana y a poner en práctica la información recopilada.

Planificación y ejecución

Organícense en grupos y distribuyan los temas. Al menos dos integrantes se harán cargo de cada aspecto del proyecto considerando la investigación y preparación del material. Luego, pueden intercambiar información y presentar en conjunto lo realizado.

¿Qué es la estimulación temprana?

Investiguen en internet y en un centro de salud comunal acerca de la estimulación temprana. Utilicen un *software* para diseñar un tríptico, dirigido a madres y padres jóvenes, en el que expliquen en qué consiste, cómo se realiza y cuáles son sus beneficios. Utilicen los contenidos que han estudiado en Lengua y Literatura.

¿Cómo diseñar y crear juguetes que sirvan para estimular a niños pequeños?

Investiguen sobre juguetes destinados a niños menores de dos años y describan las características que suelen tener en común. A continuación, diseñen y construyan un juguete que sea adecuado para la estimulación de aspectos como las habilidades sociales o su inteligencia. Apliquen los aprendizajes que han desarrollado en Artes Visuales y Tecnología.

Guiados por el profesor, distribuyan las tareas. Para la búsqueda de información, pueden consultar las siguientes páginas web:

<https://bit.ly/estimulación-temprana>

<https://bit.ly/juguetes-manualidades>

<https://bit.ly/estimulación-etapas>

<https://bit.ly/cerebro-niños>

Se recomienda organizar una campaña de donación de juguetes y entrega de información a familias con niños pequeños.

Gran idea

La Gran idea de la ciencia que ha sido el tema central de esta unidad es: «Los organismos tienen estructuras y realizan procesos para satisfacer sus necesidades y responder al medioambiente». Con respecto a esta idea: ¿Cómo se relaciona con las situaciones planteadas al inicio de la unidad y de cada lección?

Para finalizar

Vuelve a leer la pregunta que da inicio a la unidad y elabora una respuesta lo más completa posible, considerando todo lo que has aprendido.

¿Qué es la sexualidad y cuál es su relación con la reproducción en el ser humano?

En esta unidad, podrás conocer las dimensiones de la sexualidad y los procesos que hicieron posible tu vida, desde que eras una célula única hasta hoy, así como la importancia del autocuidado y la responsabilidad en temas como embarazo e infecciones de transmisión sexual.

¿Qué es la sexualidad?

¿Sexualidad y reproducción son lo mismo?



Gran idea

«La información genética se transmite de una generación de organismos a la siguiente».

1. ¿Cuál es la importancia de la reproducción?
2. ¿Qué aspectos involucra la reproducción en los seres humanos?
3. ¿Qué papel juega la sexualidad en la reproducción?



¿Qué significa ser
madres y padres
responsables?

¿Qué métodos
de control de la
fertilidad existen?

¿En qué consiste el
desarrollo embrionario
y qué cuidados hay
que considerar?

Lección 1

¿Qué es la sexualidad y cuáles son sus dimensiones?

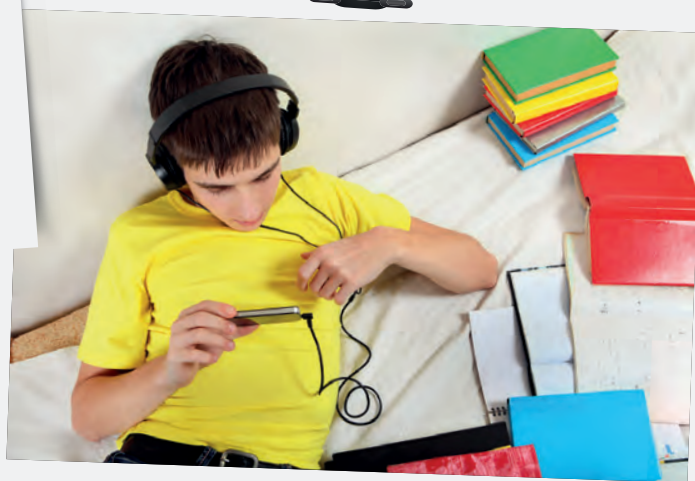
La **sexualidad** se expresa en las acciones diarias que realizamos las personas. Este concepto integra varios aspectos de los seres humanos, el más evidente es el biológico, porque tiene que ver con el cuerpo, pero hay otros relacionados con ámbitos afectivos, sociales y psicológicos, que se manifiestan en cada etapa de la vida.



«La salud sexual es un estado de bienestar físico, mental y social en relación con la sexualidad, y no solamente la ausencia de enfermedad, disfunción o malestar. La salud sexual requiere un enfoque positivo y respetuoso de la sexualidad y de las relaciones sexuales, así como la posibilidad de tener experiencias sexuales placenteras y seguras, libres de toda coacción, discriminación y violencia. Para que todas las personas alcancen y mantengan una buena salud sexual, se deben respetar, proteger y satisfacer sus derechos sexuales».

Definición de salud sexual de la OMS.

Fuente: OMS (Organización Mundial de la Salud) y HRP (Human Reproduction Program). (2018). La salud sexual y su relación con la salud reproductiva: un enfoque operativo.



¿Qué sé? Evaluación inicial

Observa con atención las fotografías de estas páginas y lee la definición de salud sexual de la OMS.

1. ¿Qué dimensiones de la sexualidad conoces?, ¿con cuáles de ellas se relacionan las fotografías?
2. ¿Qué condiciones se requieren para gozar de una buena salud sexual?
3. ¿Por qué es importante que seas responsable con tu sexualidad y que respetes la de los demás?

¿En qué dimensiones se manifiesta la sexualidad?

Focaliza



Hay conceptos clave para comprender lo que significa la sexualidad humana, tales como: **sexo** y **género**. Respecto a este último, aunque ha habido cambios en la sociedad, es posible notar que aún se mantienen **estereotipos de género**. Estos corresponden a ideas preconcebidas de las características que hombres y mujeres debieran poseer o de las funciones sociales más apropiadas para cada uno; por ejemplo: «las mujeres son protectoras» y «los hombres son los proveedores». Estas definiciones pueden limitar las decisiones que hombres y mujeres toman respecto a las actividades que realizan o a la forma de enfrentarlas.

1. ¿Cuál es la diferencia entre sexo y género?
2. ¿Qué estereotipos de género has notado en tu curso o en tu familia?
3. ¿Qué opinas de los avances en Chile para ir derribando estereotipos de género?



Explora



En un estudio realizado en 2017, se entrevistó a 2 593 jóvenes y una de las preguntas realizadas fue: **¿Qué es para ti la sexualidad?** El gráfico 1 muestra los resultados.

1. Sin considerar las respuestas «En blanco», «No sé» y «Otras respuestas», ¿con qué aspecto los jóvenes relacionan más el concepto de sexualidad?
2. De las respuestas dadas por los jóvenes, ¿cuál de ellas nunca la habías considerado para definir parte de tu sexualidad?
3. Con respecto a tu respuesta anterior, ¿te hace sentido incluirla en tu concepto de sexualidad?, ¿por qué?

GRÁFICO 1 Resultados encuesta a jóvenes



Fuente: Corporación Opción (2017). *Informe Juventud y Sexualidad. Derechos sexuales y reproductivos: subjetividad y experiencia en niños, niñas y adolescentes* [Estudio exploratorio descriptivo]. Autor. <https://bit.ly/3mcTdkX>

Reflexiona

La **sexualidad** es un aspecto central del ser humano que está presente a lo largo de toda su vida. Abarca el sexo, las identidades y los roles de género, la orientación sexual, el erotismo, el placer, la intimidad y la reproducción. Se siente y se expresa de diversas formas, tales como: actitudes, valores, comportamientos, pensamientos, fantasías, prácticas

y relaciones. Además, la sexualidad está influida por la interacción de diversos factores: biológicos, psicológicos, sociales, económicos, políticos, culturales, éticos, legales, históricos, religiosos y espirituales.

Para analizar la **sexualidad** se han definido cuatro dimensiones básicas que se sintetizan en el siguiente esquema:



Describo y explico

Describe situaciones de tu vida diaria en que se vean reflejadas estas dimensiones. Explica si resulta fácil separarlas en cada una de ellas.



Aplica

Junto con un compañero, examinen y analicen diversos ámbitos de la vida humana en los que se manifiesten o representen las dimensiones de la sexualidad y los estereotipos de género. Para ello, pueden revisar anuncios publicitarios, escuchar canciones o himnos, representar bailes y leer textos u obras literarias. Luego, respondan:

1. ¿Cómo se representan la sexualidad y los estereotipos de género en las fuentes publicitarias consultadas?
2. Fundamenten si están de acuerdo con las representaciones de hombre y mujer que se ven proyectadas en la publicidad.
3. Expliquen si se sienten identificados con las imágenes mostradas en las fuentes publicitarias consultadas.

¿Cuál es la importancia de vivir una sexualidad responsable?

Focaliza



Lee y analiza el titular lateral publicado en la prensa chilena. Puedes leer la noticia completa en <https://bit.ly/acoso-jóvenes>

1. ¿A qué atribuyes las altas cifras de acoso sexual verbal en la calle?
2. ¿Qué dimensiones de la sexualidad se están expresando de manera errada en estas situaciones?
3. ¿Qué nos dice como sociedad que el 61 % de las adolescentes hayan sufrido acoso sexual en las calles?

Estudio revela que el 61 % de las adolescentes chilenas han sufrido acoso sexual verbal en la calle.

El Consejo Nacional de la Infancia y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo entregaron el documento que además señala que el acoso físico llega al 12 % en este grupo de la población.

Fuente: Osorio, V. (2018, 9 de marzo). *Estudio revela que el 61 % de las adolescentes chilenas han sufrido acoso sexual verbal en la calle*. Emol. <https://bit.ly/2Hrighx>

Explora



La manera en que manifestamos nuestra sexualidad depende de múltiples factores, como la edad, el sexo y la condición sociocultural. No obstante, independiente del contexto, es importante reconocer y erradicar muchas de las falsas creencias y concepciones negativas que distorsionan su real significado.



- Entre las adolescentes, especialmente en África y Asia, se observa un alarmante desconocimiento acerca de dónde conseguir métodos anticonceptivos modernos y cómo usarlos.
- Niñas de muchos países tienen ideas erróneas sobre la menstruación que les provocan miedo y ansiedad.
- Uno de cada tres jóvenes, de 15 a 24 años, de ambos sexos y de 37 países encuestados, tenía un buen conocimiento sobre la prevención de la transmisión del VIH.



Fuente: Organización Mundial de la Salud. (2019). *Recomendaciones de la OMS sobre salud y derechos sexuales y reproductivos de los adolescentes*. Autor. <https://bit.ly/38y9f5v>

Es importante que adquieras conocimientos y desarrolles habilidades que te permitan tomar decisiones fundamentadas sobre tu sexualidad, de tal forma que puedas establecer relaciones seguras, sanas y positivas. Es decir, para estar sano y elegir correctamente, debes informarte, conocer tus derechos y velar por ellos.

Alfabetización digital



La sexualidad es un derecho, pero a la vez, una responsabilidad que requiere conocimiento de causas y consecuencias. Al respecto, revisa los enlaces que se presentan a continuación.

Derechos sexuales: bit.ly/declaración-WAS

La sexualidad, derecho y responsabilidad: bit.ly/deberes-sexuales

Luego, reflexiona en torno a las siguientes preguntas:

1. ¿Cómo se relacionan los derechos y los deberes sexuales?
2. ¿Qué implica vivir una sexualidad responsable?, ¿de qué forma se puede fomentar?

Reflexiona

La sexualidad forma parte de lo que somos. Por ello, tienes derecho a elegir cómo vivirla, basándote en el respeto, el autocuidado y la responsabilidad.

Vivir una sexualidad sana y responsable, implica establecer relaciones positivas y respetuosas, construidas sobre valores como el reconocimiento de la autonomía e intimidad de cada individuo, el respeto por el propio cuerpo y el del prójimo, y el buen trato. Ello, involucra ser conscientes de que nuestros actos y elecciones afectan tanto a nosotros mismos como al resto.

Los vínculos con los pares y la búsqueda de nuevas experiencias, que acontecen durante la adolescencia, pueden despertar el interés por tener relaciones sexuales. Situación que debe afrontarse con responsabilidad y conociendo los riesgos y consecuencias asociados.

Las relaciones sexuales requieren del consentimiento y acuerdo mutuo.

Presionar a alguien para que se comporte de cierta manera, equivale a vulnerar sus derechos.

El consentimiento es acceder, de forma clara y directa, y sin presiones. Aunque hayas dicho que sí en un principio, puedes retractarte en cualquier momento.

Un inicio sexual precipitado y desinformado, puede provocar serias consecuencias como el embarazo adolescente y las ITS.

Tener relaciones sexuales es una decisión personal, libre y responsable. Tú decides cuándo, con quién y cómo.

Aplica

1. En parejas, ingresen al sitio <https://bit.ly/3nxt2by> y busquen información sobre el derecho de las personas a decidir sobre la propia vida sexual.
2. Elaboren un afiche que represente y promueva dicho derecho. Compártanlo con la comunidad escolar.

Más herramientas de diagnóstico

Un aspecto importante de la sexualidad humana es el cuidado del cuerpo. En este contexto, la prevención de las infecciones de transmisión sexual (ITS), como el VIH/SIDA, resulta ser fundamental, más aún en el contexto del brusco aumento que ha tenido esta patología en Chile en los últimos años.

El año 2019 se lanzó la campaña para que la población y principalmente los jóvenes se acercaran y pudieran saber si eran portadores de VIH, para así poder tratarse y tomar todos los resguardos para no contagiar a otros. En esa instancia, la autoridad de salud señaló: «Hay datos muy reveladores de cara a este desafío que tenemos como país. El VIH se ha incrementado en los últimos diez años, pero ahora es una enfermedad crónica que se puede prevenir. Y en eso estamos, sensibilizando especialmente a los jóvenes. El VIH no mata, pero lo que sí mata es no saber que se lo tiene».

En esta campaña se puso a disposición de consultorios, laboratorios y clínicas privadas a lo largo del país un test rápido para la detección de VIH. Este es un examen que permite la detección de anticuerpos para VIH. Se realiza a partir de una pequeña muestra de sangre obtenida de la punción en un dedo. Es una técnica de lectura visual, cuyo resultado se obtiene en 15 minutos.



El examen es confidencial y voluntario, y los resultados se entregan en forma personal y reservada. En caso de que sea positivo, es necesario confirmarlo en el Instituto de Salud Pública (ISP). Para ello, la persona debe realizarse una segunda prueba a través de una muestra de sangre que se envía al ISP para su confirmación.

A diferencia del tradicional test de Elisa, que es un examen de sangre que se realiza en laboratorios clínicos y necesita de una orden médica, el test rápido se hace con una gota de sangre, en cualquier lugar y sin necesidad de orden médica. Lo anterior es un significativo avance de la tecnología que aporta beneficios a la salud pública y de las personas.

Fuente: Ministerio de Salud. (2019, 9 de enero). *Ministerio de Salud lanzó masiva Campaña Test Rápido VIH Verano 2019*. MINSAL. <https://bit.ly/3d5K3qN>

1. ¿Cómo se realiza el test rápido de VIH?, ¿cuáles son sus ventajas y desventajas respecto al test de Elisa?
2. ¿Qué consecuencias positivas podría tener que los jóvenes puedan acceder al test rápido?
3. Redacta un párrafo en el que relaciones los siguientes conceptos: test rápido, VIH, responsabilidad, prevención, contagio.

Actividad final

Lee los siguientes temas y luego, responde lo que se solicita:

Tema 1	Tema 2	Tema 3
Educación la afectividad y el amor, promoviendo el autocuidado y disminuyendo los factores de riesgo.	Educación la libertad sexual, promoviendo el uso de métodos que controlan la fertilidad para evitar el embarazo no deseado y las infecciones de transmisión sexual.	Educación en todos los contextos socioculturales y otorgar información diversa para que los adolescentes tomen decisiones informadas.

1. ¿Consideras que los tres temas son aspectos que forman parte de la sexualidad humana? ¿Con qué dimensión de la sexualidad se relaciona cada uno?
2. ¿Cuál de los temas te parece más importante profundizar?, ¿por qué? Comenten.
3. Luego de escuchar las respuestas de tus compañeros, ¿cambió tu opinión inicial?, ¿por qué?



¿Cómo voy?

Evaluación de proceso y progreso

Lee las siguientes preguntas y responde:

1. Explica qué es la sexualidad.
2. Analiza y explica la siguiente afirmación: la sexualidad es un aspecto fundamental de la vida de las personas.
3. Fundamenta por qué es tan importante derribar los estereotipos de género que aún existen en la sociedad.
4. Da tres ejemplos sobre cómo vivir una sexualidad responsable.

¿Cómo aprendo?

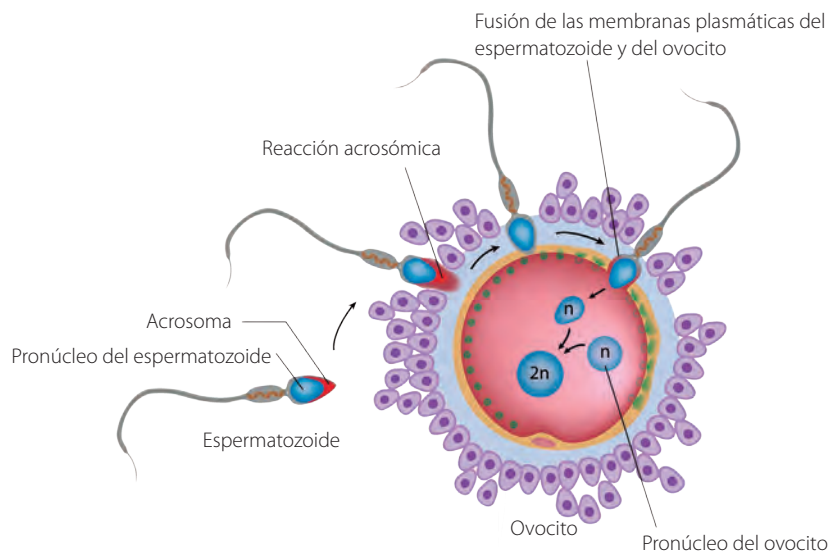
Lee y analiza la siguiente definición de sexualidad:

La sexualidad es un término que pareciera cotidiano, pero es muy complejo de definir. Sin embargo, se puede decir que está relacionada con las características físicas y fisiológicas del ser humano; pero además incluye su comportamiento, sus valores éticos, su cultura, entre otros aspectos.

- ¿La definición de sexualidad que logré construir en esta unidad se parece a esta?
- ¿Qué elementos le faltan a mi definición?
- ¿Qué conceptos importantes están en la mía y en esta no aparecen?
- ¿Qué cambio requiero hacer en mi definición?

¿Cómo se forma una nueva vida humana y cuáles son los cuidados durante la gestación?

La reproducción es un proceso fundamental para la vida en la Tierra, pues permite la formación de nuevos organismos. Es una característica común de todas las formas de vida conocidas. En la naturaleza existen dos modalidades básicas de reproducción: la reproducción asexual o vegetativa y la reproducción sexual. Esta última involucra generalmente la participación de dos progenitores que forman gametos: masculinos (espermatozoides) y femeninos (ovocitos). A partir de la fusión de los gametos se inicia el proceso biológico de formación de un nuevo organismo.



En nuestra especie, la reproducción tiene una enorme cantidad de aristas e implicancias. No se trata solo de «dejar descendencia» como en las demás especies, sino de «formar familia». Esto último abre otras consideraciones, tales como: ¿cuándo es el momento adecuado para tener hijos?, ¿estamos preparados para tenerlos?, ¿cómo aplicar una buena planificación familiar?, ¿qué tipo de familia se quiere formar?



¿Qué sé? Evaluación inicial

En grupos, observen las imágenes y lean los textos. Luego, relacionen lo que han aprendido en unidades y años anteriores para realizar una de las siguientes actividades:

1. Creen una infografía que explique lo que entienden por maternidad y paternidad responsables. Luego, comuníquenla y explíquenla, personificando cada una de las ideas que plasmaron en ella.
2. Ideen un cómic acerca de los cuidados que se le deben dar a un bebé.



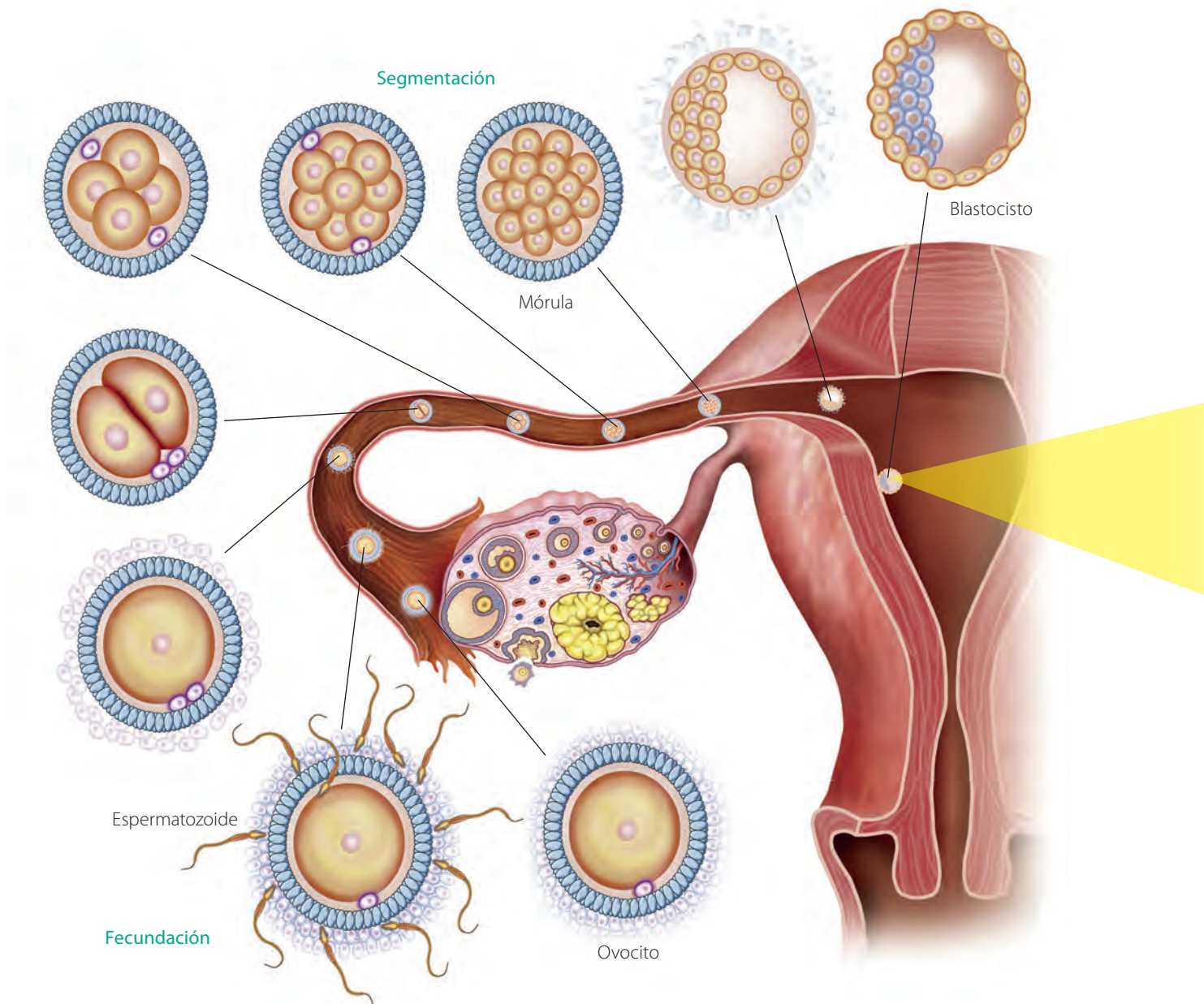
¿Cómo se inicia el desarrollo embrionario?

Focaliza

La formación de un nuevo individuo se desarrolla de manera continua, gradual y coordinada. Al respecto, te invitamos a recordar lo que ya has aprendido sobre este proceso.

1. ¿Dónde y cómo se producen los gametos?
2. ¿Durante qué etapa de la vida se empiezan a producir?
3. ¿Qué papel juegan las hormonas en la producción de gametos?

Fecundación. Un espermatozoide entra en contacto con una capa del ovocito, llamada **zona pelúcida**, el gameto masculino libera enzimas que digieren dicha capa, permitiéndole ingresar a través del gameto femenino. Una vez dentro, la superficie del ovocito se torna impenetrable, impidiendo la entrada de otros espermatozoides. Horas más tarde, los gametos fusionan sus pronúcleos, dando origen al **cigoto**.



Explora

A continuación, se presentan los resultados que obtuvieron dos pacientes que se realizaron un **espermiograma**, análisis clínico de una muestra de semen, en función variables como el volumen, pH, y el número, morfología y movilidad de los espermatozoides.

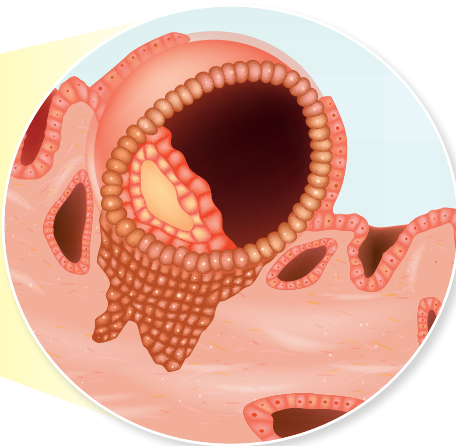
1. Observa y compara los resultados obtenidos por cada paciente y evalúa cuál de ellos podría presentar problemas de fertilidad. Para ello, utiliza los parámetros seminales, establecidos por la OMS, que se presentan en la tabla del costado derecho.
2. Explica cómo crees que se podría solucionar ese problema de fertilidad.

Características	Paciente 1	Paciente 2	Parámetros seminales OMS*
Volumen (mL)	1,6	1,5	1,5 (1,4 – 1,7)
pH	7,3	7,3	7,2 – 7,8
Cantidad total de espermatozoides ($10^6/\text{mL}$)	10,0	26,0	12,0 – 15,0
Motilidad total (%)	30,0	39,0	40,0 (38,0 – 42,0)
Morfología normal (%)	3,8	3,5	4,0 (3,0 – 4,0)
Leucocitos ($10^6/\text{mL}$)	0,8	0,9	< 1,0

*Fuente: Flores-Sánchez, I. (2018, 5 de mayo). Espermatozoides. Organización Mundial de la Salud 2010. *Revista de especialidades médico-quirúrgicas*, 23(2), 99-103.

Reflexiona

Siete días tras la fecundación, el embrión se implanta en el útero para continuar allí su desarrollo.



Implantación

Segmentación. El cigoto se divide sucesivamente, mientras avanza por el oviducto en dirección al útero, aumentando su número de células, pero no su tamaño. Tras tres o cuatro días, alcanza el estado de **mórula**.

Blastulación. Mientras la segmentación continúa, las células, ahora denominadas **blastómeros**, empiezan a ubicarse en sectores específicos, formándose una cavidad interna. Este estado se denomina **blastocisto**.

Implantación. Cuando el blastocisto llega al endometrio, un conjunto de blastómeros, llamado **trofoblasto**, libera enzimas que degradan parte del tejido uterino, permitiendo que el embrión se adhiera a este. El trofoblasto libera la **gonadotropina coriónica humana (hCG)**, hormona que mantiene al cuerpo lúteo, hasta finales del tercer mes de embarazo, de modo que este continúa secretando estrógenos y progesterona. Así, se conservan las condiciones del endometrio gestacional.

Aplica

La progesterona es una hormona secretada tras la ovulación y durante la segunda mitad del ciclo menstrual, que prepara al endometrio ante un eventual embarazo. Infiere qué consecuencias puede tener que una mujer tenga bajos niveles de progesterona durante los primeros meses de gestación.

¿Qué ocurre con el embrión después de la implantación?

Focaliza



El proceso de desarrollo de un nuevo individuo desde la fecundación hasta su nacimiento se denomina gestación, y en él ocurren importantes cambios.

La fotografía de la derecha muestra una ecografía, que es una imagen captada por ultrasonido, de un feto en desarrollo en el útero materno.



Explora



¿Cuáles son los principales cambios que ocurren en el embrión durante sus primeros 7 días?

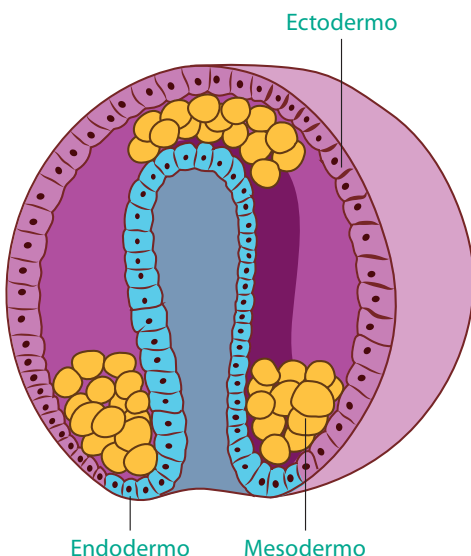
Reflexiona



Después de la implantación, el embrión experimenta una serie de procesos, continúa creciendo y cambiando hasta empezar a generarse los órganos y adquirir la forma propia de un bebé en gestación.

Gastrulación. Comienza aproximadamente en el día 14 después de la fecundación y termina alrededor del día 21. Cuando el embrión se ha implantado, algunos blastómeros migran hacia el interior y forman tres capas de células embrionarias: ectodermo, mesodermo y endodermo. Cuando ocurre esto, al embrión se le denomina **gástrula**.

Formación de los órganos. Las tres capas formadas durante la gastrulación dan origen a las diversas estructuras y órganos del cuerpo. Al final de la octava semana de gestación, cuando se ha formado el sistema nervioso, el embrión empieza a llamarse **feto**.



Endodermo

Tubo digestivo, pulmones, hígado, páncreas y tiroides.



Mesodermo

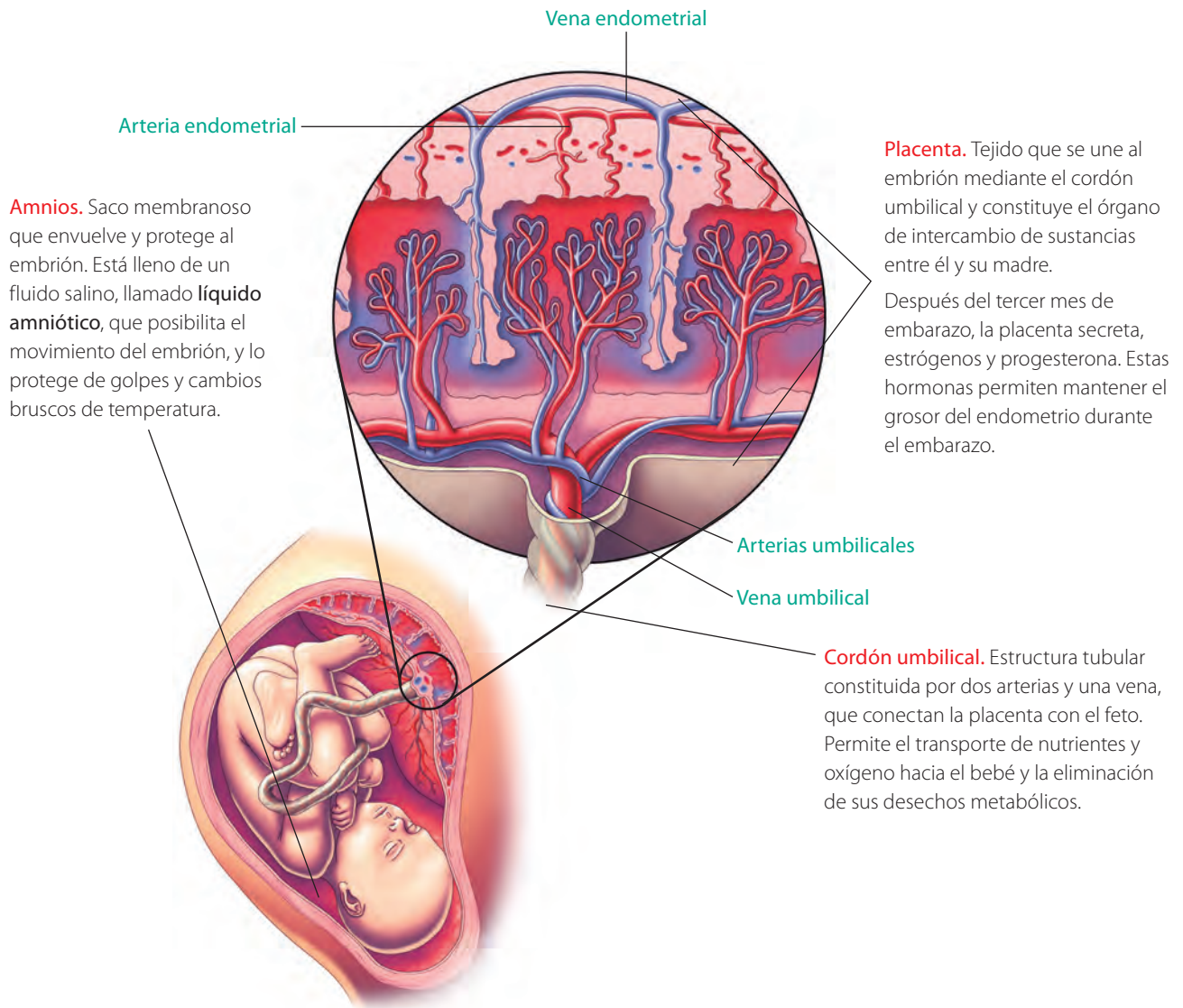
Músculos, huesos, dermis, células sanguíneas, aparato reproductor y excretor.



Ectodermo

Sistema nervioso, epidermis, glándulas cutáneas, pelo, uñas, cavidad nasal, bucal y anal.

Anexos embrionarios. Estructuras que se forman de manera paralela al desarrollo del embrión y que permiten la nutrición, respiración y protección del embrión durante su crecimiento.



Relaciono

1. ¿Qué anexo embrionario podría estar dañado, si al feto le llega poca cantidad de oxígeno y de nutrientes en circunstancias de que la madre se encuentra en óptimas condiciones?
2. ¿Cuál de los anexos embrionarios es fundamental al momento de proteger al feto de una caída de la madre? ¿
3. ¿Qué consecuencias tendría para el feto que la placenta no funcione bien?



Aplica

La obstrucción en el cordón umbilical provoca lo que se conoce como sufrimiento fetal agudo o distrés fetal. Los signos de este problema son la disminución en el movimiento del feto o las variaciones en su frecuencia cardíaca. Si no se trata a tiempo, puede causar la aparición de lesiones permanentes o su muerte.

1. Explica la información entregada considerando las funciones del cordón umbilical.
2. ¿Cómo relacionas esto con los constantes chequeos médicos de las embarazadas?

¿Qué ocurre con el embrión después de la implantación?

Focaliza

Pregunta a una adulta cercana sobre su experiencia durante su embarazo. Cómo experimentó los cambios que fueron ocurriendo y cómo se controlaba. ¿Qué más te gustaría saber de este período?

Explora

La **gestación** es el período comprendido entre la fecundación y el nacimiento. La edad gestacional es el término usado durante el embarazo para describir en qué etapa está. Se mide en semanas, desde el primer día del último ciclo menstrual hasta la fecha actual. Un embarazo normal dura entre 38 y 42 semanas (9 meses aproximadamente), contadas desde la última menstruación hasta el nacimiento del bebé. Durante este período ocurren muchos cambios, algunos de los cuales se detallan a continuación.



Al final del mes	1	2	3	4	5	6	
Tamaño (cm)	0,6	3	7,5	18	25 a 30	27 a 35	
Masa (g)	0,02	1	30	100	200 a 450	200 a 450	
Acontecimientos	Se forman la columna vertebral y la médula espinal. Comienzan a esbozarse las extremidades y la cabeza. Se inicia el desarrollo de los sistemas y se forma el corazón, que empieza a latir.	Se inicia la osificación, la diferenciación de brazos y piernas y de las estructuras del rostro. Continúa el desarrollo de los sistemas y se forman los principales vasos sanguíneos.	Persiste la osificación y el desarrollo de los sistemas y de las estructuras del rostro. Los párpados están fusionados con la nariz. Se desarrollan las uñas, el feto comienza a formar orina e inicia sus primeros movimientos.	La mayoría de los huesos se encuentran osificados y comienzan a formarse las articulaciones. El tamaño de la cabeza es desproporcionado con respecto al cuerpo y se forma el cabello. El sistema circulatorio se encuentra completo y es posible reconocer el sexo del feto.	Disminuye la desproporción de la cabeza con el resto del cuerpo y aparece un vello fino por todo el cuerpo (lanugo). El sistema nervioso se encuentra maduro y los movimientos fetales son percibidos por la madre.	Se produce un aumento significativo de masa. La cabeza y el cuerpo del feto se vuelven proporcionales, se forman las pestañas y se producen los primeros reflejos, como la succión del pulgar.	

Reflexiona

Durante la gestación, los hitos más importantes por trimestre son los siguientes:

- Primer trimestre: el tracto gastrointestinal, la médula espinal, el corazón y el cerebro del embrión son los primeros órganos en desarrollarse.
- Segundo trimestre: el feto adquiere cabello y pestañas. La musculatura de brazos y piernas se fortalece y comienza a moverse dentro del útero.
- Tercer trimestre: se desarrollan los pulmones y demás órganos. El feto percibe sonidos, abre los ojos y distingue la luz.



	7	8	9
	32 a 42	41 a 45	50
	1 100 a 1 350	2 000 a 2 300	3 200 a 3 400
	El feto escucha sonidos y realiza más movimientos, adoptando una posición invertida. Si nace prematuramente, podría crecer sin problemas.	Acumula grasa subcutánea, su piel ya no es tan arrugada y los huesos que forman el cráneo aún están blandos. En los hombres, descienden los testículos.	Sigue acumulando grasa subcutánea y en este último mes el feto incrementa su tamaño y masa. Comienza a desprenderse el lanugo. El feto está preparado para el parto.

Me informo

Desde el punto de vista biológico, el embarazo adolescente o precoz conlleva mayores riesgos que en la edad adulta. Se asocia a complicaciones durante la gestación y el parto, todas debidas a la inmadurez biológica materna. Busca información y elabora tus opiniones. Puedes consultar en el *link*: <https://bit.ly/riesgos-embarazo-adolescente>

1. ¿Qué tasa de embarazo adolescente hay en Chile?
2. ¿Qué otros efectos, por ejemplo, emocionales y sociales tiene el embarazo adolescente para la madre?



Alfabetización digital



Escucha la entrevista al profesor Miguel Concha, investigador del Instituto de Ciencias Biomédicas de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile, disponible en el *link*: bit.ly/estudio-del-desarrollo

1. ¿Qué rol cumplen las células en la creación del cuerpo y los órganos de un nuevo individuo?
2. ¿Qué papel juega la física en este desarrollo?

Aplica

Con los datos del esquema, elabora un gráfico sobre los cambios que experimentan la masa y el tamaño del embrión y feto durante el período de gestación.

1. ¿Qué variable aumenta con mayor rapidez durante los primeros tres meses, tamaño o masa?
2. ¿Entre qué meses el embrión o feto experimenta una mayor variación de su masa y tamaño?

¿Qué cuidados hay que tener durante el embarazo y la lactancia?

Focaliza



Durante el embarazo, el estado de salud de la madre influye significativamente en el feto. Por ello, es muy importante que ambos reciban los cuidados adecuados durante todo el período de gestación, para que el embarazo llegue a término, en buenas condiciones.



Explora



Responde estas preguntas:

1. ¿Cuáles son los primeros síntomas del embarazo?
¿A qué crees que se deben?
2. ¿Qué cuidados se deben considerar para mantener un embarazo sano? Señala tres

Reflexiona



Durante el embarazo, ambos padres deben adoptar hábitos de vida saludable.

Dieta de la madre

Debe incluir todos los aminoácidos esenciales, vitaminas, minerales, grasas y carbohidratos que necesita el bebé en desarrollo. También puede incorporar suplementos de minerales y vitaminas, como el ácido fólico, que reduce el riesgo de malformaciones congénitas en el cerebro y médula espinal.



Prohibiciones y peligros

El alcohol, tabaco y otras drogas, pueden pasar a través de la placenta y perjudicar al feto. El alcohol puede interrumpir el desarrollo cerebral del bebé en gestación. El humo del cigarrillo puede provocar aborto espontáneo, nacimiento prematuro, muerte súbita del lactante y bajo peso al nacer. Incluso, el uso de medicamentos pueden dañar al bebé.



Requerimiento energético

Después del primer trimestre de embarazo, la madre debe consumir unas 300 calorías adicionales. En promedio, las embarazadas aumentarán su masa corporal en 12 kilogramos. No obstante, sobrepasar ese límite puede ocasionar en el bebé, un deterioro del sistema inmunológico, problemas de aprendizaje y retraso en el desarrollo.



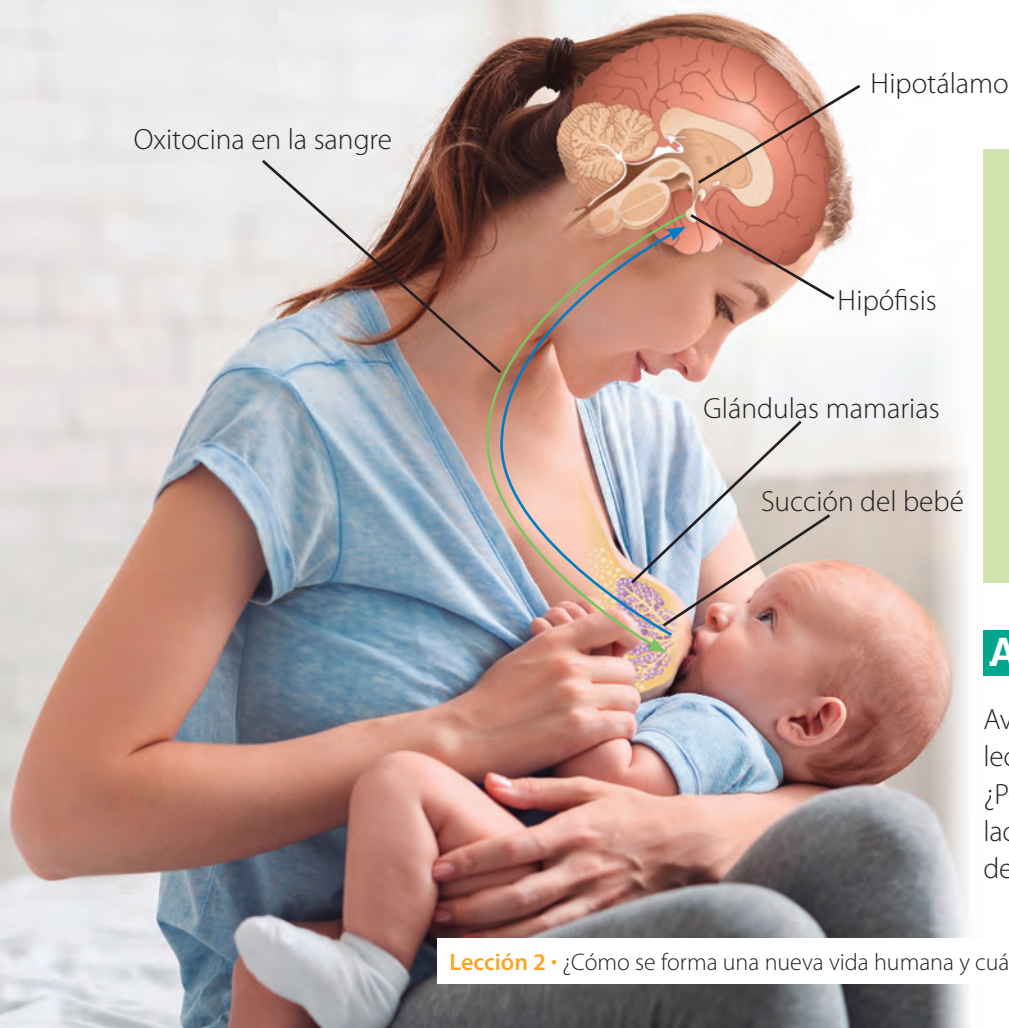
Algunas embarazadas presentan dificultades en el control de la glicemia y pueden desarrollar **diabetes gestacional**. Los cambios hormonales también pueden afectar el tracto digestivo, causando náuseas matutinas o vómitos, condición que, habitualmente, con el tiempo. Estos y otros desafíos del embarazo, se pueden manejar mediante una dieta adecuada, ejercicio y atención médica.

Para ayudar a garantizar un embarazo saludable, la madre debe asistir a controles médicos periódicos. En ellos se controlan factores como la presión arterial, glicemia y nutrición, además de monitorear el crecimiento y desarrollo del bebé en el útero.



Nutrición después del nacimiento. La **lactancia**, es una etapa fundamental para la madre y el recién nacido, quien recibe nutrientes y anticuerpos, lo que además contribuye al vínculo afectivo entre ambos.

En el embarazo, la adenohipófisis produce altos niveles de prolactina, sin embargo, la elevada concentración de progesterona inhibe el efecto de esta hormona. Luego del parto, los niveles de progesterona decaen y la prolactina actúa sobre las glándulas mamarias, estimulando la producción de leche.



Durante el amamantamiento, el lactante succiona el pezón de su madre. Este estímulo envía señales nerviosas hacia el hipotálamo, que provocarán la secreción de oxitocina desde la neurohipófisis. Esta hormona llegará, a través de la sangre, a las glándulas mamarias donde inducirá la eyección de la leche.

Aplica

Averigua qué diferencia existe entre la leche de fórmula y la leche materna. ¿Por qué la OMS recomienda lactancia materna por sobre la leche de fórmula? Fundamenta.



Ventajas de la lactancia materna

Te proponemos desarrollar una investigación exploratoria. Dichas investigaciones buscan obtener datos y hacer observaciones que delimiten un problema que luego puede conducir a una investigación experimental.

Antecedentes

En el ser humano, la lactancia materna previene un 13 % de la mortalidad infantil en el mundo y disminuye el riesgo de muerte súbita del lactante en un 36 %. Además, tiene otros beneficios: ha demostrado ser un factor protector contra distintas enfermedades infectocontagiosas y cardiovasculares, así como contra la leucemia, la enfermedad celíaca

y las enfermedades inflamatorias intestinales, entre otras, tal como se aprecia en la tabla. Además, se ha descubierto que tiene un impacto positivo en el neurodesarrollo, al mejorar el coeficiente intelectual y disminuir el riesgo de déficit atencional y alteraciones de conducta.

TABLA 1. Porcentaje de disminución de riesgo de presentar patologías según tipo de LM
(adaptado de *Pediatrics* 2012)

Patología	Porcentaje de disminución de riesgo	Tipo de lactancia materna
Gastroenteritis	64	Cualquiera
Infecciones respiratorias altas	63	LME* > 6 meses
Infecciones respiratorias bajas	72	LME ≥ 4 meses
	77	LME ≥ 6 meses
Bronquiolitis por VRS	74	> 4 meses
Otitis media aguda	23	Cualquiera
	50	LME ≥ 3 o 6 meses
Otitis media aguda recurrente	77	LME ≥ 6 meses
Dermatitis atópica	27	> 3 meses, sin historia familiar
	42	> 3 meses, con historia familiar
Asma	26	≥ 3 meses, sin historia familiar de atopia
	40	≥ 3 meses, con historia familiar de atopia
Obesidad	24	Cualquiera
DM tipo 1	30	> 3 meses
DM tipo 2	40	Cualquiera
Leucemia	15-20	> 6 meses
Enterocolitis necrotizante	77	Leche humana exclusiva durante hospitalización en UCI
Enfermedad celíaca	52	> 2 meses, con exposición al gluten durante la LM
Enfermedad inflamatoria intestinal	31	Cualquiera

*LME: Lactancia materna exclusiva.

Fuente: Brahm, P. y Valdés, V. (2017). Beneficios de la lactancia materna y riesgos de no amamantar. *Revista Chilena de Pediatría*, 88(1), 7-14.
<https://doi.org/10.4067/S0370-41062017000100001>.



Pregunta de investigación

Propongan una pregunta de investigación exploratoria acerca de la lactancia materna. Algunos temas sugeridos son los siguientes:

- Composición de la leche materna y comparación con la leche de fórmula.
- Beneficios de la lactancia para la madre.
- Mecanismo hormonal que regula la producción de leche.
- Estadísticas de lactancia materna en Chile.

Recopilación de evidencias

Organicen el trabajo. Distribuyan las tareas tomando en cuenta el tiempo disponible.

Definan las fuentes que usarán para buscar información. Pueden recurrir a internet, pero asegurándose de consultar fuentes confiables. Otra posibilidad es entrevistar a personal médico (enfermeras, nutricionistas, neonatólogos, pediatras) del Cesfam o de un centro médico particular cercano.

Seleccionen, evalúen y organicen la información recabada. Una vez recopilada la información, elaboren a partir de ella tablas, gráficos, resúmenes esquemáticos, etc. Es importante que utilicen recursos visuales para hacer más comprensible y atractiva la información.

Conclusiones y discusión

Elaboren conclusiones a partir del análisis de los datos recopilados y considerando el problema de investigación. La redacción debe ser clara y breve, sin usar adjetivos que califiquen el trabajo.

En la discusión pueden referirse a la relevancia de esta temática; esbozar su visión a partir de la evidencia recopilada, y conectar con otros temas, de modo de plantear las relaciones que surjan.

Nueva pregunta e hipótesis

Consideren lo aprendido y propongan una nueva pregunta de investigación y una hipótesis que pueda ponerse a prueba a través de un procedimiento experimental o no experimental.

Comunicación

Redacten un artículo de divulgación científica en que describan y expliquen las etapas de la investigación. En el siguiente *link* encontrarán información de cómo hacerlo: <https://bit.ly/artículo-científico>. Finalicen con una presentación del trabajo al curso.

Evaluación

Con apoyo del profesor, evalúen el desempeño individual y colectivo. Luego, propongan tres aspectos por mejorar en un siguiente trabajo.

La reproducción asistida, una alternativa para la sociedad



En 1978, en Inglaterra, el médico obstetra británico Patrick Steptoe, junto al fisiólogo Robert Edwards y la embrióloga Jean Purdy, lograron el primer embarazo con técnicas de fecundación *in vitro*. Louise Joy Brown fue la primera «niña probeta» y nació el 25 de julio de 1978, generando gran impacto en la comunidad científica, al abrir la posibilidad de intervenir en el proceso reproductivo humano.

También se vio conmocionada la sociedad. «Las personas por primera vez tuvieron acceso a ser actores conscientes de los procesos biológicos con que se ponía en marcha su existencia material, y naturalmente ello concitó la concurrencia de las más variadas formas del saber. Así, las diferentes corrientes filosóficas, religiosas, biológicas y legales han intervenido con justa razón en el debate y en la reflexión sobre los efectos éticos y legales que este nuevo descubrimiento aporta a la comunidad». Esto motivó a que diversos actores de la sociedad participaran en normar éticamente la manera como se aplican estos avances científicos.

Las técnicas de reproducción asistida pueden clasificarse en dos grandes grupos: la fecundación *in vitro* con transferencia de los embriones al útero (FIV/TE) y la transferencia de gametos al oviducto (GIFT). En ambos procedimientos se estimula hormonalmente la maduración de ovocitos, los que se extraen del ovario mediante aspiración folicular. La diferencia está en dónde ocurre la fecundación. En la FIV/TE se produce en un medio de cultivo que simula el fluido del oviducto y los embriones resultantes son transferidos al útero. En la GIFT, ovocitos y espermatozoides se transfieren a un oviducto para que tenga lugar la fecundación.

A más de 40 años del nacimiento de Louise Joy Brown, se estima que unos 8 millones de niños y niñas han nacido en todo el mundo gracias a los métodos de fecundación asistida.

Fuente: Zegers, F. (s. f.). *Consideraciones médicas e implicancias ético-legales de la reproducción asistida en Chile*. Centro Interdisciplinario de Estudios en Bioética. Universidad de Chile. Consultado el 23 de octubre de 2020. <https://bit.ly/3jp1Ery>

1. ¿Qué ventajas presentan las técnicas de reproducción asistida para las parejas que experimentan problemas de infertilidad?, ¿cuáles podrían ser las desventajas?
2. Considerando este ejemplo, ¿cómo el desarrollo de la ciencia y la tecnología influye en el desarrollo de la sociedad?

Actividad final

Si bien la placenta produce hormonas por sí sola, no es un órgano independiente e involucra el eje hipotálamo-hipófisis materno. La tabla resume algunos resultados de investigaciones respecto de hormonas placentarias.

Hormona	Producida por	Función
Gonadotropina coriónica humana (hCG)	Blastocisto y placenta	Promover la angiogénesis (formación de vasos sanguíneos), la diferenciación trofoblástica, el envío de señales para favorecer la implantación. Favorecer la inducción de factores secundarios que permiten el estado gestacional.
Lactógeno placentario	Placenta	Ayudar al crecimiento fetal al influir en el metabolismo materno.
Prolactina	Hipotálamo y endometrio	Actuar en la diferenciación celular, la regulación del crecimiento trofoblástico, la angiogénesis y la regulación inmune.
Relaxina	Placenta	Favorecer la relajación del cuello uterino para facilitar su dilatación en el parto.
Activina e inhibina	Placenta	Regular la hormona folículo-estimulante (FSH).
Hormona del crecimiento placentario	Placenta	Estimular el paso de nutrientes a través de la placenta.

Fuente: Rodríguez-Cortés, Y. y Mendieta, H. (2014). La placenta como órgano endocrino compartido y su acción en el embarazo normoevolutivo. *Medicina e Investigación*, 2: 28-34. doi: 10.1016/S2214-3106(15)30025-X.

1. Explica qué relevancia tiene el normal funcionamiento de la placenta durante el embarazo.
2. Relaciona con lo aprendido en la unidad anterior respecto del mecanismo de acción hormonal: ¿cómo la producción de hormonas permite regular procesos de la gestación?

¿Cómo voy?

Evaluación de proceso y progreso

Aplica lo aprendido para responder las siguientes preguntas:

1. Explica el objetivo de la fecundación. Utiliza el concepto de información genética.
2. ¿Por qué la gestación se divide en desarrollo embrionario y fetal? ¿Cuál es la principal característica de cada etapa?
3. Fundamenta la importancia del cordón umbilical durante la gestación.
4. Argumenta por qué es tan importante que la madre tenga una alimentación apropiada y, en general, una vida saludable durante el embarazo y la lactancia.



¿Cómo aprendo?

- ¿Me sirvió lo que sabía sobre estructuras del sistema reproductor femenino y sus funciones para entender los procesos de fecundación e implantación?, ¿por qué?
- ¿Pude relacionar lo que sabía sobre gametos y ciclo sexual femenino para comprender esta lección?, ¿por qué?
- ¿Cuáles son los principales aprendizajes que logré en esta lección?

Lección 3

¿Cómo vivir una sexualidad responsable y segura?

Desde que una pareja heterosexual comienza su actividad sexual, existe la posibilidad de un embarazo. Si no es lo que desean, es importante que escojan **métodos de control de la fertilidad** apropiados para ellos.

Las parejas que deciden tener hijos también recurren a dichos métodos, para programar cuántos hijos tener y cuándo. Esta acción voluntaria se denomina **planificación familiar**.

Existen métodos de control de la fertilidad naturales y otros artificiales.



Tipos de métodos naturales de control de la fertilidad

Método de calendario

Se establece el período fértil de la mujer, según el ciclo reproductivo y **no** se tienen relaciones sexuales durante este.

Método Billings

Se observa la consistencia del moco cervical, que se vuelve transparente y viscoso al aproximarse la ovulación, y espeso y opaco en los períodos no fértiles.

Método de temperatura basal

Se basa en que existiría un alza de 0,5 °C en la temperatura corporal producto de la ovulación. El período fértil abarca unos días antes y unos días después de dicho *peak*.

Método sintotérmico

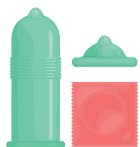
Combina los métodos de temperatura basal y Billings para establecer el período de fertilidad.

Tipos de métodos artificiales de control de la fertilidad

De barrera

Impiden contacto entre el ovocito y los espermatozoides.

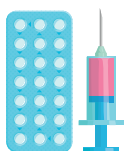
Condón masculino y femenino, diafragma (con o sin espermicida).



Hormonales

Impiden la ovulación.

Píldoras, implantes, inyecciones, anillo vaginal, parches.



Quirúrgicos

Impiden el encuentro de los gametos.

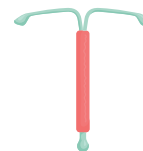
Vasectomía (hombre); oclusión de oviductos (mujer).



Mecánicos

Dificultan el encuentro de los gametos.

Dispositivos intrauterinos (con o sin hormonas).



¿Qué relación existe entre los métodos anticonceptivos y la propagación de las ITS?

Además de evitar embarazos no deseados, otra forma de vivir una sexualidad segura es previniendo el contagio de ITS (infecciones de transmisión sexual), de las cuales la más peligrosa es el VIH/SIDA.

Si bien la prevención de ITS no es el objetivo de los métodos de control de fertilidad, uno de ellos, el condón, ha demostrado ser una de las técnicas con mejores resultados en la disminución de la propagación de estas enfermedades, cuando es usado en todas las relaciones sexuales y de forma correcta.

PAÍS DOCTOR 13.04.2018 / 06:41

Doctor Sandoval: «Los jóvenes se cuidan del embarazo, pero no de las enfermedades de transmisión sexual»

Los casos de contagio de VIH aumentaron un 96 % en siete años.

Ante el explosivo aumento en las cifras del contagio de VIH en Chile (...), el doctor Jorge Sandoval, gineco-obstetra infanto-juvenil del Hospital Clínico de la Universidad de Chile, comentó a CNN Chile que «hemos visto que el grupo de mayor cantidad de aumentos de la infección son los menores de 30 años, esto está directamente relacionado con el tema de educación sexual». En relación con cómo es vista la enfermedad por la sociedad, el especialista indicó que «en esa época el VIH resultaba un problema importante porque era una enfermedad que en ese tiempo se veía mortal; con la aparición de las terapias actuales prácticamente cambiamos el perfil de la enfermedad, lo que cambió la percepción de riesgo».

Fuente: CNN. (2018, 13 de abril). Doctor Sandoval: *Los jóvenes se cuidan del embarazo, pero no de las enfermedades de transmisión sexual*. CNN Chile.
<https://bit.ly/31Cwk2J>

MINISTERIO DE SALUD

16 de julio de 2019

Informe de ONUSIDA 2019: El 87 % de las personas que viven con VIH en Chile han sido diagnosticadas

El Programa Conjunto de las Naciones Unidas sobre el VIH/SIDA (ONUSIDA) presentó el reporte mundial sobre el VIH 2019 (con datos reportados por los países en 2018). En relación con Chile, indica que 71 mil personas en el país viven con VIH, lo que implica un aumento de cuatro mil personas respecto al 2017, cuando se registraron 67 mil.

Del universo de personas que viven con VIH, 61 660 han sido diagnosticadas. Además, 45 140 de las personas que viven con VIH reciben tratamiento, es decir, 6 140 más que el año anterior, pasando de 39 mil en 2017 a 45 140 en 2018.

Fuente: MINSAL. (2019, 16 de julio). *Informe de ONUSIDA 2019: El 87 % de las personas que viven con VIH en Chile han sido diagnosticadas*.

MINSAL. <https://bit.ly/3jhN59i>

¿Qué sé? Evaluación inicial

Analiza la información de estas páginas. Luego, responde.

1. ¿Qué entiendes por regulación de la fertilidad?, ¿cuál es su objetivo?
2. ¿En qué se diferencian los llamados métodos naturales de los artificiales?
3. Clasifica los métodos artificiales en reversibles e irreversibles.
4. Considerando las dos fuentes citadas sobre la propagación del VIH, ¿qué razones explican su aumento en los últimos años? ¿Ocurrirá lo mismo con otras ITS?

¿Cuál es la efectividad de los métodos de regulación de la fertilidad?

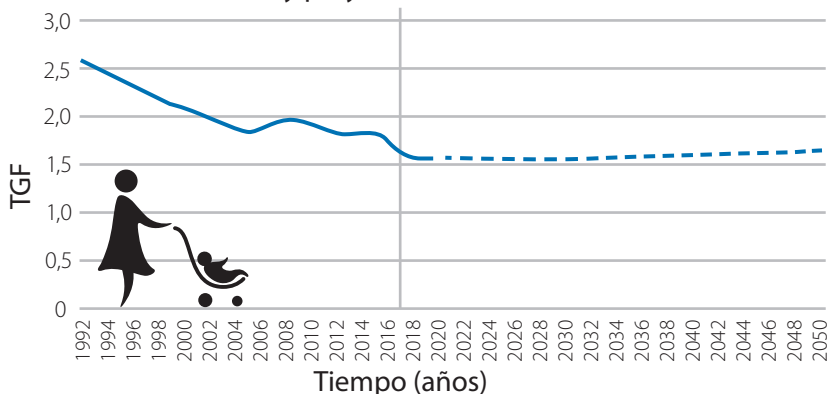
Focaliza



Analiza el gráfico 2.
Luego, responde.

1. ¿Cómo piensas que ha influido en estos resultados la disponibilidad de métodos de regulación de la fertilidad?
2. Infiere qué factores llevarán a las personas a decidir tener menos hijos.

GRÁFICO 2 Tasa global de fecundidad (TGF) estimada y proyectada, 1992-2050



Fuente: Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas. (2018, diciembre). Estimaciones y proyecciones de la población de Chile 1992-2050. Total país. Autor. <https://bit.ly/3mV0aJT>

Explora



Analiza la tabla 2. El **uso correcto** y consistente se refiere a la forma apropiada de utilizar cada método, sin variaciones en el tiempo. El **uso típico** es lo que las personas hacen, en promedio.

1. ¿Qué métodos tienen mayor eficacia en la prevención de embarazos si se usan correctamente.?
2. Plantea una hipótesis que explique por qué los métodos hormonales y quirúrgicos tienen mayor eficacia que los de barrera.
3. ¿Qué función científica cumplen los datos «sin método»?

TABLA 2. Tasa de embarazos por cada 100 mujeres en los primeros 12 meses de uso

Método anticonceptivo	Uso correcto y consistente	Uso típico
Implantes de progestágeno solo	0,05	0,05
Vasectomía	0,10	0,10
Inyectables combinados	0,10	3,00
Esterilización femenina (ligadura de trompas)	0,50	0,50
Dispositivo intrauterino liberador de levonorgestrel	0,20	0,20
Dispositivo intrauterino TCU 380A	0,60	0,80
Anticonceptivos combinados orales	0,10	6,00-8,00
Anillo vaginal combinado y parche transdérmico combinado	0,50	6,00-8,00
Anticonceptivos orales de progestágeno solo (sin lactancia)	0,50	6,00-8,00
Condón masculino	2,00	15,00
Coito interrumpido	4,00	19,00
Diafragma con espermicida	6,00	16,00
Abstinencia periódica <i>métodos naturales</i>	1,00-9,00	25,00
Condón femenino	5,00	21,00
Espermicidas	18,00	29,00
Sin método	85,00	85,00

0-1 Muy efectivo; 2-9 Efectivo; 10-30 Menos efectivo

Fuente: Ministerio de Salud. (2017). Normas nacionales sobre regulación de la fertilidad. Autor. <https://bit.ly/2HpqWbU>

Reflexiona

Los **métodos naturales** se basan en evitar las relaciones sexuales durante el período fértil de la mujer. Por ello, requieren que el ciclo reproductivo femenino sea regular, y de un tiempo de aprendizaje para identificar los días de abstinencia. Los más conocidos son: el método del calendario, el método de la temperatura basal y el método de Billings.

Los **métodos artificiales** usan distintos mecanismos. Los hormonales impiden la ovulación, mientras que

los de barrera o mecánicos impiden o dificultan el encuentro de los gametos, evitando la fecundación.

Los métodos naturales y casi todos los métodos artificiales tienen la opción de ser suspendidos cuando la persona lo desee, pudiendo recuperar su fertilidad. Los métodos quirúrgicos constituyen excepciones, puesto que son prácticamente irreversibles, tanto para hombres como para mujeres.

Según datos de la OMS, las complicaciones durante el embarazo y el parto constituyen la segunda causa de muerte en jóvenes de 15 a 19 años en el mundo. Los riesgos médicos asociados con el embarazo precoz, como la patología hipertensiva, anemia, parto prematuro y desnutrición del recién nacido, son factores que incrementan la morbilidad y mortalidad materna e infantil.

Analiza los gráficos 3 y 4. Luego, responde las siguientes preguntas:

1. ¿En qué año se produjeron más nacimientos en madres de entre 15 y 19 años?
2. ¿Cómo ha variado la tasa de nacimientos en madres menores de 15 años en las últimas décadas?
3. ¿Cuántos nacimientos de niños de madres adolescentes se produjeron en el último año del estudio?
4. ¿Cuán alarmantes consideras que son los datos presentados en los gráficos?

GRÁFICO 3 Hijos de madres de 15 a 19 años

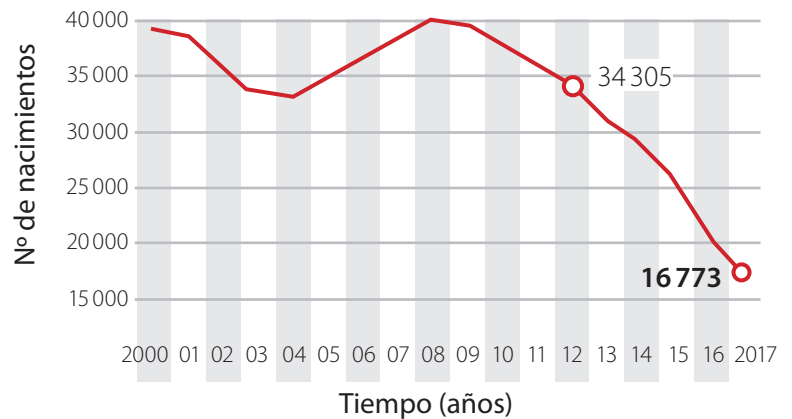


GRÁFICO 4 Hijos de madres menores de 15 años



Fuente: Sandoval, G. (2018, 11 de noviembre). Embarazo adolescente en Chile sigue a la baja y cae a la mitad desde 2012. La Tercera. <https://bit.ly/3dNvu88>

Investigo

Busca información actual sobre métodos hormonales de regulación de la fertilidad para hombres. ¿Cómo actúan? ¿Qué resultados de uso se han obtenido?



Aplica

1. ¿A qué atribuyes el aumento del contagio del VIH? ¿Cuáles piensas que son las causas de la disminución del embarazo adolescente?
2. Explica por qué es importante ser responsables no solo en el control de la fertilidad, sino también en la prevención de ITS.

Ciencia en Chile

Instituto Chileno de Medicina Reproductiva (ICMER)

La misión del Instituto Chileno de Medicina Reproductiva (ICMER) es conocer y comprender los factores que intervienen en la salud sexual y reproductiva, la reproducción humana y la salud materno-infantil para así mejorar la salud y el bienestar de las personas.

La investigación científica y tecnológica llevada a cabo en este centro abarca, esencialmente, el área de métodos de planificación familiar junto con otros temas de salud sexual y reproductiva. Uno de los principales compromisos de ICMER con la ciudadanía es traducir sus investigaciones en cambios de políticas públicas y programas de salud sexual y reproductiva del país.

Junto con lo anterior, destaca el aporte de servicios clínicos de calidad a la población de escasos recursos, la capacitación y la difusión de la información, como parte de las actividades que realiza esta institución.

Fuente: Instituto Chileno de Medicina Reproductiva. (s. f). Perfil institucional. ICIMER. <https://bit.ly/328sU89>



- Explica qué te parecen la misión e iniciativas del Instituto Chileno de Medicina Reproductiva (ICMER).

Protagonistas de la ciencia

Horacio Croxatto es doctor en Medicina en la Facultad de Medicina de la Universidad Católica de Chile y doctor en Neuroendocrinología en el National Institute of Health de la Universidad de California en Los Ángeles. Es considerado uno de los principales expertos mundiales en anticoncepción de emergencia. En 1967, junto con Sheldon Segal, creó el método anticonceptivo por implantes dérmicos, el que alcanzó un alto nivel de efectividad. En 2016, recibió el Premio Nacional de Ciencias Aplicadas y Tecnológicas por su contribución al desarrollo de importantes métodos de control de la fertilidad que han revolucionado el campo de la reproducción humana y beneficiado a millones de personas. Dentro de sus características, destacan su empuje y su capacidad para traducir sus hallazgos científicos en aplicaciones clínicas. Además, ha contribuido ampliamente a la formación de profesionales e investigadores destacados en Chile.

Fuente: Sociedad Chilena de Obstetricia y Ginecología (2016). Dr. Horacio Croxatto Avoní gana el Premio Nacional de Ciencias Aplicadas y Tecnológicas 2016. <https://bit.ly/3tILC42>



- ¿Cómo podrías explicar que la investigación en reproducción humana y anticoncepción beneficia a millones de personas en el mundo?

Actividad final

Ser padres puede darse planificadamente o no. Sin embargo, una vez que las personas se convierten en madres y padres deben hacerlo de una forma responsable. Uno de los aspectos que deben tener en cuenta son los derechos del niño.

Lee y comenta cada uno de los derechos incluidos en el póster.

1. ¿Cuáles de ellos te parecen más importantes?
2. ¿Qué derechos han sido fundamentales para ti en tu experiencia como niño o niña?
3. Además de los padres, ¿quiénes más deben velar por el cumplimiento de los derechos del niño? Comenten en grupo y registren sus respuestas.



¿Cómo voy?

Evaluación de proceso y progreso

Responde las siguientes preguntas para que puedas evaluar tus aprendizajes durante la lección:

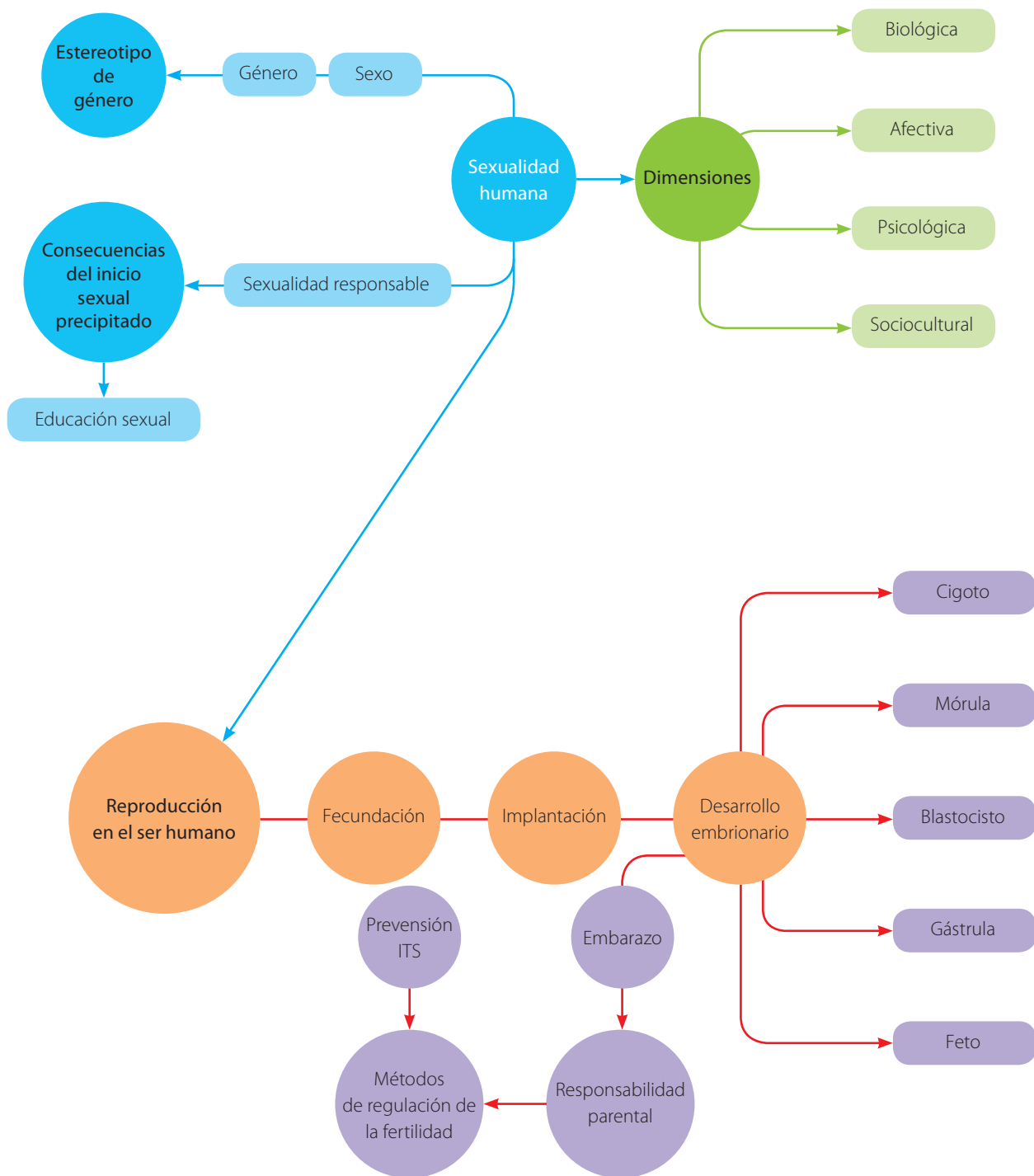
1. Compara y establece dos diferencias entre los métodos naturales y artificiales de regulación de la fertilidad. Ejemplifica en cada caso.
2. Selecciona y fundamenta los que, a tu juicio, son los tres mejores métodos de control de la fertilidad.
3. Representa con un cómic o un texto breve una situación que ejemplifique los beneficios de la paternidad o maternidad responsable. Luego, compártelo con tus compañeros y discutan en un ambiente de respeto.
4. Explica y fundamenta la relación entre paternidad y maternidad responsables con el control de la fertilidad.

¿Cómo aprendo?

- ¿Qué conocía acerca del tema de la lección? ¿Qué nuevos aprendizajes he adquirido?
- ¿Soy capaz de explicar cómo se controla la fertilidad, y el sentido de hacerlo?
- ¿Qué importancia tiene para mi vida lo aprendido en la lección?

Síntesis

Analiza el siguiente esquema mental que relaciona los principales temas trabajados en esta unidad. Luego, responde lo que se solicita.



1. ¿Cuál es la relación entre sexualidad y reproducción en el ser humano?
2. ¿Por qué están conectados los conceptos de embarazo, responsabilidad parental y métodos anticonceptivos?
3. ¿Qué conexión existe entre el sexo, el género y el estereotipo de género?

Repaso mis aprendizajes

Desarrolla las actividades para poner en práctica lo que has aprendido y diversas habilidades cognitivas.

1. Explica por qué se dice que la sexualidad es un derecho universal.
2. Explica y ejemplifica la manifestación de las dimensiones afectiva, biológica y psicológica de la sexualidad en situaciones cotidianas. Puedes realizar una descripción escrita o gráfica.
3. Compara los procesos de segmentación y gastrulación del embrión, indicando dos semejanzas y dos diferencias.
4. Sintetiza los eventos involucrados en la formación de un nuevo ser humano, desde la fecundación hasta el nacimiento. Puedes hacerlo de manera escrita o gráfica.
5. Identifica los principales cuidados que debe tener una mujer durante el período de amamantamiento.
6. Fundamenta qué papel debiera cumplir, a tu juicio, el padre durante este período.
7. Argumenta qué opinión tienes sobre los beneficios de extender los períodos de permiso laboral posnatal de hombres y mujeres.
8. Lee la siguiente información relacionada con investigaciones científicas. Luego, desarrolla lo solicitado.

Las técnicas actuales para mantener con vida a los bebés que nacen de forma prematura difícilmente funcionan cuando estos tienen menos de 27 semanas de gestación, debido a la inmadurez de sus pulmones. En 2016, científicos de la Universidad de Michigan, en Estados Unidos, desarrollaron una placenta artificial que podría mantener con vida a los niños nacidos desde las 24 semanas de gestación.

- a. Identifica las funciones que debe cumplir la placenta artificial para mantener con vida a los bebés prematuros.
 - b. Reconoce el problema que los investigadores buscaron resolver con su investigación.
9. Lee la información vinculada con una investigación científica sobre la relación que existe entre la duración de la lactancia materna y la obesidad infantil en niños de cinco a seis años. A partir de tus conocimientos y del análisis de la tabla, desarrolla las actividades propuestas.
 - a. Construye un gráfico que represente los datos de la tabla.
 - b. Interpreta la evidencia y formula una hipótesis para explicar la relación entre la duración de la lactancia materna y los porcentajes de sobrepeso y obesidad.

TABLA 3. Relación entre la duración de la lactancia materna y la obesidad infantil (niños de 5 a 6 años)	
Duración de la lactancia materna (meses)	Niños con obesidad y sobrepeso (%)
Menos de 1	17
1 a 2	15
3 a 5	11
6 a 12	9
Más de 12	6

10. En parejas, visiten a una o más familias que tengan un bebé e investiguen los cuidados que deben darle para satisfacer sus necesidades y garantizar su bienestar. Reúnan la información mediante diferentes métodos, como entrevistas, observación directa o diarios de campo. Analicen la información recopilada y comuniquen su investigación al resto del curso. Luego, reflexionen en torno a estas preguntas:
 - a. ¿Qué requisitos o cualidades debe reunir una persona para hacerse cargo de un bebé?
 - b. Fundamenten si un adolescente estaría preparado para asumir esa responsabilidad.
11. Fundamenta por qué los métodos de regulación de la fertilidad más seguros son los hormonales.
12. Reconoce qué método de regulación de la fertilidad sirve además para prevenir ITS.
13. Observa la siguiente tabla, en la que se presenta la incidencia de casos de VIH/SIDA en Chile, según sexo:

TABLA 4. Nuevos casos de VIH/SIDA por año y sexo. Chile 2010 – 2018									
Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Hombres	2416	2572	2836	3426	3457	3750	4288	5004	5749
Mujeres	440	448	445	553	594	526	615	812	1199
Total*	2982	3159	3395	4014	4080	4307	4927	5816	6948

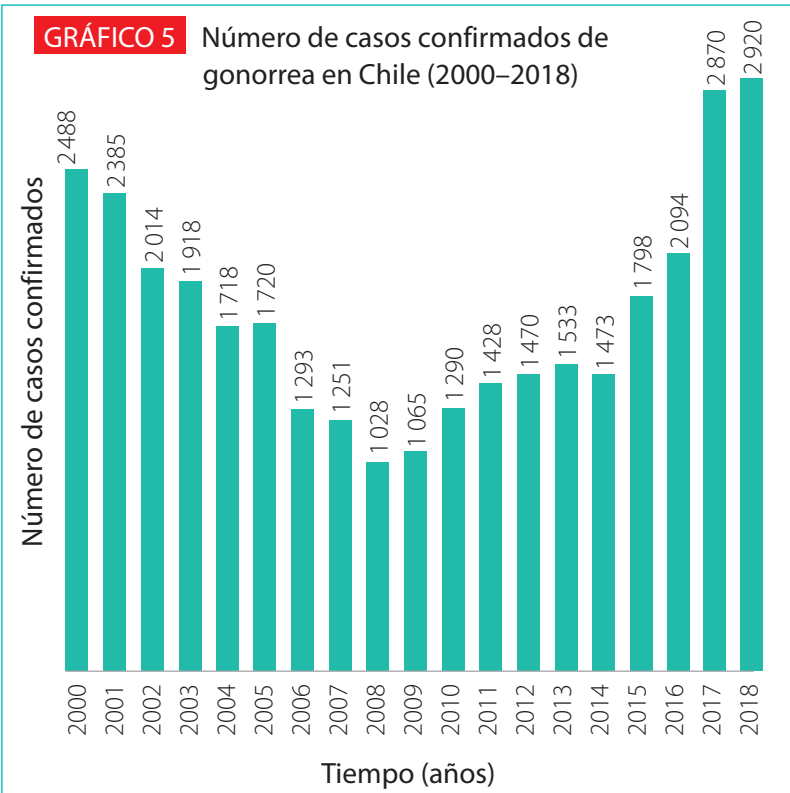
*Incluye casos notificados sin dato respecto a género.

Fuente: Goldstein, E. (2019, 2 de abril). *Evolución de VIH/SIDA en Chile y países seleccionados de América Latina* [Asesoría técnica parlamentaria]. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. <https://bit.ly/3nkRfiW>

- a. ¿Entre qué años se produjeron menos casos de VIH/SIDA?
 - b. ¿Cómo ha variado la diferencia de nuevos casos entre hombres y mujeres a lo largo de los años?
14. Analiza la información y el gráfico; luego, responde las preguntas planteadas.

La gonorrea es una infección de transmisión sexual (ITS) y se produce cuando la bacteria *Neisseria gonorrhoeae* infecta distintos tipos de mucosas, incluyendo la uretra en el hombre y el cuello uterino, la vulva y la vagina en la mujer. También puede infectar el recto y la faringe. La principal vía de contagio son las relaciones sexuales **no** protegidas y el parto, afectando a los recién nacidos.

- a. Describe lo ocurrido con el número de casos de personas infectadas entre los años 2000 y 2018.
- b. Formula una hipótesis para explicar el aumento de casos de gonorrea a partir de 2010.

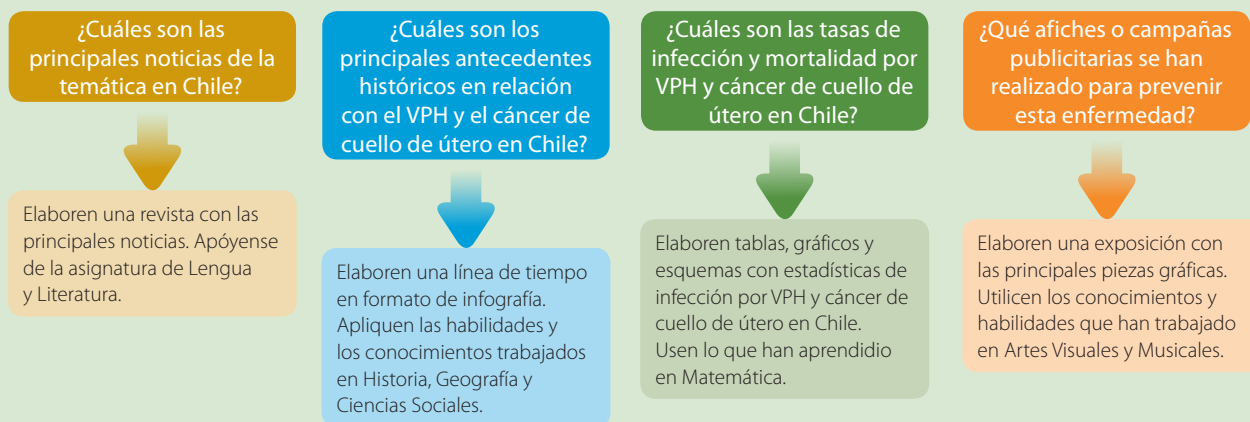


¿Por qué es importante conocer el virus del papiloma humano y las consecuencias de su contagio?

El virus del papiloma humano (VPH) es la principal causa del cáncer de cuello uterino. La aparición de esta enfermedad es más frecuente entre los 35 y los 55 años, y las personas con más riesgo de infectarse son adolescentes y menores de 25 años. Por ello, se recomienda la vacunación a temprana edad, así como la utilización de métodos de protección de barrera como condones masculinos y femeninos.

Planificación y ejecución

Cada integrante del grupo se hará cargo de una de las áreas de investigación, considerando la preparación del material y la comunicación. Necesitarán del apoyo de otras asignaturas.



Con la ayuda del profesor, distribuyan el trabajo y comiencen la búsqueda de información. Recuerden mencionar todas las fuentes de información utilizadas. Cuando finalicen, presenten el trabajo a otros cursos y niveles de su escuela.

<https://bit.ly/papiloma-tipos>

<https://bit.ly/VPH-cifras-Chile>

<https://bit.ly/última-campaña>

Gran idea

La Gran idea de la ciencia que esta unidad contribuye a desarrollar es: «La información genética se transmite de una generación de organismos a la siguiente». Sin embargo, al estudiar los contenidos aprendiste que la reproducción humana es mucho más que el aspecto biológico.

¿Cómo los aspectos de la sexualidad nos diferencian de otras especies animales en el ámbito de la reproducción?

Para finalizar

Vuelve a leer la pregunta que da inicio a la unidad y elabora una respuesta lo más completa posible, considerando todo lo que has aprendido.

¿Qué es el estudio de la herencia y qué aplicaciones tecnológicas tiene?

Celestina
(*Zephyra elegans*)

Pata de guanaco
(*Calandrinia cachelensis*)

La imagen de fondo corresponde al fenómeno del desierto florido que ocurre eventualmente en la Zona Norte de Chile. Se muestran, además, cuatro especies distintas de plantas que crecen allí.

Si estuvieras en este lugar, ¿cómo distinguirías las plantas que pertenecen a una misma especie?, ¿en qué aspectos se parecerían y en qué podrían diferenciarse de otras?

Gran idea

«La información genética se transmite de una generación de organismos a la siguiente».

1. ¿Qué es la información genética? ¿Qué proceso permite que esta se transmita de una generación de organismos a la que sigue?
2. ¿Por qué los seres vivos con reproducción sexual, como las plantas de la fotografía, presentan variabilidad?
3. ¿Qué relación hay entre la variabilidad y la evolución en los seres vivos?

Añañuca roja
(*Rodhophiala phycelloides*)



Flor de jote
(*Argylia radiata*)



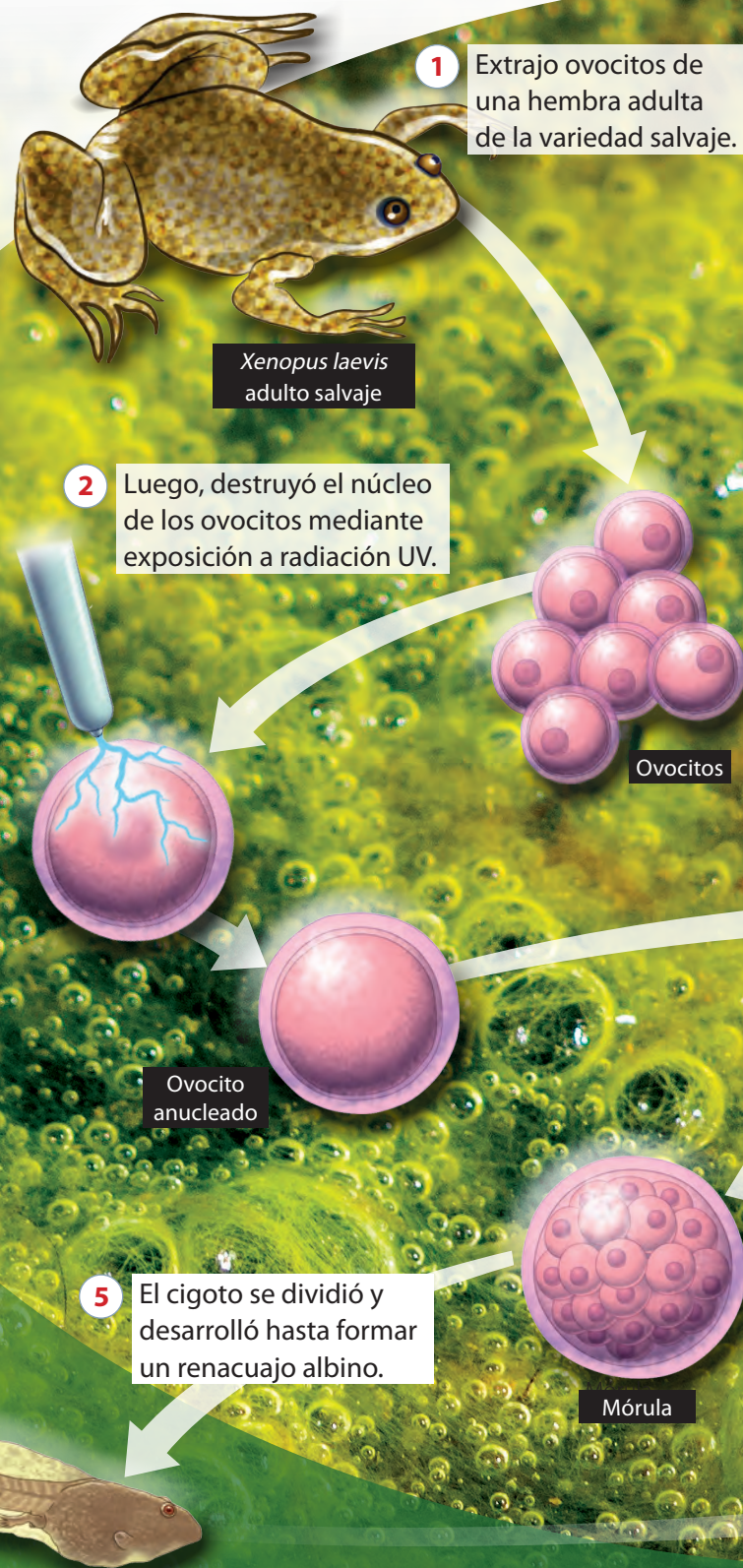
Lección 1

¿Cómo se transmite la información genética a nivel celular?

En 19030, el biólogo alemán Joachim Hämmerring demostró que en organismos unicelulares como algunas algas, la información genética se almacena en el núcleo celular.

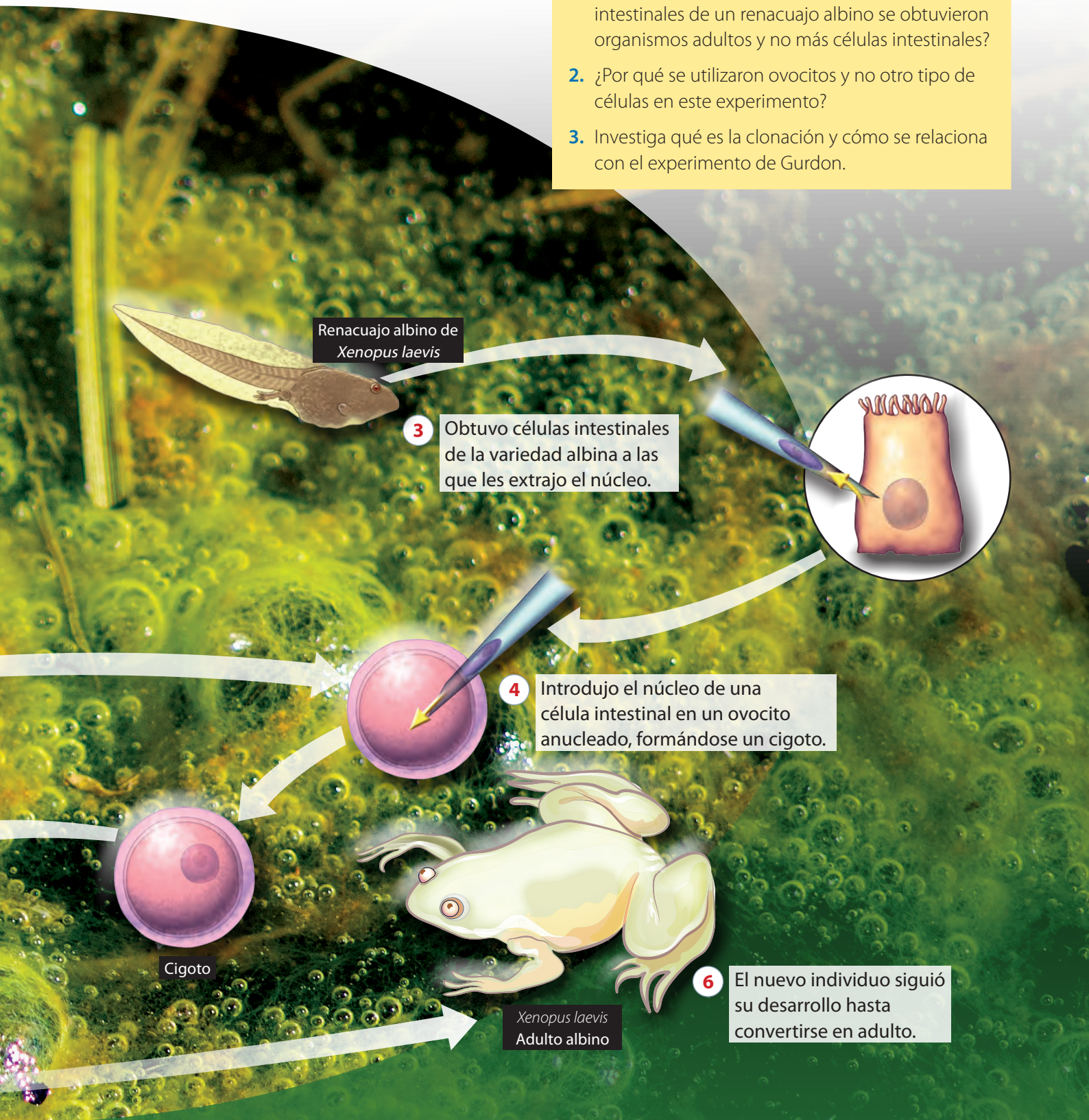
Sin embargo, la comunidad científica de esa época pensaba que las células de los organismos pluricelulares eliminaban información genética para diferenciarse, por lo que no aplicaba lo descubierto por Hämmerring.

En 1960, el investigador inglés John Gurdon realizó un experimento que evidenció que las células no pierden información genética durante su diferenciación, sino que el material genético presente en los núcleos conserva la capacidad para generar todas las estructuras del adulto. En su experimento, Gurdon utilizó dos variedades de la rana africana *Xenopus laevis*: una de piel verde (rana salvaje) y otra de piel blanca (rana albina).



A partir de la información de estas páginas, responde:

1. ¿Por qué a partir de núcleos de las células intestinales de un renacuajo albino se obtuvieron organismos adultos y no más células intestinales?
2. ¿Por qué se utilizaron ovocitos y no otro tipo de células en este experimento?
3. Investiga qué es la clonación y cómo se relaciona con el experimento de Gurdon.



¿Qué ocurre en la vida de una célula?

Focaliza



La división celular mitótica permite obtener dos células genéticamente idénticas respecto de la célula original, conservando, por lo tanto, la información genética. ¿Qué importancia tiene la herencia de los caracteres en la reproducción de un organismo unicelular como el paramecio de la imagen?

Explora



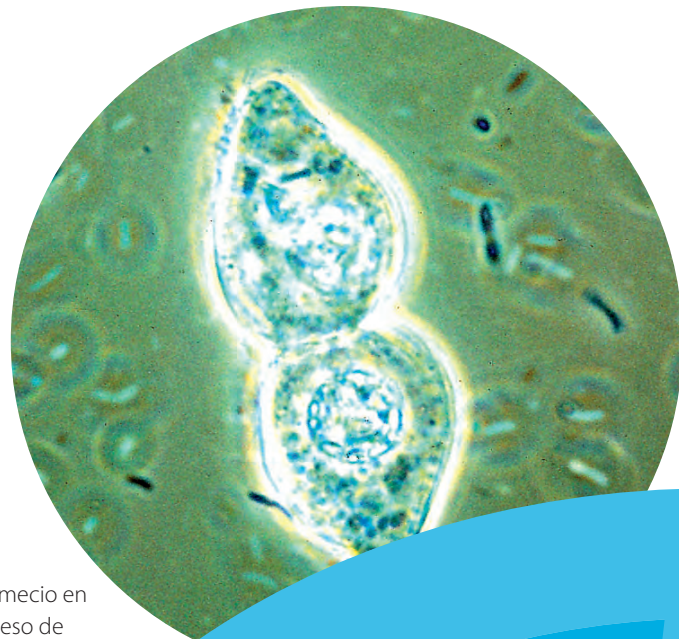
La división mitótica tiene un rol importante para los organismos unicelulares, pues les permite reproducirse. En el caso de los organismos pluricelulares, les facilita crecer al aumentar el número de sus células, desarrollarse, regenerar tejidos o reparar aquellos que están dañados.

Reflexiona

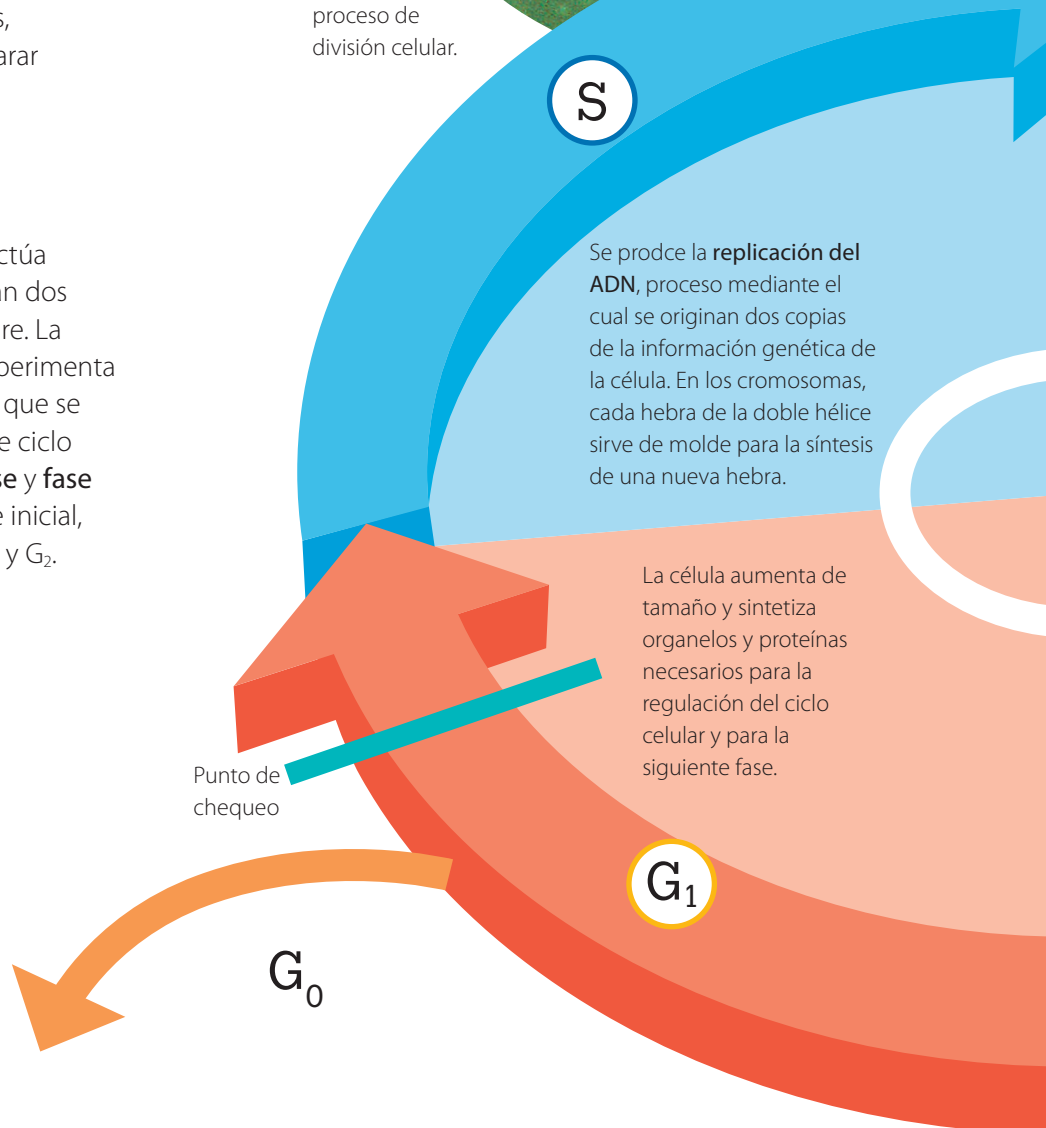


La reproducción de las células se efectúa mediante división celular y se originan dos células hijas idénticas a la célula madre. La secuencia de modificaciones que experimenta una célula desde que se forma hasta que se divide se denomina **ciclo celular**. Este ciclo consta de dos grandes fases: **interfase** y **fase de división (M)**. La interfase es la fase inicial, que comprende tres subetapas: G_1 , S y G_2 .

Algunos tipos de células, al alcanzar la madurez, salen del ciclo celular y dejan de dividirse. Este estado se denomina G_0 y las células pueden permanecer en él temporal o permanentemente.



► Paramecio en proceso de división celular.



Control del ciclo celular y cáncer. Diversas alteraciones o mutaciones en genes que regulan el ciclo celular pueden producir pérdida del control de este. Si un grupo celular prolifera a mayor velocidad que la necesaria, se puede convertir en un tumor. Entre los genes cuya falla incide en la generación de tumores se encuentran:

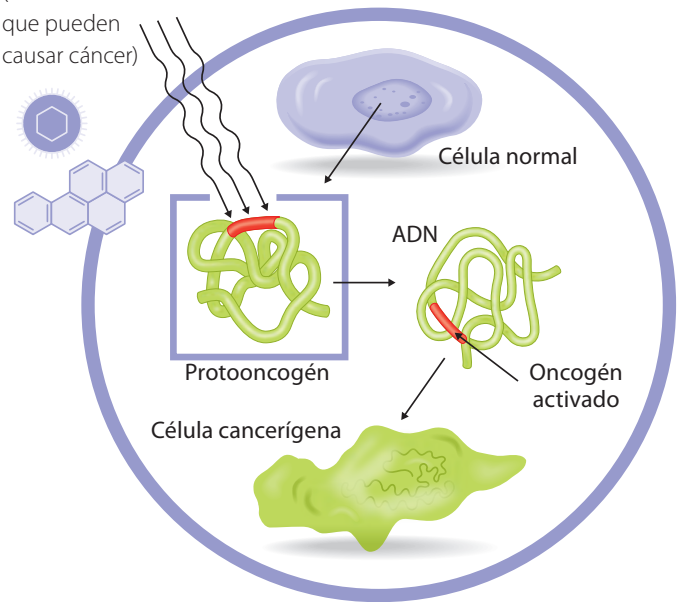
- **Genes supresores de tumores.** Detienen el ciclo en los puntos de chequeo hasta que se ajuste alguna falla. Si una mutación los «desactiva», la célula prolifera descontroladamente.
- **Protooncogenes.** Promueven el ciclo celular. Frente a algunas mutaciones se «activan» y se transforman en oncogenes, aumentando la tasa de proliferación celular.



Mutación de un protooncogén a un oncogén

Agentes carcinógenos

(inducen mutaciones que pueden causar cáncer)



En los **puntos de chequeo** la célula «verifica» si el proceso se desarrolla sin errores, antes de continuar a la siguiente etapa.

Aplica

1. Considera lo que has aprendido hasta ahora sobre transmisión de información genética en la división celular para explicar lo que ocurre cuando una célula cancerosa se divide.
2. Averigua qué factores a los que estamos expuestos pueden generar alteraciones en la regulación del ciclo celular y provocar tumores. Elabora una lista de medidas de protección contra estos factores.

¿Cómo se dividen las células en la etapa M?

Focaliza



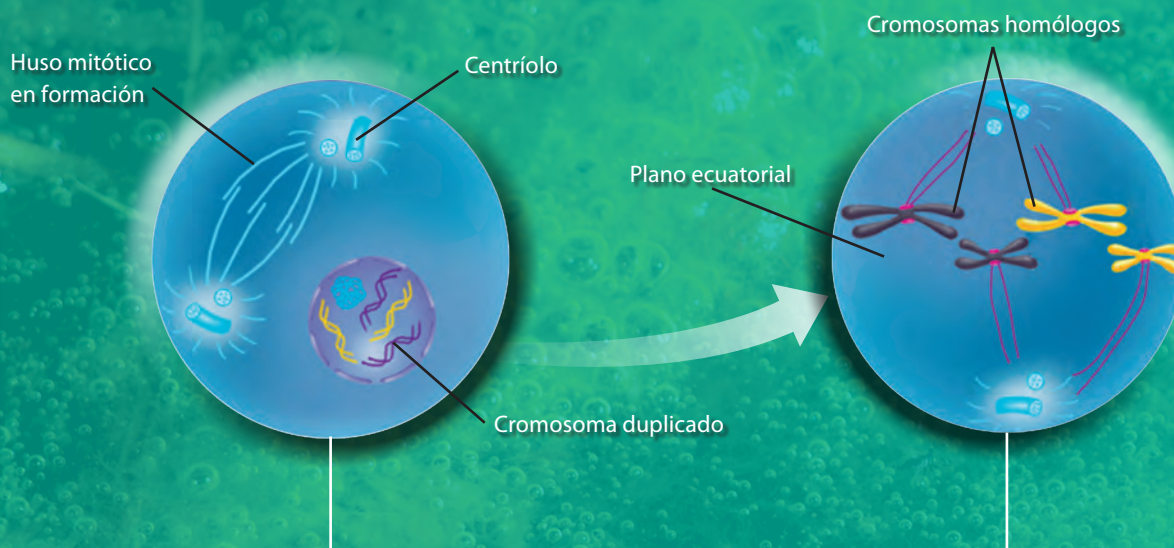
Revisa el esquema del ciclo celular de las páginas anteriores. ¿Qué etapas incluye la fase M? ¿Cuál es la fase previa y qué ocurre en ella con el ADN?

Explora

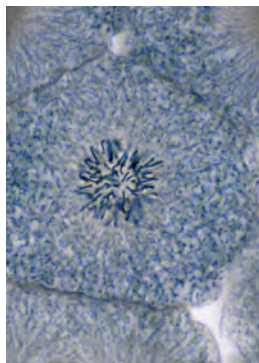


Cuando las células están en interfase son **diploides**, pues poseen los dos cromosomas de cada par homólogo, lo que se representa como « $2n$ ». A continuación, podrás conocer lo que ocurre en las células en la fase M del ciclo celular.

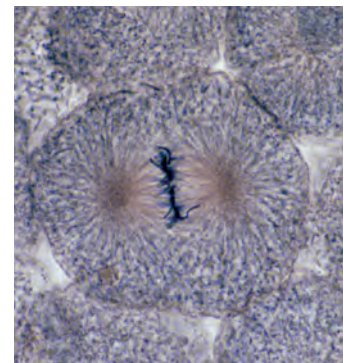
La secuencia esquemática de estas páginas muestra las etapas principales de la fase M del ciclo celular. Las descripciones van acompañadas con fotografías de células embrionaria de un pez.



Profase. El nucléolo se desintegra y, a continuación, el ADN duplicado comienza a condensarse formando cromosomas con dos cromátidas hermanas. Hacia el final de esta etapa, la envoltura nuclear comienza a desintegrarse.



Metafase. Los cromosomas se ubican en el plano ecuatorial de la célula y su condensación es máxima, por lo que adquieren su forma más conocida.



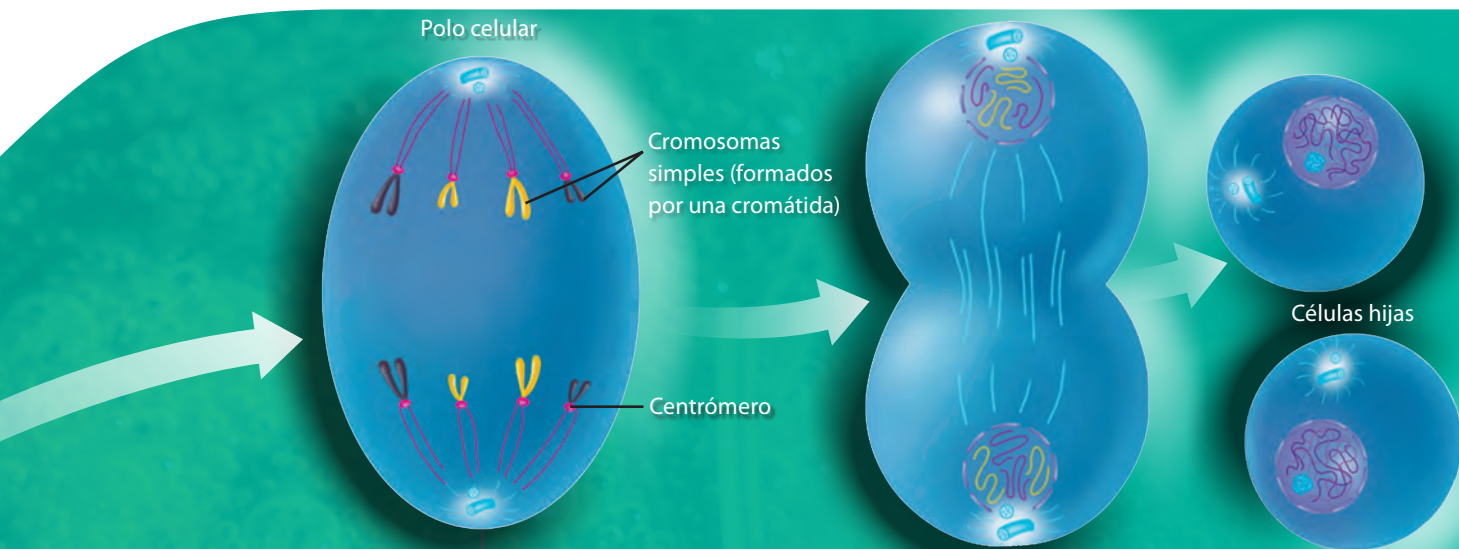
Comparo y describo

Observa las fotografías reales de cada etapa de la mitosis y compáralas con su representación esquemática. ¿Por qué crees que en ciencias son necesarios los esquemas o diagramas para transmitir información? ¿Qué ventajas tiene analizar una imagen real después de comprender un esquema?

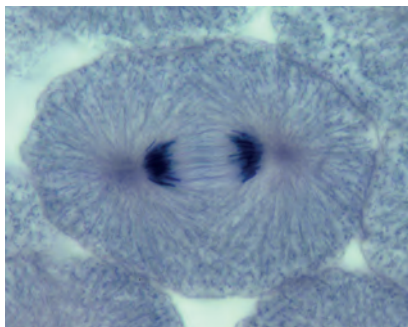


Reflexiona

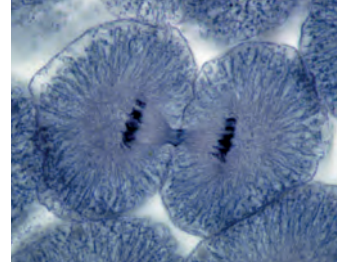
En eucariontes, la mayor parte de la información genética está contenida en el núcleo. La reproducción de las células, por tanto, involucra la división de este y la transmisión de su información a los núcleos que se crean (mitosis). Además, con la división del citoplasma o citoquinesis se forman las células hijas.



Anafase. Los cromosomas duplicados se separan y las cromátidas migran hacia los polos opuestos de la célula, traccionadas por proteínas del huso mitótico.



Telofase. La migración a los polos de la célula finaliza y se comienzan a formar los nuevos núcleos. Simultáneamente empieza a producirse la **citoquinesis**, donde se separan el citoplasma y la membrana, originándose dos nuevas células.

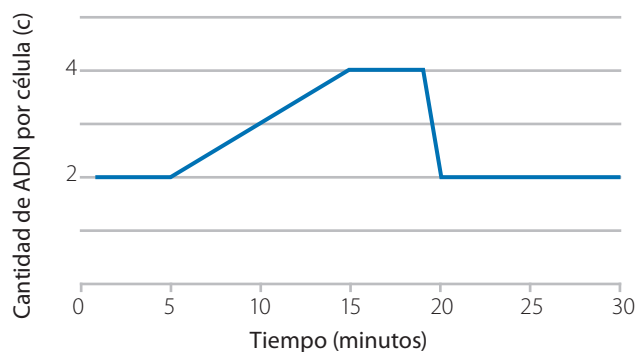


Aplica

Se midió la cantidad de ADN en células que se reproducían por mitosis. Los resultados se ilustran en el gráfico 2.

1. ¿En qué etapa del ciclo celular se encuentran las células entre los minutos 5 y 15? ¿Qué importancia tiene este proceso?
2. ¿Qué ocurrió con el material genético de las células justo antes del minuto 20? ¿A qué dio origen este proceso?
3. Compara la cantidad de ADN de las células madres e hijas. ¿Cómo es? ¿Qué importancia biológica tiene este hecho?

GRÁFICO 2 Cantidad de ADN durante la mitosis



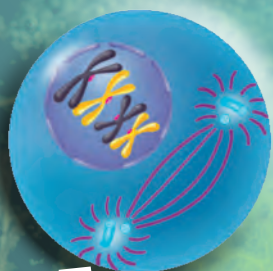
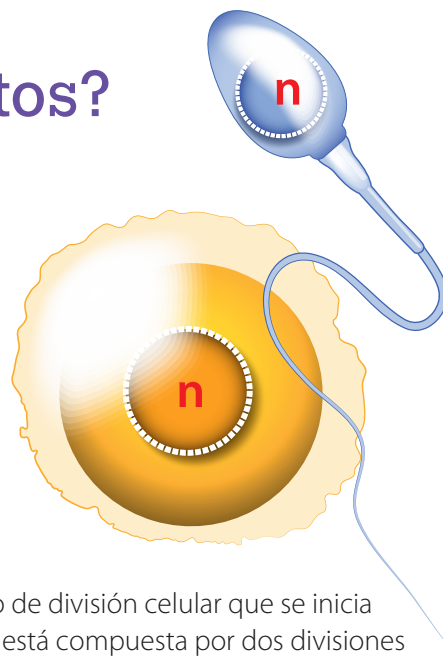
¿Cómo se originan los gametos?

Focaliza

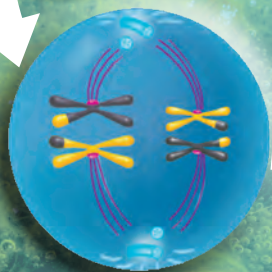
Los **gametos** son las células que se unen en la fecundación para formar un nuevo individuo. Estas células, a diferencia de las demás de nuestro cuerpo, poseen solo uno de cada par de cromosomas homólogos, es decir, son **haploides (n)**, lo que se representa como «n» cromosomas. En cuanto al ADN tienen la mitad que una célula en interfase, lo que se simboliza como «c» ADN.

Explora

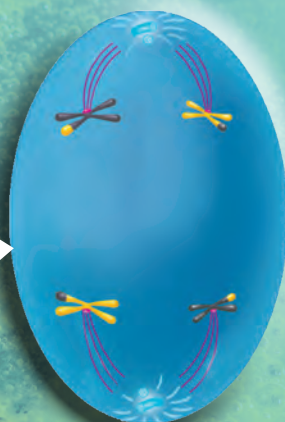
La **meiosis** es fundamental en la formación de los gametos. Es un proceso de división celular que se inicia con células diploides y da como resultado gametos haploides. La meiosis está compuesta por dos divisiones (meiosis I y II), representadas en la secuencia esquemática de estas páginas.



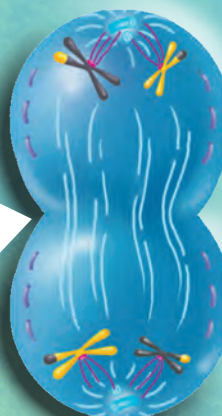
Profase I. Ocurre un intercambio de material genético entre los cromosomas homólogos, proceso conocido como entrecruzamiento o *crossing over*. Además, la envoltura nuclear se fragmenta.



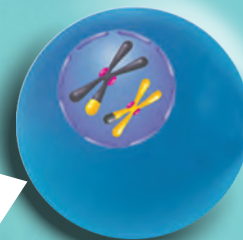
Metafase I. El huso mitótico está completamente formado y los cromosomas homólogos se alinean en el plano ecuatorial de la célula. Estos quedan orientados al azar hacia cualquier polo de la célula, proceso conocido como permutación cromosómica.



Anafase I. Los cromosomas homólogos separan (disyunción o segregación cromosómica) y se desplazan hacia los polos de la célula por la acción del huso mitótico. Cada cromosoma sigue teniendo dos cromátidas.



Telofase I. La membrana nuclear se reorganiza y se empiezan a formar los nuevos núcleos.



Citoquinesis. En general se produce en forma simultánea a la telofase I, resultando dos células hijas haploides.

Las cromátidas hermanas resultan de la replicación del ADN, por lo que son iguales. Los cromosomas homólogos tienen el mismo tamaño y estructura, y generalmente contienen la misma secuencia de genes, pero no son idénticos, ya que uno es de origen paterno y el otro de origen materno.

Cromátidas hermanas



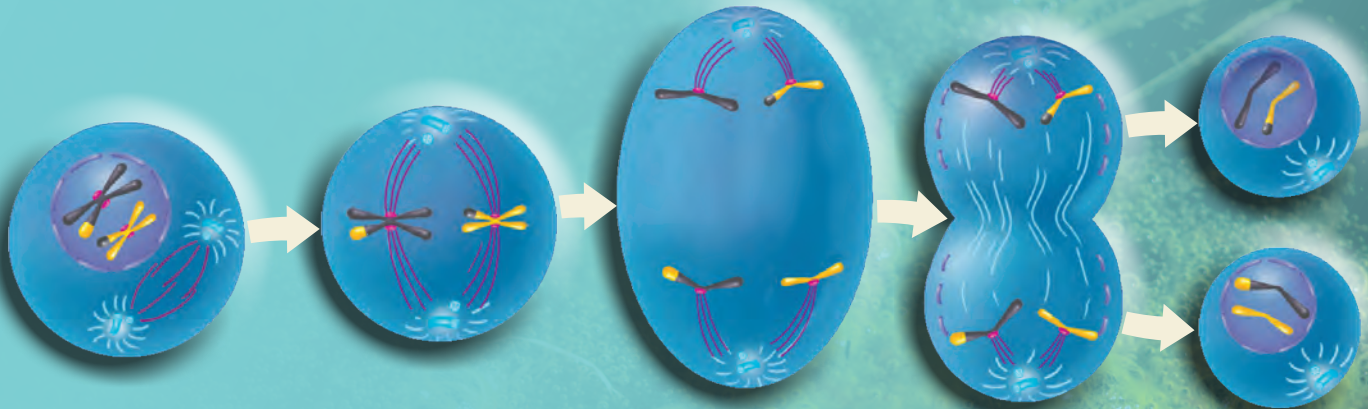
Cromosomas homólogos

Reflexiona

Tal como ocurre en la mitosis, el material genético se replica antes de la meiosis I. Luego de esa primera división, las células hijas resultantes pasan por una breve interfase, en la que no ocurre duplicación del ADN. Como resultado de este proceso, por cada célula inicial diploide se forman cuatro células haploides genéticamente distintas.

Describo y analizo

1. Observa y describe lo que ocurre con los cromosomas homólogos y las cromátidas hermanas en cada división meiótica.
2. Explica qué sucede con la cantidad de información genética de la célula al finalizar la meiosis.

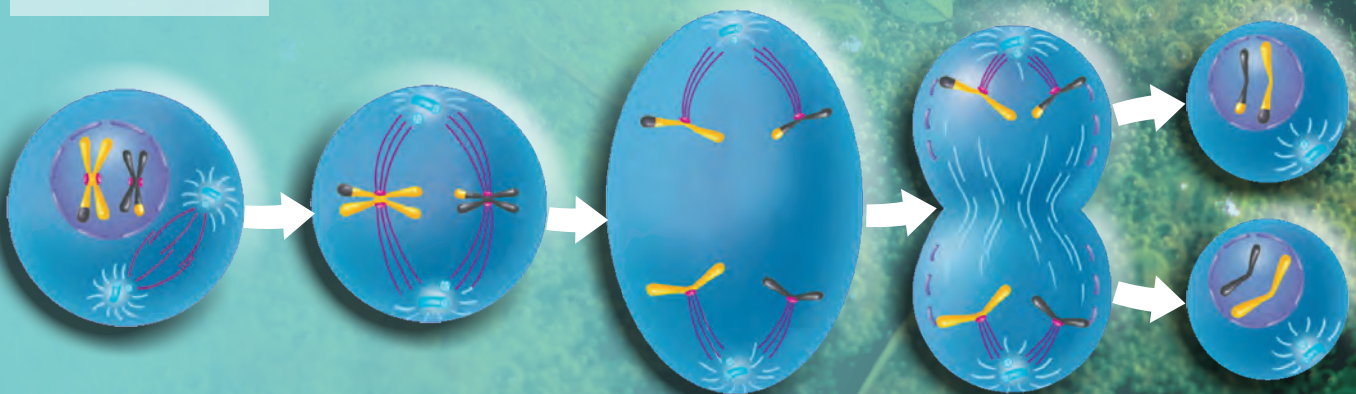


Profase II. La membrana nuclear vuelve a desintegrarse y los cromosomas se condensan. A diferencia de la profase I, en esta etapa no hay entrecruzamiento.

Metafase II. Las fibras del huso mitótico se unen a los cromosomas y estos se alinean en el ecuador de la célula.

Anafase II. Las cromátidas hermanas se separan y cada una se desplaza a un polo de la célula.

Telofase II y citoquinesis. En la telofase II la membrana nuclear se reorganiza y se forman dos núcleos. Los cromosomas se descondensan y cada célula se separa en dos en la citoquinesis. Las células resultantes son haploides y con la mitad del ADN de la célula original.



Aplica

En grupos, reúnan materiales para modelar y comparar la mitosis y la meiosis. Para ello, definan criterios de comparación, por ejemplo, número de células hijas y cantidad de divisiones.

¿Cuáles son los efectos de la meiosis en la variabilidad?

Focaliza



La meiosis es un proceso fundamental para mantener la cantidad de información genética de una especie con reproducción sexual, pues genera gametos haploides. De esta forma, durante la fecundación se restablece la dotación completa de pares de cromosomas homólogos. ¿Cómo la meiosis impacta en la variabilidad genética de los organismos?

Explora

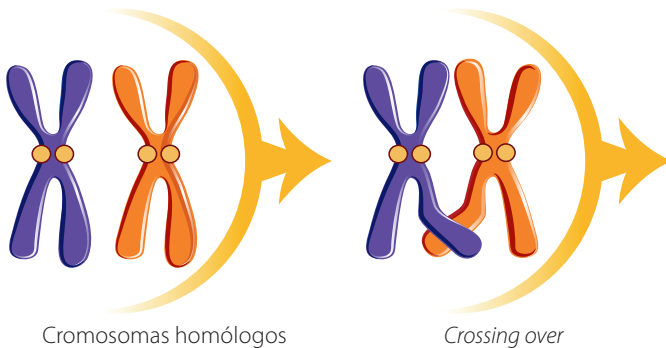


Al comparar la mitosis con la meiosis vemos que hay dos procesos diferentes que ocurren en la Profase I de esta última: *crossing over* y permutación cromosómica. Considerando estos procesos, ¿qué tan probable será que se produzcan gametos genéticamente idénticos?

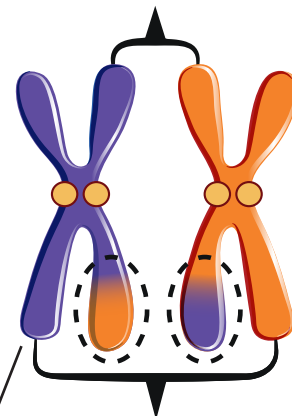
Reflexiona



Entrecruzamiento o *crossing over*. Ocurre en la profase I y consiste en el intercambio de fragmentos entre cromosomas homólogos, lo que genera que se recombine su información genética. Así, algunos cromosomas adquieren nuevas combinaciones de alelos, no presentes en los cromosomas de los progenitores.



Cromátidas recombinantes

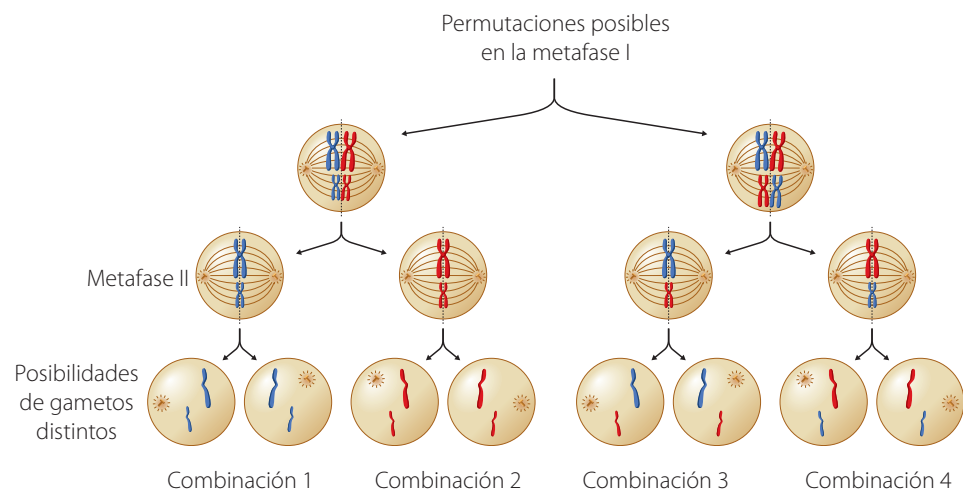


Cromátidas no recombinantes

Cuando este par de cromosomas homólogos se separan en la anafase II, llevarán nuevas combinaciones de genes a los futuros gametos.

Permutación

cromosómica. Ocurre en la metafase I y corresponde a la forma en que los cromosomas se distribuyen en la célula antes de migrar a los polos y formar los nuevos núcleos. Cada par de cromosomas se distribuye de manera independiente a los demás y al azar. Analicemos lo que ocurre con un núcleo diploide con dos pares de cromosomas ($2n = 4$).



Aplica

Existen anomalías cromosómicas o alteraciones que afectan la estructura de los cromosomas o su número. Las aneuploidías, por ejemplo, son cambios en el número normal de cromosomas, ya sea por exceso o por déficit.

1. El síndrome de Down es la aneuploidía más observable en humanos, y se debe a la presencia de tres cromosomas 21, como se observa en el cariotipo de la derecha. Formula una hipótesis que explique cómo se origina esta anomalía cromosómica.
2. Si un cigoto de una determinada especie cuya diploidía normal es $2n = 10$ posee solo un cromosoma en uno de los pares homólogos:
 - a. ¿Cuántos cromosomas posee el cigoto?
 - b. ¿En qué etapa de la meiosis ocurrió el origen de la alteración que presenta el cigoto?
 - c. Fundamenta si es posible saber si la aneuploidía se produjo en la formación del ovocito o del espermatozoide.



Conexión con... Matemática

Recorre a los conocimientos que has adquirido en la asignatura de Matemática para calcular las posibles combinaciones de cromosomas que existen de acuerdo con la cantidad que tenga la célula diploide inicial ($2n$).

Aplica esta fórmula para calcular:

1. ¿Cuántas posibilidades de gametos se podrían formar a partir de una célula con $2n = 8$?
2. ¿Cuántos posibles gametos distintos habría en el caso de los seres humanos ($2n = 46$)?

¿Cómo identificar especies de microorganismos que provocan cáncer?

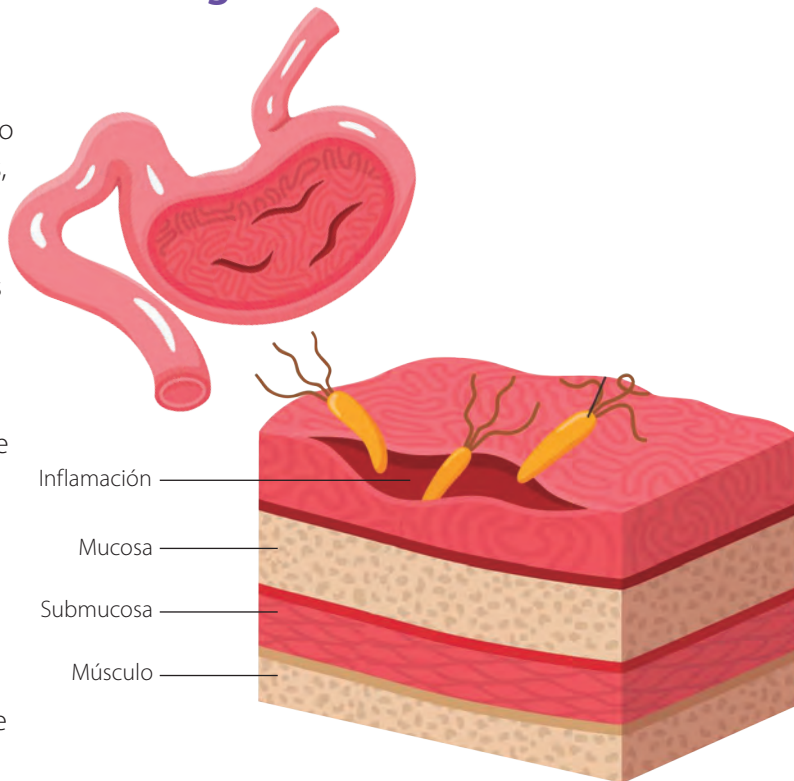
Cuando se produce una infección en algún órgano del cuerpo, este es invadido por microorganismos, lo que puede aumentar el riesgo de desarrollar cáncer debido a tres factores:

- A. Algunos virus pueden afectar directamente los genes que regulan la proliferación celular.
- B. Se generan inflamaciones que, de mantenerse en el tiempo, pueden crear una zona de activa proliferación celular y de agentes químicos que favorecen el origen de tumores.
- C. Una infección debilita el sistema inmune y sus mecanismos de defensa.

Dos ejemplos conocidos de microorganismos asociados al desarrollo de cáncer son los virus del papiloma humano, relacionados con cáncer cervical, y la bacteria *Helicobacter pylori*, que incide en el desarrollo de cáncer estomacal.

Un equipo de investigación de la Universidad de Anglia Oriental (Reino Unido) encontró una nueva forma de aislar microorganismos asociados a cáncer, basándose en esta hipótesis: como en un tejido infectado hay una mezcla de células humanas y microorganismos, entonces sería posible encontrar ADN de ambas especies en una muestra de ese tejido.

Como parte del procedimiento, realizaron simulaciones computacionales para producir mezclas «ficticias» de ADN humano y bacteriano en proporciones similares a las encontradas en tejidos infectados. Así, probaron herramientas informáticas que permitirían detectar agentes infecciosos. Luego, aplicaron estas técnicas a muestras reales



▲ *Helicobacter pylori* es una bacteria que infecta la mucosa estomacal, produciendo úlceras e inflamación que, al permanecer por mucho tiempo, aumentan el riesgo de cáncer gástrico.

de tejidos tumorales, encontrando no solo especies patógenas conocidas por su asociación con cáncer, sino también otras hasta ahora no reportadas. «Estamos solo comenzando a conocer el papel que estos patógenos podrían jugar en el desarrollo del cáncer», afirmó uno de los investigadores.

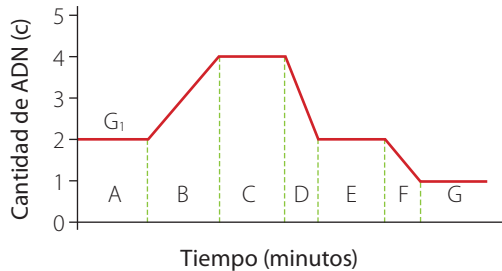
Fuente: Gihawi, A., Rallapalli, G., Hurst, R., Cooper, C., Leggett, R. y Brewer, D. (2019, 22 de octubre). SEPATH: benchmarking the search for pathogens in human tissue whole genome sequence data leads to template pipelines. *Genome Biology*, 20(1), 1-15.
<https://doi.org/10.1186/s13059-019-1819-8>

1. Explica qué ventajas tiene la medicina al contar con herramientas informáticas y de biología molecular.
2. Infiere qué nuevos desafíos plantea a la medicina lo descubierto por los investigadores de la Universidad de Anglia Oriental.
3. Investiga qué exámenes permiten detectar la presencia de los microorganismos asociados con desarrollo de ciertos tipos de cáncer como los mencionados.

Actividad final

Un grupo de investigadores cuantificó el ADN en las diferentes etapas de la meiosis de un tejido animal. Los resultados se presentan en el siguiente gráfico:

GRÁFICO 3 Cantidad de ADN durante la meiosis en células animales

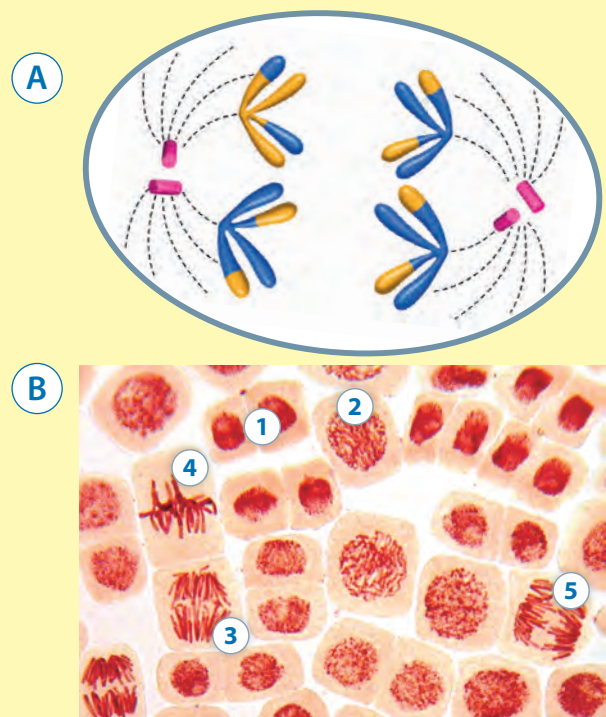


1. ¿Cómo se explica el incremento de la cantidad de ADN en el tiempo B? ¿A qué etapa corresponde?
2. ¿Qué fenómeno explica el descenso en la cantidad de ADN en D y F?
3. ¿Cuál es la importancia del proceso que ocurre en D?
4. ¿Qué tramos corresponden a la primera división meiótica?, ¿cuáles a la segunda?

¿Cómo voy?

Evaluación de proceso y progreso

1. ¿Qué importancia tiene la replicación del ADN antes de la mitosis?
2. Explica por qué la meiosis es fuente de variabilidad genética en los gametos que se originan.
3. La imagen A representa una etapa de un tipo de división celular.
 - a. ¿A qué tipo de división celular corresponde? ¿En qué te fijaste para responder?
 - b. ¿Qué etapa representa?
 - c. ¿Por qué se han indicado distintos colores en las cromátidas hermanas?
 - d. ¿Cuántos cromosomas tiene la célula?
4. La fotografía B corresponde a un corte de raíz de cebolla, teñido y observado al microscopio.
 - a. Identifica una célula en interfase y una en profase. ¿Cómo las distingues?
 - b. Describe el proceso en que se encuentran los cromosomas en la célula 5. ¿A qué etapa corresponde?
 - c. ¿Estas células experimentan mitosis o meiosis? ¿Por qué?
5. Explica cuál es el origen de las aneuploidías. ¿Qué consecuencia tiene este fenómeno en la descendencia?



¿Cómo aprendo?

- ¿Qué conceptos aprendidos en años anteriores me permitieron comprender la mitosis y la meiosis?
- ¿Cuáles de los siguientes conceptos podría comprender mejor si construyera un modelo: entrecruzamiento, permutación cromosómica, aneuploidía, otro?

Lección 2

¿Cómo se transmiten las características de una generación a la siguiente?



Como todos los seres vivos, los seres humanos tenemos múltiples características que se transmiten de generación en generación, lo que se conoce como **herencia biológica**. Muchas de estas características son externas y podemos verlas, mientras que otras no son observables.



¿Qué sé? Evaluación inicial

La fotografía de estas páginas muestra a personas con distinto grado de parentesco.

1. ¿Qué características físicas comparten, a simple vista, estas personas?
2. ¿Dónde está localizada la información que determina dichas características?
3. ¿Cómo se transmite esta información entre generaciones?

¿Cómo varían las características de un individuo a otro?

Focaliza



Los seres vivos de una especie heredan características de las generaciones previas, y muchas de ellas presentan variabilidad entre los organismos de una población.

Observa los rostros de tus compañeros e identifica algunas de sus características. ¿Cuáles son variables? ¿Qué características físicas no cambian?

Reflexiona



Un **carácter** o rasgo es una característica biológica que puede presentar diferentes variantes llamadas **fenotipos**.

Los fenotipos están determinados total o parcialmente por uno o más genes, lo que constituye el **genotipo**. En los cachorros de la fotografía, ¿qué carácter observado presenta diversos fenotipos?

Algunos caracteres son poco variables, en cambio otros son muy diversos. El grado de variabilidad depende de diferentes factores, como el ambiente. El fenotipo puede explicarse como resultado de dos fuerzas: la determinación genética o genotipo y el ambiente.

Fenotipo = genotipo + ambiente

Infiero

También existen características que no se heredan, sino que se adquieren durante la vida. ¿Qué caracteres adquiridos presentas tú o alguno de tus compañeros?



Explora



Reúnanse en grupo y conversen sobre la estatura aproximada de sus padres.

1. Registren los datos de estatura en una tabla; usen los términos «baja», «mediana» y «alta». Incluyan también la estatura de cada integrante del grupo y de sus hermanos, si los tienen.
2. Analicen los datos y comenten:
 - a. ¿Cuál es la tendencia observada en cuanto a la herencia de la estatura?
 - b. ¿Cómo podrían poner a prueba su respuesta anterior?



Distintos tipos de variación.

Algunos caracteres son poco o nada variables y otros lo son altamente. Hay caracteres de **variación discreta**, que presentan pocos fenotipos fácilmente distinguibles y otros de **variación continua**, con gran diversidad.

La estatura, por ejemplo, es un carácter de variación continua que depende de los genes que heredamos de nuestros progenitores y también de factores ambientales como la nutrición.

➤ En el ser humano la heredabilidad de la estatura es de aproximadamente un 80%. Esto significa que la variación en la población se debe a factores genéticos en ese porcentaje.



Aplica

A continuación, se enumeran algunos caracteres del ser humano. Analiza y luego, responde.

- Color de ojos.
- Masa corporal.
- Color de pelo.
- Densidad ósea.
- Forma de la nariz.
- Grupo sanguíneo.
- Desarrollo muscular.
- Tamaño de las manos.

1. ¿Cuáles corresponden a caracteres de variación discreta?, ¿cuáles a variación continua?
2. Selecciona tres caracteres y explica, a través de un ejemplo, cómo el ambiente puede influir en el fenotipo de cada uno.
3. Selecciona otros tres caracteres cuya variación pueda ser explicada solo ambientalmente, es decir, podrían corresponder a caracteres adquiridos.

¿Cómo se empezó a estudiar la herencia?

Focaliza

El estudio de la herencia presenta dificultades como la capacidad para reconocer el rol de los genes y del ambiente para algunos fenotipos y la posibilidad de realizar experimentos con cruzamientos de organismos. Pese a ello, a mediados del siglo XIX, el monje y biólogo austriaco **Gregor Mendel**, mediante rigurosos experimentos logró deducir y plantear mecanismos de herencia de caracteres, aún vigentes.

Infiero

¿Qué rol habrán cumplido la creatividad, las evidencias y el planteamiento de inferencias en el trabajo de Mendel?

Explora

Mendel eligió plantas de arveja (*Pisum sativum*) para sus estudios. Las principales razones fueron:

- Fácil de cultivar.
- Crece con rapidez.
- Tiene flores hermafroditas (autopolinización).

¿Qué hizo Mendel?

- Estudió siete caracteres de la planta, cada uno con dos fenotipos claramente diferenciables (ver tabla).
- Obtuvo cepas puras para cada carácter mediante autopolinización, a las que llamó generación P (progenitores).
- Cruzó a los progenitores obteniendo la primera generación de descendientes (F_1).



Reflexiona

Mendel comenzó sus estudios analizando la herencia de un carácter (o rasgo) a la vez, lo que denominó **monohibridismo**.

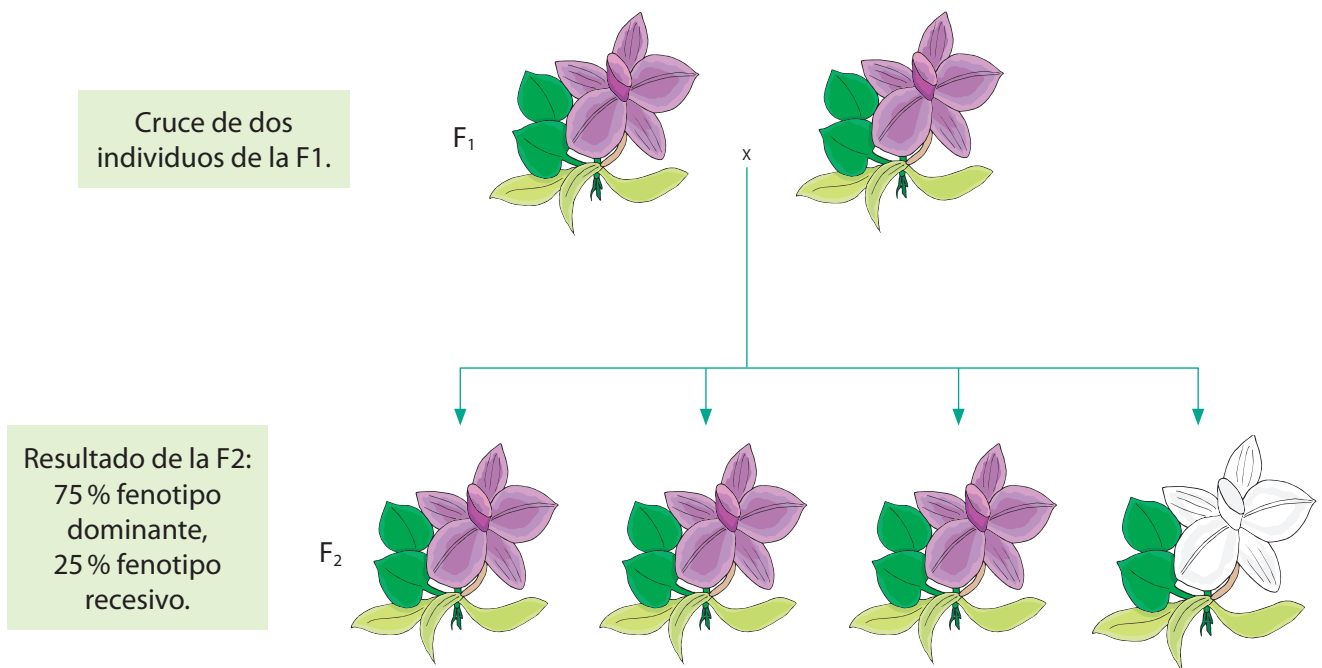
Cruzó cepas puras (generación P) para cada carácter y encontró que la F_1 estaba integrada por organismos con el mismo fenotipo, al que llamó **dominante**. Al que no se presentaba en la F_1 lo denominó **recesivo**. La tabla muestra los resultados de F_1 obtenidos por Mendel para cada carácter.

TABLA 1. Resultados de Mendel para la F_1 .			
Carácter	Fenotipos		F_1
Color de la flor	Púrpura 	Blanca 	100 % púrpura
Posición de la flor	Axial 	Terminal 	100 % axial
Color de la vaina	Amarilla 	Verde 	100 % verde
Forma de la vaina	Inflada 	Constreñida 	100 % inflada
Color de la semilla	Amarilla 	Verde 	100 % amarilla
Textura de la semilla	Lisa 	Rugosa 	100 % lisa
Longitud del tallo	Largo 	Corto 	100 % largo

Identifico

¿Cuál es el fenotipo dominante y cuál el recesivo en cada caso?

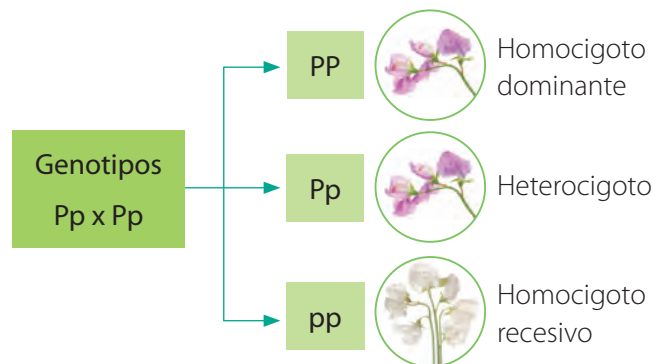
Obtención de la segunda generación de descendientes (F₂):



Mendel consideró que los fenotipos dominante y recesivo estaban determinados cada uno por una partícula o factor, que eran transportados por los gametos durante la reproducción. Hoy estos factores se denominan **genes**, y sus variantes son los **alelos**. Las combinaciones de alelos son el genotipo. Con estos hallazgos se postuló el **Primer principio de la herencia**.

Primer principio o Principio de la segregación. Los alelos se encuentran de a pares en los organismos adultos, separándose en la formación de los gametos y reuniéndose en la fecundación.

Cada alelo se representa con una letra: el **dominante** se escribe con mayúscula y el **recesivo** con minúscula. La combinación de estos alelos da tres posibles genotipos:



Aplica

1. Elabora un organizador gráfico para explicar el Primer principio, usando los conceptos: alelos, células somáticas, gametos y fecundación, entre otros.
2. Según este principio, ¿en qué se diferencian las células somáticas y los gametos, considerando la presencia de alelos?

Conexión con... Matemática

El resultado del cruzamiento de dos heterocigotos (Aa x Aa) se puede expresar desarrollando el cuadrado del binomio:

$$(A+a)^2 = A^2 + 2 Aa + a^2 = AA + 2 Aa + aa$$

Esto corresponde a la proporción genotípica 1:2:1, un homocigoto dominante, dos heterocigotos y un homocigoto recesivo.

¿Qué ocurre al probar la herencia de dos caracteres?

Focaliza



En los experimentos de monohibridismo, Mendel se concentró en un solo carácter y propuso la existencia de una partícula (gen) con dos alelos. ¿Qué esperarías encontrar al analizar la herencia de dos caracteres en cada cruzamiento?

Explora



Supón que una especie de planta presenta dos caracteres (color de flores y longitud de hojas) con dos fenotipos cada uno. En un cultivo se producen dos variedades: una de flores rojas y hojas largas, y otra de flores rosadas y hojas cortas. Si el color rojo de las flores es dominante respecto del color rosado y el rasgo hojas largas es dominante respecto del rasgo hojas cortas, ¿cómo será la descendencia si cruzas dos plantas de cepas puras, una doble dominante y otra doble recesiva?

Explicar

Si la planta con fenotipo dominante para ambos caracteres se autopoliniza y la descendencia presenta todas las combinaciones de rasgos, ¿cómo explicarías lo observado?



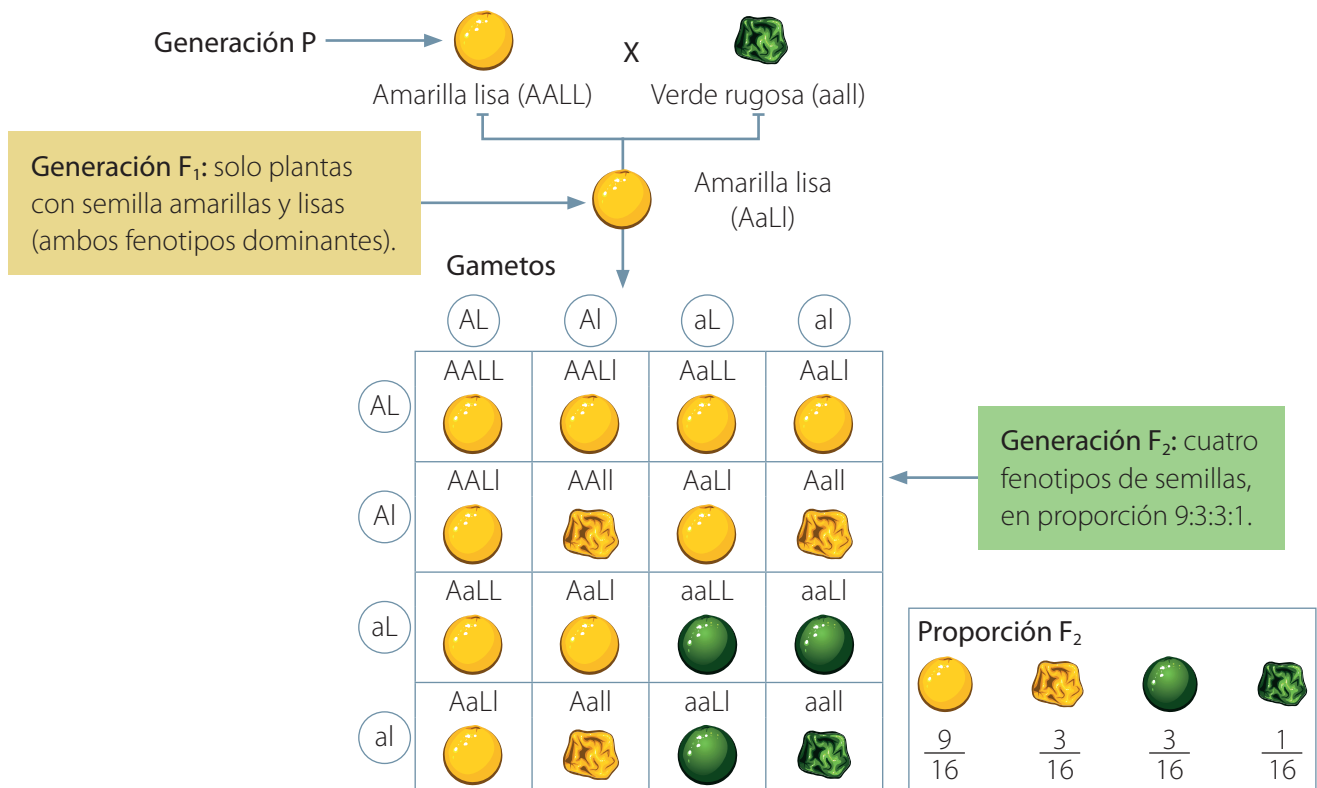
Reflexiona



Mendel analizó la herencia de dos rasgos a la vez, lo que denominó **dihibridismo**. Para los experimentos de dihibridismo aplicó el mismo diseño que en los de monohibridismo: utilizó líneas puras y comparó la cantidad de individuos que presentaban fenotipos distintos a lo largo de varias generaciones.

De esta forma estudió, por ejemplo, la herencia del color y la textura de las semillas en las plantas de arveja. Sus resultados se ilustran en el tablero de Punnett de la página siguiente.



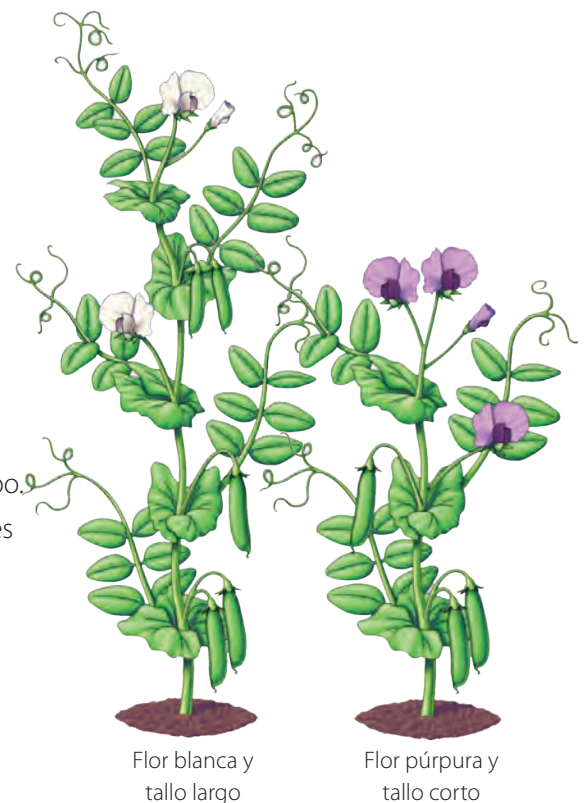


Mendel propuso una explicación para sus observaciones en los cruzamientos de dihibridismo, que hoy conocemos como **Segundo principio de la herencia** o **Principio de distribución independiente**.

Segundo principio. Durante la formación de los gametos, cada par de alelos segrega o se separa de forma independiente de los otros pares de alelos.

Aplica

- Haz un tablero de Punnett, como el ilustrado arriba, para un cruzamiento entre plantas de arveja con las características que se indican en las imágenes.
 - Establece cuáles son los fenotipos dominantes y los recesivos y asígnales letras para representarlos. Recuerda usar mayúsculas para alelos dominantes y minúsculas para los recesivos.
 - Guíate por el ejemplo de esta página para distribuir y combinar los alelos.
 - Anota en los casilleros los genotipos resultantes de cada combinación.
 - Ilustra y describe los fenotipos correspondientes a cada genotipo.
- Menciona un ejemplo de genotipo que cumpla con las siguientes características:
 - Homocigoto dominante para ambos caracteres.
 - Homocigoto recesivo para ambos caracteres.
 - Heterocigoto para ambos caracteres.
- En la pregunta anterior, ¿qué genotipo se presenta en mayor proporción?



¿En qué casos los resultados de Mendel no se aplican?

Focaliza

¿Cómo crees que era el pelaje de los progenitores de esta vaca? Si supieras que el padre era de color negro y la madre de color blanco, ¿cómo podrías explicar el color de su pelaje con lo que sabes de herencia mendeliana?

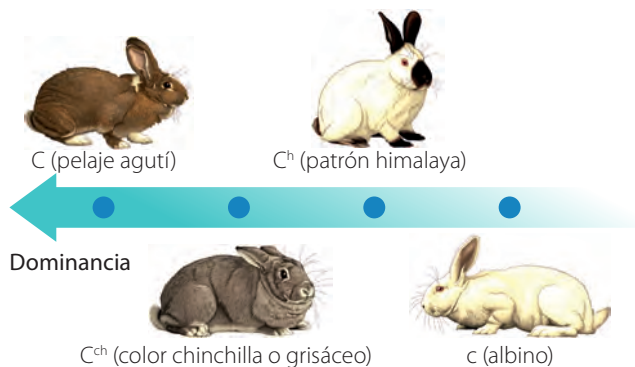
Explora

A partir de los experimentos y las observaciones de Mendel, se dedujo la existencia de caracteres dominantes y recesivos. Además, se había observado que para diversos caracteres los heterocigotos expresaban los alelos dominantes. Sin embargo, hay muchos casos en que la herencia no presenta los resultados obtenidos por Mendel.

Reflexiona

A continuación, veremos algunos ejemplos de herencia no mendeliana:

Alelos múltiples. Existen genes que presentan más de dos alelos, pero cada individuo tiene una combinación de solo dos de ellos. Los alelos múltiples presentan diversas relaciones de dominancia. Por ejemplo:



Genes ligados al sexo. Son aquellos que se encuentran en los cromosomas sexuales.

Análisis

¿Cuál es la razón por la que una enfermedad recesiva ligada al cromosoma X se expresa más en hombres que en mujeres? Explica usando un esquema o un tablero de Punnett. Puedes representar los alelos como superíndices de X e Y (por ejemplo, X^A y X^a).



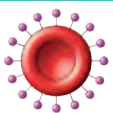
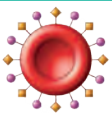
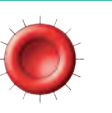
Hembra $X^O X^o$ Macho $X^O Y$

O: alelo pelaje naranja.
o: alelo pelaje oscuro.

Codominancia. Se produce cuando los heterocigotos para un carácter expresan ambos fenotipos. Esto ocurre porque ningún alelo domina sobre otro o, dicho de modo distinto, ningún alelo puede enmascarar la expresión de otro, por ejemplo: en la coloración de algunas flores y el pelaje de algunos equinos y bovinos. En humanos, una evidencia de codominancia es la herencia del grupo sanguíneo AB0, el que además es un caso de «alelos múltiples».



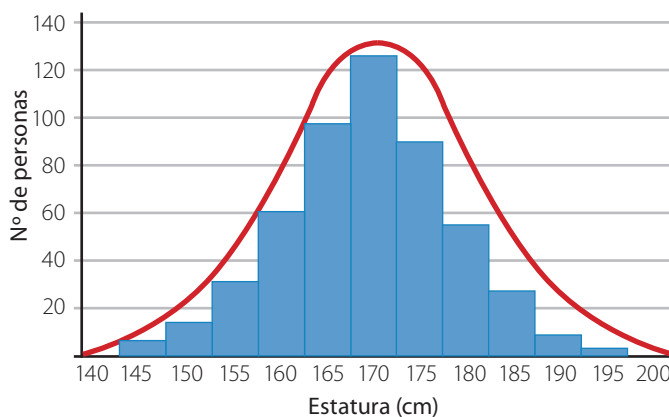
TABLA 2. Genotipos y fenotipos en los grupos sanguíneos.

	Grupo A	Grupo B	Grupo AB	Grupo 0
Fenotipo				
Aglutinógenos (presentes en los glóbulos rojos)	 A	 B	 AB	No tiene
Genotipo	AA o AO	BB o BO	AB	OO

◀ El alelo A es la forma del gen del grupo sanguíneo que determina la síntesis del aglutinógeno A, y el alelo B, la del aglutinógeno B. El alelo 0 es ausencia de información para la síntesis de aglutinógeno. Ambos alelos, A y B, se expresan siempre. Por tanto, si un individuo hereda ambos alelos, tendrá el tipo sanguíneo AB.

Herencia poligénica. Es la herencia de caracteres que están determinados por varios genes. Se denominan poligenes al grupo de genes cuya expresión conjunta es responsable de una determinada característica. Algunos rasgos que dependen de poligenes son el peso, la estatura y la tasa metabólica. En este tipo de herencia, el fenotipo presenta diversas variantes en la población.

GRÁFICO 1 Distribución de la estatura en un grupo humano



Relaciono

1. Explica de qué otros factores depende la herencia de la estatura.
2. ¿Por qué la herencia de los grupos sanguíneos también puede considerarse como alelos múltiples?



Aplica

Busca información sobre la herencia del color de la piel en humanos y asóciala a alguno de los tipos de herencia descritos. Comunica tus conclusiones usando recursos visuales.

¿Qué son los genes y dónde se encuentran?

Focaliza



Mendel desarrolló sus estudios sin conocer cómo eran exactamente las partículas de la herencia, por lo que su trabajo no fue bien comprendido. Sin embargo, después de más de 30 años los científicos empezaron a valorar sus hallazgos y avanzar en la búsqueda del material de la herencia.

Explora



La siguiente línea de tiempo resume las principales observaciones y descubrimientos científicos que dieron lugar a la **teoría cromosómica de la herencia**, que establece que los factores de la herencia (genes) se encuentran en lugares específicos de los cromosomas y que su comportamiento se relaciona con los principios de Mendel.

1842

El botánico suizo Karl Wilhem von Nägeli, estudiando tejidos vegetales, observa por primera vez pequeñas estructuras localizadas en el núcleo celular (**cromosomas**, del griego: cuerpo coloreado).

1867 a 1882
aprox.

Walther Flemming, biólogo y fisiólogo alemán, descubre que el material contenido en el núcleo era capaz de teñirse fuertemente, otorgando visibilidad a la estructura. También estudia la división celular y la distribución de los cromosomas en los núcleos, proceso que denomina mitosis.

1888

El patólogo alemán Heinrich Wilhelm Gottfried observa cromosomas en tejidos animales.

1900

Hugo de Vries, Erich von Tschermak y Carl Correns, por separado, redescubren los trabajos de Mendel y realizan investigaciones que los llevan a las mismas conclusiones.

1902 - 1903

Walter Sutton y Theodor Boveri publican trabajos independientes proponiendo lo que se denomina teoría cromosómica de la herencia.

1910 a 1920
aprox.

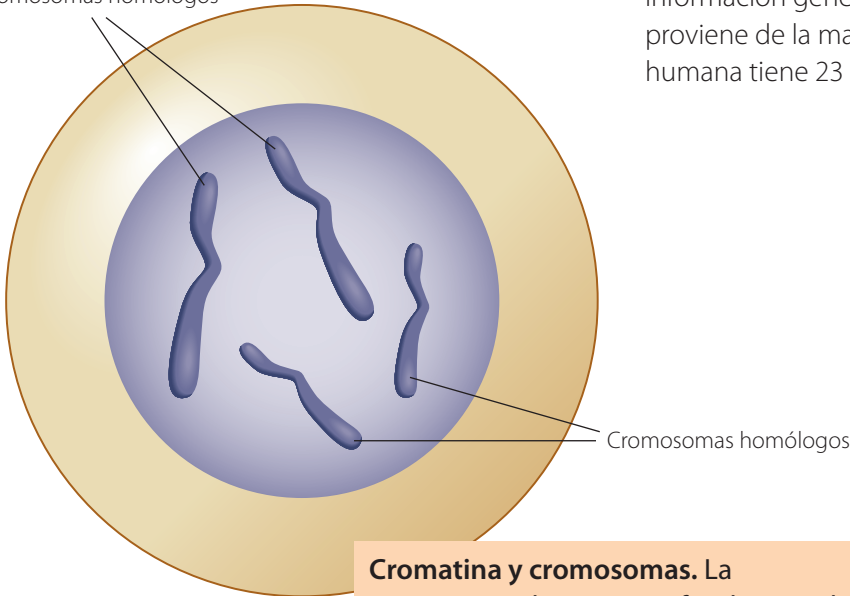
El científico estadounidense Thomas H. Morgan estudia la herencia de la mosca de la fruta y aporta evidencias experimentales de la teoría cromosómica de la herencia.

Reflexiona

La teoría cromosómica de la herencia aportó un marco teórico para conocer la estructura del material hereditario, y su modo de reproducción, transmisión y modificación. De acuerdo con esta teoría, los factores mendelianos de la herencia (genes):

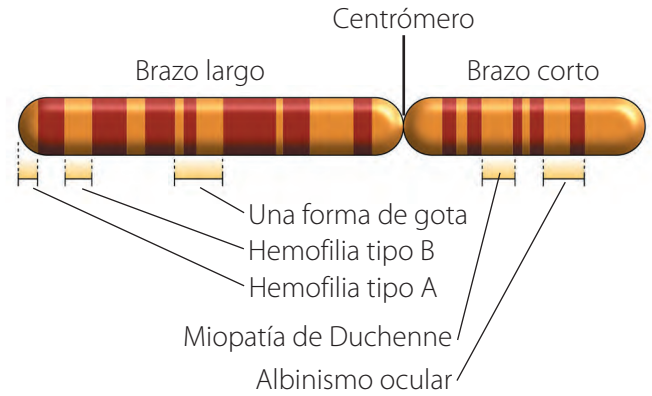
- Poseen naturaleza físico-química.
- Están en los cromosomas donde se ordenan en una secuencia lineal.
- Pueden sufrir cambios o mutaciones, lo que aumenta la variabilidad.
- Regulan, junto con el ambiente, la expresión fenotípica.
- En cada cromosoma se ubican en lugares definidos y constantes, a menos que ocurra una mutación.

Cromosomas homólogos



➤ Célula con dos pares de cromosomas homólogos.

Cromatina y cromosomas. La cromatina es la sustancia fundamental del núcleo celular y está formada por filamentos de ADN unido a proteínas en distintos grados de condensación. En la reproducción celular, la cromatina se condensa en los llamados cromosomas que adoptan forma de bastón.



➤ Al lugar que ocupa un gen se le denomina *locus*, en plural *loci*. La imagen representa un cromosoma X como los que contienen nuestras células con la ubicación aproximada de algunos de sus genes.

En los organismos con reproducción sexual, las células contienen pares de «cromosomas homólogos». Se denominan así porque contienen información genética para los mismos caracteres; uno proviene de la madre y el otro del padre. La especie humana tiene 23 pares de cromosomas.

Vocabulario

Mutación. Cambio en la secuencia del ADN. Las mutaciones pueden ser el resultado de errores en la copia del ADN durante la división celular, de la exposición a radiaciones ionizantes o a sustancias químicas denominadas mutágenos, o de infección por virus.

Aplica

Observa las imágenes de esta página y responde.

1. ¿Cuántos *loci* están representados en el cromosoma de la figura superior?, ¿cuántos genes?
2. ¿Qué consecuencias tiene para los organismos con reproducción sexual recibir información genética de sus dos progenitores?

¿De qué están hechos los genes y cómo se expresan?

Focaliza

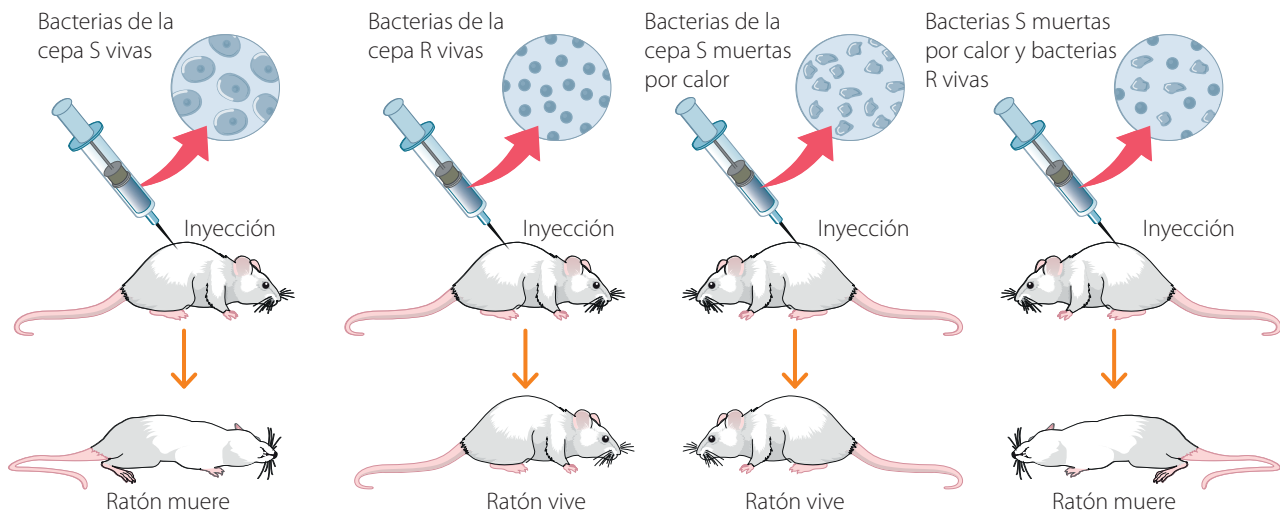


El conocimiento científico se caracteriza porque se va construyendo como resultado del trabajo de muchos investigadores e investigadoras. Así avanza de manera constante y dinámica. En la búsqueda por comprender mejor cómo se transmitía la información genética, aún faltaba por descubrir cuál de las moléculas que integran los cromosomas era la responsable de esto y cómo se producía.

Explora



En 1928, el microbiólogo inglés Frederick Griffith demostró que había una molécula, o «principio transformante», capaz de convertir las bacterias *Streptococcus pneumoniae* no patógenas (cepa R) en patógenas (cepa S).



La hipótesis de Griffith fue que las bacterias S traspasaron una sustancia a las bacterias R, transformándolas en patógenas. Sin embargo, no logró identificar dicha sustancia.

Interpreto



¿Cómo explicarías los resultados de Griffith? Describe las pruebas experimentales ilustradas en la imagen.

Reflexiona



En 1944, los estudios liderados por el biólogo norteamericano Oswald Avery indicaron que el «principio transformante» era el **ácido desoxirribonucleico (ADN)**. Este resultado fue ampliamente corroborado en 1952 por otros biólogos norteamericanos: Alfred Hershey y Martha Chase, quienes utilizaron bacteriófagos (virus que atacan bacterias) para estudiar el material genético. Estos descubrimientos marcaron un hito, pues se logró

comprobar que el ADN era la molécula que portaba y transmitía la información genética.

Posteriormente, los investigadores James Watson y Francis Crick, con la colaboración de la científica Rosalind Franklin, lograron descifrar la estructura del ADN y propusieron en 1953 el **modelo de la doble hélice de ADN**. Además, relacionaron su estructura con la síntesis de proteínas.

Estructura del ADN. El ADN está formado por unidades básicas, denominadas **nucleótidos**. Cada uno de estos está constituido por un carbohidrato, una base nitrogenada y un grupo fosfato. Los nucleótidos se unen y forman cadenas o hebras. El ADN y ciertas proteínas llamadas histonas forman los cromosomas.

En eucariontes, el material genético se aloja al interior del núcleo asociado a unas proteínas llamadas histonas.

Bases nitrogenadas

La doble hebra del ADN se mantiene unida debido a que las bases se complementan: Adenina (A) con Timina (T) y Citosina (C) con Guanina (G).

Núcleo celular

Cromosomas

ADN

Histona

Los genes son segmentos de ADN y su información permite la **síntesis de proteínas** a través de una molécula intermediaria, el ARN (ácido ribonucleico).

Expresión de los genes. Aunque las células de un organismo presentan los mismos cromosomas, los genes se expresan de diferentes formas, por ejemplo, hay proteínas que se forman en todas las células y otras solo en tejidos específicos. En la actualidad se sabe que la expresión de los genes se puede activar o desactivar. El estudio del control de la expresión de los genes se denomina **epigenética**.

Aplica

La longitud del material genético alcanza unos dos metros. ¿Cómo es posible que esta molécula tan larga se aloje al interior del núcleo? Para representar este fenómeno, consigue un trozo de lana de 6 metros y una caja de fósforos vacía. Luego, piensa en la mejor estrategia para introducir toda la lana dentro de la caja. Ejecuta tu estrategia y comunícala al resto del curso.

1. ¿Qué estrategia usaste para lograr que la lana entrara en la caja de fósforos?
2. Si la lana representa el ADN y la caja el núcleo celular, explica cómo se organiza el material genético al interior del núcleo.
3. ¿Cuán efectiva fue tu estrategia?, ¿tuviste que modificarla o replantearla durante la actividad?

El descubrimiento de los «genes saltarines»

Barbara McClintock fue una científica estadounidense (1902-1992) pionera en citogenética: desarrolló técnicas para obtener y observar cromosomas. Logró realizar los primeros mapas de genes usando la especie *Zea mays* (maíz).

Mientras estudiaba la coloración de los granos de maíz, encontró algo sorprendente: había genes «saltarines», o elementos transponibles (TE), que podían encender o apagar genes de expresión del color. Este hallazgo involucró dos grandes descubrimientos:

- La existencia de elementos transponibles.
- El hecho de que la expresión de los genes puede ser «controlada», existiendo activación e inactivación.

En ese entonces (1950), el mundo académico no les dio mayor crédito a sus hallazgos. Sin embargo, décadas después se encontraron evidencias del control de genes en bacterias y se confirmó la existencia de los TE.

Hoy, la regulación génica es intensamente estudiada y se ha comprobado que los TE están presentes en casi todas las especies. En la humana, por ejemplo, abarcan el 50 % del genoma.

Barbara McClintock fue reconocida con el Premio Nobel de Medicina en 1983, y es una de las figuras más importantes de la genética moderna.

1. ¿Cómo crees que influyó el género de Barbara McClintock en la poca aceptación inicial de sus hallazgos?
2. Fundamenta si consideras que el género de una persona debiera importar al momento de evaluar su trabajo.
3. ¿Cómo se aplican a este ejemplo las actitudes científicas de perseverancia y rigurosidad?



Fuente: Barbara McClintock (2020, 12 de octubre). En Wikipedia.
<https://bit.ly/2HpNnxS>



Actividad final

Un grupo de investigadores estudiaba la herencia de la agresividad. Para esto, usaron dos cepas de ratones de laboratorio: una agresiva y otra dócil. Como habían observado más ratones dóciles que agresivos, su hipótesis fue que el alelo para docilidad era dominante sobre el alelo para agresividad. Al cruzar ambas cepas obtuvieron una F_1 con una amplia variedad de conductas, desde dóciles hasta agresivas, pasando por distintas conductas intermedias.

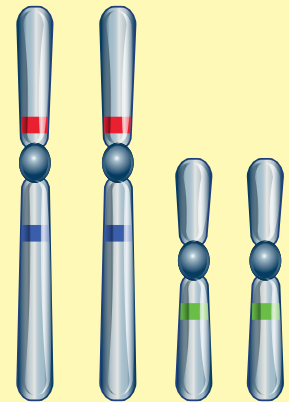
1. ¿Por qué no se obtuvo una F_1 con fenotipos definidos, a diferencia de los estudios de Mendel?
2. ¿Qué crítica le harías al experimento en relación con el carácter seleccionado y la hipótesis inicial?
3. ¿Qué importancia tiene recabar suficiente información antes de diseñar una investigación?



¿Cómo voy?

Evaluación de proceso y progreso

1. Explica qué caracteres son más factibles de estudiar en cuanto a su herencia: los de variación discreta o los de variación continua. Considera los factores que inciden en estos y en la frecuencia de fenotipos que presentan.
2. ¿De qué forma se complementan el Primer y el Segundo principio de Mendel?
3. Elige una especie y define un carácter suponiendo que se herede según los principios de Mendel. Esquematiza un cruzamiento de monohibridismo desde la generación P a la F_2 . Explica los fenotipos y usa símbolos para sus alelos.
4. Considerando los resultados obtenidos por Mendel y lo que sabes acerca de los cromosomas, explica qué colores en la figura de la derecha podrían representar *loci* de pares de alelos para color y forma de la semilla.
5. Supón que en una población humana el gen para el color de ojos presenta dos alelos: café (dominante) y azul (recesivo). Por otra parte, la forma del pelo puede ser ondulada (dominante) o lisa (recesivo). ¿Qué genotipos son posibles en los siguientes casos?
 - a. Persona de ojos azules y pelo liso.
 - b. Persona de ojos café y pelo liso.
 - c. Persona de ojos azules y pelo ondulado.
 - d. Persona de ojos café y pelo ondulado.
6. Considerando el problema anterior, ¿qué descendencia puede haber entre una persona de ojos azules y pelo liso y otra de ojos café y pelo ondulado, ambos homocigotos para los dos caracteres?
7. ¿Qué relación hay entre genes y proteínas?



¿Cómo aprendo?

- ¿Qué conocimientos previos necesité para comprender los principios de Mendel?
- ¿Qué aspectos de las matemáticas me dificultan el aprendizaje de la genética?, ¿qué haré al respecto?

Lección 3

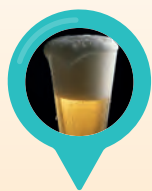
¿Qué es la biotecnología y cuáles son sus aplicaciones?

La utilización de seres vivos, o parte de ellos, con el fin de obtener productos de interés para las personas por medio de aplicaciones tecnológicas recibe el nombre de **biotecnología**. Este término fue usado por primera vez en 1919 por el ingeniero agrónomo de origen húngaro Karl Ereky.

El origen de la biotecnología se remonta a la fabricación del vino, el pan, el queso y el yogur. El descubrimiento de que la leche puede convertirse en queso, o que se puede hacer cerveza fermentando soluciones de malta y lúpulo, fue el comienzo de la biotecnología, hace miles de años. Estas aplicaciones constituyen lo que se conoce como biotecnología tradicional.



Historia de la biotecnología (principales hitos)



6000 a. C.

Medio Oriente, utilización de levadura en la elaboración de cerveza.

4000 a. C.

China, fabricación de yogur y queso usando bacterias.

2300 a. C.

Egipto, producción de pan con levadura.

1861

Louis Pasteur identifica los procesos llevados a cabo por los microorganismos.

1953

James Watson y Francis Crick describen la estructura de doble hélice de la molécula de ADN.

1965

Robert Holley identifica la secuencia de un gen de levadura.

1973

Stanley Cohen y Herbert Boyer desarrollan las primeras técnicas de ingeniería genética.

Actualmente, la biotecnología emplea técnicas avanzadas de manipulación del material genético que permiten, por ejemplo, obtener o modificar diferentes productos, transferir genes de un organismo a otro para mejorar especies animales o vegetales, desarrollar microorganismos para usos específicos y tratar enfermedades.

¿Qué sé?

1. ¿Qué rasgos de los productos agrícolas piensas que se busca mejorar con la manipulación genética?
2. ¿Qué cambio provocó el descubrimiento del ADN y la información genética en el desarrollo de la biotecnología?
3. ¿Qué procedimientos de la biotecnología tradicional se siguen realizando?



1976

Se crea Genentech, la primera compañía de biotecnología.

1982

Se produce la primera proteína obtenida por biotecnología.

1993

Se aprueban los primeros alimentos transgénicos.

1996

Se obtiene el primer mamífero por clonación, una oveja a la que se llamó Dolly.

2003

Se termina la secuenciación del genoma humano. El Proyecto Genoma Humano había comenzado en 1990.

2015

Se crea la técnica de edición genética CRISPR-Cas9 que permite reemplazar o modificar genes con gran precisión.

¿Cómo se modifican genéticamente los organismos?

Focaliza



Desde hace miles años el ser humano ha producido nuevas variedades de plantas, animales y otros organismos, seleccionando aquellos que presentan fenotipos de interés para reproducir. Sin embargo, actualmente se puede modificar directamente los genes usando diversas técnicas.

Explora



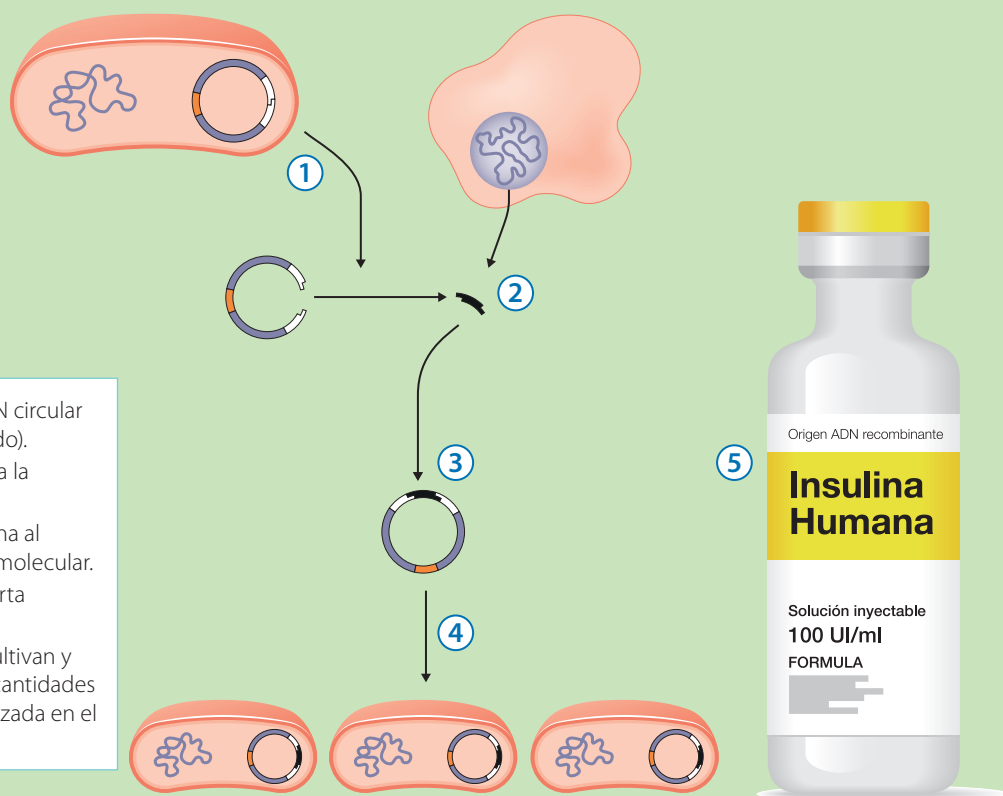
Los avances en biología molecular y celular han permitido el desarrollo de la **ingeniería genética**, que consiste en la manipulación directa de los genes de un organismo a través de técnicas como la clonación molecular y la edición genética (insertar o quitar genes, o bien editarlos para originar nuevos alelos que no están presentes en la naturaleza). Se denominan organismos genéticamente modificados a aquellos cuyos genes han sido manipulados directamente.

Obtención de insulina humana usando una bacteria (*Escherichia coli*)

Una aplicación de la ingeniería genética es la obtención de grandes cantidades de moléculas de interés, como hormonas y otras proteínas.

La insulina fue la primera hormona humana en ser producida usando ingeniería genética. El procedimiento se logró en 1978 y su comercialización se aprobó en 1982.

- 1 Se extrae una molécula de ADN circular propia de las bacterias (plásmido).
- 2 Se aísla el gen que codifica para la insulina humana.
- 3 Se incorpora el gen de la insulina al plásmido mediante clonación molecular.
- 4 El plásmido modificado se inserta nuevamente en la bacteria.
- 5 Las bacterias modificadas se cultivan y empiezan a producir grandes cantidades de insulina humana que es utilizada en el tratamiento de la diabetes.



Analizo

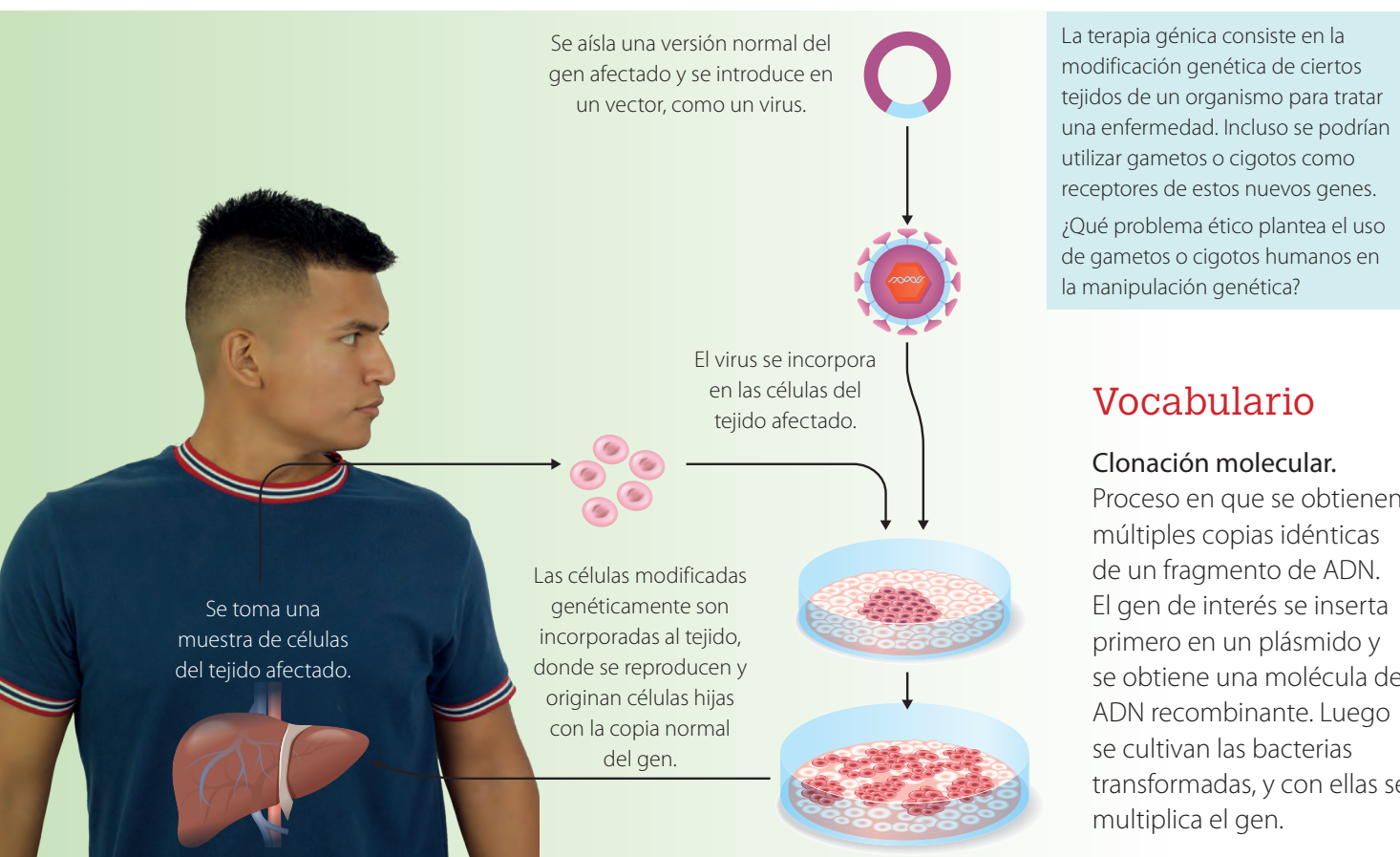


1. ¿Qué características reproductivas hacen que estas bacterias sean utilizadas en este procedimiento?
2. Fundamenta qué impacto en la sociedad tiene este tipo de experimentos genéticos.

Reflexiona

La modificación genética de los organismos surge como una aplicación tecnológica para obtener algún producto biológico. Por ejemplo, producir frutas o verduras que duren más tiempo; generar enzimas que trabajen a baja temperatura para incorporarlas a los detergentes; utilizar la maquinaria reproductiva de algunas bacterias para sintetizar sustancias de interés; diagnosticar y tratar enfermedades.

Terapia génica para combatir tumores



Vocabulario

Clonación molecular.

Proceso en que se obtienen múltiples copias idénticas de un fragmento de ADN. El gen de interés se inserta primero en un plásmido y se obtiene una molécula de ADN recombinante. Luego se cultivan las bacterias transformadas, y con ellas se multiplica el gen.

Fuente: Clínica Universidad de Navarra. (2020, 3 de febrero). Desarrollan una técnica de inmunoterapia mediante transferencia genética transitoria más efectiva y menos tóxica. CUN. <https://bit.ly/34ITAn7>

Aplica

La reacción en cadena de la polimerasa (PCR) es una técnica empleada para obtener numerosas copias de una secuencia de ADN específica, en pocas horas. ¿En qué consiste? Un recipiente, que contiene la secuencia de interés y otros reactivos, se calienta aumentando su temperatura a más de 90 °C, para que las cadenas de ADN se separen. Luego, unas enzimas, llamadas polimerasas, comienzan a formar nuevas hebras del material genético, mediante la unión de bases nitrogenadas complementarias a las cadenas separadas, hasta copiar todo el segmento de ADN.

Esta técnica es empleada para el diagnóstico de infecciones, pues permite detectar fragmentos del material genético de un patógeno o microorganismo.

1. Las enzimas utilizadas en la PCR fueron aisladas de bacterias que viven a temperaturas superiores a 80 °C. ¿A qué atribuyes eso? ¿Se podrían haber usado polimerasas humanas?, ¿por qué?
2. Fundamenta qué ventajas presenta el uso de esta técnica en el diagnóstico clínico.

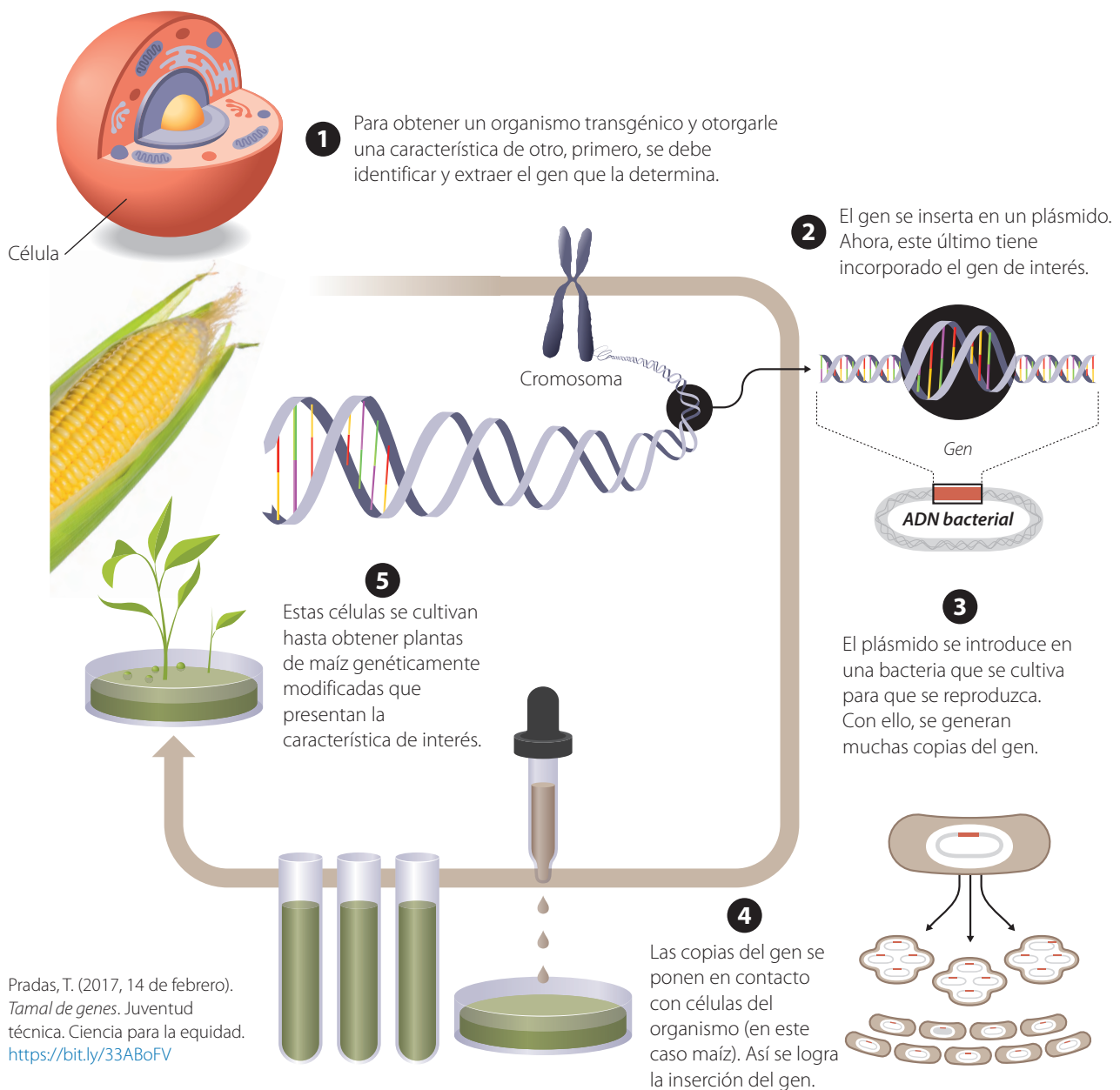
¿Qué beneficios y riesgos plantean los alimentos genéticamente modificados?

Focaliza

¿Has escuchado hablar de los alimentos transgénicos? ¿Qué opinión tienes sobre ellos? ¿En qué se basa tu opinión? Si bien los organismos genéticamente modificados han sido incorporados a la producción de fármacos y detergentes, entre otros, el área de mayor controversia es su uso en la producción de alimentos, vegetales y animales.

Explora

Los **organismos transgénicos** son modificados genéticamente mediante la inserción de genes de otras especies. Este mecanismo ha sido especialmente utilizado en plantas de cultivo, como maíz, soya, algodón, tomates, entre otras. Hay especies que se han modificado para resistir herbicidas, condiciones ambientales adversas y plagas. A continuación, se describe cómo se crea un alimento transgénico.

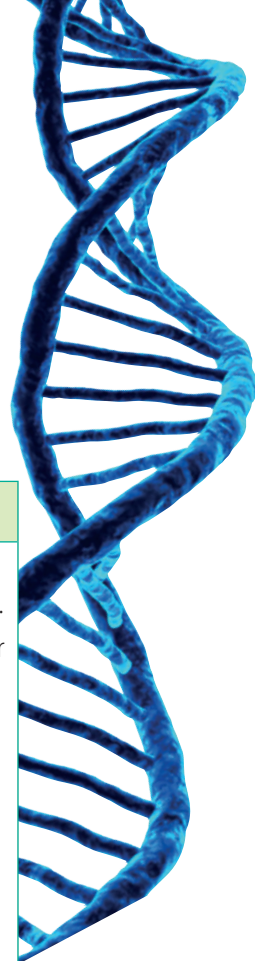


Pradas, T. (2017, 14 de febrero). *Tamal de genes*. Juventud técnica. Ciencia para la equidad. <https://bit.ly/33ABoFV>

Reflexiona

Se ha planteado la interrogante acerca de los efectos no previstos de los alimentos transgénicos, tanto para los organismos que son modificados genéticamente como para las personas que los consumen. Por otra parte, la modificación genética de los alimentos puede ser una estrategia para enfrentar enfermedades provocadas por deficiencia de nutrientes. La obtención de arroz rico en betacaroteno y papas con altos niveles proteicos son ejemplo de esto. Actualmente, los beneficios y los riesgos de los alimentos modificados son objeto de investigación y debate. Algunos argumentos se resumen en la siguiente tabla:

Beneficios	Riesgos
• Aumentan la productividad de los cultivos, pues crecen rápidamente y minimizan las pérdidas por plagas o factores ambientales, como sequías y heladas. • Tienen mayor duración y conservación (verduras y frutas de larga vida). • Algunos poseen mayor proporción de micro y macronutrientes. • Reducen el uso de plaguicidas. • Algunos tienen mejor color y textura.	• Potenciales efectos sobre la salud, como alergias, pues incorporan moléculas diferentes. • Impacto en la biodiversidad: pueden desplazar a poblaciones naturales de la misma especie. • Aparición de plagas resistentes a cultivos genéticamente modificados. • Contaminación biológica. Por ejemplo, el polen de los cultivos modificados puede contaminar los panales de abejas y dañar a otros insectos.



Investigo y debato

El debate es una técnica de discusión basada en la confrontación de puntos de vista sobre un tema muchas veces polémico. Formen grupos y busquen más información sobre las ventajas y riesgos de los alimentos transgénicos y organicen un debate. Elaboren argumentos para cada postura, consigan material de apoyo y elijan un moderador.



1. ¿Qué pueden concluir sobre los principales beneficios y riesgos de los alimentos transgénicos?
2. ¿Qué ocurre con las semillas de los alimentos transgénicos después de consumirlos?

Aplica

En lo que actualmente es el sur de México crecía una planta silvestre, llamada teosinte, que producía mazorcas de granos escasos y pequeños. Esta planta empezó a ser cultivada por el ser humano hace unos 10 000 años. Mediante cruzamientos dirigidos se fueron seleccionando artificialmente las plantas que producían mazorcas con granos más grandes y abundantes, hasta obtener los «choclos» que conocemos actualmente.

1. Fundamenta si en el ejemplo descrito hay manipulación genética.
2. ¿Se aplica a este caso el concepto «transgénico»? ¿por qué?





Insectos resistentes al algodón transgénico

Antecedentes

La bacteria *Bacillus thuringiensis* presenta el gen Bt, que posee información para producir una proteína tóxica para algunas especies de insectos. Este gen se utiliza para modificar genéticamente diversos cultivos, como maíz y algodón, y obtener así plantas transgénicas resistentes a algunos insectos. Esto responde principalmente a razones de productividad.



Contexto del problema

En un cultivo de algodón Bt, las plantas, a pesar de provenir de semillas transgénicas, comenzaron a ser atacadas por el llamado «gusano rosado», que corresponde a la larva de una especie de polilla.

Procedimiento experimental

Para confirmar que las plantas presentaban el gen de resistencia a Bt, se aplicaron técnicas de laboratorio. Se extrajo ADN de las plantas y se verificó la presencia de ADN bacteriano coincidente con este gen.

Se usaron cuatro plantas transgénicas (PT1, PT2, PT3, PT4) y cuatro no transgénicas (PNT1, PNT2, PNT3 y PNT4). El resultado se resume en la siguiente tabla:

Tabla 3. Presencia o ausencia del gen Bt en diferentes plantas transgénicas.							
Plantas transgénicas				Plantas no transgénicas			
PT1	PT2	PT3	PT4	PNT1	PNT2	PNT3	PNT4
+	+	+	+	-	-	-	-

También se tomaron muestras de ADN de 50 larvas vivas y 50 muertas y se analizaron sus genes para buscar información que explicara su sobrevivencia. Se detectó la presencia de dos alelos (Bt1 y Bt2). En todos los insectos muertos se observó el genotipo Bt1/Bt1, mientras que los de los vivos eran: Bt1/Bt2 o Bt2/Bt2. El resultado se resume en la siguiente tabla:

Tabla 4. Recuento de larvas resistentes y no resistentes a la toxina Bt, según su genotipo.			
Genotipo	Bt1/Bt1	Bt1/Bt2	Bt2/Bt2
Estado (vivo/muerto)	Muertos	Vivos	Vivos

Problema de investigación

Considerando los antecedentes expuestos, redacta un problema de investigación. Para esto, puedes partir definiendo cuál es la principal **incógnita científica**, es decir, el fenómeno que parece extraño o que no concuerda con lo esperado para un cultivo transgénico resistente a insectos.

Planteamiento de hipótesis

Formula una hipótesis al problema de investigación planteado. Esta debe ser una explicación que esté basada en fundamentos científicos. Para esto, utiliza conceptos de genética y herencia vistos en la unidad.

Diseño experimental

Diseña un experimento que permita poner a prueba tu hipótesis. Para esto, define las **variables involucradas**. Para ello, recuerda:

- La variable independiente o manipulada, es controlada para determinar su efecto en la variable dependiente.
- La variable dependiente o respuesta, cambia en función de la variable independiente).
- La variable controlada, se mantiene constante durante toda la investigación.

Además, considera la búsqueda de **información adicional**, como datos en otros campos de cultivo, o en insectos de otros lugares.

Como realizar experimentos en genética resulta bastante complejo, bastará con que expreses tus

procedimientos de manera simple y general, por ejemplo: detectar ADN, detectar alelos, comparar información genética, etc.

Posibles resultados y conclusiones

A partir del diseño experimental, redacta los resultados que esperarías encontrar si la hipótesis fuese correcta y los que serían contradictorios con esta. Para ambos casos escribe una breve conclusión.

Evaluar

Evalúa el diseño experimental propuesto, según los siguientes criterios:

- Nivel de validez y confiabilidad de los resultados (alto, medio o bajo).
- La posibilidad de replicar el procedimiento.

Comunicar

Elabora un **informe científico** en el que describas y expliques cada una de las etapas de la investigación propuesta, desde los antecedentes del problema hasta la evaluación del diseño experimental. Incluye, además, las proyecciones económicas que tendría tu investigación en el área de la industria textil. Finaliza con una exposición al curso utilizando un *software* de presentación de diapositivas.

Ciencia en Chile

ChileGenómico

Es una iniciativa de investigadores e investigadoras de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile. Este proyecto partió el 2010 y desde entonces ellos han utilizado ampliamente la tecnología para obtener y analizar grandes volúmenes de información genética.

El principal objetivo de ChileGenómico es conocer las características genéticas de los chilenos y chilenas y así comprender mejor su origen y evolución en el tiempo. Además, se considera que el conocimiento de la variabilidad genómica de una población humana tiene un importante impacto en el diseño de políticas públicas de salud, a través de investigaciones destinadas a descubrir genes vinculados con enfermedades y a predecir la frecuencia de reacciones adversas a fármacos, entre otros aspectos.

Chile, como muchos otros países, se ha ido conformando por poblaciones divergentes en el pasado, comenzando por los pueblos originarios



de América del Sur. En este contexto, se analizan variantes genéticas que permiten, entre otras cosas, cuantificar la proporción en que las diferentes poblaciones ancestrales se encuentran representadas en nuestro genoma. Además, se analizan 131 alelos de predisposición a enfermedades hereditarias frecuentes en Chile como diabetes mellitus tipo II, enfermedad de Parkinson, hígado graso, cáncer de mama y cáncer gástrico.

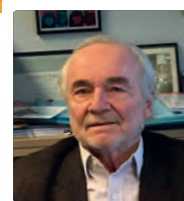
Sitio web: www.chilegenomico.cl

1. ¿Por qué es importante conocer la variabilidad genética existente en Chile?
2. ¿Qué relación podría existir entre conocer la genética de los ancestros y las actuales enfermedades?
3. ¿Es posible inferir parte de nuestro pasado a través del estudio de la variación genética? Explica.

Protagonistas de la ciencia

El profesor **Juan Asenjo** ingresó a estudiar Ingeniería en Química en la Universidad de Chile, pues sus intereses entonces no se vinculaban con la biología. Sin embargo, al final de sus estudios de pregrado se sintió motivado por un problema científico relacionado con la posibilidad de que algunas enzimas funcionaran a bajas temperaturas. En una de sus investigaciones logró modificar genéticamente bacterias, incorporándoles genes que expresan enzimas extraídas del krill (crustáceo de la zona austral de Chile). Este avance tiene aplicación en el desarrollo de detergentes para ropa que actúen a baja temperatura y permitan una reducción considerable de energía.

El profesor Asenjo obtuvo el Premio Nacional de Ciencias Aplicadas y Tecnológicas en el año 2004. Actualmente es director del Centro de Biotecnología y Bioingeniería (CeBiB), que agrupa a varias universidades de Chile.



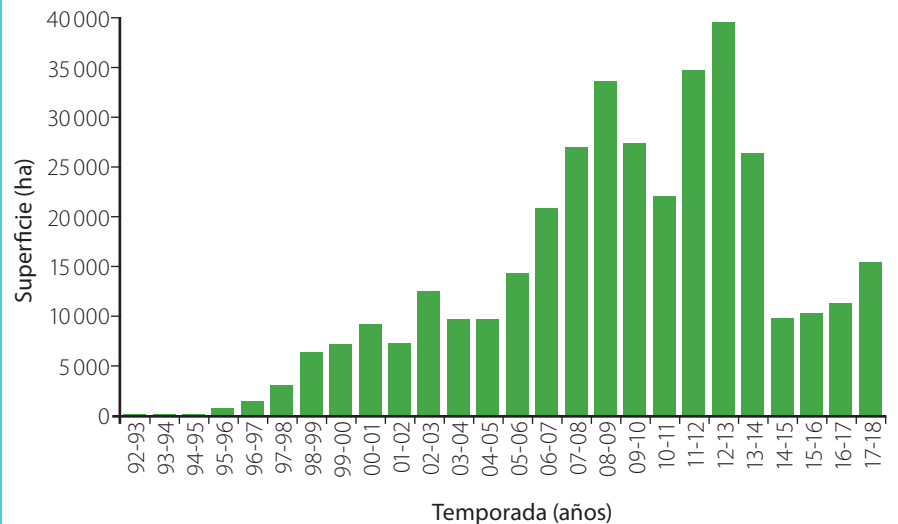
Fuente: Miranda, N. (2018, 18 de marzo). Juan Asenjo: *El permanente asombro de descubrir*. Ingeniería Universidad de Chile. <https://bit.ly/3kBG6cZ>

1. ¿Qué importancia social y económica tiene la investigación científica sobre las enzimas conducida por el profesor Asenjo?
2. ¿Qué actitudes científicas le han permitido al profesor Asenjo tener éxito en su carrera como investigador?, ¿por qué lo dices?

Actividad final

Muchos países, incluido Chile, han adoptado normas para aminorar los riesgos de los organismos modificados genéticamente. En Chile se generan semillas genéticamente modificadas solamente para exportar, y las empresas productoras de estas deben cumplir con condiciones que eviten su propagación hacia la naturaleza.

GRÁFICO 4 Producción de semillas transgénicas en Chile, considerando superficie total de cultivos



1. ¿Por qué es importante que se evite la propagación de semillas genéticamente modificadas hacia la naturaleza?
2. Hoy se discute a nivel mundial la necesidad de rotular los alimentos genéticamente modificados. ¿Qué ventajas tendría?

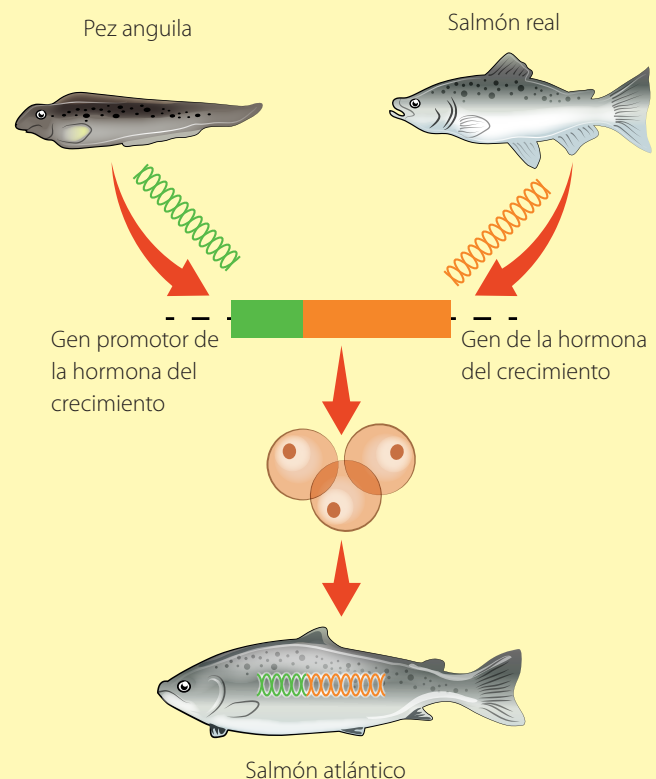
¿Cómo voy? Evaluación de proceso y progreso

En el salmón atlántico se insertan fragmentos de ADN de dos especies de peces diferentes: salmón real (una especie gigante del océano Pacífico) y pez anguila, para obtener individuos de mayor tamaño y que crezcan durante todo el año. El esquema lateral muestra en qué consiste esta modificación genética.

- a. Explica qué es la ingeniería genética utilizando este ejemplo.
- b. ¿Qué caracteres del salmón atlántico han sido modificados genéticamente?
- c. ¿Qué función cumple el gen promotor proveniente del pez anguila?
- d. Explica cuál de estos tres peces es un organismo transgénico.

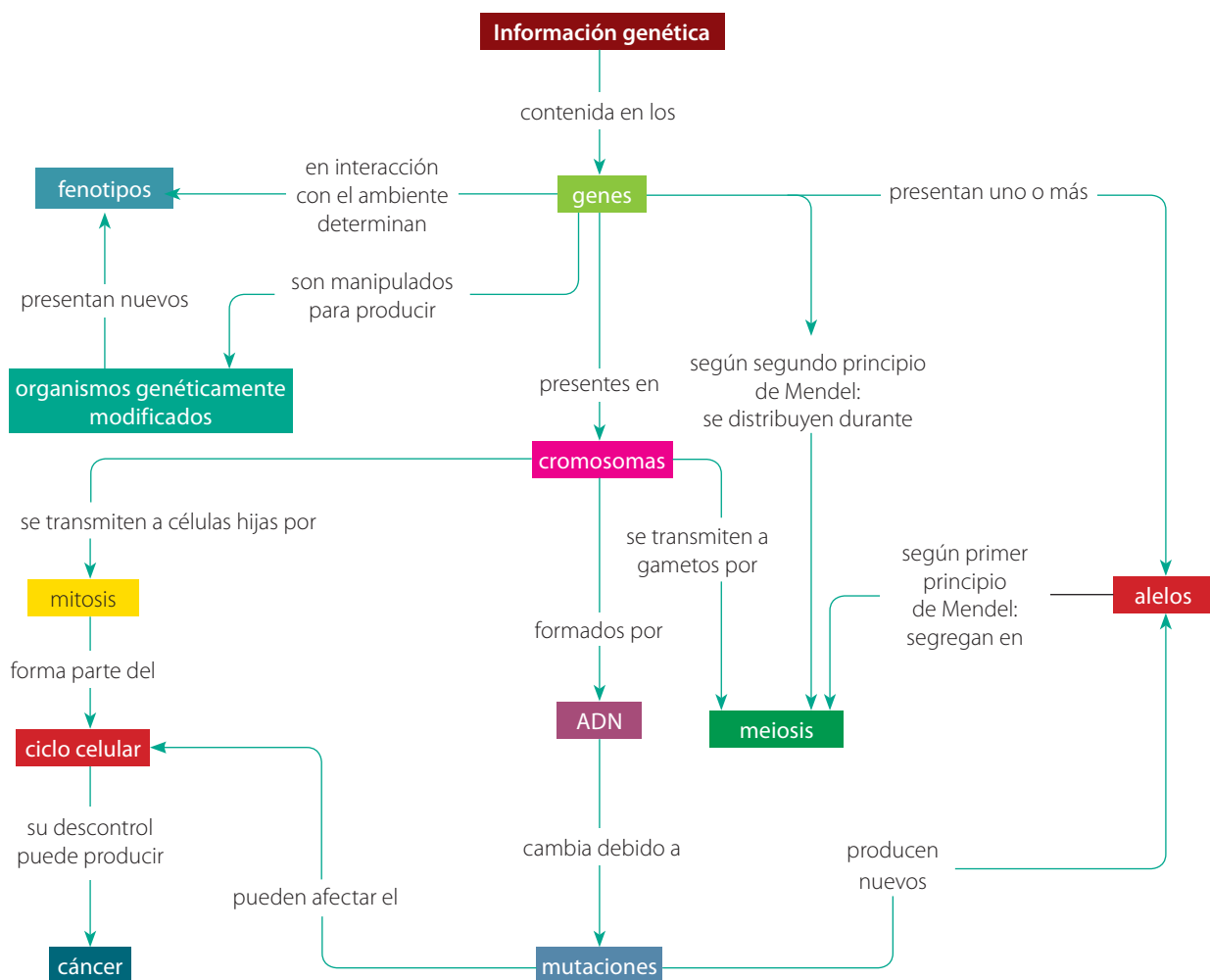
¿Cómo aprendo?

- ¿Cuáles son los tres conceptos que considero más relevantes de esta lección para comprender lo que implica la manipulación genética?, ¿por qué?



Síntesis

El siguiente mapa conceptual relaciona los principales conceptos que has aprendido en la unidad.



1. Analiza la información contenida en el mapa y vuelve a revisar los conceptos o sus relaciones que no hayas comprendido completamente.
2. Crea tu propio mapa conceptual, en papel o usando un computador. Puedes incluir los mismos conceptos presentados aquí o agregar otros.

Repaso mis aprendizajes

1. Explica, usando un ejemplo, la diferencia entre carácter y fenotipos.
2. Describe tres fenotipos humanos donde se manifieste claramente la influencia del ambiente en su expresión.
3. Ilustra mediante un esquema la relación que existe entre los principios de Mendel y la meiosis.
4. Propón un ejemplo de cruzamiento de dihibridismo, y los resultados esperados para F_2 según el Segundo principio de Mendel.
5. Explica tres casos en que algún carácter se herede de una manera diferente a los resultados obtenidos por Mendel. Justifica e indica en cada caso a qué tipo de herencia corresponde.
6. Representa y explica, mediante un esquema, la acción de los genes supresores de tumores y los protooncogenes en la generación de tumores.

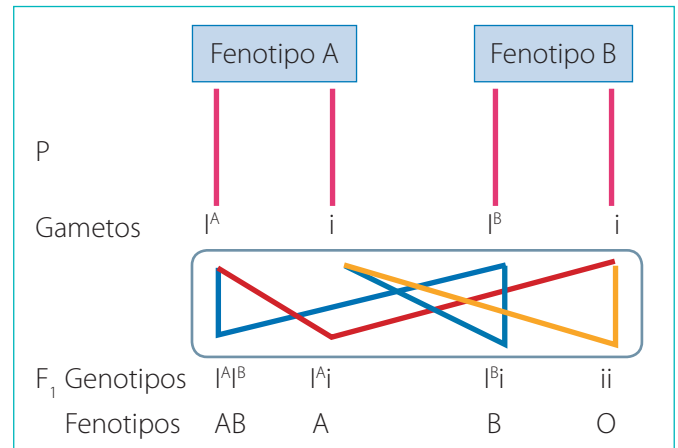
7. Considera la siguiente información relacionada con una investigación científica:

Una investigadora estudia la herencia del color del pelaje en un roedor silvestre. Su hipótesis es que el color café es dominante sobre el color negro. Para poner a prueba su hipótesis, realizó un cruzamiento de cepas puras en cuanto al color del pelaje.

- Si la hipótesis es correcta, ¿qué fenotipos esperarías observar en la F_1 y en la F_2 ?
- ¿Qué resultados harían suponer que la hipótesis **no** era correcta?

8. El esquema representa la forma en que se hereda el grupo sanguíneo cuando uno de los padres es A0 y el otro, B0.

- Explica en qué consiste el alelo 0.
- Describe en qué se diferencia este tipo de herencia respecto de lo observado por Mendel.
- Infiere cómo sería el fenotipo de la descendencia si el alelo A dominara sobre el B.



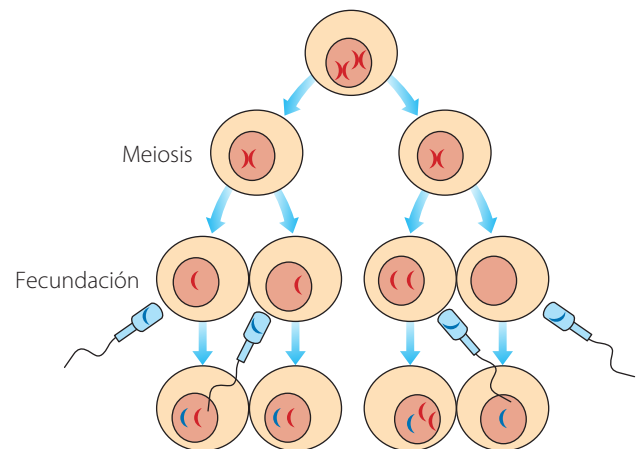
9. En parejas, consigan: agua, una cebolla pequeña, Gillette®, portaobjetos, cubreobjetos, microscopio óptico, orceína acética, papel absorbente, palo de brocheta largo, vaso de precipitado de 500 mL y vidrio reloj. Luego, realicen lo solicitado:

- Añadan agua al vaso de precipitado, hasta completar tres cuartos de su capacidad.
- Atravesen la cebolla con el palo de brocheta y ubíquenla sobre el vaso de precipitado dejando las raíces en contacto con el agua. Mantengan el vaso a temperatura ambiente durante cuatro días. Cambien diariamente el agua.
- Retiren la cebolla. Luego, corten cinco puntas de las raicillas, de 2 o 3 milímetros, y y pónganlas sobre el vidrio reloj.
- Pídanle a su profesor que agregue unas gotas de disolución de ácido clorhídrico (10%) a las raicillas. Después de 5 minutos, enjuáguenlas con agua.
- Pongan las raicillas sobre el portaobjetos, agrégueles una gota de orceína acética y y tápenlas con el cubreobjetos. Quiten el exceso de colorante usando papel absorbente. Esperen diez minutos y observen al microscopio.

- ¿Qué etapas de la mitosis identifican? Dibújenlas.

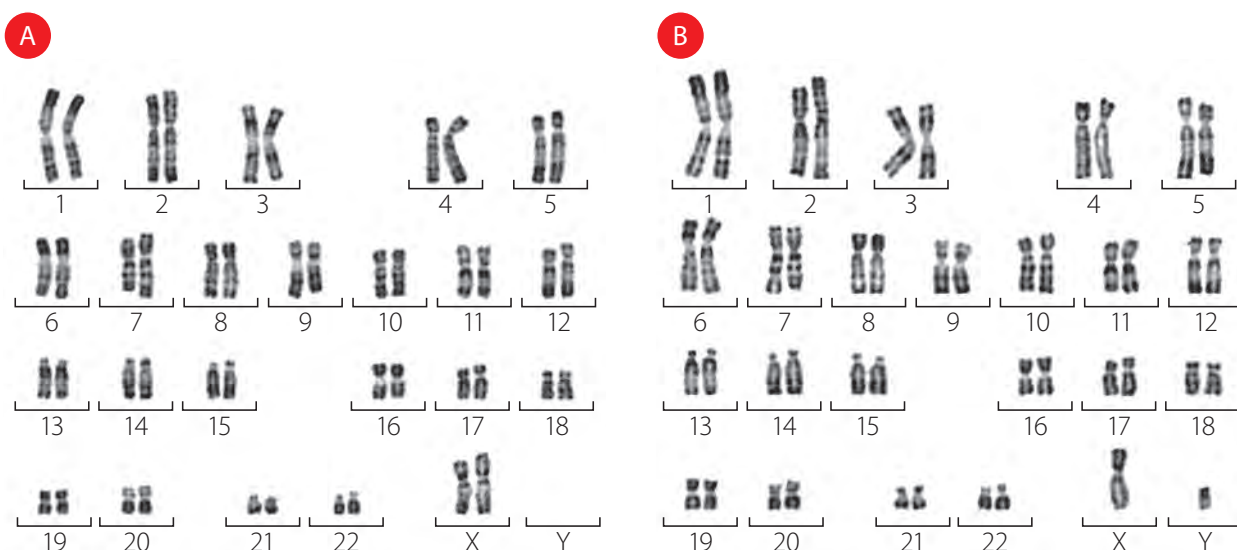
10. Observa y analiza el dibujo que representa la meiosis de un gameto femenino y las posibles fecundaciones.

- Indica qué representan los colores rojo y azul en el material genético.
- Describe el error que ocurrió en la meiosis y explica en qué etapa se podría haber generado.
- Identifica las consecuencias producidas en la formación de cigotos.



11. En un laboratorio, un grupo de científicos añadió una sustancia que bloquea la separación de las cromátidas hermanas de los cromosomas, a una muestra de células de raíz de cebolla. Al respecto, ¿qué consecuencias produciría esa sustancia en esas células? Si esta misma sustancia se aplicara en células germinales (precursoras de gametos), ¿qué resultados se obtendrían?
12. Considera la siguiente información relacionada con una investigación científica:

Gracias a las técnicas de tinción fue posible fotografiar cromosomas, clasificarlos (por forma y tamaño) y ordenarlos en pares homólogos en cariotipos. En 1956, Joe Hin Tjio y Albert Levan publicaron su trabajo *The chromosome number of man* donde dieron a conocer el cariograma humano. Una característica del cariotipo humano es que en mujeres hay dos cromosomas X y en hombres un X y un Y. Si bien estos cromosomas son diferentes, presentan regiones similares, por lo que se consideran un par llamado sexual.



- Identifica qué cariotipo corresponde a un hombre y cuál a una mujer.
 - Infiere qué tipo de información puede estar contenida en los cromosomas sexuales.
 - Busca información sobre patologías asociadas al exceso o déficit de cromosomas sexuales en el ser humano.
13. Considera la siguiente situación que involucra un problema científico:

En una granja orgánica se sospecha que el maíz cultivado se ha mezclado con maíz transgénico resistente a insectos, pues se han encontrado sectores con larvas muertas en el suelo. Los dueños averiguaron que a pocos kilómetros se había instalado una granja de maíz transgénico.

- Identifica la hipótesis en la situación descrita.
- Diseña un experimento para poner a prueba la hipótesis. Puedes enunciar pasos experimentales generales, como: extraer ADN, comparar ADN, etc.
- Realiza un esquema que represente los pasos de tu experimento.
- Describe los resultados que comprobarían la hipótesis.
- Si los resultados indican que la hipótesis no es correcta, explica lo que es necesario hacer para resolver el problema.

Aprendamos más sobre el ADN

El ADN o ácido desoxirribonucleico es una molécula que contiene una enorme cantidad de información. El conjunto de moléculas de ADN de un individuo forma su genoma. El genoma propio de cada especie contiene la totalidad de las «instrucciones genéticas» que le otorgan sus características. El estudio y manipulación del ADN, así como el conocimiento y uso del genoma humano, no solo tienen implicancias biológicas, sino también sociales y éticas.

Los invitamos a formar grupos e investigar acerca del ADN y el genoma desde diferentes puntos de vista.

Planificación y ejecución

En cada grupo, dos integrantes se harán cargo de un aspecto del proyecto, considerando la investigación, y preparación del material. Luego pueden intercambiar información y presentar en conjunto lo realizado.

¿Cuáles son los aspectos éticos implicados en el proyecto genoma humano?	¿Cómo representar la estructura del ADN?
Preparen un afiche para explicar las principales controversias éticas del uso de la información genética del ser humano. Apliquen lo que han aprendido en Lengua y Literatura.	Elaboren un modelo concreto y tridimensional de la molécula de ADN. También pueden usar recursos digitales. Recurran a las habilidades trabajadas en Artes Visuales o Tecnología.
¿Cuánta información hay en el ADN de diferentes especies?	¿Qué utilidad tiene el ADN para estudiar los procesos de poblamiento humano?
Realicen un gráfico que permita comparar la cantidad de información contenida en el genoma de distintas especies, incluyendo la nuestra. Usen sus conocimientos de Matemática.	Elaboren un breve artículo donde expliquen cómo se utiliza información contenida en el ADN para reconstruir parte de la historia humana. Apóyense de la asignatura de Historia, Geografía y Ciencias Sociales.

Eliján qué parte de la investigación llevará a cabo cada pareja. Luego, guiados por su profesor, asignen las tareas que realizarán. Para la búsqueda de información, pueden consultar los siguientes sitios web:

<http://bit.ly/estructuraADN>

<http://bit.ly/genoma-y-etica>

<http://bit.ly/genoma-especies>

<http://bit.ly/ADN-poblamiento>

Gran idea

La Gran idea de la ciencia que ha sido el tema central de esta unidad es: «La información genética se transmite de una generación de organismos a la siguiente».

Con respecto a esta idea:

Vuelve a responder las preguntas del inicio de la unidad y compáralas con tus respuestas iniciales. ¿Cambiaron? ¿A qué lo atribuyes?

Inventa tu propia gran idea que sintetice o relacione los temas trabajados en la unidad.

Para finalizar

Vuelve a leer la pregunta que da inicio a la unidad y elabora una respuesta lo más completa posible, considerando todo lo que has aprendido.

ADN recombinante: ADN que ha experimentado un cambio artificial en su información genética.

ADN: ácido desoxirribonucleico. Molécula portadora de la información genética de los seres vivos.

Alelos: variantes de un mismo gen.

Ancestros: especies evolutivamente antecesoras a otras.

Anomalía cromosómica: alteración de la estructura de uno o varios cromosomas.

Arco reflejo: conjunto de órganos y vías neuronales que intervienen en las respuestas reflejas.

Bioacumulación: proceso ecológico donde una sustancia, generalmente un contaminante, se deposita en el cuerpo de los organismos, acumulándose en otros organismos que se alimentan de ellos.

Biodiversidad: variedad de especies y ecosistemas. La variedad de especies incluye la que existe entre especies y dentro de las especies.

Biósfera: conjunto de todos los ecosistemas en el planeta.

Biotecnología: disciplina que aplica el conocimiento biológico, especialmente genético, para la creación o modificación de productos o procesos biológicos específicos.

Caracteres sexuales secundarios: conjunto de cambios, particularmente físicos, que aparecen en la pubertad producto de la acción de las hormonas sexuales.

Características homólogas: características presentes en diferentes especies y originadas desde un mismo ancestro.

Cariotipo: ordenamiento de la serie de parejas de cromosomas homólogos.

Cerebro: órgano más voluminoso del encéfalo y responsable de procesar información de los estímulos del ambiente interno y externo y generar respuestas complejas.

Ciclo biogeoquímico: cualquier ciclo de la materia donde fluye un elemento o un compuesto químico entre los seres vivos y el ambiente. Entre ellos encontramos el ciclo del agua, el carbono, el fósforo y el nitrógeno.

Ciclo celular: conjunto de etapas de la vida de una célula, desde su origen hasta la formación de células hijas.

Ciclo ovárico: período de duración relativa dentro del ciclo menstrual en el que se produce el desarrollo del folículo, la ovulación y la formación del cuerpo lúteo, debido a la acción hormonal.

Ciclo uterino: período de duración relativa dentro del ciclo menstrual que es simultáneo al ciclo ovárico y en el cual se producen cambios en el endometrio.

Citoquinesis: proceso de división citoplasmática, dentro del ciclo celular, que da origen a la separación definitiva de dos células hijas.

Clonación: proceso natural o artificial que tiene como resultado la generación de dos o más moléculas, células u organismos genéticamente idénticos.

Competencia: relación entre seres vivos que requieren acceder al mismo recurso.

Comunidad: conjunto de poblaciones, de diferentes especies, que interactúan en un espacio y tiempo determinados.

Conservación ambiental: conjunto de medidas que permiten cuidar los recursos naturales, utilizándolos de manera controlada y regulada.

Contaminación: proceso de degradación de un ecosistema por el depósito o suspensión de sustancias tóxicas.

Contaminantes: cualquier sustancia ajena al ambiente y que lo altera, daña o deteriora.

Criterios taxonómicos: características biológicas usadas para agrupar a los seres vivos, generalmente genéticas, anatómicas o embriológicas.

Cromátidas: cada una de las moléculas de ADN que se producen luego de la replicación.

Cromosomas homólogos: par de cromosomas provenientes del padre y la madre, que tienen los mismos genes, pero no necesariamente los mismos alelos.

Cromosomas: estructuras formadas por ADN y proteínas.

Deforestación: proceso de degradación o destrucción de especies arbóreas provocado por la acción del ser humano.

Depredación: relación interespecífica en la que un organismo se alimenta de otro.

Desarrollo sostenible: sistema que desarrolla una sociedad, donde se pretende un equilibrio entre su crecimiento económico, conservación ambiental y equidad social.

Diabetes: enfermedad que consiste en que el individuo no puede regular la glicemia debido a una falta de insulina (tipo I) o resistencia a ella (tipo II).

Diploidía: estado de una célula en la que hay cromosomas maternos y paternos.

Ecosistema: integración entre una comunidad de organismos (biocenosis) y el medio donde interactúan (biotopo).

Embriología: disciplina biológica que estudia el desarrollo embrionario de las especies.

Endometrio: tejido uterino donde se produce la implantación del embrión. Aumenta su desarrollo en cada ciclo menstrual, por la acción hormonal, y se desprende al no haber fecundación, produciendo la menstruación.

Enzimas: proteínas que facilitan las reacciones químicas en los organismos.

Erupción volcánica: actividad de un volcán que consiste en la expulsión del material que se encuentra al interior de este.

Espermatozoide: célula sexual (gameto) masculino.

Estratos de la Tierra: cada una de las capas en que se presentan divididos los sedimentos, las rocas sedimentarias, las rocas ígneas y las rocas metamórficas.

Estrógenos: hormonas sexuales femeninas secretadas por el ovario. Entre sus funciones están el desarrollo folicular y la aparición de los caracteres sexuales femeninos.

Evolución: disciplina biológica que estudia los procesos de cambio, permanencia y extinción de las especies a lo largo de las generaciones.

Fase G1: etapa de la interfase del ciclo celular en la que la célula crece y madura.

Fase G2: etapa de la interfase del ciclo celular posterior a la replicación del ADN y en la que la célula se prepara para la mitosis, corrigiendo los errores de la replicación.

Fase M: etapa del ciclo celular conocida como mitosis.

Fase S: etapa de la interfase donde ocurre la duplicación del ADN.

Fecundación: proceso en que el espermatozoide se une al ovocito dando origen al cigoto.

Fenotipo: características biológicas determinadas por la interacción de los genes y el ambiente.

Flujos de energía: movimiento de energía química y calórica en un ecosistema debido a la fotosíntesis y a las relaciones de alimentación de los organismos heterótrofos.

Fósiles: restos de organismos, organismos enteros o registro de actividad de ellos que vivieron en el pasado geológico.

Fotosíntesis: proceso mediante el cual los seres vivos autótrofos producen glucosa a partir de dióxido de carbono, agua y luz.

FSH (por su sigla en inglés): hormona foliculoestimulante. Es una hormona producida por la hipófisis y que estimula los ovarios y testículos para que produzcan gametos.

Gametos: células sexuales femeninas y masculinas.

Genealogías: diagramas que representan la relación de parentesco genético entre individuos de diferentes generaciones. Se registra en ellas fenotipos y, en genética médica, patologías.

Genotipo: configuración de los alelos de un gen en un organismo.

Glándula endocrina: órgano que produce y secreta hormonas.

Glicemia: nivel o concentración de glucosa en la sangre.

Glucagón: hormona producida por el páncreas que aumenta los niveles de la glicemia.

Haploidía: estado genético de una célula en la que presenta solo un cromosoma de cada par homólogo. Esta condición es propia de los gametos.

Homeostasis: conjunto de mecanismos de autorregulación que permiten mantener relativamente constantes la composición y las propiedades del medio interno de un organismo.

Hormona: sustancia química producida por una glándula endocrina y que cumple una función determinada en el organismo, para lo que actúa sobre células o tejidos blanco.

Implantación: proceso ocurrido durante el desarrollo embrionario que consiste en la fijación del embrión al endometrio uterino.

Impulso nervioso: onda electroquímica que se transporta a lo largo de la membrana de la neurona y que permite el flujo de información a través del organismo.

Ingeniería genética: conjunto de conocimientos que permiten la manipulación directa de los genes de un organismo, usando la biotecnología para modificarlos, eliminarlos o duplicarlos.

Insulina: hormona producida por el páncreas que disminuye los niveles de la glicemia.

Interacción interespecífica: relación que se establece entre seres vivos de diferentes especies.

Interacción intraespecífica: relación que se establece entre seres vivos de la misma especie.

Lactancia: período posterior al nacimiento que consiste en la nutrición del recién nacido a través de la leche materna.

LH (por su sigla en inglés): hormona luteinizante. Es producida por la hipófisis y estimula los ovarios para que ocurra la ovulación y los testículos para que produzcan testosterona.

Médula espinal: órgano del sistema nervioso central protegido por las vértebras y que tiene por función elaborar respuestas reflejas ante algunos estímulos y conducir la información nerviosa hacia y desde el encéfalo.

Meiosis: proceso celular que consiste en la formación de células haploides o gametos.

Menstruación: proceso del ciclo menstrual que consiste en el desprendimiento del endometrio. Con la menstruación se da inicio al ciclo menstrual.

Método de regulación de la fertilidad: cualquier mecanismo que impide o dificulta la fecundación.

Mitosis: proceso celular que consiste en la división del núcleo para dar origen a dos nuevos núcleos. Involucra la separación de moléculas idénticas de ADN (cromátidas) hacia los nuevos núcleos.

Mutualismo: relación interespecífica en la que ambos organismos se benefician.

Neurona intercalar: también llamada «neurona de asociación». Su función es conectar varias neuronas y regular o elaborar una respuesta.

Neurona motora: célula nerviosa encargada de transmitir la información hacia el efector para que este realice la respuesta.

Neurona sensitiva: célula nerviosa encargada de transmitir la información del estímulo desde el receptor hacia el centro elaborador correspondiente.

Neurona: unidad básica estructural y funcional del sistema nervioso.

Neurotransmisor: sustancia química que participa en la sinapsis, transmitiendo el mensaje nervioso desde la neurona presináptica hacia la neurona postsináptica.

Organismo modificado genéticamente: cualquier ser vivo que ha experimentado un cambio genético por técnicas artificiales.

Organismo: individuo que pertenece a una especie biológica.

Ovocito: célula sexual (gameto) femenina.

Páncreas: glándula mixta que secreta jugos digestivos y hormonas (insulina y glucagón).

Parasitismo: relación interespecífica en la que un organismo (parásito) vive en otro llamado «hospedero», desde el que obtiene alimento o refugio. Esta relación beneficia al parásito y perjudica al hospedero.

Parentesco: desde el punto de vista evolutivo, grado de cercanía evolutiva entre las especies.

Paternidad y maternidad responsables: conjunto de acciones del padre y la madre con el objetivo de cuidar a sus hijos, lo que implica proporcionarles afecto, protección, educación, alimentación y desarrollo integral.

Permutación: en genética, es el proceso aleatorio de separación de cada uno de los cromosomas homólogos. Este proceso contribuye a la variabilidad genética de los gametos.

Pirámides tróficas: representación que permite describir el flujo de energía, la biomasa o el número de individuos de los diferentes eslabones de una cadena o red trófica.

Población: conjunto de organismos de la misma especie, que coexisten en un mismo tiempo y área geográfica.

Preservación: medidas que implican el cuidado máximo de un ecosistema y de los seres vivos que ahí habitan, con el propósito de proteger los recursos naturales existentes.

Principios de Mendel: enunciados que permiten predecir la proporción probabilística de aparición de un rasgo genético en una generación a partir de los genotipos paternos.

Progesterona: hormona sexual femenina encargada del crecimiento y mantención del endometrio.

Proteínas: macromoléculas biológicas más abundantes de la célula. Poseen funciones estructurales, enzimáticas, inmunológicas, hormonales, entre otras. Están formadas por aminoácidos.

Pubertad: etapa vital que da comienzo a la adolescencia. Se caracteriza por el inicio de las funciones reproductivas.

Receptor hormonal: molécula de célula blanco a la que se une una hormona.

Recombinación genética: proceso mediante el cual los cromosomas homólogos intercambian fragmentos de ADN durante la meiosis. Este proceso contribuye a la variabilidad genética de los gametos.

Recursos naturales no renovables: aquellos recursos de la naturaleza utilizados por el ser humano que no pueden ser producidos, regenerados o reutilizados a una velocidad tal que se pueda sostener su consumo constante.

Recursos naturales renovables: aquellos recursos de la naturaleza utilizados por el ser humano que sí pueden ser regenerados o reutilizados a una velocidad tal que pueda sostener su consumo.

Redes tróficas: descripción, generalmente gráfica, de las relaciones de alimentación entre varias especies. Una red trófica está compuesta por dos o más cadenas tróficas.

Reproducción sexual: tipo de reproducción en la que participan gametos femeninos y masculinos.

Respiración celular: proceso celular que permite obtener energía química, en forma de moléculas de ATP (adenosín trifosfato), a través del uso de glucosa y oxígeno.

Retroalimentación hormonal: sistema que permite la secreción controlada de las hormonas, para mantener en equilibrio su concentración en la sangre.

Rocas sedimentarias: rocas formadas por acumulación de sedimentos, que son partículas de diversos tamaños que son sometidas a procesos físicos y químicos que las compactan.

Secuencia de ADN: serie de nucleótidos que se encuentran en un fragmento de ADN.

Sexualidad humana: aspecto central del ser humano que está presente a lo largo de toda su vida. Abarca el sexo, las identidades y los roles de género, la orientación sexual, el erotismo, el placer, la intimidad y la reproducción.

Sinapsis: unión funcional entre dos o más neuronas que permite su comunicación (transmisión o detención del impulso nervioso).

Tamaño poblacional: dimensión de una población en cuanto a cantidad de organismos.

Tejido (o célula) blanco: órgano que recibe el mensaje de una o más hormonas y genera una respuesta determinada.

Teoría de la selección natural: mecanismo evolutivo propuesto por Charles Darwin, según el cual en la naturaleza algunas variaciones hereditarias pueden ser ventajosas sobre otras, en un ambiente determinado, aumentando la probabilidad de sobrevivencia y reproducción de los organismos portadores y, con ello, su frecuencia en las poblaciones.

Terapia génica: consiste en la manipulación genética de un individuo con el objetivo de tratar una enfermedad.

Transferencia nuclear: procedimiento genético que consiste en la incorporación del núcleo de una célula a otra, a la que se le ha extraído. Generalmente se utiliza para clonar organismos.

Transgénicos: ser vivo, o producto de él, resultado de la transferencia de genes provenientes de un organismo de otra especie.

¿Cómo voy?

Unidad 1 - 1º Medio

Lección 1 (pág. 23)

- a.** A: inclusión en ámbar; B: permineralización; C: huellas.
b. En A, la morfología externa; en B, la forma de los huesos, cartílagos y partes duras en general; en C, la forma de la estructura que dio origen a la huella.
c. En A, B y C, se puede inferir el tipo de organismos. En C, se puede inferir el tamaño del organismo.
- El estudio de los fósiles permite conocer cómo era una región geográfica en el pasado, las especies que la habitaban, y cómo se ha modificado hasta nuestros días. Es importante preservarlos, pues aportan información científica muy relevante.

Lección 2 (pág. 39)

- Los caracteres homólogos se heredan desde un ancestro a través de descendencia con modificación. La filogenia puede inferir el origen desde ancestros hasta especies derivadas de él.
- La selección natural puede provocar especiación, al separar a las poblaciones en su dimensión ecológica.
- Si un carácter no se hereda, no puede ocurrir selección natural sobre él.

Lección 3 (pág. 49)

- a.** Dominio: eucarionte; reino: animal; phylum: cordado.
b. Los monotremas, grupo al que pertenece el ornitorrinco, adquirieron la estrategia de desarrollo ovíparo desde un ancestro reptil. El desarrollo vivíparo apareció posteriormente en el resto de los mamíferos.
c. Porque son adaptaciones al ambiente acuático.
- La taxonomía se rige por convenciones. Aunque en general se trata de seguir el criterio filogenético, existen excepciones, como es el caso de los cromistas y otros grupos de protistas.

Unidad 2 - 1º Medio

Lección 1 (pág. 67)

- a.** Entre 1950 y 1970 se observa que inicialmente la población de carnívoros disminuyó y aumentó la población de roedores. Luego, la población de roedores se queda relativamente estable mientras los carnívoros aumentan. Entre

1970 y 2000 se observa una sincronización en el crecimiento poblacional de carnívoros y roedores.

- b.** Se infiere una relación de depredación, en la que el carnívoro se alimenta de roedores.
- c.** Pueden ser diversos factores, por ejemplo, enfermedades, disponibilidad de alimento y condiciones climáticas.

Lección 2 (pág. 79)

- a.** En el bosque nativo la riqueza es más alta, porque el número acumulado de especies, al comparar el número de muestras, es mayor.
b. Una característica que explicaría los resultados: el pino no establece tantas relaciones interespecíficas con los coleópteros como el bosque nativo.
c. No es posible, porque los resultados muestran diversidad de especies, no la distribución de sus poblaciones.
- En el crecimiento exponencial, la tasa de crecimiento es constante, vale decir, mientras mayor es el tamaño de la población, mayor será su rapidez de crecimiento, pues esta manifiesta al máximo su potencial biótico. No es un modelo de crecimiento sostenible en el tiempo. En cambio, en el crecimiento logístico, a medida que la población crece se va reduciendo paulatinamente su tasa de crecimiento, hasta alcanzar la capacidad de carga. Luego, el tamaño poblacional tiende a oscilar en torno a este valor. Este tipo de crecimiento es sostenible en el tiempo.
- La contaminación de las aguas con desechos orgánicos puede causar eutrofización. También alteran los ecosistemas acuáticos la erosión del suelo y la deforestación de los lugares que los rodean.
- La sobreexplotación de recursos puede destruir o contaminar ecosistemas o disminuir el tamaño de las poblaciones. Por ejemplo, la sobreexplotación del alerce y la contaminación que provoca eutrofización.

Unidad 3 - 1º Medio

Lección 1 (pág. 97)

- a.** Masa por nivel: productor: 4 000 g; consumidor primario: 150 g; consumidor secundario: 60 g, y consumidor terciario: 50 g.
b. Es una pirámide más amplia en la mitad.
c. Se obtendrá una pirámide ancha en la base y estrecha hacia el vértice.

- d. La pirámide de masa se aproxima más a la de energía.
- e. La pirámide de masa.

Lección 2 (pág. 105)

1. a. En el experimento 1, se marcó el oxígeno del agua y, producto de la fotosíntesis, se obtuvo O_2 marcado. En el experimento 2, se marcó el oxígeno del CO_2 , pero como producto de la fotosíntesis no se obtuvo O_2 marcado.
b. La conclusión es que los átomos de oxígeno que se liberan en la fotosíntesis provienen del agua.
2. La fotosíntesis permite la formación de moléculas orgánicas a partir de moléculas inorgánicas. Es el punto de inicio de la cadena trófica, que incorpora materia y energía química. La respiración celular equivale al gasto energético para realizar trabajo, que se hace a partir de las moléculas orgánicas producidas por los fotosintetizadores.
3. La frase es correcta, pues las plantas son autosuficientes para abastecerse de nutrientes desde el medio abiótico. Sin embargo, algunos tipos de plantas pueden requerir de mayor cantidad de nitrógeno y micronutrientes disponibles, producto de la actividad de otros seres vivos.

Lección 3 (pág.121)

1. Todas las fuentes energéticas aumentaron su uso, excepto el petróleo, que disminuyó.
2. Las fuentes de energía fósiles representan el 81 %. Las consecuencias del uso de estos combustibles son la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera y su consecuente contribución al calentamiento global.
3. La respuesta debería considerar el positivo aumento en el uso de energías no convencionales, las que no emiten gases de efecto invernadero.

Unidad 1 - 2º Medio

Lección 1 (pág.141)

1. a. La neurona motora envía información nerviosa desde un centro elaborador hacia un órgano efector, provocando que este ejecute una respuesta. En cambio, la sensitiva transmite un impulso nervioso sensorial, desde un órgano receptor hacia el centro elaborador o de integración.
b. Porque procesa la información sensorial, procedente de un estímulo y elabora una o más respuestas.
c. Representa una respuesta voluntaria, pues es el cerebro el que elabora la respuesta.

- d. Un estímulo táctil.
- e. Conducir la información sensorial y motora.

2. La médula espinal capta los estímulos del medio, procesa esa información y elabora una respuesta. En este proceso intervienen receptores, vías neuronales sensitivas y motoras, y efectores.

Lección 2 (pág.157)

1. Respuesta variable. Tu diagrama debe explicar que el sistema endocrino está formado por glándulas y tejidos endocrinos como el hipotálamo y la hipófisis, que secretan hormonas que permiten mantener la homeostasis del organismo, a pesar de desbalances como el estrés.
2. Permiten mantener las funciones fisiológicas dentro de un rango de normalidad. Por ejemplo, el nivel de glucosa en la sangre es una señal que permite mantener regulada la concentración de esta sustancia gracias a la acción hormonal.
3. Más insulina: ante una hiperglicemia. Menos insulina: en condiciones de hipoglicemia.
4. Principalmente, los hábitos alimentarios y el nivel de actividad física.
5. El hipotálamo secreta un factor liberador de gonadotropinas que actúa sobre la hipófisis, estimulando a esta última a liberar gonadotropinas, que a su vez estimulan la secreción de hormonas sexuales. Estas son responsables del desarrollo y de los caracteres sexuales secundarios.

Unidad 2 - 2º Medio

Lección 1 (pág.171)

1. La sexualidad es un aspecto relacional del ser humano que se desarrolla durante toda la vida, y que contempla diversas dimensiones, como la biológica, la psicológica, la afectiva y la sociocultural. Cada persona debe conocer y respetar los derechos sexuales y reproductivos de sí mismo y de los demás.
2. La afirmación de que la sexualidad es fundamental en la vida de las personas hace referencia a que es inherente al ser humano, a que se manifiesta en muchas dimensiones y a que la salud sexual es un pilar del bienestar, tal como la salud física, mental y emocional.
3. Derribar estereotipos de género es importante para que todas las personas puedan desarrollar su potencialidad independiente de su género.
4. Mantener relaciones afectivas sanas, basadas en el respeto y la confianza; respetar el propio cuerpo y el del prójimo; establecer buenos tratos con los demás.

Lección 2 (pág.185)

1. La fecundación es el proceso en que los gametos femeninos y masculinos (óvulos y espermatozoides) se fusionan durante la reproducción sexual para crear un nuevo individuo, el que contiene información genética de ambos padres.
2. La gestación se divide en desarrollo embrionario y fetal, debido a las características generales del nuevo ser. El desarrollo embrionario se extiende desde la fecundación hasta que se termina de desarrollar el sistema nervioso (al final de la octava semana). En este momento, el embrión empieza a denominarse feto. El desarrollo fetal involucra básicamente la maduración de órganos y el crecimiento.
3. El cordón umbilical es fundamental en la comunicación materno-fetal, pues permite el transporte de nutrientes y oxígeno hacia el feto y la eliminación de sus desechos metabólicos.
4. Es importante porque permite satisfacer los requerimientos energéticos y nutritivos del feto, y los anexos embrionarios, así como para evitar riesgos de enfermedades en la madre y en el feto en desarrollo.

Lección 3 (pág.191)

1. Los métodos naturales evitan un embarazo sin utilizar ningún procedimiento artificial que altere el ciclo reproductivo. La fecundación se previene absteniéndose de tener relaciones sexuales durante el período fértil de la mujer, el que se determina, por ejemplo, usando el método de Billings o el de la temperatura basal. Los métodos artificiales, en cambio, interfieren el ciclo reproductivo. Entre ellos están los hormonales, que evitan la ovulación; y los de barrera y quirúrgicos, que impiden la fecundación.
2. La vasectomía, los inyectables combinados y los anticonceptivos orales combinados, son los métodos más eficaces, si se usan correctamente.
3. Respuesta variable. Es importante que crees un título breve y llamativo, que refleje la situación representada. Basta con que realices un par de viñetas.
4. El control de la fertilidad implica decidir cuándo se va a ser padres o madres. Esto representa un acto de responsabilidad, pues evita que se produzcan embarazos no deseados, junto con postergar la paternidad hasta el momento en que las personas estén preparadas.

Unidad 3 - 2º Medio

Lección 1 (pág. 209)

1. Posibilita que el ADN se distribuya equitativamente entre las células hijas resultantes.

2. Porque en ella se producen los procesos de entrecruzamiento y permutación cromosómica, lo que provoca que se formen gametos genéticamente diferentes.
3.
 - a. A la meiosis. En la separación de los cromosomas homólogos.
 - b. La anafase.
 - c. Porque se entrecruzaron.
 - d. Cuatro.
4.
 - a. La 1 está en interfase y la 2, en profase, por el grado de condensación del ADN.
 - b. En la separación de las cromátidas hermanas. A la anafase.
 - c. Mitosis, porque se forman dos células hijas.
5. El principal mecanismo que origina aneuploidías es la no disyunción, que consiste en un error en la separación de los cromosomas homólogos durante la meiosis I, produciendo gametos con cromosomas sobrantes y faltantes.

Lección 2 (pág. 225)

1. Los caracteres de variación discreta. Porque presentan pocos fenotipos que se pueden distinguir fácilmente.
2. El primer principio establece la segregación de los alelos. El segundo insta que esta segregación es independiente.
3. Dependerá del carácter y de la simbología que elijan. La proporción de la F_2 debe ser 3:1.
4. Colores rojo, azul y verde.
5. **a.** aabb. **b.** A_bb. **c.** aaB_. **d.** A_B_.
6. 100 % ojos color café y pelo ondulado (AaBb).
7. Los genes poseen la información que dirige la síntesis de proteínas. Proceso que es regulado por otros factores.

Lección 3 (pág. 235)

1.
 - a. Es la aplicación de un conjunto de técnicas que permiten manipular y modificar el material genético de ciertos organismos. Para ello, se deben realizar diferentes procesos: extracción de uno o más genes de interés, como el del salmón real y el pez anguila, y, luego, la inserción de esos genes foráneos en el genoma de otro organismo: el salmón atlántico.
 - b. Su tamaño y período de crecimiento.
 - c. Controlar el inicio de la transcripción.
 - d. El salmón atlántico, puesto que posee dos genes foráneos insertos en su genoma.

Actividad final

Unidad 1 – 1º Medio

Lección 1 (pág. 23)

1. El estrato A. Porque los estratos B, del sitio 1, y W, del sitio 2, son similares, y el B está ubicado sobre el A. Por lo tanto, el estrato A es el más antiguo.
2. G y Z, ya que son los estratos más superficiales en ambos sitios y los más recientes. Además, tienen registros similares.
3. G - Z, F - Y, B - W, porque cada par de estratos contiene registro fósil similar y, por lo tanto, debieron formarse en tiempos cercanos.
4. El proceso representado es la formación de estratos y su asociación con el registro fósil. Permite ubicar a los organismos en el tiempo y saber cuáles de ellos coexistieron. Esto, a su vez, hace posible reconstruir el ambiente en tiempos pasados, reconocer especies extintas y comprender el origen de formas de vida que aún existen.

Lección 2 (pág. 39)

1. Los grupos que presentan ojos complejos son: vertebrados, moluscos y artrópodos. Estos son grupos alejados filogenéticamente, lo que se evidencia en que hay otros grupos de organismos entre ellos.
2. Los ojos de los vertebrados, moluscos y artrópodos son homoplasias, pues la filogenia muestra que se originaron de manera independiente.
3. El ojo de los peces es homólogo al humano, pues los vertebrados son un grupo que presenta un solo ancestro común, y los peces son vertebrados.
4. Respuesta variable. El desarrollo de ojos complejos apareció paralelamente tres veces en la evolución, probablemente debido a que en diferentes grupos existió la presión selectiva por una captación fina de las señales luminosas.

Lección 3 (pág. 49)

1. Hace 70 millones de años aproximadamente.
2. Hace 90 millones de años aproximadamente.
3. La especie más cercana al panda rojo (especie hermana) es el mapache. El ancestro común entre ellas data de unos 65 millones de años atrás.
4. El mapache, pues el ancestro común con este data de 70 millones de años atrás, mientras que el ancestro común con el perro data de unos 90 millones de años atrás.

5. La morfología externa por sí sola no es buena fuente de datos para el análisis filogenético, porque a veces ha ocurrido una aceleración de cambios durante la evolución de un linaje o, al contrario, poco cambio. Por tanto, dos especies pueden ser muy similares, a pesar de no ser cercanas filogenéticamente. Otra fuente de error al usar la morfología para la construcción de filogenias son las homoplasias, es decir, las convergencias evolutivas que se producen por existir más de un origen evolutivo de la característica

Unidad 2 – 1º Medio

Lección 1 (pág. 67)

1. Una disminución en el número de especies pues, al no tener depredadores, se incrementa la cantidad de individuos, lo que reduce la disponibilidad de recursos.
2. Pueden establecerse relaciones de competencia, mutualismo, amensalismo y comensalismo.
3. La competencia entre especies puede llevar a la exclusión de una de ellas del ecosistema. Por otra parte, relaciones mutualistas pueden conducir a un mayor éxito de las poblaciones.

Lección 2 (pág. 79)

1. Mayo a septiembre, diciembre a enero y marzo a abril.
2. Se podría esperar que se repitiera el patrón estacional de crecimiento.
3. La capacidad de carga es de alrededor de 60 individuos, porque es el valor máximo de individuos registrado.
4. Sí, es probable que en la zona exista una población que depreda a los ratones porque la población de roedores fluctúa de manera similar a como lo hace cuando existe un depredador.

Unidad 3 – 1º Medio

Lección 1 (pág. 97)

1. El modelo representa la evaporación, la condensación y la precipitación del agua en la naturaleza.
2. En el primer montaje se observará evaporación del agua, y en el segundo no.
3. Se espera que observen pequeñas gotas en el film del montaje que tiene agua sola, y bajo la moneda podría haber precipitación; esto no ocurriría en el montaje que contiene aceite. Lo anterior se explica porque el aceite en la superficie del agua impediría la evaporación de esta.

4. Establezcan criterios de comparación, por ejemplo, formación de gotitas en el film.
5. En el modelo se afecta la evaporación debido a la presencia del aceite, que es una sustancia ajena al agua (contaminante) y que impide o dificulta este proceso.
6. Por ejemplo, la contaminación de grandes masas de agua por derrames de petróleo. La capa de petróleo que se forma sobre la superficie del mar, impide el ingreso de luz al ecosistema marino, a través del agua. Con ello, muchas algas dejan de realizar fotosíntesis y mueren. Otros organismos se ven afectados al estar en contacto con los contaminantes del crudo, por ejemplo, seres vivos que se alimentan a través de la filtración del agua, como los moluscos, incorporan y acumulan esas sustancias tóxicas. Por otro lado, el petróleo se adhiere en las plumas, pelaje y escamas, de animales, alterando muchas de sus funciones vitales, provocando la muerte de peces, mamíferos marinos y aves.

Lección 2 (pág. 105)

1. Las regiones con mayor productividad se ubican en la zona ecuatorial, lo que coincide con climas tropicales y subtropicales.
2. La diferencia entre la selva del Amazonas y Alaska se debe a factores climáticos, como temperatura, radiación solar y humedad: estos favorecen el crecimiento de organismos fotosintéticos en el Amazonas, en contraste con Alaska, donde hay períodos de bajas temperaturas, radiación solar y humedad.
3. En el norte de Chile hay se encuentra el desierto de Atacama, que tiene muy poca humedad, lo que limita el crecimiento de organismos fotosintéticos que requieren agua, como las plantas.

Lección 3 (pág. 121)

1. Una respuesta posible es el cambio de las políticas de uso de agua que actualmente existen: puesto que el agua es fundamental para la vida, y dado que su disponibilidad ha cambiado, los países pueden adaptar sus políticas de distribución para seguir desarrollándose de manera sostenible. Otra medida a largo plazo es la educación ciudadana en el buen uso del recurso, y avances científicos que permitan el desarrollo productivo con menor consumo hídrico.
2. Todas las comunidades pueden realizar un trabajo que fomente el cuidado colectivo del agua, adoptando medidas para optimizar el recurso, y

también el trabajo colaborativo y la creatividad (como lo han demostrado iniciativas comunitarias para acceder a napas de agua, o la instalación de atrapanieblas en la zona norte del país).

3. Algunas medidas concretas para no malgastar el agua son: disminuir el tiempo en la ducha; optimizar el uso del agua al lavar la ropa y la loza; mejorar los hábitos de riego, eligiendo horarios apropiados donde la evaporación sea mínima; cerrar bien las llaves de agua luego de utilizarlas; y reparar toda fuga o filtración de agua doméstica.

Unidad 1 – 2º Medio

Lección 1 (pág. 141)

- a. El glutamato es un neurotransmisor con efecto excitatorio del sistema nervioso central, es decir, estimula la actividad neuronal del cerebro.
- b. El alcohol se une a los receptores de glutamato, por lo que impide que ese neurotransmisor se una a ellos. Esto provoca una disminución o retardo de la actividad del sistema nervioso central.
- c. Porque dado su mecanismo de acción en las sinapsis, el alcohol disminuye la concentración y la capacidad de reacción.

Lección 2 (pág. 157)

1. El paciente 2, pues su glicemia se encuentra por sobre el rango normal en ayunas y después de dos horas de la ingesta de jarabe de glucosa se mantiene muy alto.
2. No es posible saberlo únicamente a partir de este examen, pues solo se evalúa la glicemia (nivel de glucosa sanguínea), pero se desconoce cómo es su secreción de insulina.
3. Algunos hábitos que pueden ayudar a los pacientes con diabetes tipo II son llevar una dieta balanceada y hacer ejercicio físico moderado, dependiendo de su edad y capacidades.

Unidad 2 – 2º Medio

Lección 1 (pág. 171)

1. Sí, son aspectos que forman parte de la sexualidad humana, pues representan algunas de sus dimensiones.
Tema 1: Dimensión afectiva.
Tema 2: Dimensión biológica y psicológica.
Tema 3: Dimensión sociocultural.
2. Actividad de conversación y debate. Se debe considerar que los tres temas son importantes para construir conceptos y nociones relativas a una sexualidad sana.

3. No existen respuestas correctas e incorrectas. Lo primordial es emitir las impresiones personales de forma fundamentada, y escuchar las opiniones de los demás con apertura y respeto.

Lección 2 (pág. 185)

1. Además del correcto intercambio de sustancias entre el feto y la madre, la placenta tiene actividad endocrina y secreta varias hormonas fundamentales para el normal desarrollo del embarazo y del parto, por lo que su normal funcionamiento es vital para mantener el embarazo.
2. Las hormonas producidas por la placenta, tal como todas las hormonas, son liberadas a la circulación, y actúan sobre órganos y tejidos blanco, produciendo diferentes efectos, como estimular el paso de nutrientes a través de la placenta y mantener el grosor del revestimiento interno del útero.

Lección 3 (pág. 191)

1. Respuesta abierta. Más importante que la elección del derecho es la fundamentación de dicha elección.
2. Respuesta abierta. Para responder, recuerda cómo fue tu infancia y lo que más disfrutaste siendo niño o niña. Relaciona esos recuerdos con los derechos enunciados.
3. Todas las personas estamos llamadas a respetar los derechos de los niños: padres, madres, familiares, trabajadores de la escuela, instituciones del Estado, etc.

Unidad 3 – 2º Medio

Lección 1 (pág. 209)

1. Porque se produjo la replicación del ADN. Este proceso ocurre en la fase S del ciclo celular.
2. La segregación de los cromosomas homólogos durante la anafase I, y la separación de las cromátidas hermanas en la anafase II.
3. Permite repartir el material genético entre las células resultantes, pero de manera azarosa. Lo que favorece la variabilidad genética.
4. Primera división meiótica: C y D. Segunda división meiótica: E y F.

Lección 2 (pág. 225)

1. Porque la herencia de agresividad no se rige por los principios de la herencia establecidos por Mendel. Los resultados sugieren que la transmisión de ese rasgo se comanda por el mecanismo de alelos múltiples, pues existen diferentes versiones alternativas para un gen con distintas relaciones de dominancia entre ellas.

2. La hipótesis debió haber estado mayormente fundamentada, no se puede basar solo en la observación de más ratones dóciles en un caso puntual que no se puede generalizar.
3. Es de suma importancia, pues los problemas, predicciones e hipótesis que se deben plantear al inicio de cada investigación científica deben elaborarse a partir de los conocimientos previos que se tengan sobre la materia en cuestión.

Lección 3 (pág. 235)

1. Porque podrían llegar a otros campos de cultivo y provocar cambios genéticos en las plantas, lo que podría ocasionar serios daños en el equilibrio de los ecosistemas.
2. Las personas sabrían qué alimentos están modificados genéticamente y cuáles no, lo que les permitiría poder decidir si están dispuestas o no a consumirlos.

Repaso mis aprendizajes

Unidad 1 – 1º Medio

(Págs. 50 a 52)

1. A: permineralización de un molusco; B: huella o impresión del cuerpo de un pez; C: inclusión de un insecto.
2. Porque el proceso de sedimentación ocurre desde la superficie, por lo tanto, hacia la superficie están los estratos con fósiles más recientes y hacia la profundidad, los estratos con fósiles más antiguos.
3. El descubrimiento de la herencia y la genética fue un aporte a la teoría de la evolución, pues la herencia de caracteres es un aspecto central para entender cómo la evolución de los rasgos se transmite a la descendencia, así como para entender cómo se produce la variabilidad.
4. La presión selectiva sobre los ratones es escapar de la captura del depredador (zorro). Los ratones presentan variabilidad para el color del pelaje, un carácter que es hereditario. Así, los oscuros son más difíciles de ser cazados, pues se confunden con el entorno, por lo que aumentarán su frecuencia en cada generación. De mantenerse las mismas condiciones, con el tiempo solo existirán ratones de pelaje oscuro, transformándose este color en una adaptación favorable.
5. a. Las capturas de los depredadores de las mariposas.
b. Las mariposas negras ya que al ser pequeñas y tener la misma coloración que el base, pueden camuflarse y tener menos posibilidades de ser depredadas.

6. **a.** La más emparentada es el hipopótamo y la más alejada, el camello.
b. Cetartiodactyla.
c. Porque la ballena presenta adaptaciones que le permiten sobrevivir en un ambiente acuático y sus parientes no.
d. Como solo la ballena es marina, el ancestro común entre esta y el hipopótamo debió ser terrestre.
7. Las homoplasias no son buenos caracteres para clasificar a los seres vivos, pues tienen múltiples orígenes y sus similitudes son aparentes. Por ejemplo, si se considerara la presencia de aletas, los cetáceos y los peces pertenecerían al mismo grupo taxonómico.
8. Las claves taxonómicas son muy útiles para identificar taxonómicamente a los organismos, o bien, para detectar un organismo que no ha sido descrito ni clasificado.
9. Respuesta muy variable. Debes redactar descripciones lo suficientemente claras para que puedan ser utilizadas por otros.
10. **a.** Una filogenia.
b. El resultado de la filogenia establecería la cercanía del humano con el chimpancé, y distancia con el gorila. Y en otra rama, el caballo con la cebra.
c. Las secuencias de ADN se usan en la construcción de árboles filogenéticos y para la identificación taxonómica.
11. **a.** Es probable que algunos alelos disminuyan en frecuencia, o bien desaparezcan y que otros aumenten en frecuencia.
b. En gran medida, puesto que este proceso puede dar como resultado una población con menor diversidad alélica que la original.
12. **a.** La bacteria A disminuyó y la B aumentó.
b. Respuesta variable. Puedes mencionar que cierta presión selectiva produjo el cambio en las poblaciones bacterianas. Algunas posibilidades serían el efecto de antibióticos, la nutrición, u otro factor que cambió en el hospedero.
c. Sí, la población de bacterias A puede volver a aumentar si desaparecen los factores que están modificando las frecuencias de las bacterias, o bien, si aparecen nuevas mutaciones que les confieran capacidad para adaptarse.

Unidad 2 – 1º Medio

(Págs. 80 a 82)

1. Respuesta variable. Puedes utilizar un esquema de Venn apilado de 11 niveles, uno para cada nivel de complejidad: átomo, molécula, célula, tejido, órgano, sistema de órganos, organismo, población, comunidad, ecosistema y biósfera.

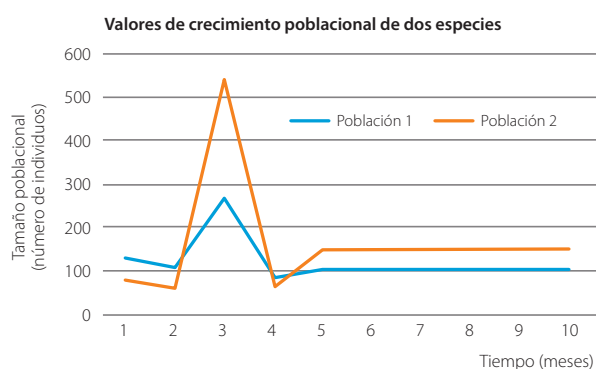


2. El biotopo es el componente inerte o abiótico del ecosistema y la biocenosis es la comunidad, el componente biótico del ecosistema.
- 3.

Competencia interespecífica	Comensalismo
Ambas poblaciones son perjudicadas.	Una población se ve beneficiada y la otra no es afectada.
Disminuye el potencial biótico de ambas poblaciones.	Favorece el potencial biótico de una población, mientras que el de la otra no es afectado.
Ejemplos: Búhos y lechuzas. Árboles del bosque nativo (como el roble o el raulí) con el pino Oregón.	Ejemplos: Musgos que crecen en árboles. Cangrejos de porcelana y anémonas.

4. **a.** Parasitismo
b. Comensalismo
c. Competencia intraespecífica.
5. Es probable que la relación entre las especies sea de depredación o competencia, debido a que, al estar "juntas", una se ve beneficiada y la otra perjudicada.

6. Por ejemplo, enfermedades, que pueden aumentar la mortalidad. Disponibilidad de recursos: más recursos tienden a incrementar la población. Ambos factores afectan las redes tróficas y las relaciones intra e interespecíficas.
7. **a.** Los factores antropogénicos reducen la población de pumas porque ocasionan, por ejemplo, la pérdida o disminución de hábitats, reducción de recursos disponibles, exposición a enfermedades e introducción de especies competidoras.
- b.** Un ejemplo de hipótesis: la introducción de especies domésticas en el ecosistema, como ganado, provoca el contagio de enfermedades parasitarias e infectocontagiosas a la población de pumas.
8. **a.** Ambas poblaciones presentarían crecimiento logístico, porque primero hay una fase de crecimiento alto y luego una de estabilización o meseta.



- b.** Es probable que la población 2 se vea más afectada, pues su abundancia es mucho menor.
9. La introducción de especies exóticas altera el equilibrio ecológico. Por ejemplo, modifican el biotopo, como los castores que destruyen el hábitat de especies nativas. También alteran las redes tróficas, pues pueden ser más eficientes que las especies nativas en depredar a una población nativa, situación que ocurre con las avispas chaquetas amarillas.
10. La humedad y la temperatura templada de los bosques permiten la sobrevivencia y reproducción de una gran variedad de organismos vegetales, de consumidores herbívoros, de descomponedores que enriquecen suelos y favorecen el crecimiento de los productores. Ejemplo de hipótesis: valores de humedad del suelo por sobre el 60 % favorecen el crecimiento de hongos que establecen relaciones mutualistas con las raíces de los árboles.

11. **a.** Disminución de su población, dado que el consumo de sus semillas afecta la reproducción, disminuyendo la natalidad.
- b.** Los incendios pueden destruir el suelo, los individuos y ecosistemas completos.
12. Respuesta abierta. Variables involucradas: cantidad de individuos de una población de plantas por superficie y crecimiento poblacional. Posible procedimiento: se tienen dos vasos con tierra de hojas (A y B). En A, se plantan muchas semillas, muy cercanas unas de otras; en B, se planta una cantidad menor de semillas, con mayor espacio entre ellas. Ambas muestras serán regadas diariamente y sometidas a las mismas condiciones. Se espera un mayor desarrollo de las plantas en el vaso B, debido a que los individuos tendrán mayor disponibilidad de nutrientes en comparación con A.

Unidad 3 – 1º Medio

(Págs. 122 a 124)

1. **a.** Corresponden a organismos productores, y todas son plantas: retamilla, maqui, hierbas, litre, peumo.
- b.** Conejo, zorro y ratón chinchilla.
- c.** Ejemplos:
Retamilla → ratón chinchilla → tucúquere.
Maqui → zorro.
Maqui → ratón chinchilla → zorro.
Maqui → ratón chinchilla → tucúquere.
Hierba → conejo → zorro.
Litre → zorro.
- d.** Hay varias cadenas que comparten poblaciones, ya que algunas de ellas sirven de alimento a varias otras.
- e.** Los pastos y matorrales fijan el carbono, transformándolo en glucosa con la energía lumínica del Sol. Estas plantas son consumidas por los conejos, traspasándoles materia y energía química. Cuando los zorros se alimentan de los conejos, reciben de estos, materia y una porción de la energía. Cuando mueren los zorros, las plantas y los conejos, sirven de alimento a los descomponedores. Estos organismos devuelven parte de la materia al ambiente.
2. **a.** I: energía lumínica; II: organismos descomponedores; III: disipación de energía; IV: consumidores.
- b.** La disminución del grosor de las flechas representa una menor cantidad de energía disponible.

3. El herbívoro absorbe 30 000 kcal; los consumidores primarios incorporarán el 10 %, es decir, 3 000 kcal; y los terciarios, el 10 % de esto, es decir, 300 kcal.
4. a. La respiración celular aeróbica no podría haber aparecido antes que la fotosíntesis, porque la cantidad de oxígeno era escasa. Sin embargo, sí podría haber aparecido antes la respiración celular anaeróbica, que se lleva a cabo en ausencia de oxígeno.
b. Los reactantes de la fotosíntesis son productos en la respiración celular, y los productos de la fotosíntesis son reactantes en la respiración celular.
5. a. Tienen una relación directa, pues la cantidad neta de carbohidratos producida aumenta rápidamente en función de las precipitaciones, pero luego se estabiliza después de los 2500 mm, esto se debe a que el agua es un componente esencial para el proceso fotosintético.
b. Los bosques necesitan alrededor de 2500 mm de lluvia al año para obtener la máxima producción neta de carbohidratos.
6. a. Los ecosistemas dependen de la energía del Sol, porque es la que utilizan los organismos fotosintetizadores para elaborar moléculas orgánicas, dando inicio a las cadenas tróficas.
b. Una posible hipótesis: antes de la aparición de la fotosíntesis, la energía provenía de reacciones químicas inorgánicas: los organismos eran quimiosintéticos.
7. a. Afectó directamente al ciclo del agua en la zona, pues cambió algunas de sus características. Afectó indirectamente al ciclo del carbono (y del oxígeno), al alterar la trama trófica y, con ello, los procesos de fotosíntesis y respiración celular.
b. Al contaminar las aguas, la erupción del Chaitén pudo afectar a organismos fotosintéticos, y, por lo tanto, al resto de los niveles tróficos.
c. En general, las erupciones tienen efectos temporales: una vez que acaba la actividad volcánica y se disipa el polvo en el aire y los cursos de agua, estos medios vuelven a sus características anteriores. Además, el suelo se enriquece debido al aporte de minerales.
8. Una acción sería la disponer de estanques que utilizaran menos agua o, de una forma más artesanal, poner dos o tres botellas desechables pequeñas llenas de agua dentro del estanque, para reducir su capacidad.
9. a. Al talar una gran cantidad de árboles, se reducirá rápidamente la disponibilidad de moléculas orgánicas en el ecosistema. Disminuirán la absorción de CO_2 y la liberación de oxígeno.
b. Los ciclos biogeoquímicos permiten la circulación de moléculas que son fundamentales para la vida. La importancia de estos ciclos es que posibilitan que ciertas moléculas estén a disposición de los distintos niveles de las tramas tróficas. (Pueden agregar que dichas moléculas son esenciales para la vida porque forman parte integral de sus estructuras y procesos).
c. Si las bacterias nitrificantes no realizan su función en el ciclo del nitrógeno, disminuiría mucho la disponibilidad de nitrógeno asimilable en los suelos.
10. a.

Componente del ecosistema	Acumulación (ppm)
Águila pescadora	25
Peces grandes	2
Peces pequeños	1
Zooplankton	0.5
Agua	0.2

- b. La escasez de águilas pescadoras.
- c. Se decidió tomar muestras en esas especies porque son parte de una trama alimentaria.
- d. Ocurre bioacumulación desde los productores a los consumidores de los diferentes niveles.
- e. Porque los niveles de metales tóxicos llegaron a ser letales para las águilas pescadoras.
- f. Las personas podrían incorporar los metales al consumir peces de cualquiera de las especies del lago.
11. Respuestas abiertas. Esta actividad se relaciona con la acumulación de contaminantes en el aire, uno de los factores que ha contribuido al aumento del efecto invernadero y, con ello, al calentamiento global y cambio climático.

12. Se puede disponer de contenedores para reciclar diferentes materiales en las salas de clase, junto a información y mensajes motivadores. Si en la zona no hay iniciativas de reciclaje, se puede averiguar si hay alguna industria o institución que reciba o utilice desechos reciclables. La reducción y la reutilización son otras formas de reducir la eliminación de desechos que es necesario fomentar.

Unidad 1 – 2º Medio

(Págs. 158 a 160)

1. Porque permite que los organismos reaccionen ante estímulos. Algunos de estos estímulos pueden constituir una especie de «alarma» ante posibles amenazas o peligros.

2. a.

Criterio	Sistema nervioso	Sistema endocrino
Funciones relacionadas con la homeostasis	Coordina respuestas frente a estímulos e integra información del medio interno y externo.	Regula niveles internos de variables como temperatura, pH, glicemia, hormonas circulantes, entre otras.
Velocidad de respuesta	La respuesta es rápida y breve.	La respuesta es, generalmente, lenta y duradera.
Tipo de mensaje	Mensaje es electroquímico.	Mensaje químico (hormonas).

b.

Neurotransmisor	Hormona
Se libera desde los botones sinápticos de la neurona presináptica.	Es secretada por una glándula endocrina o anficrina.
Sus receptores están localizados en la neurona postsináptica.	Sus receptores están localizados en órganos y tejidos blanco.
Su función es activar o inhibir el funcionamiento neuronal.	Su función es cambiar el funcionamiento celular.
Ejemplo: glutamato.	Ejemplo: insulina.

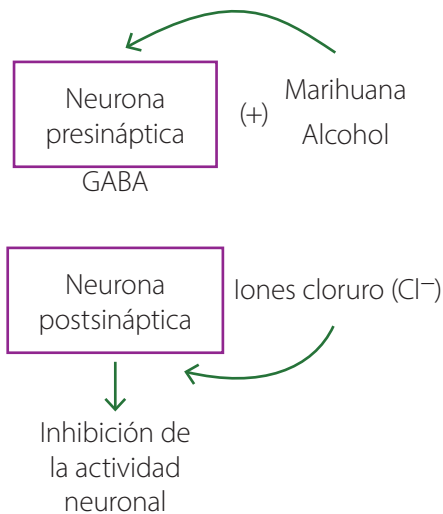
c.

Vía aferente	Vía eferente
Conduce información sensorial desde el receptor hacia el centro elaborador.	Conduce información motora desde el centro elaborador hacia el efector.

d.

Neurona presináptica	Neurona postsináptica
Transmitir la señal nerviosa hacia otras neuronas.	Integrar las señales provenientes de otras neuronas.

3. Ejemplo de respuesta:



4.
 - a. El pensamiento matemático de alto nivel involucra la misma red neuronal que la del razonamiento matemático básico.
 - b. Para poder comparar el funcionamiento cerebral entre personas capaces de desarrollar razonamientos diferentes.
 - c. Una hipótesis puede ser que la habilidad para resolver cálculos matemáticos sencillos forma parte del funcionamiento básico de las áreas cerebrales involucradas.
5.
 - a. Aumentó.
 - b. Incremento de la frecuencia respiratoria y de la temperatura corporal. Sudoración y vasodilatación.
 - c. Las variables fisiológicas alteradas vuelven a la normalidad.
 - d. El ejercicio físico constituye un estímulo que perturba el equilibrio interno del cuerpo. Esto provoca respuestas que reducen los efectos del estímulo y permite restituir y mantener la homeostasis.
6. La definición de Daniela es más completa, pues menciona la constancia del medio interno del organismo en general y al rol de los sistemas nervioso y endocrino para que esa condición perdure. Una posible definición de homeostasis podría ser: mantenimiento de las condiciones internas del organismo por medio de mecanismos regulatorios que están mediados por los sistemas nervioso y endocrino.
7. Porque el efecto antagónico de ambas hormonas (insulina-hipoglucemiante y glucagón-hipoglucemiante) posibilita mantener la concentración de la glucosa en la sangre dentro de un rango de normalidad.

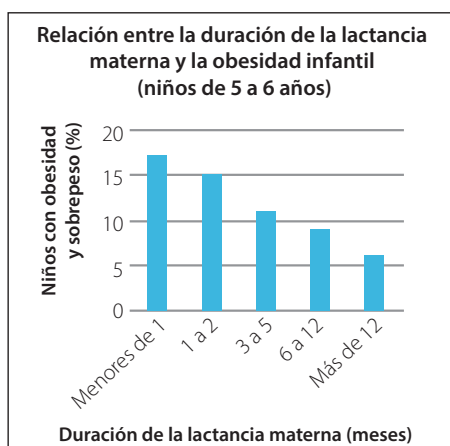
8.
 - a. 1 g/L.
 - b. Aumenta significativamente.
 - c. La extracción del páncreas provoca el aumento en el nivel de glucosa en la sangre, debido a que esta glándula secreta insulina, única hormona que reduce la glicemia.
 - d. Sí, inyectándole insulina sintética.
9.
 - a. La curva de glicemia va aumentando y disminuyendo en diferentes horas del día. El alza de la glicemia provoca el incremento de la concentración de insulina en la sangre. El aumento de la insulina sanguínea produce la disminución de la glucosa sanguínea.
 - b. Sí, ya que, al aumentar y sobrepasar su valor de referencia o normalidad, se desencadena la liberación de una hormona (la insulina) que provoca su descenso.
 - c. La ingesta de cada comida hace aumentar la concentración de glucosa en la sangre. Este estímulo gatilla la liberación de insulina. Producto de ello, la glicemia disminuye hasta alcanzar niveles normales, lo que provoca la inhibición de la secreción de insulina y la disminución de su concentración en la sangre.

Unidad 2 – 2º Medio

(Págs. 193 y 194)

1. La sexualidad es un derecho universal, porque corresponde a una dimensión fundamental en el desarrollo integral del ser humano.
2. Dimensión afectiva: emociones y sentimientos. Asociados a valores como el respeto, la tolerancia, la empatía y la igualdad. Una situación cotidiana: el proyecto de pareja de formar familia. Dimensión biológica: características anatómicas y fisiológicas que diferencian a los seres humanos según sexo. Una situación cotidiana: la llegada de la menarquia o primera menstruación. Dimensión psicológica: pensamientos y conductas sexuales en relación con otras personas. Integra la identidad sexual, las ideas y experiencia del amor, entre otras. Una situación cotidiana: el enamoramiento o los celos.
3. Semejanzas: son fases del desarrollo embrionario; se realizan múltiples divisiones celulares. Diferencias: la segmentación es anterior a la implantación y las divisiones celulares sucesivas producen aumento de células, pero no del tamaño total del embrión; la gastrulación es posterior a la implantación, en ella, las células del embrión, además de dividirse, migran hacia el interior y conforman tres capas que darán origen a los órganos.

4. Luego de la fecundación, el cigoto experimenta múltiples divisiones celulares pasando por los estados de mórula y blástula. En este último estado se implanta en el endometrio, lugar donde continuará su desarrollo. Durante el primer trimestre, se desarrollan el sistema gastrointestinal, la médula espinal, el corazón y el cerebro del embrión. En el segundo trimestre, se desarrollan el cabello y las pestañas, y también el tejido muscular y esquelético de brazos y piernas, lo que favorece que comiencen los movimientos del feto en el útero. Durante el tercer trimestre, se desarrollan los pulmones, proceso que termina hacia el final del embarazo. El feto percibe sonidos, abre los ojos y distingue la luz. Al noveno mes el bebé está preparado para el parto.
5. Mantener una dieta sana y variada y consumir abundante agua a diario. Consumir unas 300 kcal extras diarias. Descansar y dormir lo suficiente.
6. El padre debe cumplir un rol fundamental en toda la crianza de los hijos. Específicamente durante la lactancia, se espera que apoye y facilite la labor de amamantamiento, propicie el descanso y la salud de la madre y afiance el vínculo con el bebé.
7. Los beneficios a los trabajadores y trabajadoras que serán padres son derechos laborales que impactan positivamente en el bebé recién nacido, pues permite que haya dos adultos velando por su cuidado. Asimismo, promueve la distribución equitativa tanto de las labores de la paternidad como de las tareas domésticas.
8. a. Debe cumplir las funciones de intercambio de gases, excreción, nutrición y protección del feto.
b. Un posible problema de investigación es: ¿Cómo poder mantener con vida y asegurar el normal desarrollo de bebés nacidos entre las semanas 24 y 27?
9. a.



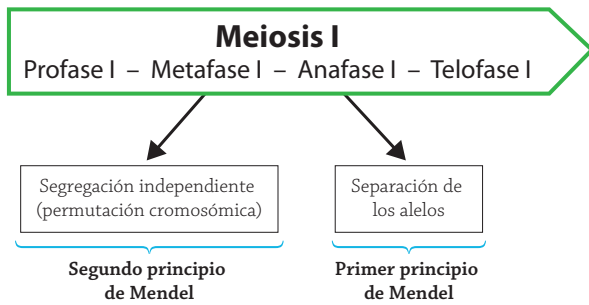
- b. Hipótesis: La lactancia materna prolongada evita la acumulación temprana de grasas que pueden estar contenidas en leche proveniente de otras especies o en fórmulas artificiales.
10. a. Debe tener madurez biológica, psicológica y emocional. Además, independencia y estabilidad económica.
b. No ya que, si bien tiene la madurez biológica, aún no ha desarrollado las otras dimensiones humanas.
11. Porque regulan el ciclo reproductivo de la mujer, lo que hace que este no se desarrolle normalmente. La consecuencia es que no se produce ovulación.
12. Hay dos métodos de regulación de la fertilidad que pueden disminuir la posibilidad de contagio de ITS: la abstinencia sexual total y los métodos de barrera, como los preservativos masculino y femenino.
13. a. Entre 2013 y 2014, pues en ese último año se produjeron 66 casos más que en el anterior.
b. En ambos casos ha aumentado, sin embargo, existe una incidencia significativamente mayor en los hombres.
14. a. Entre los años 2000 y 2008 hubo una tendencia a la disminución de casos de gonorrea en el país. Sin embargo, entre el 2009 y el 2018 esta tendencia se revirtió, observándose un incremento importante en el número de casos.
b. Hipótesis: Una de las causas de aumento de los casos de gonorrea es la disminución de medidas de prevención (como el uso de condón en todas las relaciones sexuales).

Unidad 3 – 2º Medio

(Págs. 236 a 238)

1. Un carácter es un rasgo biológico que puede presentar diferentes fenotipos. Estos últimos están determinados por los genes más el medio ambiente. Por ejemplo, el carácter textura de la semilla de arveja, puede presentar dos fenotipos claramente observables: lisa o rugosa.
2. La masa corporal, influida por la alimentación; la estatura, influida en parte por la alimentación; y la densidad ósea, influida por la alimentación y la actividad física.

3.



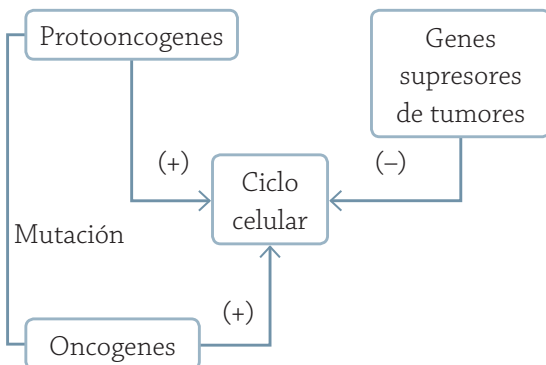
4. P: AaBb x AaBb

	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

Proporción fenotípica F₂ 9:3:3:1

5. La coloración del pelaje en los conejos presenta varios alelos con diferentes relaciones de dominancia entre ellos, lo que corresponde a alelos múltiples. El daltonismo en el ser humano presenta una herencia recesiva, ligada al cromosoma X, por lo que las mujeres pueden ser portadoras. La estatura de las personas está determinada por una herencia poligénica, es decir, por varios genes, lo que provoca que existan diversas variantes de este rasgo en la población.

6.



7. a. F₁: 100 % roedores de pelaje café. F₂: 75 % roedores de pelaje café; 25 % roedores pelaje negro (proporción 3:1).

b. Que se invirtieran los resultados, es decir, que en la F₁ el total de roedores fuera de color negro y que en la F₂ se obtuvieran tres roedores negros es a uno café.

8. a. Es una variante del gen que controla la expresión de aglutinógeno en la membrana de los eritrocitos. Los individuos homocigotos para el alelo "0", no producen aglutinógeno (tanto A como B).

b. A diferencia de lo observado por Mendel, este tipo de herencia presenta tres variantes de un gen (A, B y 0), en lugar de dos. Además, las variantes A y B, son codominantes entre sí, pero cada una domina a 0. Mendel, en cambio, solo observó patrones de herencia con dominancia completa.

c. 50 % A, 25 % B y 25 % 0.

9. Respuesta abierta. Accede a este enlace bit.ly/fases-mitosis para revisar y comparar tus respuestas.

10. a. Los cromosomas que aporta cada gameto.

b. Se produjo una aneuploidía por exceso y falta de cromosomas. Posiblemente se produjo durante la Anafase I.

c. Un cigoto tendrá un cromosoma de más (tres en lugar de dos) y el otro cigoto presentará un cromosoma menos (uno en vez de dos).

11. Cuando cada una de estas células se divida generará dos células hijas: una con el total de cromosomas de la especie y otra sin cromosomas. En el caso de las células germinales, cuando cada una de estas se divida, formará dos células hijas con la mitad de cromosomas de la especie, y otras dos sin cromosomas.

12. a. A: mujer. B: hombre.

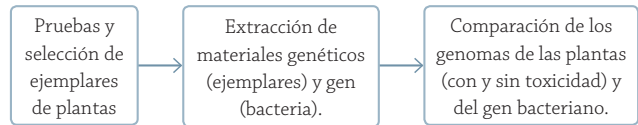
b. El cromosoma X presenta información hereditaria necesaria para el desarrollo de ciertas funciones, que pueden presentarse en su forma inactiva o alterada, provocando un fenotipo anormal. Los genes del cromosoma Y determinan características que son transmitidas únicamente por el padre a sus hijos varones.

c. Síndrome Klinefelter (XXY) quien lo padece posee proporciones corporales anómalas, infertilidad, estatura alta y un desarrollo sexual menor. Síndrome de Turner (XO) cuyos principales signos son retraso del crecimiento y del desarrollo sexual, infertilidad y defectos cardíacos. Síndrome XYY, sus principales síntomas son mayor estatura que el promedio, escaso tono muscular y acné quístico durante la adolescencia.

13. a. La muerte de las larvas que se han alimentado de algunas plantas de maíz de la granja orgánica, se debe a que estas últimas incorporaron, en su genoma, un gen foráneo (de origen bacteriano) que controla la síntesis de una toxina.

b. Se hacen pruebas con diferentes plantas de maíz de la granja orgánica para detectar si las larvas mueren o no al alimentarse de ellas, de esta forma se eligen ejemplares de maíz que produzcan y que no produzcan la toxina. Se extrae ADN de las plantas que se sospecha que están produciendo la toxina y de las que no (control) y, además, se aísla el gen bacteriano responsable de la toxicidad. A continuación, se comparan estas tres muestras de ADN.

c.



d. Al comparar las secuencias genómicas de ambos grupos de plantas, se esperaría observar que las plantas sospechosas (de estar produciendo la toxina) presenten el gen bacteriano incorporado en su material genético. En cambio, no se observaría dicho gen bacteriano en el genoma de las plantas no sospechosas.

e. Efectuar otra investigación, en la que se involucren variables que no se incluyeron en el estudio anterior. Por ejemplo, examinar el genoma de las plantas para buscar la aparición de mutaciones que podrían ser las causantes de la muerte de las larvas, o bien la presencia de sustancias contaminantes, en la tierra o agua, que estén alterando la cosecha.

Nuestro proyecto

Unidad 1 – 1º Medio

(Pág. 53)

Una vez desarrollado el proyecto, reflexiona en torno a tu desempeño y evalúalo, basándote en los siguientes niveles de logro:

Destacado	Adecuado	Requiero reforzar
Demostre interés y entusiasmo por conocer el legado científico de Darwin, profundizando en los temas implicados en el proyecto, más allá de lo solicitado. Me esforcé y perseveré al desarrollar mis tareas, llevando a cabo un trabajo riguroso, preciso y ordenado, de forma eficiente, lo que me permitió colaborar con el resto y cumplir con los plazos acordados. Asimismo, pedí apoyo y orientación cuando lo necesité.	Demostre interés y entusiasmo por conocer el legado científico de Darwin. Me esforcé y perseveré al desarrollar mis tareas, llevando a cabo un trabajo riguroso, preciso y ordenado, cumpliendo con los plazos acordados. Asimismo, pedí apoyo y orientación cuando lo necesité.	Demostre poco interés y entusiasmo por conocer el legado científico de Darwin. Tuve dificultades para desarrollar mis tareas, lo que afectó la rigurosidad, precisión y el orden de mi trabajo, y me impidió cumplir con los plazos acordados. No fui capaz de pedir apoyo u orientación cuando lo necesité.

Unidad 2 – 1º Medio

(Pág. 83)

Después de concluir el proyecto evalúa tu desempeño. Para ello, revisa la siguiente tabla y sitúate en el nivel de logro que más te identifique:

Logrado	En proceso	En inicio
Comprendí los procesos involucrados en la instalación de una especie invasora, y los impactos que esta genera en el medio ambiente y la economía. Comunicué estos conocimientos de forma clara, precisa y utilizando un lenguaje científico.	Comprendí los procesos involucrados en la instalación de una especie invasora, y los impactos que esta genera en el medio ambiente y la economía. Comunicué estos conocimientos de forma clara y precisa.	Comprendí, parcialmente, los procesos involucrados en la instalación de una especie invasora, y los impactos que esta genera en el medio ambiente y la economía. Comunicué estos conocimientos con dificultad y poca claridad.
Efectué un análisis profundo y riguroso de las evidencias disponibles, y las utilicé para explicar las problemáticas involucradas y proponer posibles soluciones.	Efectué un análisis profundo y riguroso de las evidencias disponibles, y las relacioné con las problemáticas involucradas.	Efectué un análisis superficial y poco riguroso de las evidencias disponibles. No conseguí relacionarlas con las problemáticas involucradas.
Organicé y realicé mi trabajo, de forma activa y respetando los procedimientos consensuados para la ejecución colaborativa de tareas, y sugerí soluciones y alternativas ante las dificultades que se presentaron.	Organicé y realicé mi trabajo respetando los procedimientos consensuados para la ejecución colaborativa de tareas.	Realicé mi trabajo de forma espontánea, sin organización previa y sin respetar los procedimientos consensuados.

Unidad 3 – 1º Medio

(Pág. 125)

Luego de finalizar y presentar el proyecto, evalúa tu trabajo durante el desarrollo del mismo. Para ello, lee los siguientes criterios e indicadores e identifica tu nivel de desempeño, en cada uno de ellos.

Criterio	Lo hice bien	Debo mejorar
Actitud frente al aprendizaje	Manifesté curiosidad, creatividad e interés por conocer y comprender cómo la ciencia propone soluciones ante desafíos relacionados con el uso sostenible de recursos alimentarios y valoré su importancia para el desarrollo y bienestar de la sociedad.	Manifesté poco interés por conocer y comprender cómo la ciencia propone soluciones ante desafíos relacionados con el uso sostenible de recursos alimentarios. No tomé conciencia sobre la importancia de esta problemática para el desarrollo y bienestar de la sociedad.
Esfuerzo y perseverancia	Me esforcé y perseveré al llevar a cabo mi trabajo, desarrollando mis tareas de forma rigurosa, precisa y ordenada, lo cual sustenta la validez de los resultados obtenidos.	Puede esforzarme y perseverar más durante el desarrollo del proyecto. Mi trabajo no fue completamente riguroso, preciso y ordenado.
Trabajo colaborativo	Trabajé de forma proactiva y colaborativa, considerando y respetando los diferentes aportes del resto de integrantes del grupo. Demostré disposición a comprender los argumentos y puntos de vista de los demás.	Presenté dificultades para trabajar colaborativamente, pues no tuve total apertura del resto de integrantes del grupo, ni tuve una completa disposición a comprender sus argumentos y puntos de vista.

Unidad 1 – 2º Medio

(Pág. 161)

Una vez desarrollado el proyecto, reflexiona en torno a tu desempeño y evalúalo, basándote en los siguientes niveles de logro:

Destacado	Adecuado	Requiero reforzar
Relacioné la estimulación temprana con desarrollos científicos y/o tecnológicos, para proponer y argumentar soluciones creativas e innovadoras.	Relacioné la estimulación temprana con desarrollos científicos y/o tecnológicos, para proponer y argumentar soluciones.	No logré relacionar la estimulación temprana con desarrollos científicos y/o tecnológicos, ni proponer soluciones.
Elaboré y ejecuté, completamente, un plan de trabajo que me permitió desarrollar las tareas que me fueron asignadas, manipulando los materiales y recursos de forma precisa, ordenada y segura.	Elaboré y ejecuté, completamente, un plan de trabajo que me permitió desarrollar las tareas que me fueron asignadas, manipulando los materiales y recursos de forma adecuada.	Desarrollé las tareas que me fueron asignadas de forma improvisada. Manipulé los materiales y recursos con poca prolijidad.

Unidad 2 – 2º Medio

(Pág. 195)

Luego de finalizar y presentar el proyecto, evalúa tu trabajo durante el desarrollo del mismo. Para ello, lee los siguientes criterios e indicadores e identifica tu nivel de desempeño, en cada uno de ellos.

Criterio	Lo hice bien	Debo mejorar
Actitud frente al aprendizaje	Demostre valoración por el cuidado de la salud y la integridad de las personas por medio del proyecto, tomando conciencia sobre la incidencia y consecuencias de la infección por VPH en la población.	Demostre poca valoración por el cuidado de la salud y la integridad de las personas, al abordar la temática de este proyecto: infección por VPH en la población.
Actitud de pensamiento crítico	Reflexioné continuamente acerca de la validez de las evidencias revisadas y sobre la veracidad de los argumentos presentados, para sustentar las respuestas y soluciones propuestas.	No cuestioné la validez ni veracidad de las evidencias revisadas y ni de los argumentos presentados.
Responsabilidad y rigurosidad en el trabajo	Me involucré y comprometí completamente, en la planificación y desarrollo del proyecto, participando de forma activa, responsable y rigurosa en cada una de las tareas que me fueron asignadas.	No me involucré ni comprometí del todo en la planificación y desarrollo del proyecto, mi participación fue poco activa y tuve problemas de responsabilidad y rigurosidad al realizar las tareas asignadas.

Unidad 3 – 2º Medio

(Pág. 239)

Después de concluir el proyecto evalúa tu desempeño. Para ello, revisa la siguiente tabla y sitúate en el nivel de logro que más te identifique:

Logrado	En proceso	En inicio
Investigué y comprendí, con profundidad, aspectos relevantes sobre el material genético, incluyendo su estructura, utilidad e implicancias éticas. Para ello, realicé un trabajo autónomo, colaborativo y responsable. Comunicué mis hallazgos de forma efectiva, rigurosa y creativa, empleando un lenguaje científico.	Investigué y comprendí, aspectos relevantes sobre el material genético, incluyendo su estructura, utilidad e implicancias éticas. Para ello, realicé un trabajo autónomo, colaborativo y responsable. Comunicué mis hallazgos empleando un lenguaje científico.	Investigué, aspectos relevantes sobre el material genético, incluyendo su estructura, utilidad e implicancias éticas, pero no los comprendí con profundidad. No conseguí trabajar de forma completamente autónoma, colaborativa, ni responsable. Comunicué mis hallazgos empleando un lenguaje coloquial.

índice temático

- Abundancia relativa, 61
- Actividad forestal, 109
- Adaptación, 27 – 29
- ADN, 22, 32, 66, 209 – 211, 227, 230
 - bases nitrogenadas, 211
 - Crick, Franklin, Watson, 210
 - clonación molecular, 227, 229
 - doble hélice, 210
 - núcleo, 214, 215
 - nucleótidos, 211
- Agricultura, 109
- Ambiente, 54, 58, 59, 62, 70, 73, 84, 86, 106, 112, 118, 200
- Anexos embrionarios, 177
 - amnios, 177
 - cordón umbilical, 177
 - placenta, 177
- Arco reflejo, 132 – 133
- Autótrofos, 100
- Berthold, Arnold, 150
- Bioacumulación, 96
- Biodiversidad, 42, 55, 106, 112, 114, 231
 - variabilidad, 26 – 28, 36, 196, 197, 200, 209, 223
- Biósfera, 59
- Biotecnología, 226
- Biotopo, 59
- Blastocisto, 174, 175
 - blastulación, 175
- Cadenas tróficas, 88, 90
 - consumidores, 86, 87
 - descomponedores, 87
 - productores, 86
- Calentamiento global, 114
- Capacidad de carga, 73
- Capas embrionarias, 176
 - ectodermo, 176
 - endodermo, 176
 - mesodermo, 176
- Caracteres sexuales secundarios, 152
- Centro elaborador, 132
- Cerebelo, 133
- Cerebro, 131 – 134, 136, 137
 - áreas cerebrales, 137
 - corteza cerebral, 136
 - lóbulos cerebrales, 136
- Ciclo celular, 216, 218
 - etapas G1, S, G2, 216, 217
- Ciclo de la materia, 92
 - del agua, 92
 - del carbono, 93
 - del nitrógeno, 94
 - del fósforo, 95
- Ciclos menstruales, 154
 - ovárico, 154
 - uterino, 154
- Cigoto, 174, 215
- Citoquinesis, 217, 219
- Codominancia, 207
- Comunidad, 59, 60
- Contaminación, 112
- Control de la fertilidad, 186, 188, 189
 - métodos artificiales, 186
 - métodos naturales, 186
- Covid-19, 38
- Cromista, 42
- Cromátidas hermanas, 218, 220, 223
- Cromatina, 209
- Cromosoma, 209, 218, 220 – 223
 - homólogos, 209, 218, 223
- Cruzamiento, 202, 203
- Cuerpo lúteo, 154
- Darwin, Charles, 26, 27, 32, 36, 53
- Deriva génica, 36
- Desarrollo sostenible, 118
 - protección, 118
 - preservación, 118
 - hélice de la sostenibilidad, 118
- Desarrollo embrionario, 174
- Diabetes, 149
- Diploide, 218
- Dihibridismo, 204
 - segundo principio de la herencia, 205
- Drogas, 138, 139
- Ecología, 58 – 60
 - ecología evolutiva, 37
- Ecosistema, 54, 59, 61, 76, 86, 88, 108
 - biotopo, 59
- Efecto invernadero, 114
 - gases de efecto invernadero, 114
- Embriología comparada, 31
- Endometrio, 154
- Equilibrio ecológico, 106
- Especie, 16, 18, 26, 27, 29, 30 – 33, 35, 44, 45, 46
 - clave, 61
 - dominante, 61
 - exóticas e invasoras, 75
- Espermatozoide, 153, 174
- Estratos, 19, 23
- Estrés, 138
- Estructura trófica, 60
- Estructuras análogas, 30
- Estructuras homólogas, 30, 39
 - homología, homoplasia, 39
- Estructuras vestigiales, 31
- Evo devo, 37
- Evolución, 12, 25–27, 30–37, 46, 47, 50, 53
- Deforestación, 113
- Deriva génica, 36
- Dicéfalos, 136
- Entrecruzamiento, 220, 222, 223
 - crossing over, 220, 223
- Estímulo, 130
- Estrógeno, 154, 155
- Efectores, 131, 132
- Extinción, 17, 18, 20
- Fecundación, 174
- Fenotipo, 200, 201
 - carácter, 200
 - continuo, 201
 - discreto, 201
 - dominante, 202
 - recesivo, 202
- Feto, 176
- Filogenia, 34, 38 – 40
 - árbol filogenético, 33
- Filogeografía, 37
- Fósiles, 16, 18, 20, 23, 25
 - formación de moldes, 16, 17
 - inclusión, 17
 - permineralización, 16
- Fotosíntesis, 100
 - clorofila, 100
 - cloroplasto, 100
 - fase dependiente de la luz, 100
 - fase independiente de la luz, 100
- Gametos, 172, 220
- Gameotogénesis, 220
- Ganadería, 109
- Gástrula, 176
 - gastrulación, 176
- Genes, 203, 208, 211
 - alelos, 203 – 205
 - alelos múltiples, 206, 207
 - locus, loci, 209
 - saltarines, 212
 - genes homeóticos, 37
 - genes ligados al sexo, 206
 - supresores de tumores, 217
 - protooncogén, 217
- Genética, 36, 37, 196, 200, 202, 214, 226 – 229
 - de poblaciones, 36
- Genotipo, 200
- Gestación, 178, 179
- Glándulas endocrinas, 144, 145
- Glándula pineal, 144
- Glándulas suprarrenales, 145
- Glias, células gliales, 136
- Glicemia, 148, 149
- Glucagón, 149
- Glucosa, 148
- Hábitats, 112
- Haploide, 220, 222
- Herencia, 27, 196, 198, 200, 202 – 204, 206 – 209
 - primer principio, 203

- segundo principio, 205
 poligénica, 207
 Heterocigoto, 203
 Heterótrofos, 101
 Hígado, 149
 Hipófisis, 144, 153, 155
 Hipotálamo, 144, 153, 155
 Homeostasis, 142
 Homocigoto, 203
 dominante, 203
 recesivo, 203
 Homínidos, 34, 40
 Hormonas, 142, 144 – 146
 células blanco, 146
 Impacto ambiental, 112
 Implantación, 176
 Impulso nervioso, 134, 135
 Interfase, 216, 217
 Insulina, 148, 149, 155, 227
 Lactancia, 181 – 183
 Lamarck, Jean-Baptiste, 27
 Médula espinal, 131 – 134
 Meiosis, 220, 221
 etapas, 220, 221
 Mendel, Gregorio, 36, 202, 203
 Menstruación, 154
 Minería, 109
 Mitosis, 216, 218, 219
 etapas, 218, 219
 puntos de chequeo, 217
 Monohibridismo, 202
 filial 1, 202 – 204
 filial 2, 202 – 204
 generación (P), 202, 204
 Mórula, 174
 Mutación, 209
 aneuploidea, 223
 Nervios, 130 – 132
 motores, 130, 132
 sensitivos, 130, 132
 vías motoras o eferentes, 131, 132
 vías sensitivas o aferentes, 131, 132
 Neurona, 132 – 134
 axón, 134
 dendrita, 134
 de asociación, 132
 motora, 132
 presináptica, 135
 postsináptica, 135
 sensitiva, 132
 soma, 134
 terminal nervioso axónico, 134
 Neurotransmisores, 135
 Nutrición perinatal, 180
 Organismo, 59
 transgénicos, 230 – 233
 Ovarios, 145
 estrógenos, 154, 155
 FSH, 155
 GnRH, 155
 hormonas sexuales, 172
 LH, 155
 progesterona, 154, 155
 Ovocito, 154, 174
 folículos, 155
 Ovulación, 154, 155
 Paleoambiente, 19
 Paleontología, 16
 Páncreas, 145, 148, 149
 diabetes, 149
 glucagón, 149
 insulina, 148, 149, 155
 Paratiroides, 144
 Percepción, 130
 Permutación cromosómica, 222
 Perturbaciones ecológicas, 106
 antropogénicas, 108
 erupciones volcánicas, 107
 inundaciones, 106
 naturales, 106
 sequías, 107
 terremotos, 106
 Pesca, 109
 Pirámides ecológicas, 90
 de biomasa, 91
 de energía, 91
 de número, 90
 Placenta, 145, 177
 Planificación familiar, 186
 Población, 59, 62, 67, 70, 72, 74
 capacidad de carga, 73
 crecimiento exponencial, 72
 dinámica poblacional, 71
 distribución poblacional, 71
 modelo logístico de
 crecimiento, 73
 potencial biótico, 73
 tamaño poblacional, 79
 Productividad, 102 – 104
 bruta, 102
 primaria neta, 102, 103
 Progesterona, 154, 155
 Pubertad, 152
 Ramón y Cajal, Santiago, 129
 Reacción, 101
 anabólica, 101
 catabólica, 101
 Receptores, 130 – 132
 Recursos naturales, 108
 renovables, 110
 no renovables, 110
 Redes o tramas tróficas, 89
 Reflejos, 132, 133
 Relaciones interespecíficas, 62, 63
 amensalismo, 65
 comensalismo, 64
 competencia, 62, 63
 depredación, 63
 herbivoría, 63
 mutualismo, 65
 parasitismo, 64
 Relaciones intraespecíficas, 62
 competencia, 62, 63
 Reloj molecular, 32
 Respiración celular, 101, 102
 mitocondria, 101
 Riqueza de especies, 61, 79
 Rocas, 18
 ígneas, 18
 metamórficas, 18
 sedimentaria, 18
 Salud sexual, 165
 ITS, 187
 VIH, 170, 187
 Sedimentos, 16, 18
 Segmentación, 175
 Selección artificial, 28
 Selección natural, 26, 27
 descendencia con
 modificación, 29
 presión selectiva, 26
 reproducción diferencial, 26
 Sexualidad, 164, 166
 derechos sexuales, 168, 169
 dimensiones, 167
 estereotipo de género, 166
 género, 166, 167
 sexo, 166, 176
 Sinapsis, 135
 neurona presináptica, 135
 neurona postsináptica, 135
 neurotransmisores, 135
 Sistema binominal, 45
 Sistema de retroalimentación, 146, 147
 retroalimentación negativa, 146
 retroalimentación positiva, 146
 Sistema endocrino, 142, 144
 Sistema nervioso, 128
 central, 131
 periférico, 131
 Sistema reproductor, 152
 femenino, 152, 154
 masculino, 152 - 153
 Sistemática, 46
 Sobreexplotación, 74, 79, 113
 Tablero de Punnett, 204, 207
 Taxonomía, 43, 46
 clave taxonómica, 43
 taxa, taxón, 46
 Tejido nervioso, 134
 Teoría sintética de la
 evolución, 36
 Terapia génica, 229
 edición genética, 229
 Testículos, 145, 150, 153
 FSH, 153
 GnRH, 153
 hormonas sexuales, 172
 LH, 153
 testosterona, 152, 153
 Testosterona, 152 - 153
 Timo, 145
 Tiroides, 144, 147
 TRH, 147
 TSH, 147
 Tronco encefálico, 133
 Wallace, Alfred, 27
 Zona pelúcida, 174

Bibliografía sugerida

- Bailey, F. y Pransky, P. (2016). *La memoria en el aprendizaje. Estrategias de enseñanza para activar la memoria*. (1ª ed.). Ciudad de México: Editorial Trillas.
- Berreti, M. (2017). *La genética en 100 preguntas*. (1ª ed.). Madrid: Nowtilus.
- Burón, H. (2017). *Cómo explicar genética con un dragón mutante*. (1ª ed.). Barcelona: Alfaguara.
- Ilustre Municipalidad de Santiago. (2016). *100 preguntas sobre sexualidad adolescente*. (1ª ed.) Santiago: Ilustre Municipalidad de Santiago.
- Lavin, N. (2019). *Manual de endocrinología y metabolismo*. (5ª ed.). Barcelona: Wolters Kluwer.
- Martínez, S. (2017). *Embriología humana y biología del desarrollo*. (2ª ed.). Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.
- Mukherjee, S. y Mielke, J. (2017). *El gen: una historia personal*. (1ª ed.). Barcelona: Debate/Penguin Random House Grupo Editorial.
- Núñez, P. (2019). *Tu cabeza te engaña*. (1ª ed.). Santiago de Chile: Planeta.
- Parker, S., Anton, A., Diéguez, R. y Arias, A. (2016). *Evolución: toda la historia*. (1ª ed.). Barcelona: Art Blume.
- Pasantes, H. (2018). *De neuronas, emociones y motivaciones*. (1ª ed.). Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica.
- Rice, W. (2017). *Ecosistemas*. (1ª ed.). Huntington Beach, CA: Teacher Created Materials.
- Whitlock, C., Temple, N. y Wass, J. (2020). *Conoce a tus hormonas: descubre el mundo secreto de los mensajeros químicos de tu cuerpo*. (1ª ed.). Madrid: Editorial Gaia.

1º Medio

- Egg Educación. (2019, 17 de enero). *Dinámica de poblaciones: interacciones* [video]. YouTube. <https://bit.ly/2HS6ukq>
- Equipo Understanding Evolution. (s. f.). *Evolución 101*. Evolution Berkeley. Consultado el 30 de noviembre de 2020. <https://bit.ly/3muaDu0>
- Khan Academy. (2016, 8 de noviembre). *Evidencias de la evolución* [video]. YouTube. <https://bit.ly/3loXIZ0>
- Marshall. M. (2020, 20 de noviembre). *Charles Darwin: la pionera teoría sobre el origen de la vida que el biólogo garabateó en una carta hace 150 años*. BBC News Mundo. <https://bbc.in/2HS27G2>
- Redacción National Geographic. (2020, 19 de mayo). *¿Qué es el calentamiento global?* National Geographic. <https://bit.ly/2Vill46>
- Wilkin, D. y Brainard, J. (2015, 16 de noviembre). *Recursos renovables y no renovables*. CK-12. <https://bit.ly/3ocan3m>

2º Medio

- Academia Play. (2017, 20 de septiembre). *¿Qué es la enfermedad del cáncer?* [video]. YouTube. <https://bit.ly/2HT89pY>
- BBC News Mundo. (2020, 1 de agosto). *¿Cómo podemos controlar nuestros genes?* [video]. YouTube. <https://bit.ly/36o2rG9>
- Brutsaert, E. (2019, mayo). *Diabetes Mellitus*. Manual MSD. <https://msdmnls.co/33vbe7m>
- Hirsch, L. (2019, mayo). *El cerebro y el sistema nervioso*. Kids Health. <https://bit.ly/3fPSjZV>
- NIH. (2020, julio). *Las drogas y el cerebro*. National Institute on Drug Abuse. <https://bit.ly/3fRZoZL>
- Oficina de comunicaciones NICHD. (2019, 17 de octubre). *¿Cuáles son las partes del sistema nervioso?* Eunice Kennedy Shriver National Institute of Child Health and Human Development. <https://bit.ly/36o9b6Y>
- Vorvick, L. (2019, 5 de octubre). *Glándulas endocrinas*. Medline Plus. <https://bit.ly/2JeeAos>

