

Texto del estudiante

Biología

Educación media

2º



María Ester Chaucón Aravena
Reinaldo Vargas Castillo

Edición Especial para
el Ministerio de Educación
Prohibida su comercialización

 **SANTILLANA**

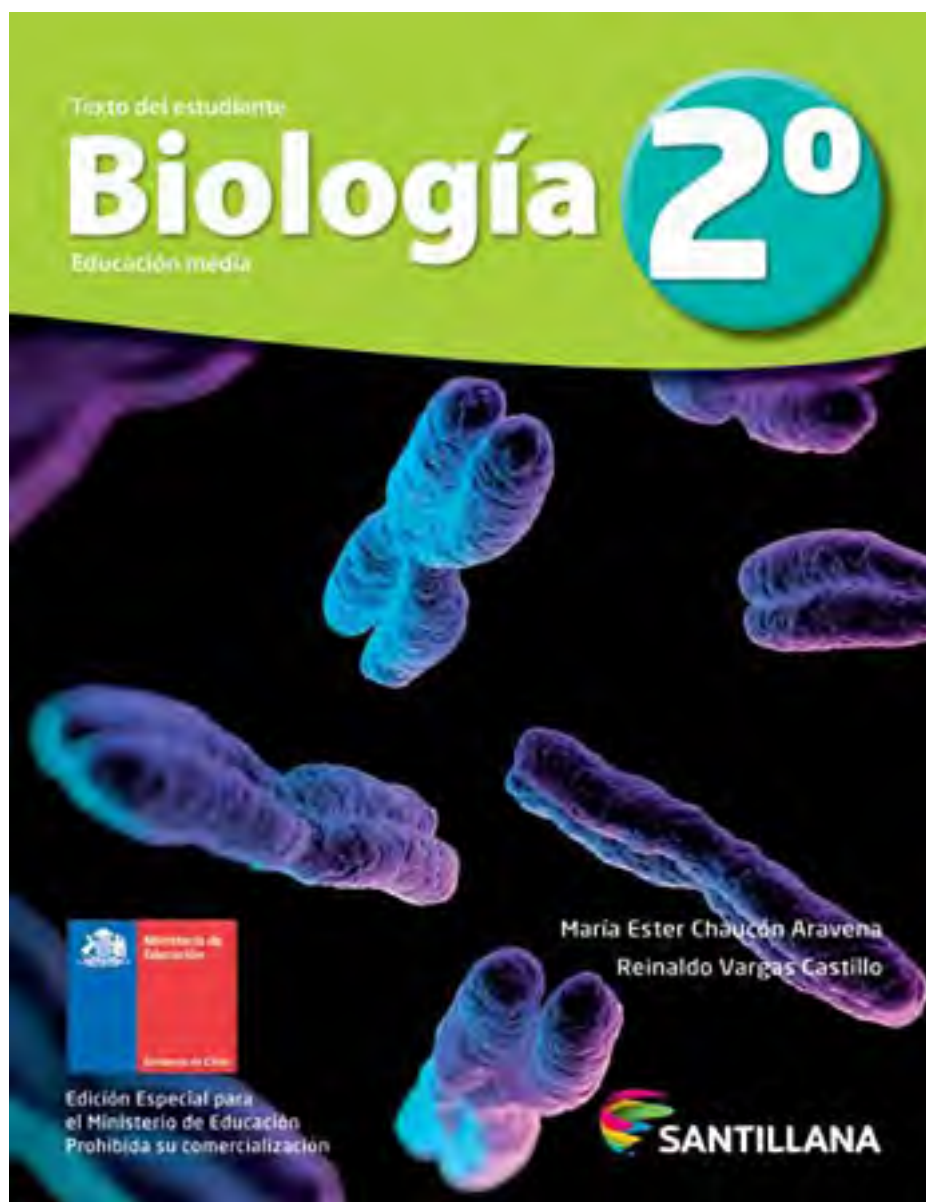


Foto portada: Cromosomas recreados por computador
Créditos: Science Photo Library/SPL RF/Latinstock

María Ester Chaucón Aravena

Profesora de Biología y Ciencias Naturales
Universidad Metropolitana de
Ciencias de la Educación.
Magíster en Biología de la Reproducción
Universidad de Chile.

Reinaldo Iván Vargas Castillo

Licenciado en Educación en Biología y Pedagogía
en Ciencias Naturales
Universidad Metropolitana
de Ciencias de la Educación.
Doctor(c) en Ciencias Biológicas, área Botánica
Universidad de Concepción.

El texto del estudiante *Biología 2° Educación media*, 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 ÁREA PÚBLICA:

Marisol Flores Prado

ADAPTACIÓN Y EDICIÓN:

Sebastián Pereda Navia

AUTORES:

María Ester Chaucón Aravena

Reinaldo Vargas Castillo

CORRECCIÓN DE ESTILO:

Cristina Varas Largo

Alejandro Cisternas Ulloa

DOCUMENTACIÓN:

Paulina Novoa Venturino

Cristian Bustos Chavarría

SUBDIRECCIÓN DE DISEÑO:

Verónica Román Soto

Con el siguiente equipo de especialistas:

COORDINACIÓN GRÁFICA:

Raúl Urbano Cornejo

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN:

Ana María Torres Nachmann

Mariana Hidalgo Garrido

Álvaro Pérez Montenegro

FOTOGRAFÍAS:

César Vargas Ulloa

Archivo editorial

Latinstock

Wikimedia commons

ILUSTRACIONES:

Carlos Urquiza Moreno

Archivo editorial

CUBIERTA:

Raúl Urbano Cornejo

PRODUCCIÓN:

Rosana Padilla Cencever

Referencias de los textos: *Biología I y Biología III, Colección manuales*, de los autores José Mariano Amabis y Gilberto Rodrigues Martho, Santillana, España, 2011. *Biología 2, Bicentenario*, de los autores Ingrid Alvia! Chandía, Franco Cataldo Lagos, Sergio Flores Carrasco, Ethel Velásquez Opazo, Santillana, Santiago, Chile, 2011. *Biología, Saber es clave, El intercambio de materia y energía en el ser humano, en las células y en los ecosistemas*, de los autores Alejandro J. Balbiano, Ricardo Franco, Elina I. Godoy, María Cristina Iglesias, Celia E. Iudica, Pablo A. Otero, Hilda C. Suárez, Santillana, Buenos Aires, Argentina, 2010. *Biología 3, Saber es clave*, de los autores Susana Álvarez, Alejandro J. Balbiano, Ricardo Franco, Elina I. Godoy, María Cristina Iglesias, María Inés Rodríguez Vida, Santillana, Buenos Aires, Argentina, 2010. *Biología I, proyecto Manual Esencial Santillana*, de los autores Patricia Castañeda Pezo, Sergio Flores Carrasco, Fermín González Bergas, Ethel Velásquez Opazo, María Trinidad Sánchez Dueñas, Dante Cisterna Albuquerque, Mauricio Bravo Álvarez, Santiago, Chile, 2007. *Biología B, Serie Hipervínculos*, Santillana, Lima, Perú, 2011.

© 2013, by Santillana del Pacífico S. A. de Ediciones
Dr. Aníbal Ariztía 1444, Providencia, Santiago (Chile)

PRINTED IN CHILE

Impreso en Chile por Quad/Graphics

ISBN: 978-956-15-2305-0

Inscripción: N° 235.490

Se terminó de imprimir esta 1ª edición de
235.700 ejemplares, en el mes de diciembre del año 2013.

www.santillana.cl

En este segundo año que cursas educación media queremos invitarte a descubrir en las páginas del texto Biología 2° medio los mecanismos que permiten a los organismos pluricelulares a partir de una célula convertirse en un organismo adulto formado por billones de células, y comprender la forma en que se transmite la información genética. También, conocerás el proceso a través del cual se generan las células sexuales y su influencia en la generación de variabilidad de la información genética, que origina individuos con características similares pero no idénticos.

Por otro lado, estudiarás el funcionamiento del cuerpo humano, específicamente del sistema endocrino, con el objetivo de comprender la forma en que se regulan y coordinan muchas de las funciones corporales, en particular, las relacionadas con la reproducción humana. También aprenderás sobre algunas enfermedades que se originan por anomalías en el funcionamiento de algunos órganos de este sistema.

Con respecto al entorno natural que nos rodea, reconocerás los atributos de las poblaciones y las comunidades, y los efectos que han tenido las actividades humanas en la biodiversidad y el equilibrio de los ecosistemas. A través de este recorrido te invitamos a desarrollar diversas habilidades relacionadas con el pensamiento científico y a sorprenderte de lo finamente regulado que están los procesos que ocurren tanto en nuestro cuerpo como en el medioambiente.

En el texto hemos restringido las referencias web solo a sitios estables y de reconocida calidad, a fin de resguardar la rigurosidad de la información que allí aparece.



Este libro pertenece a:

Nombre: _____

Curso: _____ Colegio: _____

Te lo ha hecho llegar gratuitamente el Ministerio de Educación a través del establecimiento educacional en el que estudias.

Es para tu uso personal tanto en tu colegio como en tu casa; cuídalo para que te sirva durante varios años. Si te cambias de colegio lo debes llevar contigo y al finalizar el año, guardarlo en tu casa.



Unidad 1: Material genético y división celular	6
Lección 1: Localización del material genético	8
Lección 2: División celular en células eucariontes	18
Taller de ciencias: Observación de células en mitosis	24
Evaluación intermedia	26
Lección 3: Importancia de regular la mitosis	28
Lección 4: Meiosis y sus etapas	32
Evaluación intermedia	42
Síntesis de la unidad	44
Evaluación final	46
Actividades elementarias	50
Ciencia, tecnología y sociedad	52



Unidad 2: Genética y herencia	54
Lección 1: Herencia de caracteres	56
Lección 2: Monohibridismo: herencia de un carácter	62
Lección 3: Dihibridismo: herencia de dos caracteres	70
Evaluación intermedia	76
Lección 4: Teoría cromosómica de la herencia	78
Lección 5: Herencia en la especie humana	86
Taller de ciencias: Herencia de rasgos fenotípicos en el ser humano	92
Evaluación intermedia	94
Síntesis de la unidad	96
Evaluación final	98
Actividades complementarias	102
Ciencia, tecnología y sociedad	104

Unidad 3: Hormonas, reproducción y desarrollo 106

Lección 1: Organización y función del sistema endocrino 108

Lección 2: Trastornos hormonales 120

Taller de ciencias: Un experimento clásico: el mecanismo de la secreción del páncreas 128

Evaluación intermedia 130

Lección 3: Sexualidad humana y control hormonal 132

Lección 4: Planificación familiar 146

Evaluación intermedia 152

Síntesis de la unidad 154

Evaluación final 156

Actividades complementarias 160

Ciencia, tecnología y sociedad 162



Unidad 4: Dinámica de poblaciones y comunidades 164

Lección 1: ¿Cuáles son las características de una población? 166

Lección 2: ¿Cuáles son las características de una comunidad? 184

Taller de ciencias: La fragmentación del bosque, ¿afecta al desarrollo del peumo y del maqui? 198

Evaluación intermedia 200

Lección 3: ¿Cómo afectan los humanos a la biodiversidad y a los ecosistemas? 202

Evaluación intermedia 214

Síntesis de la unidad 216

Evaluación final 218

Actividades complementarias 222

Ciencia, tecnología y sociedad 224



Solucionario 226	Anexos 242
Glosario 234	Bibliografía 256
Índice temático 240	

Material genético y división celular

Me preparo para la unidad

Todo ser vivo, aun el más simple, contiene una enorme cantidad de información genética que controla todos los aspectos de su vida, pero ¿qué es el material genético y dónde se encuentra?, ¿cómo se hereda esta información de una célula a las células hijas?, ¿de qué manera la información genética de los padres pasa a los hijos? Busca en tu biblioteca o en Internet información para responder estas preguntas y comparte con tus compañeros tus respuestas y tus dudas.

Objetivos de la unidad

Lección 1: Localización del material genético

- Reconocer los niveles de organización del material genético.
- Explicar y describir cómo se determina el sexo en la especie humana.
- Comprender la ubicación de la información genética y la composición, estructura y clasificación de los cromosomas.

Lección 2: División celular en células eucariontes

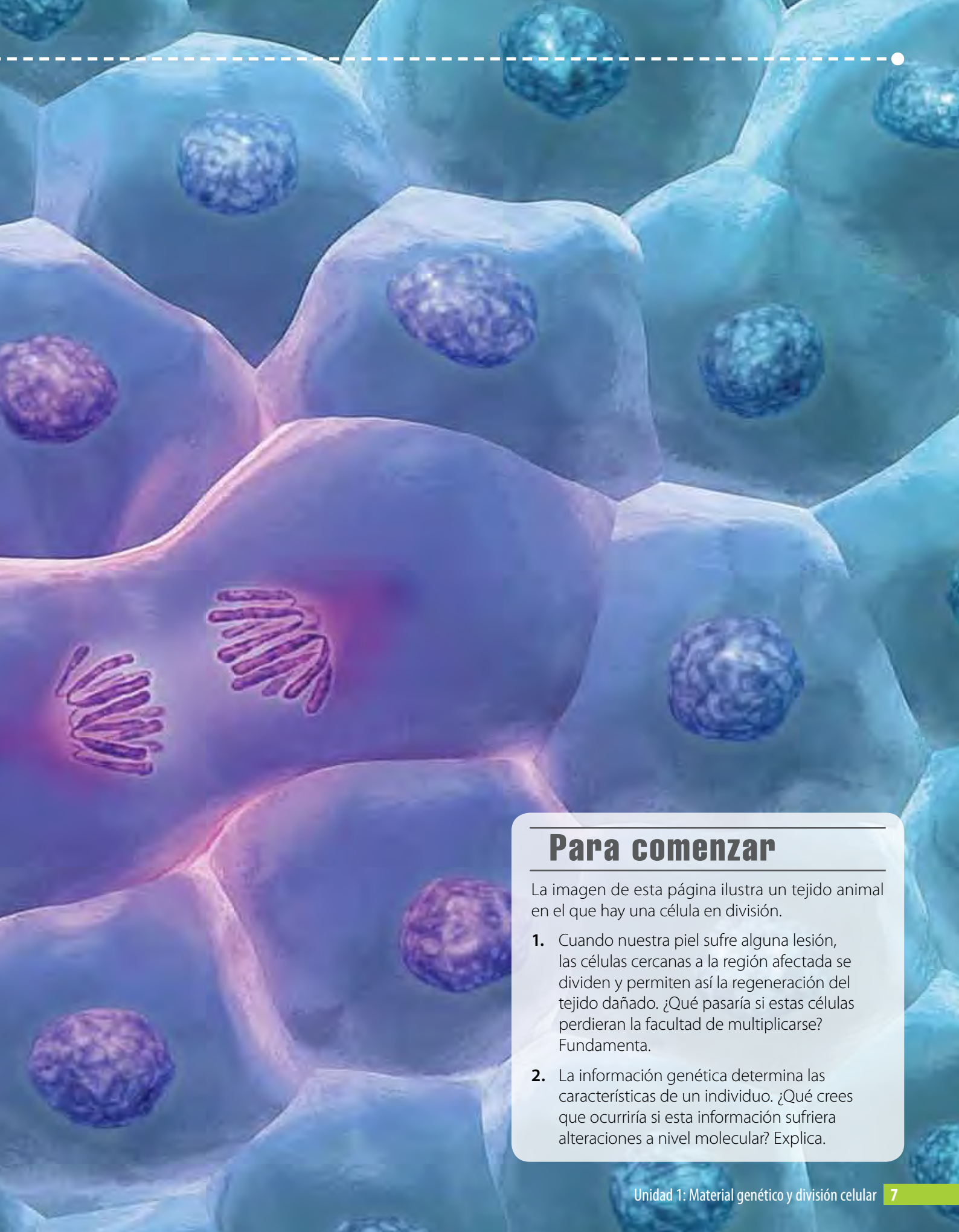
- Comprender la importancia de la división celular para organismos unicelulares y pluricelulares.
- Describir cómo varía el grado de condensación y la cantidad de ADN durante el ciclo celular.

Lección 3: Importancia de regular la mitosis

- Reconocer la importancia de los mecanismos celulares para regular la mitosis.
- Comprender que el cáncer se origina como producto de una división mitótica anormal.

Lección 4: Meiosis y sus etapas

- Reconocer las etapas de la meiosis y la importancia de este proceso como fuente de variabilidad genética.



Para comenzar

La imagen de esta página ilustra un tejido animal en el que hay una célula en división.

1. Cuando nuestra piel sufre alguna lesión, las células cercanas a la región afectada se dividen y permiten así la regeneración del tejido dañado. ¿Qué pasaría si estas células perdieran la facultad de multiplicarse? Fundamenta.
2. La información genética determina las características de un individuo. ¿Qué crees que ocurriría si esta información sufriera alteraciones a nivel molecular? Explica.

LECCIÓN 1: *Localización del material genético*

• **Debes recordar:** estructura de la célula, niveles de organización de los seres vivos.

Trabaja con lo que sabes

El experimento de Hämmerling

A comienzos de la década de 1930, el biólogo danés-alemán Joachim Hämmerling trabajó con un alga marina unicelular de gran tamaño, llamada *Acetabularia* (mide entre 2 y 5 cm). Este organismo presenta tres partes bien diferenciadas en su estructura: sombrero, tallo y pie. En esta última se encuentra el núcleo de la célula. Hämmerling hizo sus estudios con dos especies de acetabularia que se diferencian en la forma del sombrero: la *Acetabularia mediterranea* y la *Acetabularia crenulata*.

Una de las características que llamaron la atención de Hämmerling fue la gran capacidad de la *Acetabularia* para regenerar su sombrero si este es cortado.

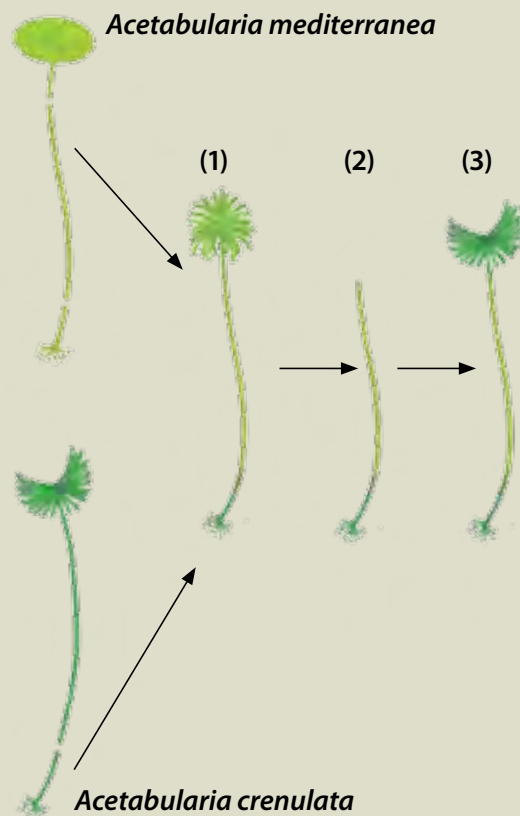
En su experimento, el científico aisló el tallo de la *Acetabularia mediterranea* y le injertó el pie de la *Acetabularia crenulata* (1). Al cabo de un tiempo, el alga regeneró un sombrero con características intermedias de ambas especies (2).

Posteriormente, Hämmerling volvió a cortar el sombrero y el alga regeneró el sombrero de *Acetabularia crenulata* (3).

Hämmerling interpretó estos resultados como prueba de que ciertas sustancias que determinan las características del sombrero son producidas bajo la dirección del núcleo, y se acumulan en el citoplasma.

A partir de la explicación del experimento de Hämmerling y de la representación que se muestra en la página, responde las siguientes preguntas.

- ¿Cuál crees que fue el problema que planteó Hämmerling al iniciar el experimento?
- ¿De qué depende la forma del sombrero de la *Acetabularia*?
- ¿Cuál fue la ventaja de utilizar la *Acetabularia* como objeto de estudio?
- ¿Cuáles fueron las conclusiones a las que llegó Hämmerling?
- ¿Cuál crees que es la función del núcleo en la transmisión de características heredables?



Propósito de la lección

En esta lección conocerás y comprenderás las estructuras que forman el núcleo, la importancia que tiene el núcleo en la célula eucarionte y en el organismo y los diferentes niveles de organización del ADN.

¿Qué es el material genético?

Los experimentos realizados por Hämmerling demostraron que el núcleo de las algas unicelulares almacenan la información genética, pero aún se desconocía si esto operaba de igual forma en los organismos pluricelulares. La comunidad científica de ese entonces sostenía que las células de los organismos pluricelulares debían eliminar información genética para diferenciarse, por ejemplo, en células musculares o células hepáticas.

Aproximadamente tres décadas después de los trabajos de Hämmerling, el investigador inglés **John Gurdon** realizó un experimento que permitió establecer que las células no pierden información genética durante su diferenciación, sino que conservan la capacidad genética para producir todas las estructuras especializadas del adulto. Para demostrarlo, utilizó dos variedades de la rana africana, conocida como *Xenopus laevis*: una de piel verde (rana salvaje) y otra de piel blanca (rana albina).

A continuación se describe el experimento realizado por Gurdon.

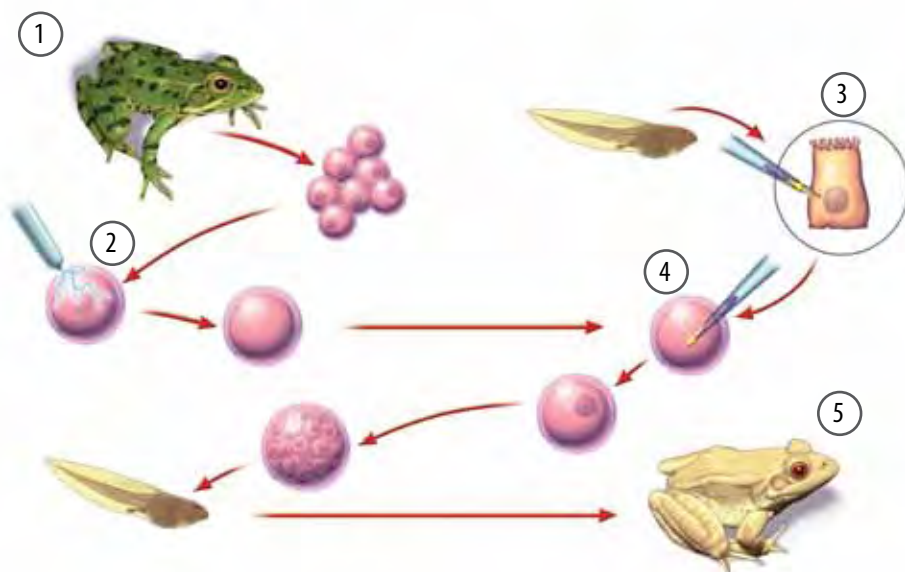
1. Extrajo óvulos de ranas de fenotipo normal (piel verde)

2. Les aplicó radiación UV para destruir el núcleo.

3. De un renacuajo albino obtuvo células intestinales y se les extrajo su núcleo.

4. Tomó el ovocito anucleado y le transfirió un núcleo proveniente de células intestinales de los renacuajos albinos.

5. Se obtuvo una rana albina.



Actividad 1 Análisis

Lee y responde en tu cuaderno las siguientes preguntas.

- Después de todo lo leído en esta página, ¿cómo definirías el material genético?
- Explica** por qué a partir de núcleos del intestino de un renacuajo albino se obtuvieron ranas albinas y no células intestinales.
- Explica** por qué crees que se utilizaron ovocitos y no otro tipo de células.
- Si Gurdon hubiera extraído células de otro tejido del renacuajo de rana albina y no de su intestino, ¿habrían variado los resultados del experimento? **Fundamenta**.
- Investiga qué es la clonación y como se relaciona con este experimento. De acuerdo con la información obtenida, **discutan** los alcances que podría tener la clonación, indicando aspectos positivos y negativos.

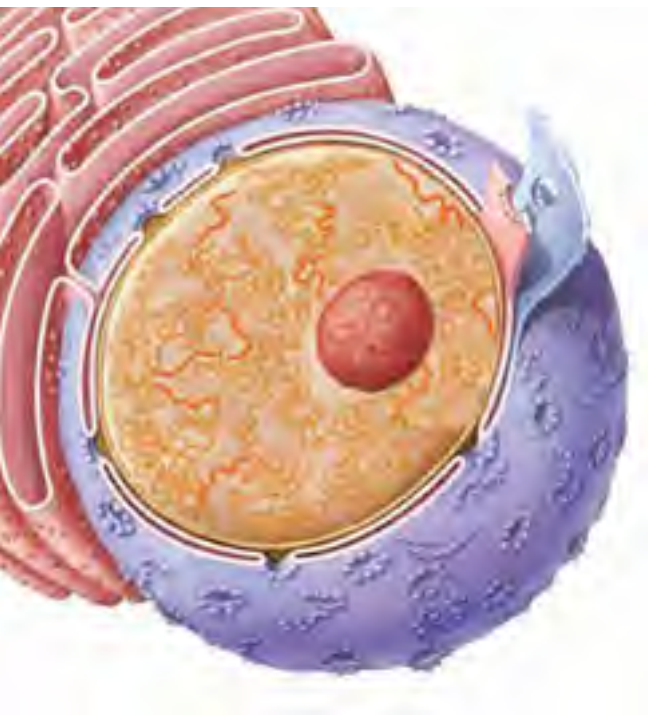
El núcleo y sus componentes

Para saber

En el ser humano, los glóbulos rojos en proceso de maduración pierden el núcleo para optimizar el transporte de oxígeno y dióxido de carbono en la sangre. Debido a la ausencia de núcleo, tienen una forma plana bicóncava, lo que aumenta la superficie de intercambio de oxígeno por dióxido de carbono en los tejidos.

El núcleo es el centro de control de la célula eucarionte. Está constituido por partes bien definidas: la membrana nuclear, el nucléolo, el nucleoplasma y la cromatina.

En el núcleo se encuentra almacenado el material genético. Su tamaño y ubicación varían dependiendo de la actividad y del tipo celular. Aunque la mayor parte de las células tienen un único núcleo, algunos tipos celulares carecen de él, como es el caso de los glóbulos rojos en proceso de maduración. Otros tipos de célula presentan múltiples núcleos, por ejemplo, las células del músculo esquelético humano. Al igual que toda estructura celular, el núcleo contiene en su interior una serie de moléculas orgánicas, tales como proteínas, carbohidratos, lípidos, ácidos nucleicos y agua. A continuación se describen las principales estructuras del núcleo celular.



Membrana nuclear. Es una doble membrana, la **externa** y la **interna**, separadas por un **espacio intermembranoso**. Está perforada por diminutos canales, llamados poros, que permiten la comunicación y el paso de moléculas desde el citoplasma al núcleo, y viceversa.

Nuécleo. Es un corpúsculo esférico y **carente de membrana** que solo puede verse cuando la célula no está en división. Su principal función es la formación de los ribosomas.

Cromatina. Está constituida por filamentos de ADN en diferentes grados de condensación asociados a proteínas, y dispersos en el nucleoplasma.

Nucleoplasma. Es el medio interno acuoso en el que se encuentran inmersos los demás componentes nucleares.

Actividad 2 Síntesis

Analiza y responde en tu cuaderno las siguientes preguntas.

1. **Describe** qué función cumple el nucléolo.
2. **Explica** qué sucedería si no existieran los poros nucleares.
3. **Analiza** qué pasaría si a una célula se le elimina su núcleo? ¿Puede vivir?

Observación de los núcleos celulares

Los científicos creen que la naturaleza es ordenada y medible, que las leyes naturales como la ley de gravedad, no cambian con el tiempo y que un proceso natural puede entenderse más ampliamente mediante la observación. Los científicos también extienden la habilidad de sus sentidos utilizando instrumentos; por ejemplo, el microscopio permite mirar objetos que jamás estarían al alcance a simple vista. Realiza el siguiente experimento y, luego, responde en tu cuaderno las preguntas planteadas.

Materiales

- Un palo de helado
- Portaobjetos
- Cubreobjetos
- Una pinza de madera
- Un mechero
- Azul de metileno
- Microscopio óptico

Pasos para realizar una buena observación

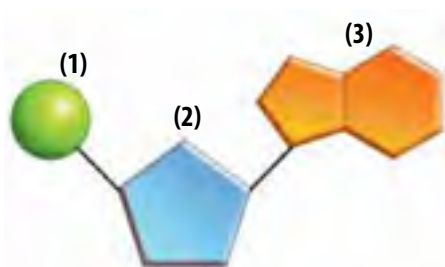
1. Considera la mayor cantidad de sentidos posible (vista, tacto, olfato, oído y gusto).
2. Considera aspectos cuantitativos (temperatura, masa, peso y tiempo, entre otras).
3. Considera aspectos cualitativos (color, sabor, olor y textura).
4. Controla el número de observaciones hechas (no puedes sacar conclusiones con una sola o con un número muy restringido de observaciones).
5. Toma registro de los resultados obtenidos en tu investigación.
6. Controla los factores externos, es decir, debes mantener constantes variables como la temperatura y humedad ambiental, entre otras.

Ahora tú

Organícense en grupos, según les indique su profesora o profesor, y realicen la siguiente actividad. Luego respondan en sus cuadernos las preguntas planteadas:

1. Una o uno de ustedes raspe suavemente la parte interior de la mejilla, como les indicará su profesor o profesora. Coloquen la muestra sobre el portaobjetos, frotando el palo de helados sobre este.
2. Apliquen una gota de azul de metileno sobre la muestra y esperen dos minutos. Luego cubran su preparación con el cubreobjetos y retiren el exceso de colorante usando papel absorbente.
3. Observen la preparación al microscopio, empezando con el de menor aumento hasta llegar al de mayor amplificación (si tienen dudas, consulten el Anexo 3, de las páginas 246 a 247).
4. Dibujen en sus cuadernos lo observado, registren sus comentarios y el aumento empleado.
5. Comparen sus resultados con los de otros grupos.
 - a. Dibuja tus observaciones utilizando dos aumentos distintos.
 - b. ¿Cómo influye el grosor del tejido en la visualización de la muestra bajo el microscopio?
 - c. ¿Cómo crees que se habrían visto las células de la mucosa bucal si no se hubiesen teñido con azul de metileno?
 - d. ¿Por qué se utilizaron células de la mucosa bucal para realizar el experimento?
 - e. ¿Qué otros tejidos crees que servirían para realizar este experimento?

--- Estructura del ADN



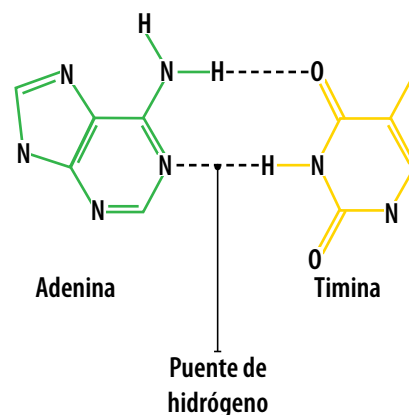
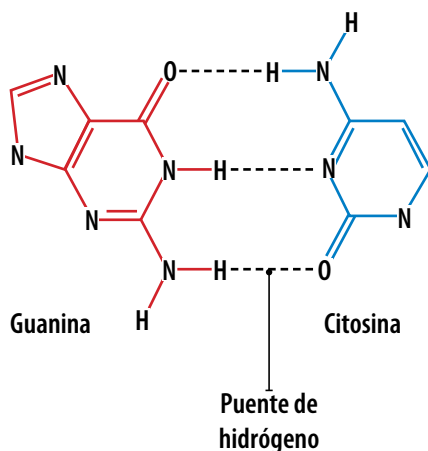
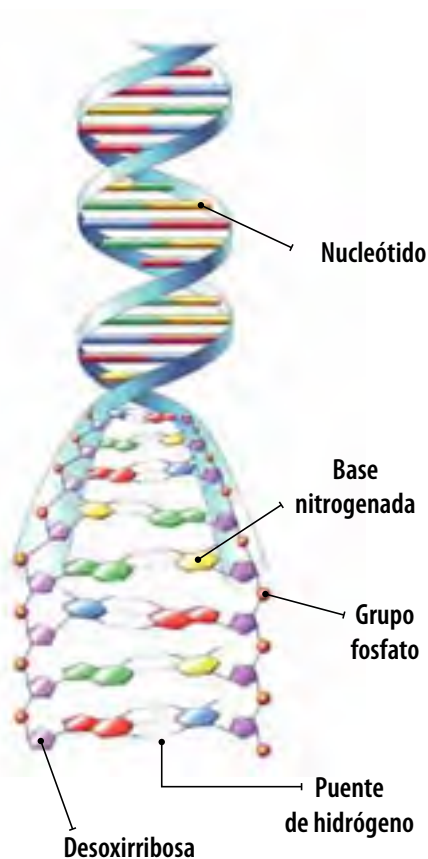
▲ Esquema general de un nucleótido. (1) Grupo fosfato, (2) azúcar desoxirribosa (pentosa), (3) base nitrogenada.

En cursos anteriores has aprendido que todos los organismos están formados por células, ya sean procariontes o eucariontes, y estas constituyen la unidad básica de funcionamiento de los seres vivos. También aprendiste que cada célula proviene de otra preexistente y que en este proceso, la célula transmite a sus células hijas el material genético ubicado dentro de su núcleo celular: el **ADN**.

Cada molécula de ADN (ácido desoxirribonucleico) está formada por dos largas cadenas de **nucleótidos** que se disponen en forma helicoidal, estructura conocida como **doble hélice**. En las cadenas de ADN, la unidad estructural o monómero es el nucleótido, el cual está constituido por un **grupo fosfato (1)**, un **azúcar** de cinco carbonos (pentosa), llamada desoxirribosa **(2)** y una **base nitrogenada (3)**.

Existen cuatro clases de bases nitrogenadas, que se diferencian entre sí en sus características químicas: **adenina (A)**, **guanina (G)**, **timina (T)** y **citocina (C)**. Adenina y guanina son bases púricas; en cambio, timina y citosina son bases pirimídicas.

Las cadenas del ADN son complementarias, pues frente a cada timina hay una adenina y frente a cada guanina una citosina; vale decir, frente a cada base púrica hay una pirimídica, y viceversa. Las bases nitrogenadas se unen entre sí mediante puentes de hidrógeno. Las adeninas se unen a las timinas a través de dos puentes de hidrógeno, mientras que las citosinas se unen a las guaninas a través de tres puentes de hidrógeno.



Para saber

Los nucleótidos que conforman una hebra de ADN están unidos a un grupo fosfato por medio de un enlace covalente denominado **enlace fosfodiéster**. A su vez, entre las dos hebras, las bases nitrogenadas se unen mediante puentes de hidrógeno, la adenina se une a la timina mediante dos puentes de hidrógeno, mientras que la citosina lo hace con la guanina por tres de estos enlaces.

--- Organización del ADN

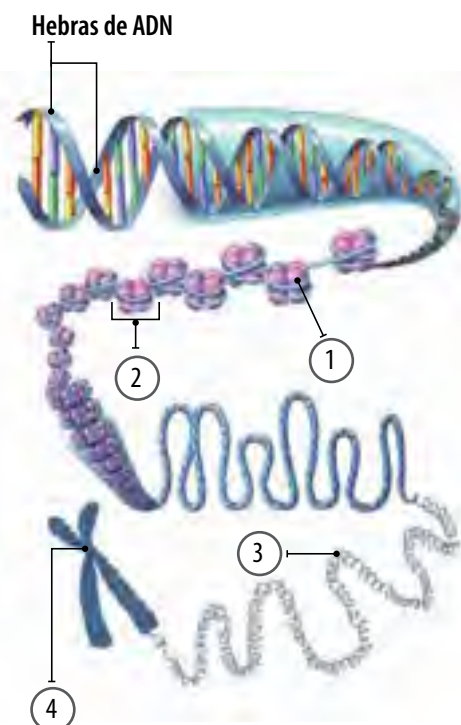
En las células procariontes, el ADN se encuentra disperso en el citoplasma, pero en las células eucariontes, se encuentra asociado a un conjunto de proteínas globulares llamadas **histonas (1)**. El empaquetamiento ordenado de la molécula de ADN depende de las histonas, pues sobre ellas se enrollan las dos hebras formando estructuras globulares, los **nucleosomas (2)**, que le confieren un aspecto de collar de perlas.

El complejo generado por la combinación de histonas y ADN se denomina **cromatina (3)** (del griego chroma: color), nombre que se debe a sus propiedades de tinción celular: se tiñe intensamente cuando se emplean colores básicos.

Dependiendo del grado de compactación de la cromatina, es posible diferenciarla en dos estados: **heterocromatina** y **eucromatina**. La primera es la forma más compactada en que se organiza la cromatina y frecuentemente está adherida a la membrana nuclear. Por su parte, la eucromatina se encuentra en un estado descondensado y disperso en el nucleoplasma.

Cuando la célula se alista para una división celular, la cromatina se condensa hasta alcanzar su máximo grado de compactación, formando los **cromosomas (4)**.

El ADN de una célula humana presenta una longitud total de 2 metros, aproximadamente. Los núcleos celulares, en tanto, tienen un diámetro de unos 0,005 milímetros. La condensación del material genético en cromatina implica el alto grado de compactación del ADN dentro del núcleo.



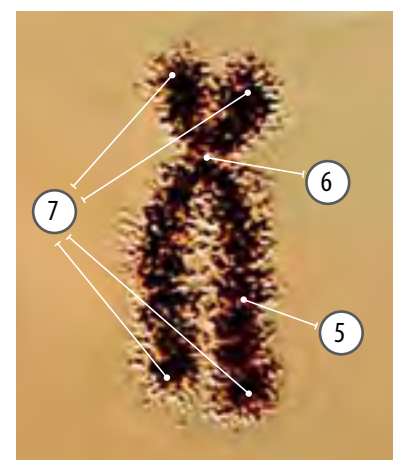
▲ Representación de la cromatina y el empaquetamiento del material genético.

Estructura de un cromosoma

Los cromosomas de células eucariontes están formados por dos brazos, **cromátidas (5)**, unidos por una estructura, **centrómero (6)**.

Esta región participa en la segregación o separación de las cromátidas de los cromosomas durante el proceso de división celular. En el centrómero se encuentra una estructura proteica denominada *cinetocoro* que es fundamental para realizar dicha separación.

En los extremos de cada brazo se encuentran los **telómeros (7)**, que son secuencias de ADN específicas que cumplen una función relacionada con el mantenimiento de la longitud de los cromosomas durante la duplicación del material genético, así como en la adhesión a zonas específicas de la membrana nuclear.



• Actividad 3 Síntesis

Responde en tu cuaderno las siguientes preguntas.

1. **Explica** por qué crees que la cromatina puede encontrarse como heterocromatina y como eucromatina.
2. **Infiere** por qué la molécula de ADN se encuentra asociada a histonas.
3. **Deduce** cuál es la función de los cromosomas.

Tipos de cromosomas

De acuerdo a la posición del centrómero, los cromosomas se clasifican en cuatro tipos: metacéntricos, submetacéntricos, acrocéntricos y telocéntricos.

Tabla N° 1. Tipos de cromosomas duplicados según la posición del centrómero

Metacéntricos	Submetacéntricos	Acrocéntricos	Telocéntricos
El centrómero se encuentra en la mitad del cromosoma.	Los brazos cromosómicos son un poco desiguales.	Los brazos cromosómicos son muy desiguales.	El centrómero está en la región de los telómeros.
			

Tabla N° 2: Número de cromosomas de diversos organismos

Organismos	Número de cromosomas
Arroz	24
Poroto	22
Maíz	20
Lechuga	18
Cebolla	16
Ballena	44
Cuy	62
Vaca	60
Gorila	48
Ser humano	46

Hasta ahora sabes que la información genética se encuentra en el núcleo y que en su interior se ubican los cromosomas, pero ¿qué relación existe entre la información genética y los cromosomas?

En la mayoría de nuestras células los cromosomas se organizan en pares. Uno de los cromosomas que forma el par proviene del padre y el otro de la madre, es decir, cada cromosoma de nuestras células proviene de nuestros progenitores. Estos pares de cromosomas se denominan **cromosomas homólogos** y son similares tanto en su forma como en la posición que ocupa el centrómero.

La característica más importante de los cromosomas homólogos es que ambos portan información para los mismos rasgos. Sin embargo, esto no significa que posean la misma información genética. Por ejemplo, si consideramos el carácter, color de ojos, en uno de los cromosomas del par homólogo puede haber información para el color verde, mientras que en el otro, para el color café.

Si una célula posee los dos cromosomas de cada par homólogo se dice que esta es una **célula diploide**, mientras que si tiene solo un cromosoma de cada par homólogo, es una **célula haploide**. La gran mayoría de las células de tu cuerpo son diploides, mientras que solo las células sexuales son haploides. Esto último permite que en el momento de la fecundación, al fusionarse los núcleos de los gametos masculino y femenino, se establezca el número total de cromosomas característico de una especie.

Actividad 4 Análisis

Completa la tabla con el número diploide o haploide, según corresponda. Luego responde las preguntas planteadas.

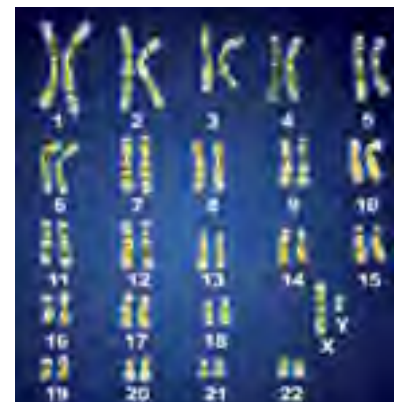
- ¿Existe alguna relación entre el tamaño de las especies y el número de cromosomas? **Justifica.**
- Sabiendo el número de cromosomas de una célula de un organismo, ¿podrías identificar con certeza la especie a la que este pertenece? **Explica.**

Organismo	Número haploide (n)	Número diploide (2n)
Pejerrey	23	
Gato	19	
Ratón		42
Tomate		24
Chimpancé		48
Caballo	32	
Perro		78

--- Cariotipo y cromosomas

El cariotipo de una especie es el conjunto de cromosomas ordenados de acuerdo a sus características morfológicas y sus tamaños. En él se distinguen dos tipos de cromosomas: los cromosomas sexuales y los cromosomas autosómicos.

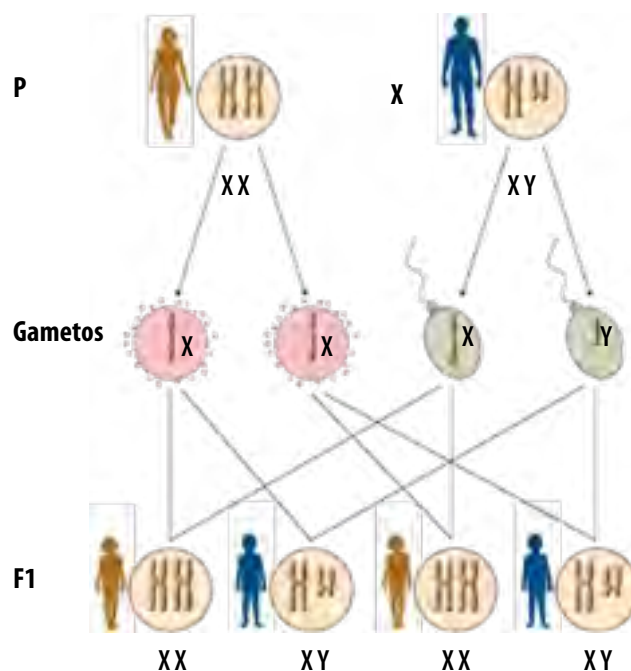
- **Cromosomas sexuales:** son muy diferentes el uno del otro e intervienen en la determinación del sexo. Por su forma, a uno de ellos se le llama X y al otro Y. En el ser humano, los cromosomas sexuales femeninos corresponden a dos cromosomas **X (XX)**, en tanto que los cromosomas sexuales masculinos corresponden a un cromosoma **X** y a uno **Y (XY)**. Por lo tanto, el cromosoma sexual Y es el factor determinante de que un individuo sea hombre, pues en él se encuentra la información genética que permite que se exprese el fenotipo masculino.
- **Cromosomas autosómicos:** Constituyen el resto de cromosomas y tienen las mismas características en ambos sexos. Por ejemplo, las células somáticas de un ser humano, en ambos sexos, contienen **23 pares** de cromosomas, de los cuales 22 pares corresponden a cromosomas autosómicos y un par corresponde a cromosomas sexuales. Mediante el estudio del cariotipo es posible detectar anomalías en el número o en la forma de los cromosomas. Por ejemplo, en el caso de la enfermedad del síndrome de Down, el análisis del cariotipo permite detectar tempranamente esta enfermedad.



▲ Cariotipo humano masculino. Los pares de cromosomas de hombres y mujeres son similares en forma y tamaño, a excepción de los cromosomas sexuales.

Determinación genética del sexo de un ser humano

En el siguiente esquema se observa que los ovocitos siempre llevan un cromosoma X, pero los espermatozoides pueden llevar ya sea un cromosoma X o uno Y. Esto hace que dependiendo del espermatozoide que intervenga en la fecundación del ovocito, el individuo que se forma será hombre o mujer.



Durante la fecundación, cada óvulo tiene las mismas posibilidades de ser fecundado por un espermatozoide que porte un cromosoma X, que por uno con un cromosoma Y. Por tanto, en cada fecundación, la probabilidad de que se forme un hombre o una mujer es del 50 %.

Actividad 5 Aplicación

Busca la página 255 y recorta cada cromosoma para armar un cariotipo. Para esto, ordena los cromosomas por tamaño (grandes, medianos y pequeños) y por grupo (metacéntricos, submetacéntricos, acrocéntricos y telocéntricos). Luego pégalos en tu cuaderno según las indicaciones.

--> Información genética y genotipo

Para saber

En el caso de la especie humana, se ha observado que, en realidad, el sexo depende de un gen situado en el cromosoma Y.

Este gen, a partir de la séptima semana de vida, induce la formación de los testículos del feto, por ello recibe el nombre de gen TDF (factor determinante de testículos).

En cada cromosoma puede haber cientos de genes, en los cuales existe información para una característica distinta. Al conjunto de genes que posee un individuo y que ha heredado de sus progenitores se le llama **genotipo**, mientras que al conjunto de características biológicas observables de un individuo (físicas, conductuales, etc.) se le denomina **fenotipo**.

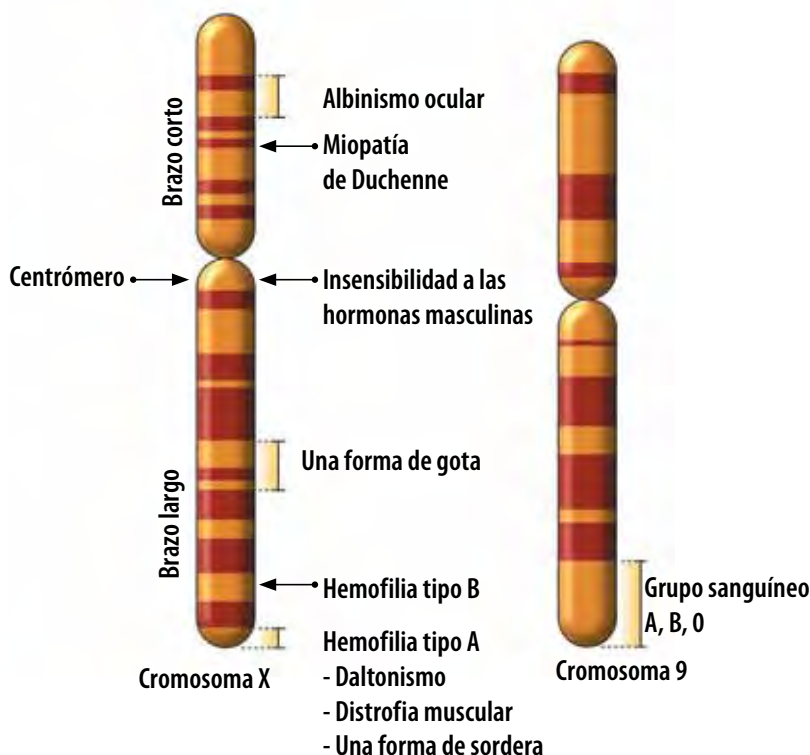
¿Por qué existen gatos de ojos azules, mientras que otros los tienen amarillos? ¿Por qué el pelaje de estos felinos puede ser corto o largo, fino o grueso? Cada población, o grupo de organismos de la misma especie, tiene un **patrimonio genético** que es responsable de las semejanzas y las diferencias fenotípicas entre los individuos que la conforman.

Dentro del patrimonio genético de una especie o población existen tipos o variedades alternativas para los genes que determinan la expresión de una característica específica, conocidos como **alelos**. Un ejemplo de genes alelos son los que determinan el grupo sanguíneo en nuestra especie.

El ordenamiento de los genes en los cromosomas se representa mediante un diagrama llamado **mapa cromosómico**, en el que se definen las posiciones de ciertos genes en el cromosoma (loci). El lugar físico específico que un gen ocupa en un cromosoma recibe el nombre de **locus**. Estos se ubican en el mismo lugar o locus del par de cromosomas homólogos.

Los genes ocupan un lugar definido dentro del cariotipo. Las bandas claras y oscuras que se observan en los cromosomas son constantes en una misma especie, y se hacen visibles gracias a tinciones especiales que se aplican sobre los cromosomas. En cada banda existen muchísimos genes diferentes. Por

ejemplo, en la especie humana los genes del grupo sanguíneo ABO se ubican en uno de los extremos del cromosoma 9. Otros genes pueden determinar enfermedades, como el gen del albinismo ocular. ¿En qué región del cromosoma X se ubica el gen que determina esta enfermedad?

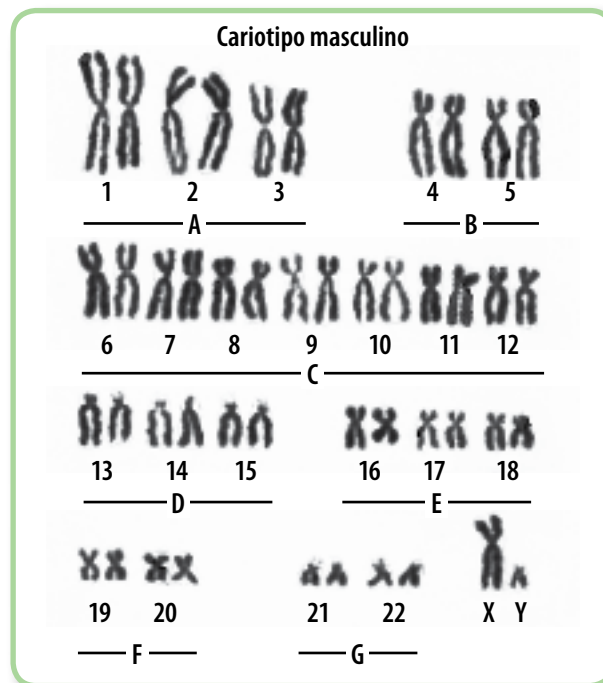
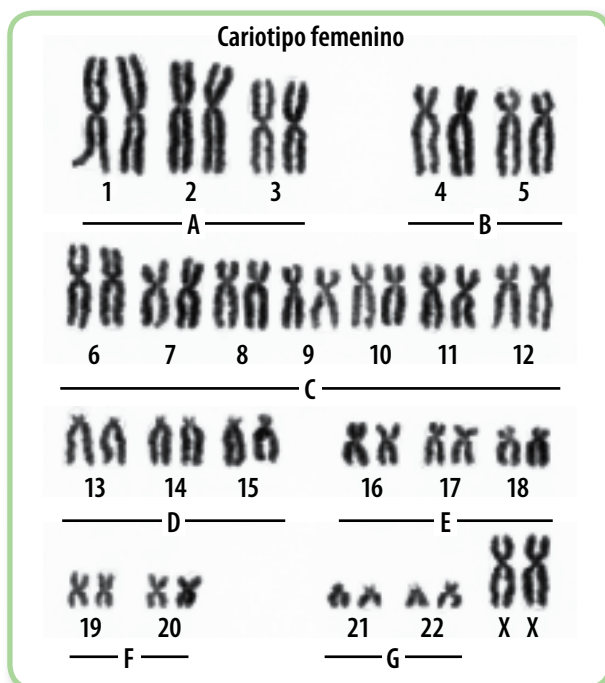


1. **Analiza** la información de la siguiente tabla. Luego responde las preguntas planteadas.

Organismo	Número de cromosomas	Cantidad de genes
<i>Drosophila melanogaster</i> (mosca de la fruta)	8	13 000
<i>Homo sapiens</i> (ser humano)	46	20 000 a 25 000
<i>Triticum aestivum</i> (planta de trigo)	42	2 637
<i>Oryza sativa</i> (planta de arroz)	24	55 000

- Grafica** la información presentada en la tabla.
- ¿Existe relación entre el número de cromosomas y el número de genes de una especie?
- ¿La cantidad de genes define las diferencias entre los seres humanos y otros organismos? Explica.
- ¿Crees que hay alguna relación entre la cantidad de genes y la complejidad de los organismos? Justifica con un ejemplo.

2. **Observa** los siguientes cariotipos y responde las preguntas.



- ¿Qué criterio se utilizó para ordenar los cromosomas en ambos cariotipos?
- ¿Qué tienen en común los cromosomas de los grupos identificados con letras (A, B, C, etcétera)? Fundamenta.
- ¿Qué diferencias distingues entre los cariotipos de la mujer y los del hombre?
- Investiga** sobre 3 enfermedades cromosómicas y coméntalas con tus compañeros.

• **Debes recordar:** Teoría celular, organelos celulares

Trabaja con lo que sabes

Analiza el experimento que se muestra en la ilustración y que se describe brevemente. Luego responde en tu cuaderno las preguntas planteadas.

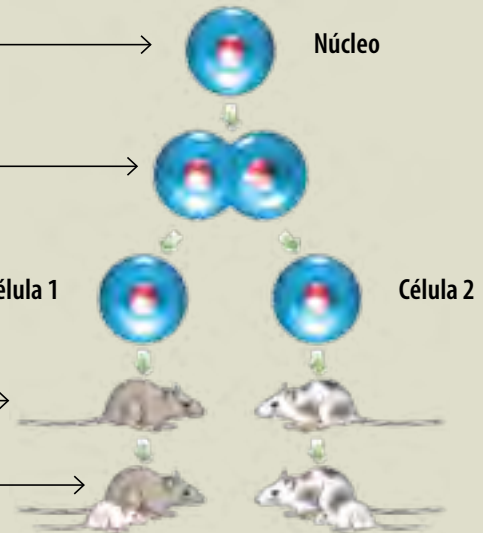
Célula huevo de una rata con información genética para pelaje albino.

Primera división de la célula huevo.

Separación de las células embrionarias.

Trasplante al útero de las dos hembras receptoras.

Nacimiento de ratas idénticas (pelaje blanco) y del mismo sexo.



- ¿Por qué las crías de ambas ratas madres fueron albinas? Explica.
- ¿Piensas que el albinismo en las ratas es controlado por genes?, ¿por qué?
- ¿Qué fenotipo tendrían las ratas hijas si se hubieran utilizado células embrionarias de ratas negras?, ¿por qué?
- Según este experimento, ¿qué sucede con la información genética durante la proliferación celular? Fundamenta.
- ¿Qué semejanza hay entre este experimento y el realizado por Gurdon? Explica.

Propósito de la lección

Al finalizar esta lección, comprenderás la importancia de la división celular para organismos unicelulares y pluricelulares, y describirás cómo varía el grado de condensación y la cantidad de ADN durante el ciclo celular, sin modificarse el número de cromosomas.

El ciclo celular

Para saber

En células humanas de división rápida como las células de la piel, el ciclo celular tiene una duración de 24 horas, donde G_1 dura 9 horas; S , 10 horas; G_2 , 4,5 horas y mitosis, 30 minutos.

En la vida de una célula se pueden distinguir cuatro etapas: nacimiento, crecimiento, diferenciación y reproducción o muerte celular.

De acuerdo con la teoría celular, toda célula se origina de una célula preexistente y el proceso por el que esto ocurre se denomina división celular. En organismos unicelulares, este mecanismo da origen a un nuevo individuo, incrementando el tamaño de su población, mientras que en organismos pluricelulares permite el crecimiento del individuo debido al aumento del número de células y el remplazo de células dañadas o muertas.

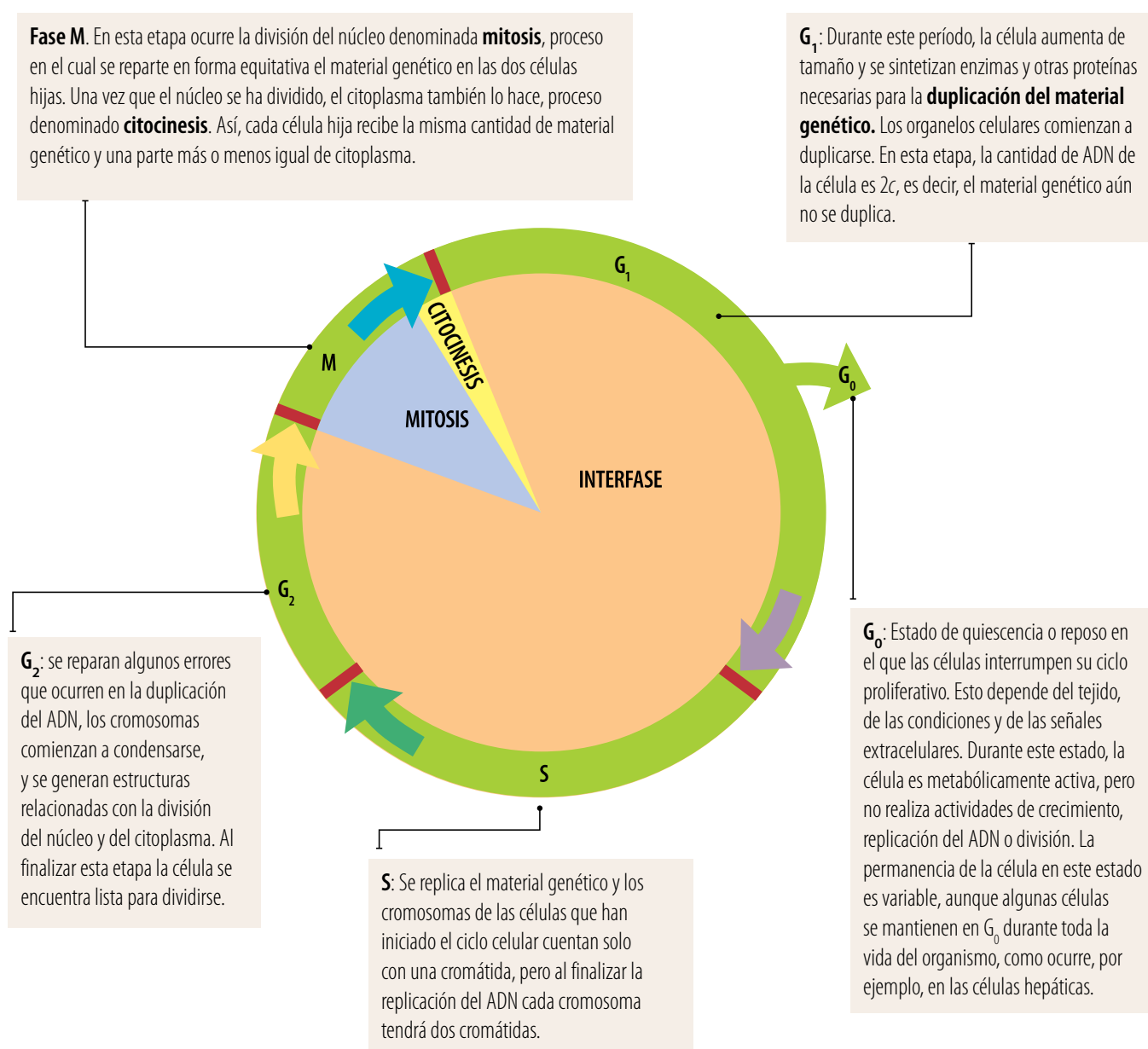
Etapas del ciclo celular

Aunque la división celular ocurre tanto en procariontes como en eucariontes, esta lección se limitará a la descripción de la división celular de células eucariontes.

Para dividirse, toda célula experimenta una serie de transformaciones que culminan en la generación de dos células hijas. Esta serie de cambios recibe el nombre de **ciclo celular**.

A continuación se describe con mayor detalle cada etapa del ciclo celular:

Interfase. Es el período en el que la célula crece y se prepara para la siguiente división celular. Consta, a su vez, de otras tres fases, denominadas **G₁**, **S** y **G₂**, en las que la célula duplica su material genético y todo su contenido (proteínas, organelos y membranas, entre otros), de modo que aumenta su tamaño antes de dividirse en dos células hijas.



Apuntes:

Huso mitótico. Conjunto de microtúbulos que se unen a los centrómeros de los cromosomas para conducirlos durante la división celular.

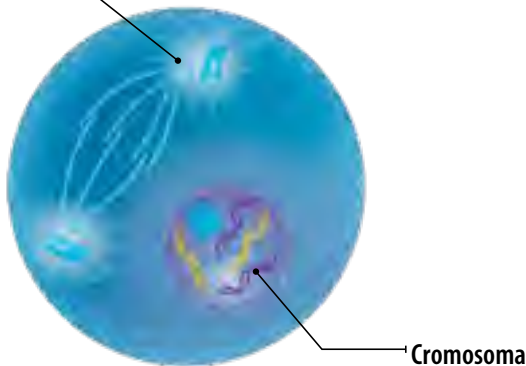
Fase M

Esta fase de división celular está constituida por dos procesos: **mitosis** y **citocinesis**. Estos ocurren mediante una serie de mecanismos especializados que tienen lugar en la célula y que finalizan con la formación de dos células hijas genéticamente iguales.

Mitosis

La **mitosis** es un proceso continuo que consiste en la división del núcleo celular. Con el fin de facilitar su estudio, los biólogos la han dividido en cuatro etapas. Cada una de estas etapas se caracteriza por hechos particulares que se llevan a cabo en el interior de la célula en división: profase, metafase, anafase y telofase. Este tipo de división ocurre en células somáticas y es fundamental para la proliferación celular que tiene lugar durante el desarrollo embrionario, el crecimiento y la mantención de los tejidos.

Huso mitótico en formación



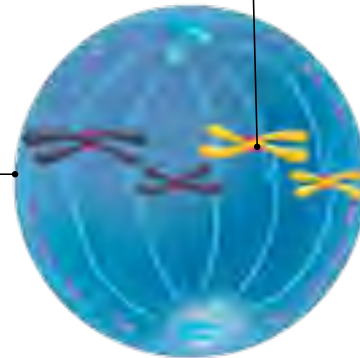
Profase

Primera etapa de la mitosis, que comienza con la **condensación del material genético**. La cromatina, ubicada en el núcleo, se compacta permitiendo observar los cromosomas, que están formados por dos cromátidas hermanas unidas por el centrómero. La membrana nuclear o carioteca inicia su desorganización. El nucléolo se desorganiza y desaparece. Los centriolos migran hacia los polos de la célula y en el citoplasma se organizan unas finas estructuras proteicas en forma de filamentos tubulares (microtúbulos) que formarán el huso mitótico.

El aparato de Golgi y el retículo endoplasmático se fragmentan.

Plano ecuatorial

Cromosoma metafásico



Metafase

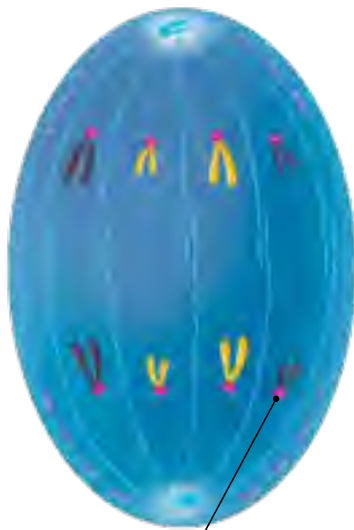
La membrana nuclear ha desaparecido por completo y el huso mitótico se encuentra totalmente desarrollado. Los cromosomas **alcanzan su máximo grado de condensación** y son fácilmente observables al microscopio óptico. Cada centrómero interactúa con microtúbulos del huso mitótico, provocando el alineamiento de los cromosomas en el plano ecuatorial de la célula. En esta zona, los cromosomas están sometidos a dos fuerzas opuestas: por un lado, la tendencia de los microtúbulos del huso mitótico, unidos al **cinetocoro** de cada cromosoma, a separar las cromátidas hermanas, y, por otro, la fuerza de cohesión que las mantiene unidas en el centrómero. Gracias a este fenómeno se genera la tensión necesaria para formar la placa metafásica, es decir, el alineamiento de los cromosomas en el ecuador celular.

Para saber

No disyunción en la mitosis

Raramente, las dos cromátidas de un cromosoma pueden migrar juntas hacia el mismo polo celular durante la anafase. Este fenómeno, conocido como no disyunción cromosómica, provoca un error en la distribución de los cromosomas: una de las células hijas queda con un cromosoma de más y la otra con uno de menos. La presencia de cromosomas de más o de menos es denominada aneuploidía.

Polo celular



Cromosoma (1 cromátida)

Anafase

Corresponde a la etapa más corta del proceso de mitosis. Los centrómeros que unen a las cromátidas se dividen y las cromátidas se separan debido al acortamiento de los filamentos del huso mitótico. Esto permite que cada cromátida sea arrastrada hacia los polos de la célula. De esta manera, **las dos cromátidas que forman cada cromosoma se separan y se dirigen cada una al polo opuesto**. La separación simultánea de los pares de cromátidas hermanas en la transición metafase-anafase es un momento crucial del ciclo celular, por lo que está finamente regulado. Por ejemplo, es muy importante que la cohesión se pierda en el momento adecuado, para que cada cromátida pueda migrar a la célula hija correspondiente.



Telofase

Los cromosomas, ahora formados por una sola cromátida, migran completamente hacia los polos celulares y vuelven a descondensarse, perdiendo el aspecto que tenían durante la metafase.

El huso mitótico comienza a desaparecer y se inicia la formación de la membrana nuclear alrededor de los dos grupos de cromosomas en cada extremo de la célula. Además, en su interior comienzan a reorganizarse los nucléolos y en el citoplasma se ensamblan el aparato de Golgi y el retículo endoplasmático.



Citocinesis

Consiste en la división del citoplasma de la célula madre en dos partes relativamente iguales. En esta etapa se completa el proceso de división celular y los primeros indicios se observan en la anafase. Continúa con la formación de los nuevos núcleos de las dos células hijas, y se produce el reordenamiento de los componentes celulares y la reorganización del citoesqueleto. En las células animales, la citocinesis ocurre gracias a una serie de proteínas, principalmente actina y miosina, que forman una especie de anillo contráctil interno en el ecuador de la célula adherido a la membrana. Al cerrarse cada vez más, provoca finalmente la división del citoplasma.

Célula animal



Célula vegetal



▲ Comparación de la citocinesis de una célula animal y una célula vegetal.



▲ Paramecio en proceso de división celular. Para este individuo, la mitosis es su forma de reproducción.

Citocinesis

La citocinesis difiere significativamente en las células vegetales y en las animales. Como viste anteriormente, el primer indicio de la citocinesis en la mayoría de las células animales aparece durante la anafase en la forma de una hendidura que rodea a la célula en el plano ecuatorial y que se produce por la contracción de un anillo compuesto principalmente por filamentos de actina y miosina. El anillo contráctil actúa en la membrana de la célula, estrangulándola hasta que se separan las dos células hijas.

Las células vegetales, como están encerradas en una pared celular relativamente rígida, pasan por la citocinesis mediante un mecanismo muy distinto. A diferencia de las células animales, que generan un surco formado por un anillo contráctil, en las células vegetales se forma una pared celular dentro de la célula en división. La formación de la pared comienza en el centro de la célula, donde una serie de vesículas llenas de carbohidratos provenientes del aparato de Golgi se fusionan y forman una estructura plana y limitada por membrana, la **placa celular**, que divide a la célula en la línea media y crece hacia afuera para encontrarse con las paredes laterales existentes.

Importancia de la mitosis

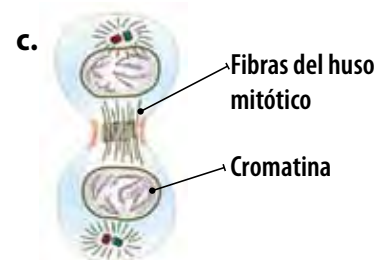
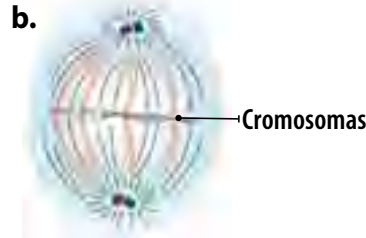
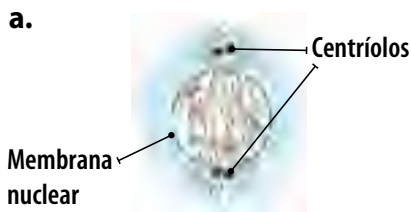
La mitosis es un proceso que reviste gran importancia para los organismos eucariontes, tanto unicelulares como pluricelulares. Para estos últimos, la mitosis cumple un rol fundamental en los siguientes procesos.

- **Desarrollo.** A partir del cigoto formado después de la fecundación y mediante sucesivas divisiones celulares se originan los millones de células que forman parte de un individuo. En este proceso de proliferación celular, la mitosis es de suma importancia, pues asegura que todas las células contengan la misma información genética y así dar origen a los diferentes tipos celulares que formarán parte del organismo.
- **Crecimiento.** La división celular por mitosis permite un aumento en el número de células en los organismos y, como consecuencia de esto, los organismos crecen.
- **Reparación y renovación de tejidos.** A diario, nuestro cuerpo pierde un gran número de células por diversos motivos. En ciertos tejidos, como la piel y los tejidos de revestimiento de algunos órganos, producto del roce se pierden a diario numerosas células; cuando se produce una herida se dañan muchas células que posteriormente mueren; asimismo, en nuestro organismo hay células que tienen un tiempo de vida limitado, como los glóbulos rojos, cuya vida media aproximada es de 120 días. En todos estos casos, la proliferación celular permite restablecer las células perdidas. A diferencia de lo que ocurre en los organismos pluricelulares, para los organismos unicelulares eucariontes la división celular constituye un mecanismo de reproducción, pues da origen a dos nuevos individuos.

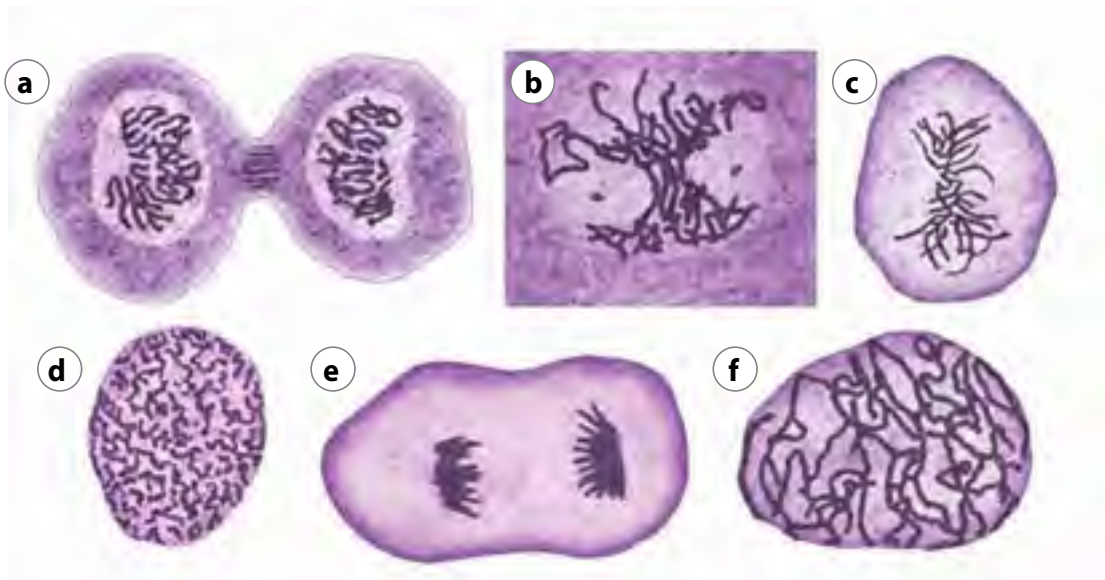
1. **Identifica** y anota la fase del ciclo celular en la que ocurre cada uno de los siguientes eventos:

- Replicación de las moléculas de ADN = _____
- División del citoplasma para originar dos células = _____
- Duplicación de los centriolos = _____
- Degradación de la membrana nuclear = _____
- Síntesis de las enzimas que controlan la duplicación del ADN = _____
- Repartición equitativa de cromosomas en las células hijas = _____

2. **Describe** en tu cuaderno lo que pasa con los distintos elementos celulares durante las fases de la mitosis indicadas en el esquema.



3. **Identifica** y ordena las etapas de la mitosis según la secuencia en la que ocurren los eventos. Luego responde en tu cuaderno las preguntas planteadas.



- ¿En qué etapa de la mitosis los cromosomas alcanzan su máximo grado de compactación?
- ¿Qué tipo de citocinesis experimenta esta célula?
- ¿Es correcto afirmar que estas imágenes corresponden a la mitosis de una célula vegetal? Fundamenta tu respuesta.

Observación de células en mitosis

Organízate con tres o cuatro compañeros, reúnan los materiales y trabajen el siguiente taller de ciencias.

Antecedentes

La mitosis es un proceso de división del núcleo de la célula, que asegura un reparto equitativo del material genético entre las células hijas. El núcleo experimenta grandes cambios en un proceso continuo que, para su estudio, se divide en cuatro etapas: profase, metafase, anafase y telofase. El material adecuado para su observación es el tejido meristemático de las raíces de cebolla. En este taller observarás células en mitosis y aprenderás a calcular la duración de cada fase a partir de las características del núcleo de cada célula.

Materiales

- Microscopio óptico
- Vaso de precipitado o frasco
- Cortacartón
- Aguja enmangada
- Pinzas de madera
- Pincel
- Mechero
- Papel filtro
- Portaobjetos y cubreobjetos
- Orceína A y B (colorante)
- Cebolla (*Allium cepa*)
- Regla
- HCl (10 %)
- Vidrio de reloj (cápsula de Petri)

Apuntes:

Tejido meristemático. Es el responsable del crecimiento vegetal. Tiene una alta capacidad de división y es poco diferenciado.

Diseño experimental

Los ápices de las raíces se obtienen sumergiendo los bulbos de cebolla en agua, de modo que esta cubra la zona de donde emergerán las nuevas raicillas. Al cabo de cuatro días, las raíces comienzan a crecer, y cuando alcanzan una longitud aproximada de 1 cm pueden ser cortadas.

1. Con un cortacartón, secciona las puntas de las raicillas con una longitud de 2 a 3 mm desde el ápice y coloca una o dos de ellas sobre un vidrio de reloj.
2. Para fijar las raicillas, ponlas 5 minutos en una solución de ácido clorhídrico (HCl) al 10 %. Luego lava las raicillas con agua para eliminar el exceso de HCl (pide ayuda a tu profesor).
3. Retira las raicillas y colócalas en otro vaso con el colorante.
4. Calienta durante 5 minutos, moviendo lentamente para evitar ebullición.
5. Extrae las raicillas y colócalas de a una en un portaobjetos, agrega una gota de colorante y tapa con un cubreobjetos.
6. Coloca sobre el cubreobjetos un papel de filtro varias veces plegado y presiona tratando de lograr una buena dispersión y disociación de los tejidos.
7. Comienza la observación con objetivo menor (4 X) e identifica las fases de la mitosis en tu preparación.

Conexión con...

matemática**Determinación del tiempo de cada fase**

Para calcular el tiempo de una determinada fase de la mitosis, cuenta cuántas células están en una misma fase y divídelo por el número total de células (en 1 o más campos). Multiplica el resultado por 720 (min), que corresponde al tiempo aproximado del ciclo celular en las células de cebolla.

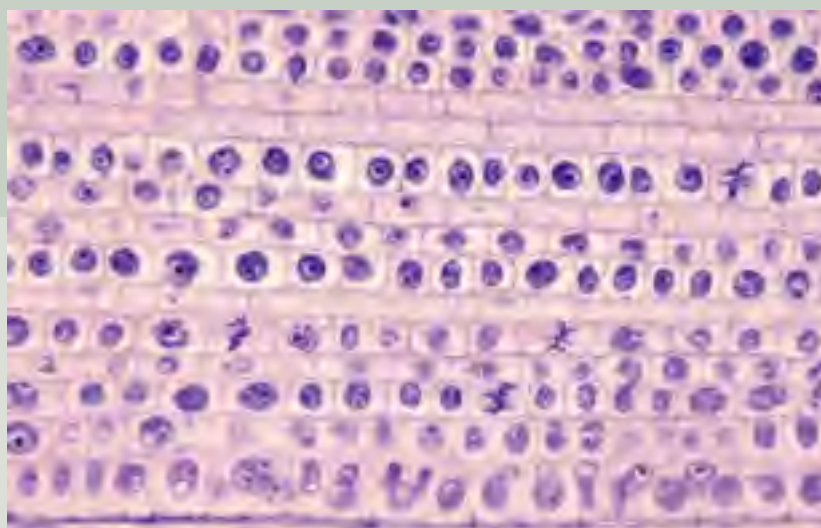
Ejemplo: **Tiempo de la metafase**

$$\text{Duración de la metafase (min)} = \frac{\text{Nº de células en metafase}}{\text{Nº total de células}} \cdot \text{tiempo de duración de la mitosis (min)}$$

$$\text{Duración de la metafase (min)} = \frac{3}{73} \cdot 720 \text{ (min)} = 30 \text{ minutos aprox.}$$

Ayuda

Utiliza esta imagen en caso de que no hayas logrado observar la mitosis.

**Análisis e interpretación de evidencias**

Utilizando las imágenes que dibujaste de la preparación y la de esta página, responde las siguientes preguntas:

- ¿Por qué piensas que se eligió el tejido meristemático de cebolla para observar células en mitosis?
- ¿Para qué crees que se debe ejercer presión sobre la preparación?
- ¿Cuál crees que es la importancia de emplear un colorante en este experimento?

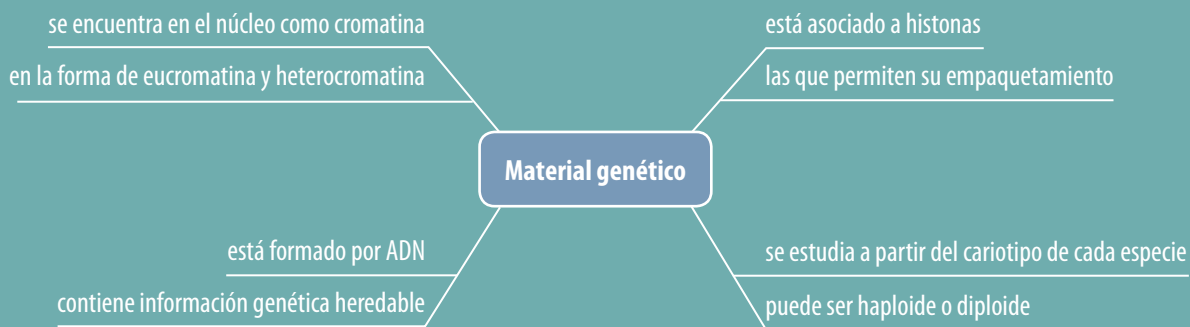
Comunicación de resultados y proyecciones

- Investiga** sobre qué otros tipos de tejidos podrías utilizar para observar células en mitosis.
- En caso de que no hayas podido observar la mitosis en estas células, ¿qué etapa del procedimiento crees que pudo haber fallado? Analiza de forma crítica todos los pasos que seguiste y elabora un nuevo procedimiento que te permita lograr el objetivo mencionado en la sección **Antecedentes**.
- Elabora un informe de laboratorio utilizando un procesador de texto. Si necesitas ayuda, revisa el anexo 6 de la página 250 del texto. Luego envía el informe a tu profesor por correo electrónico.

EVALUACIÓN INTERMEDIA

Organiza lo que sabes

Dibuja en tu cuaderno un organizador gráfico como el que se muestra a continuación. Para ello, debes escribir en el centro un concepto principal, y a partir de él, debes dibujar ocho líneas que salgan del círculo central para escribir sobre ellas los conceptos secundarios del tema. Este esquema se conoce como mapa tipo araña y te permitirá organizar la información que has estudiado. Para aprender o recordar cómo construir uno, revisa el Anexo 7 de la página 252 del texto.



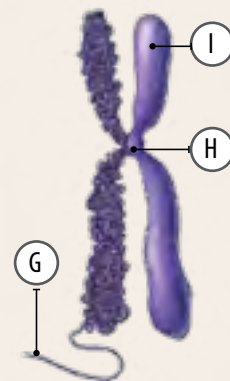
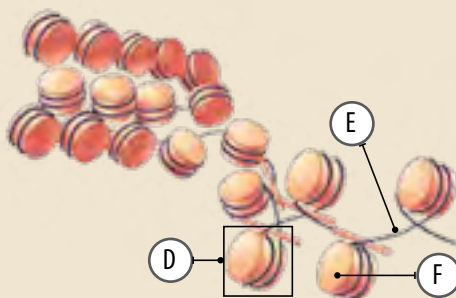
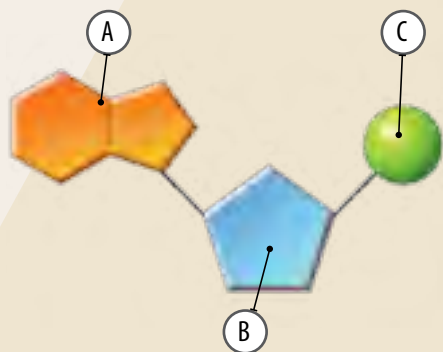
Construye un mapa tipo araña utilizando los siguientes conceptos. Recuerda que puedes incorporar más términos.

1. Desoxirribosa, nucleótidos y un grupo fosfato.
2. Molécula de ADN
3. Cromosomas
4. Cromosomas sexuales y autosómicos
5. Componentes del núcleo
6. Membrana nuclear
7. Cromatina
8. Nucléolo

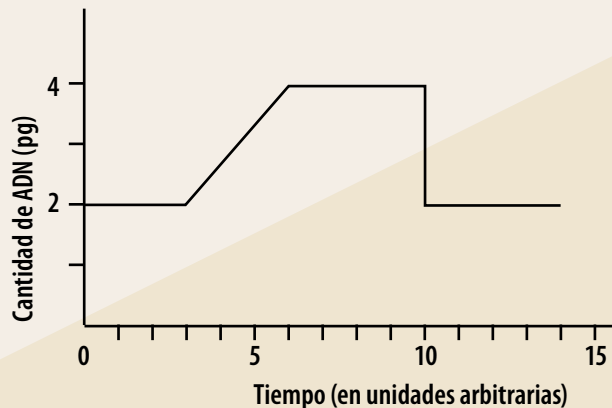
Actividades

Desarrolla las siguientes actividades en tu cuaderno.

1. **Identifica** la estructura señalada con cada letra.



2. En el siguiente gráfico se muestran las variaciones en la cantidad de ADN que se producen durante el ciclo celular. Indica en el gráfico dónde ocurren los siguientes eventos:



- a. Término de G_1
- b. Inicio de la etapa S
- c. Término de la etapa S
- d. Inicio de G_2
- e. Mitosis

3. Observa y analiza el siguiente cariotipo. Luego, responde las preguntas planteadas.



- a. ¿Cuántos cromosomas hay? ¿Se trata de una célula diploide o haploide?, ¿por qué?
- b. ¿Es el cariotipo de un hombre o de una mujer?
- c. ¿Cuántos cromosomas son autosómicos? ¿Cómo los reconoces?
- d. ¿En qué fase mitótica crees que se han fotografiado los cromosomas?
- e. Nombra dos cromosomas metacéntricos.
- f. ¿Identificas algún cromosoma telocéntrico?
- g. ¿Cuántas cromátidas tiene cada cromosoma?
- h. ¿Las células somáticas de este individuo al dividirse serán genéticamente iguales?

- i. ¿Cuántos cromosomas encontraríamos en un gameto de este individuo?
- j. ¿Qué criterios se han seguido para ordenar los cromosomas?

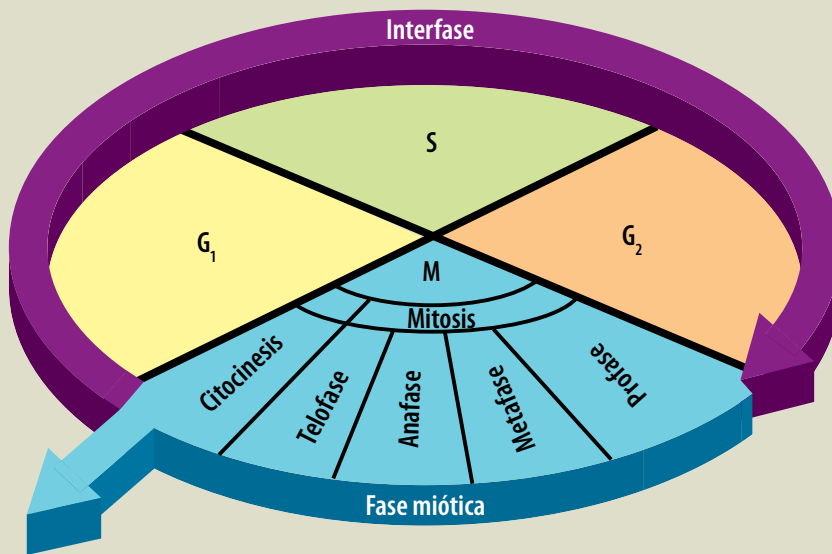
4. Marca con una X, en la siguiente tabla, el proceso que ocurre en cada una de las etapas del ciclo celular.

Proceso	G_1	S	G_2	M
a. Las moléculas de ADN se duplican.				
b. Se sintetizan moléculas relacionadas con la división del núcleo y del citoplasma.				
c. La célula tiene una elevada síntesis de proteínas.				
d. Los centríolos se separan y comienzan a duplicarse.				
e. Se reparan errores ocurridos en la replicación.				
f. Forma parte de la interfase.				
g. El núcleo celular se divide en dos núcleos hijos genéticamente iguales.				

• **Debes recordar:** etapas del ciclo celular y de la mitosis

Trabaja con lo que sabes

Observa el siguiente esquema y responde en tu cuaderno las preguntas planteadas.



- ¿Qué etapas de este ciclo celular forman parte de la interfase?
- ¿Qué entiendes por citocinesis y en qué momento del ciclo celular se produce?
- Nombra las fases del proceso que tiene lugar durante la fase M.
- ¿Cuál es el resultado de la fase S?
- ¿Por qué crees que es importante que cada etapa se realice correctamente?

Propósito de la lección

En esta lección reconocerás la importancia de los mecanismos celulares para regular la mitosis y comprenderás que el cáncer se origina como producto de una división mitótica anormal.

Control del ciclo celular

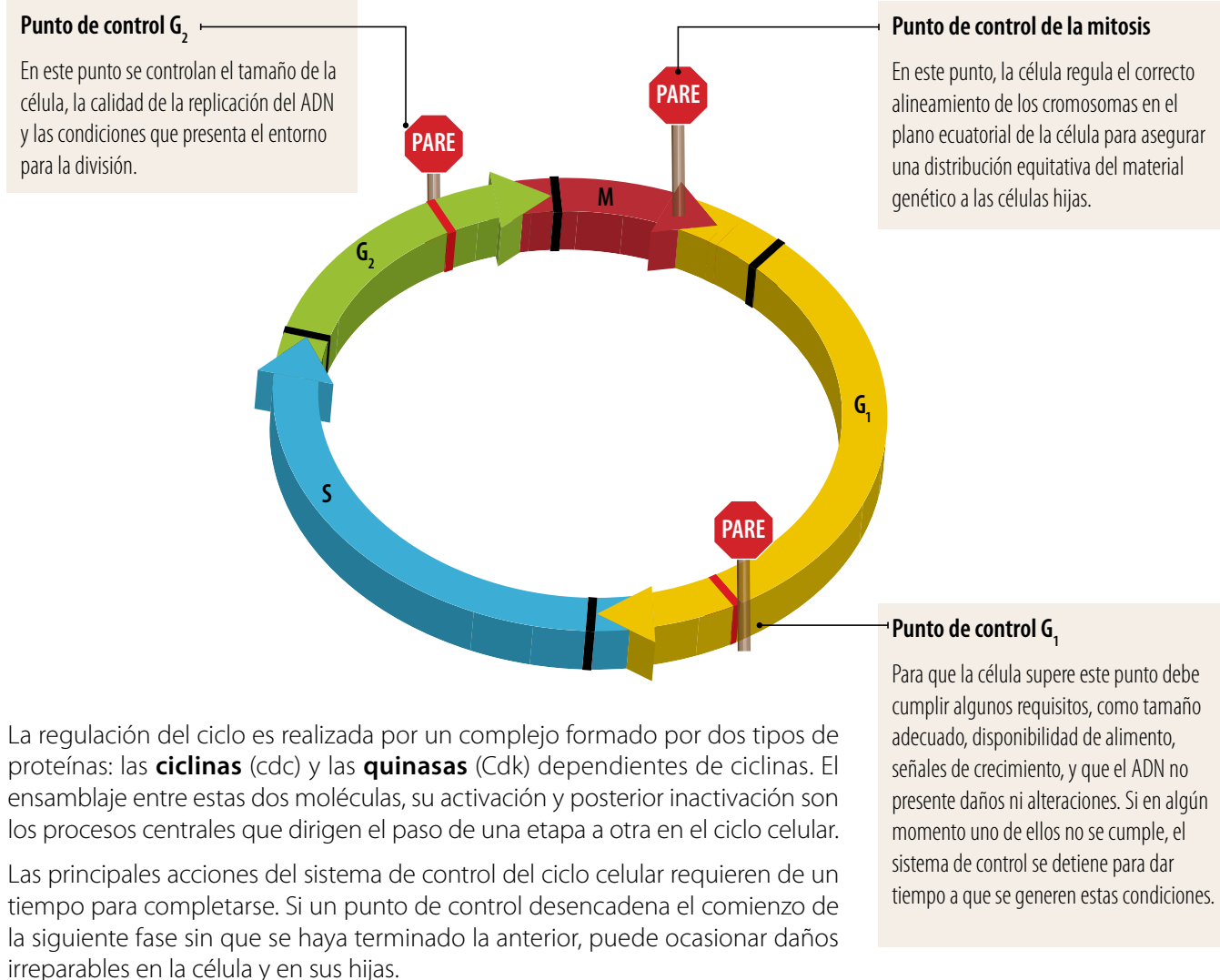
Recursos TIC

Ingresa a <http://www.facmed.unam.mx/publicaciones/libros/pdfs/histologica22-24.pdf> y elabora un resumen acerca de los mecanismos celulares de control del ciclo celular.

En un organismo pluricelular es de gran importancia que los diferentes tipos celulares se dividan de manera de producir todas las células necesarias para el crecimiento y reemplazo de las células que son eliminadas por el organismo, ya sea por daño o por muerte celular. Si en este proceso hay un desbalance, por ejemplo, un aumento exagerado de la división de las células, se produce una alteración en el funcionamiento del organismo. Por esta razón, el ciclo celular está regulado en sitios específicos llamados puntos de control o de chequeo, los que se describen a continuación.

A lo largo del ciclo existen puntos de control, principalmente en las fases G₁, G₂ y hacia el final de la mitosis. La regulación en G₂ asegura que la replicación esté completa antes de la división celular y que el ADN no presente daños. Este último aspecto también es revisado en G₁, evitando así la replicación de material genético dañado.

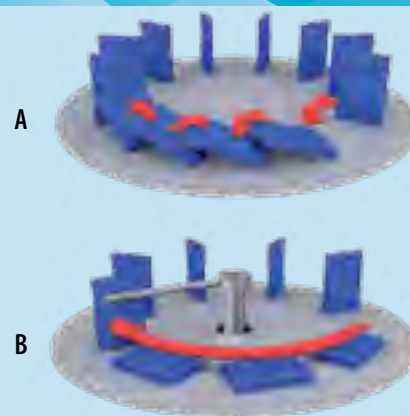
Puntos de control del ciclo celular y de la mitosis



Para saber

Existen dos concepciones alternativas del control del ciclo celular. En (A), la ejecución de un proceso desencadena la del siguiente, como en una cadena de fichas de dominó que van cayendo.

En (B), los procesos no se acoplan directamente sino que se suceden en forma consecutiva debido a un mecanismo de control que funciona independientemente. Este último representa de mejor manera el sistema de control del ciclo celular, ya que se requiere que se active la Cdk de una etapa y que se inactive la Cdk de la etapa previa.



Cáncer: descontrol de la división celular



▲ El melanoma es el tipo más común de cáncer a la piel. Su aparición se ve favorecida por exposiciones prolongadas a la radiación ultravioleta. Con frecuencia, el primer signo de un melanoma es un cambio de tamaño, forma, color o textura de un lunar.

Apuntes:

Apoptosis. Las células tienen un ciclo de vida, vale decir, surge una nueva célula, crece, se reproduce y muere.

La apoptosis o muerte celular programada es una secuencia de acontecimientos que termina con la muerte celular controlada por la propia célula. Ocurre en el período de formación de los órganos, cuando se requiere eliminar células, también cuando en un tejido hay sobrepoblación de células, o cuando el ADN de las células ha sido severamente dañado.

En ocasiones, las células sufren alteraciones del material genético, lo que provoca trastornos de diversos tipos. Estas alteraciones se denominan **mutaciones** y sus efectos en el organismo son muy variados. Si la mutación se produce en alguno de los genes implicados en la regulación del ciclo celular, el individuo puede desarrollar un **cáncer**, el que se caracteriza por una proliferación celular rápida y descontrolada.

El cáncer se inicia cuando un grupo de células de un lugar específico del organismo comienza a dividirse de manera inusual, lo que origina una masa de células denominada tumor.

Hay **tumores benignos**, que son los que están restringidos a un lugar determinado, y otros **malignos**, que son aquellos cuyas células pueden invadir otros tejidos, “viajando” en la sangre o en la linfa, proliferando y produciendo más tumores malignos. Este fenómeno se denomina **metástasis** y es propio de la mayoría de los tipos de cáncer.

Si bien en muchos casos la causa del cáncer tiene un componente hereditario, existen factores ambientales que pueden actuar como agentes que pueden producir mutaciones en el ADN. Algunos de ellos son la contaminación, la exposición a rayos UV, el consumo de tabaco o la inhalación de ciertas sustancias químicas, entre otros. Por otro lado, existen evidencias de que la infección de ciertos virus está asociada a algunos tipos de cáncer, como es el caso del virus del papiloma humano, que puede provocar cáncer cervicouterino. Todos los factores, ya sean químicos, físicos o biológicos, que causan algún tipo de cáncer se denominan **agentes carcinógenos**.

Actualmente se conocen al menos dos grupos de genes cuya alteración puede generar cualquier tipo de cáncer. Estos son:

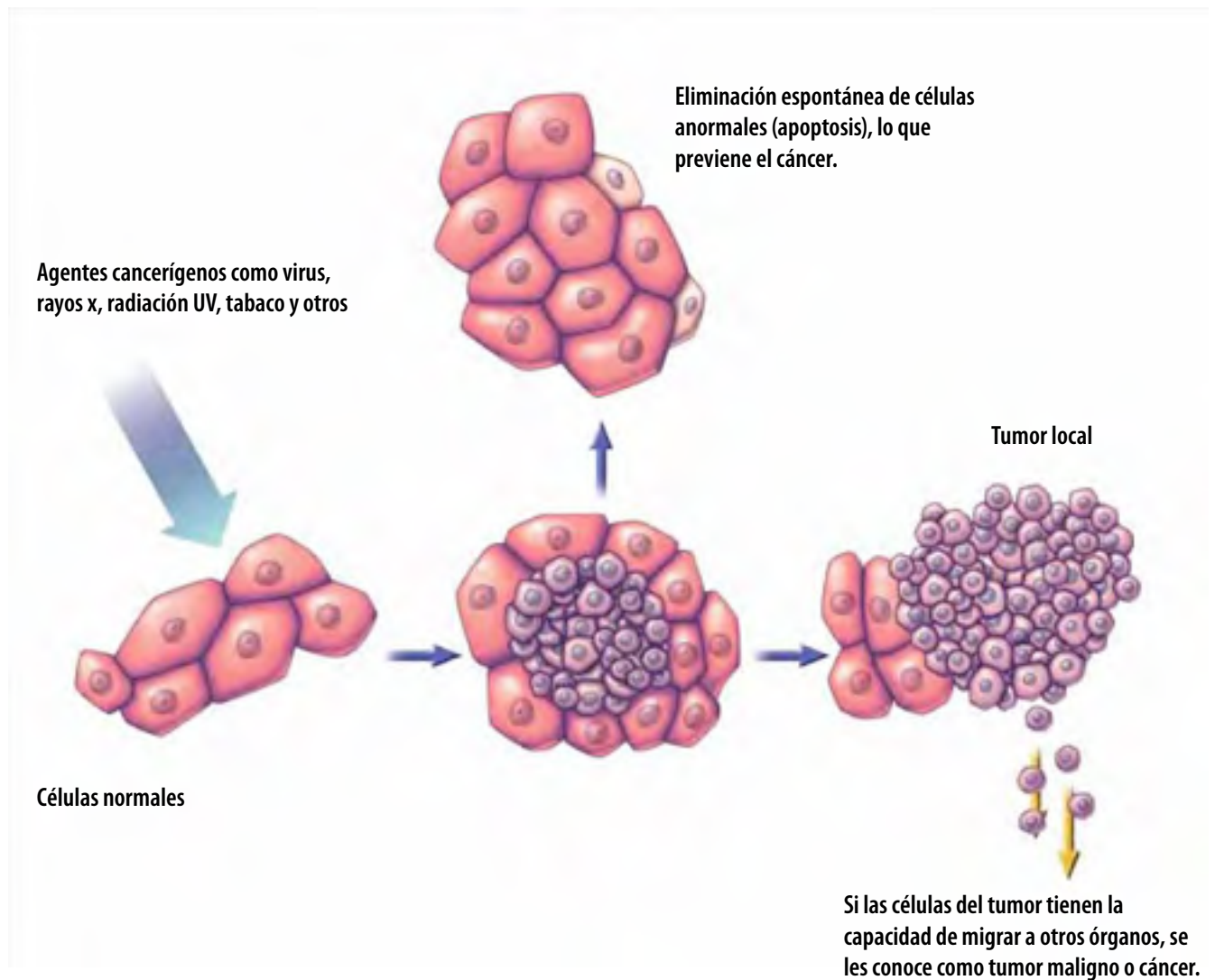
- **Protooncogenes**. Grupo de genes cuya función es estimular la división celular y que, en condiciones normales, están presentes en las células. Cuando se produce una mutación en alguno de ellos, se generan oncogenes o genes causantes de tumores, cuya expresión provoca un aumento descontrolado del crecimiento y la reproducción celular.
- **Genes supresores de tumores**. Genes que inhiben la división celular, ya sea deteniendo el ciclo o bien produciendo la muerte de la célula (apoptosis). Se activan cuando la célula ha sido infectada por un virus. La mutación, por ejemplo, del gen p53 y la consiguiente formación de una proteína p53 no funcional puede ocasionar cáncer de colon y recto, mamas, pulmones, vejiga y cerebro.



¿QUÉ OPINAS?

Las terapias para combatir el cáncer, además de tener un alto costo destinado al pago de medicamentos, también requieren integración familiar, rehabilitación, apoyo psicológico y estudios de seguimiento. ¿De qué manera crees que las personas podrían ayudar a quienes padecen esta enfermedad? ¿Crees que las personas que padecen cáncer son discriminadas? Propone tres ideas de cómo tu colegio puede ayudar a las personas con cáncer.

Observa el siguiente esquema y responde las preguntas propuestas a continuación.

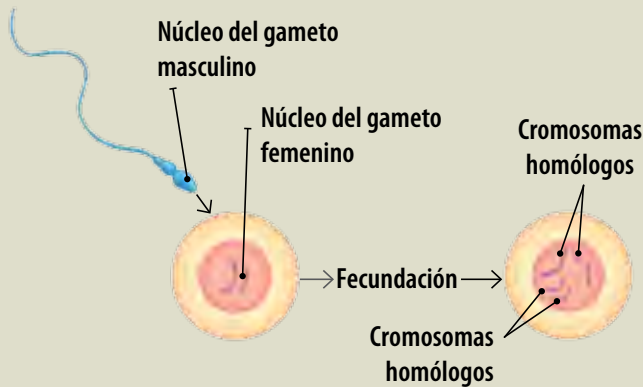


1. A partir del esquema, explica cómo se mantienen normales las células de un tejido y cuáles serían las consecuencias si sus genes fueran alterados por agentes cancerígenos. Utiliza los conceptos: genes supresores de tumores, protooncogenes y oncogenes.
2. ¿Qué ocurriría en el organismo si los protooncogenes fueran constantemente alterados por mutaciones?
3. ¿Cómo se podría disminuir el efecto de algunos agentes cancerígenos?
4. ¿Cómo influye la apoptosis en el número de células de un tejido?
5. Describe el mecanismo que permite controlar la división celular.

• **Debes recordar:** células haploides y diploides, fecundación

Trabaja con lo que sabes

Observa el siguiente esquema y luego responde en tu cuaderno las preguntas planteadas.



- ¿Qué dotación cromosómica debe tener cada gameto para que al fusionarse dé origen a una célula diploide?
- ¿Cuál crees que es la importancia genética del proceso de fecundación en los organismos con reproducción sexual?
- En los organismos pluricelulares, ¿qué tipo de células producen a los gametos? ¿Dónde están ubicadas?

Propósito de la lección

En esta lección reconocerás las etapas de la meiosis y la importancia de este proceso como fuente de variabilidad genética.

Apuntes:

Gametogénesis. Es el proceso que ocurre en las gónadas femeninas y masculinas, en el cual se originan los gametos (ovocitos y espermatozoides). En el ser humano la gametogénesis femenina se denomina ovogénesis, mientras que la masculina se conoce como espermatogénesis.

Fecundación. Es el proceso en el que un espermatozoide y un ovocito se fusionan, iniciando el desarrollo de un nuevo organismo.

• ¿Qué es la meiosis?

La **meiosis** es un tipo de división celular, exclusiva de los organismos que se reproducen sexualmente. En muchos protozoos, algas y hongos, la reproducción es asexual, es decir, por división celular simple o mitosis. En este caso todos los descendientes tienen una herencia que proviene de un solo antecesor. En cambio, en la mayoría de los organismos multicelulares la reproducción se realiza por medio de gametos o células sexuales que se generan por meiosis en un proceso denominado gametogénesis. Mediante la fecundación se origina el cigoto o célula huevo, que porta material genético de los dos progenitores y se reproduce por mitosis hasta formar un nuevo individuo pluricelular.

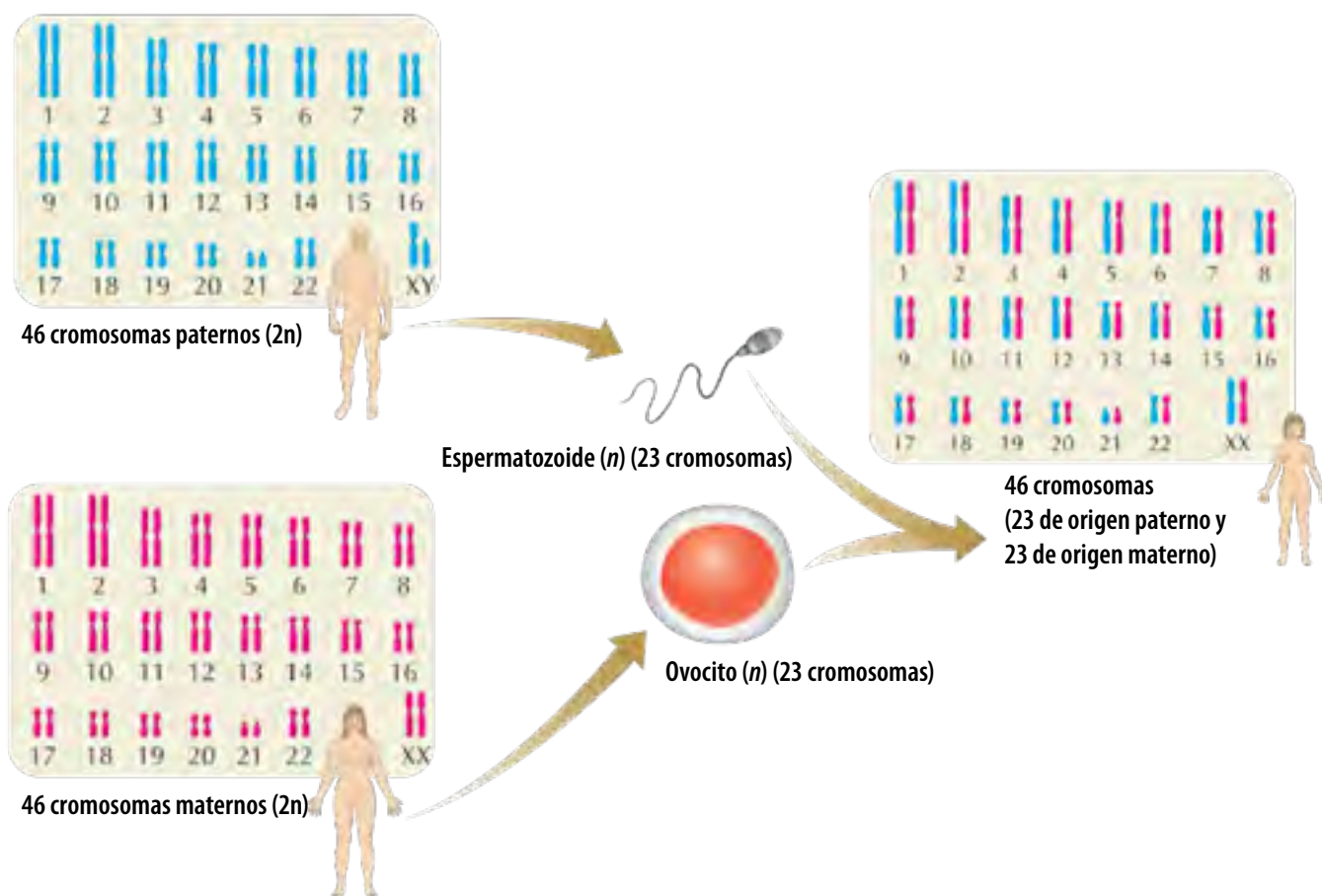
Gametogénesis

En los organismos que se reproducen sexualmente, los gametos (uno femenino y uno masculino) se unen en el proceso de fecundación y el cigoto resultante recibe dos conjuntos de cromosomas, uno proveniente del padre y el otro de la madre. Esto es posible gracias a que los gametos contienen en su núcleo solo la mitad de la dotación genética. Por ejemplo, en la especie humana, de los 46 cromosomas homólogos, los gametos contienen solo un cromosoma de cada par, es decir 23 cromosomas, y por esto tienen un cariotipo n (haploide).

De esta manera, de la unión de dos gametos haploides se origina una célula diploide con cariotipo $2n$. Antes de pasar a la generación sexual siguiente, en un momento del ciclo biológico de los organismos se reduce a la mitad el número de cromosomas de los gametos durante una meiosis. Esto ocurre en el proceso denominado gametogénesis.



▲ El cigoto, que se origina tras la fecundación, contiene la mitad de los cromosomas proveniente del padre y la otra mitad, de la madre.



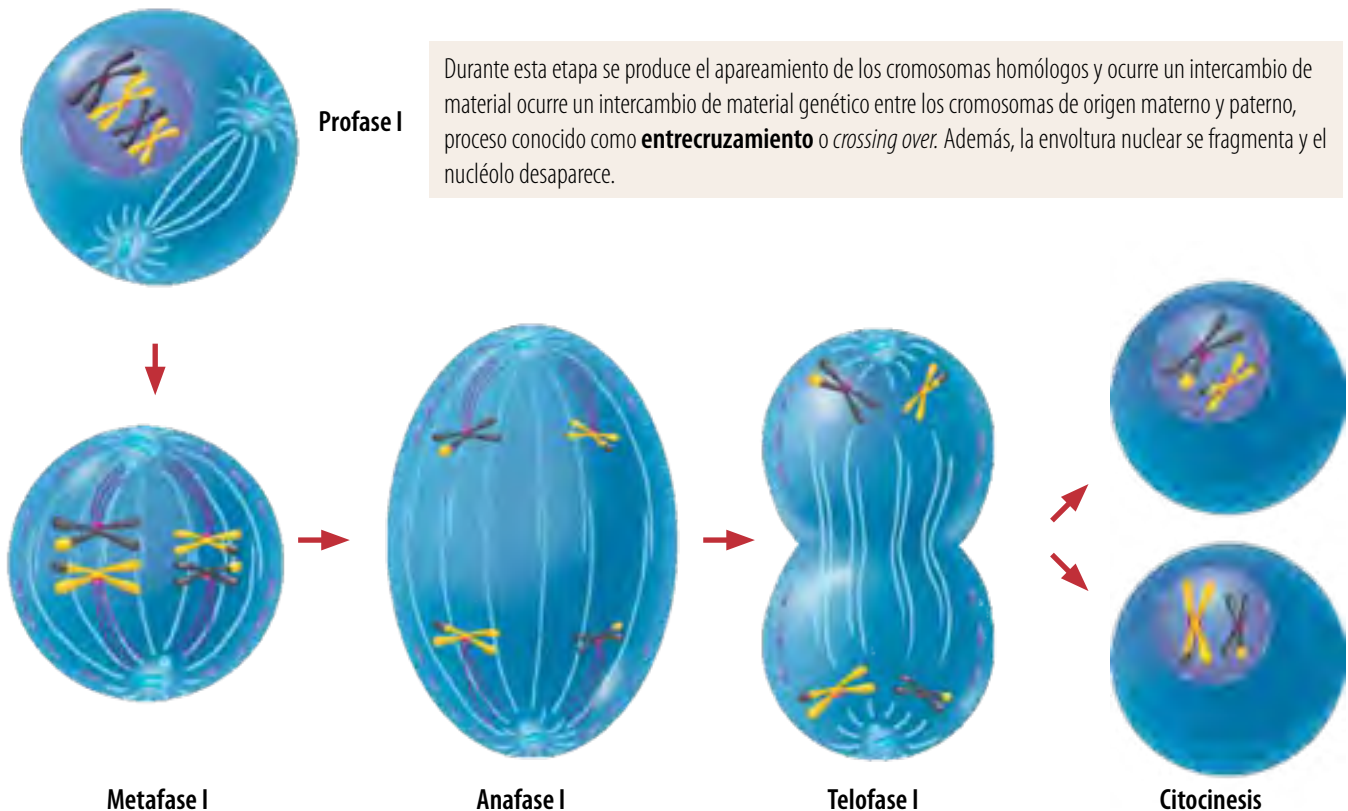
▲ Cada persona hereda dos conjuntos de 23 cromosomas, uno proveniente de la madre y otro del padre.

Etapas de la meiosis

La meiosis es un proceso que consiste en dos divisiones celulares sucesivas (meiosis I y II), cada una de las cuales presenta las mismas fases de la mitosis: **profase**, **metafase**, **anafase** y **telofase**. Como resultado de este proceso, por cada célula inicial (diploide) se forman cuatro células haploides genéticamente distintas. De este modo, la reorganización del material genético en los organismos con reproducción sexual contribuye en gran medida a la posibilidad de que la descendencia tenga una combinación de genes distinta de la de sus padres.

El resultado de la primera división son dos células haploides, es decir, poseen la mitad del número de cromosomas propio de la especie. Por esta razón, se dice que la meiosis I es una división reduccional.

Meiosis I



Durante esta etapa se produce el apareamiento de los cromosomas homólogos y ocurre un intercambio de material genético entre los cromosomas de origen materno y paterno, proceso conocido como **entrecruzamiento** o *crossing over*. Además, la envoltura nuclear se fragmenta y el nucléolo desaparece.

Esta etapa se caracteriza por un huso mitótico completamente formado y por la alineación de los cromosomas homólogos apareados en el plano ecuatorial de la célula y pueden quedar orientados hacia cualquier polo de la célula, proceso conocido como **permutación cromosómica**.

Durante esta etapa, los cromosomas homólogos maternos y paternos se separan y se desplazan hacia los polos de la célula. Además, cada cromosoma sigue teniendo dos cromátidas.

La membrana nuclear se reorganiza y se descondensa la cromatina. Esta etapa no se presenta en todas las especies, y en algunas, se pasan directamente a metafase II.

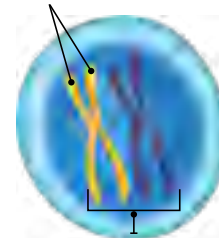
Esta fase puede estar o no acompañada de la citocinesis. Además, se producen el reordenamiento de los componentes celulares y la reorganización del citoesqueleto.

Meiosis II

Después de finalizada la meiosis I, las células pasan por una breve interfase, en la cual se preparan para la segunda y última división celular, pero a diferencia de la primera no hay síntesis de ADN. Las características de la meiosis II son similares a las de la mitosis y, por lo tanto,

- Durante la **profase II** se desintegra el nucléolo y la membrana nuclear y los cromosomas vuelven a condensarse. A diferencia de la profase I, en esta etapa no hay entrecruzamiento.
- En la **metafase II**, las fibras del huso mitótico se unen a los cinetocoros y los cromosomas se alinean en el ecuador de la célula.
- Durante la **anafase II**, las cromátidas son separadas por los centrómeros y cada cromátida es desplazada a un polo de la célula.
- Finalmente, en la **telofase II** se reorganiza la membrana nuclear, los cromosomas se transforman en cromatina y cada célula se divide en la citokinesis.

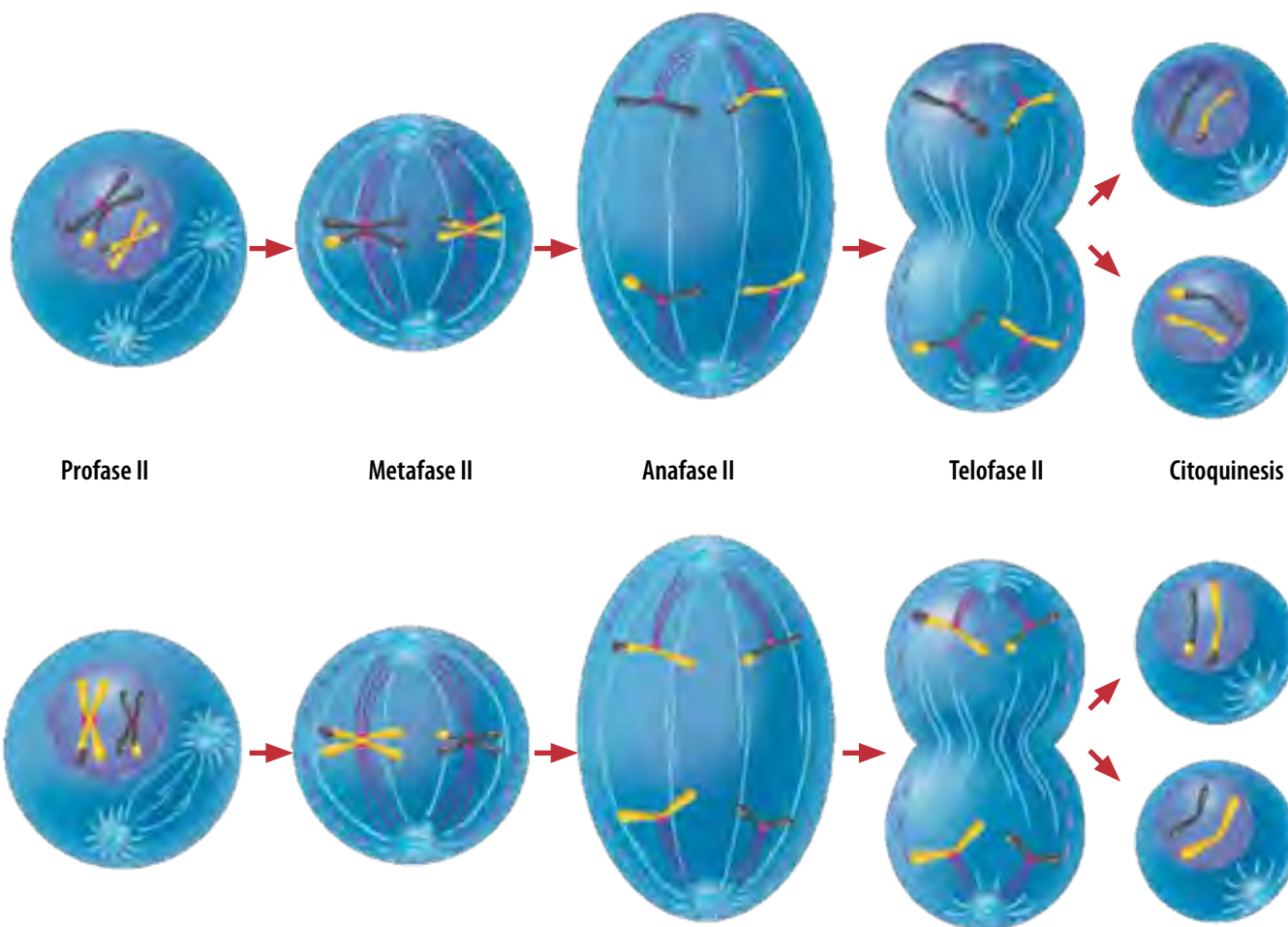
Cromátidas hermanas



Cromosomas homólogos

▲ Las **cromátidas hermanas** son aquellas que componen a un cromosoma después de la duplicación del material genético y, por lo tanto, son idénticas.

Los **cromosomas homólogos**, aunque son iguales en tamaño y estructura y contienen la misma secuencia de genes, no son idénticos, ya que uno es de origen paterno y otro de origen materno.



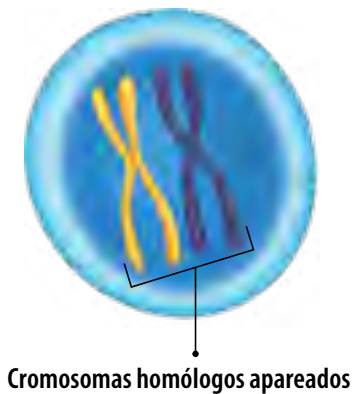
Como resultado final, a partir de una célula diploide ($2n$ y $2c$) se obtienen 4 células haploides (n y c) genéticamente distintas.

Importancia de la meiosis

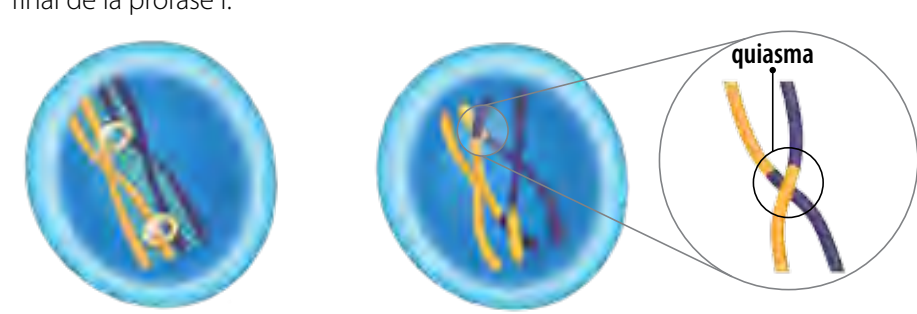
Ya sabes que el resultado final de la meiosis son cuatro células haploides, llamadas gametos, genéticamente distintas entre sí. Esta variabilidad es posible gracias a dos eventos de reorganización del material genético: el **entrecruzamiento** y la **permutación cromosómica**.

Si bien las mutaciones son consideradas la fuente primaria de variabilidad genética, los mecanismos mencionados anteriormente permiten obtener nuevas combinaciones de alelos de genes distintos. Esta variedad entre los organismos es una condición necesaria para su adaptación al medio ambiente, ya que puede contribuir a mejorar las respuestas de los organismos a los cambios de su entorno.

El **entrecruzamiento** o **crossing-over** ocurre durante la profase I y consiste en el intercambio de material genético entre **cromosomas homólogos**. La manifestación visible de cada evento es el quiasma, y puede ser observada al final de la profase I.



Cadenas de proteínas unen los cromosomas homólogos para permitir el entrecruzamiento.



Una vez que los cromosomas homólogos están totalmente unidos, se produce el entrecruzamiento.

El resultado del entrecruzamiento forma nuevas combinaciones de alelos en cada cromosoma y los quiasmas son la evidencia de que el crossing over se llevó a cabo

Para saber

En los seres humanos, el promedio de *crossing over* es de dos a tres por cromosoma y, aunque estos no están distribuidos de manera uniforme, existen sitios donde ocurren con mayor frecuencia, denominados *hots spots*.

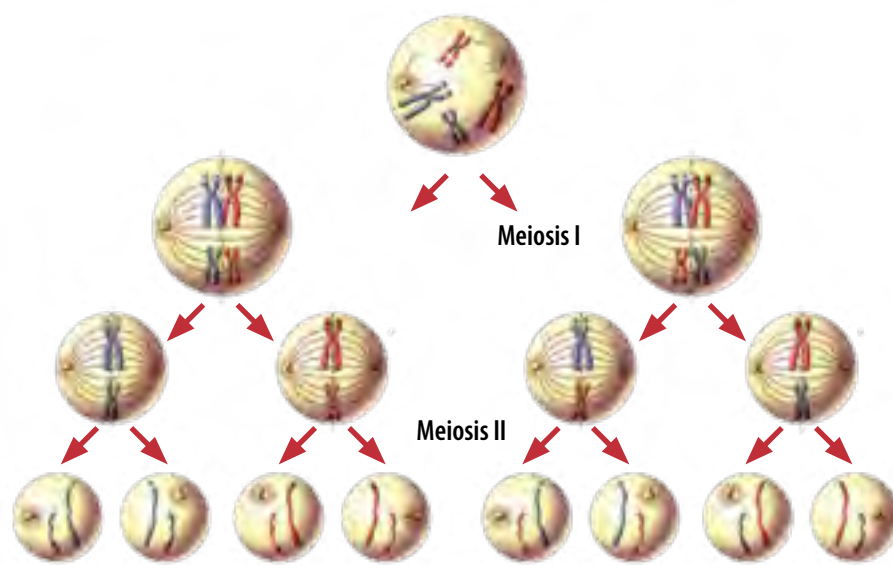
La maquinaria involucrada en estos eventos controla que el entrecruzamiento ocurra en áreas de los cromosomas que presenten homología, de manera que no se realicen intercambios anormales de material genético, o entre cromosomas no homólogos ya que, en el caso de que ocurra una fertilización, la falla de estos mecanismos podría originar diversas enfermedades o incluso la muerte temprana del organismo.

Actividad 6 Explicar

Responde en tu cuaderno las siguientes preguntas.

- ¿En qué momento de la meiosis ocurre el proceso que se representa en el esquema de esta página?
- ¿En qué tipo de célula se produce? Explica.
- ¿Cómo crees que serían los cromosomas de los gametos si se les añadiera a las células de un organismo una sustancia inhibitoria de este proceso? Fundamenta.

La denominada **permutación cromosómica** corresponde al fenómeno de repartición azarosa de los cromosomas homólogos en los gametos. La separación o segregación de los cromosomas homólogos durante la meiosis I ocurre aleatoriamente. Se produce de acuerdo con la ubicación de los cromosomas homólogos en la placa ecuatorial de la metafase I. Esto puede originar una amplia variedad de combinaciones de cromosomas en las células resultantes de la meiosis I. Los mecanismos de **entrecruzamiento** y **permutación cromosómica** combinados aumentan enormemente la variabilidad y permiten que los gametos de un individuo contengan distintas combinaciones de genes, que a su vez darán origen a una descendencia de composición genética diferente a la de sus progenitores.



En una célula con dos pares de cromosomas homólogos, los cromosomas paternos (azul) y maternos (rojo) pueden organizarse de dos formas, generando luego de la primera división meiótica células portadoras solo de cromosomas maternos o paternos (izquierda), o con uno paterno y otro materno (derecha).

Conexión con...

matemática

El número de gametos diferentes que se pueden formar producto de la permutación cromosómica durante la meiosis I es de 2^n , siendo n el número de cromosomas de las células haploides. El ser humano, por ejemplo, cuenta con 23 pares de cromosomas, por lo que el número de combinaciones de cromosomas posibles es 2^{23} , es decir, más de ocho millones de gametos genéticamente diferentes solo por el mecanismo de permutación cromosómica.

Recursos TIC

Ingresa a www.biologia.arizona.edu/cell/tutor/meiosis/meiosis.html, repasa de la meiosis y responde las preguntas que allí aparecen.



Actividad 7 Análisis

Analiza la importancia de la meiosis explicando en estas páginas, y luego responde en tu cuaderno las preguntas planteadas.

1. **Explica** qué tienen en común ambos mecanismos y en qué se diferencian.
2. **Analiza** a partir de la célula inicial de la imagen que ilustra el mecanismo de *crossing over*; propón otro ejemplo de entrecruzamiento. Indica los nuevos gametos que se formarían.
3. **Explica** cuántas combinaciones distintas se obtendrían por permutación cromosómica en una célula con tres y con cuatro pares de cromosomas homólogos.
4. ¿De qué manera esto influye en la variabilidad genética? **Fundamenta**.

Comparación entre mitosis y meiosis

Recursos TIC

Ingresa a la siguiente página web:
<http://www.pbs.org/wgbh/nova/body/how-cells-divide.html>

En ella encontrarás una animación donde se comparan la mitosis y la meiosis.

La diferencia esencial entre la mitosis y las dos etapas de la meiosis radica en la distribución del material genético entre las células hijas. En la meiosis I se separan los miembros de cada pareja de cromosomas, con lo que se reducen a la vez la cantidad de ADN ($4c \rightarrow 2c$) y el número de cromosomas ($2n \rightarrow n$), y las células hijas reciben diferente material genético, pues cada cromosoma de un par puede contener alelos diferentes en cada locus.

El proceso de la meiosis II es equivalente al de la mitosis, puesto que se separan las dos cromátidas hermanas.

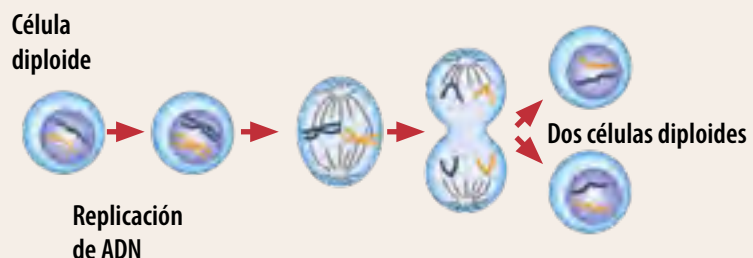
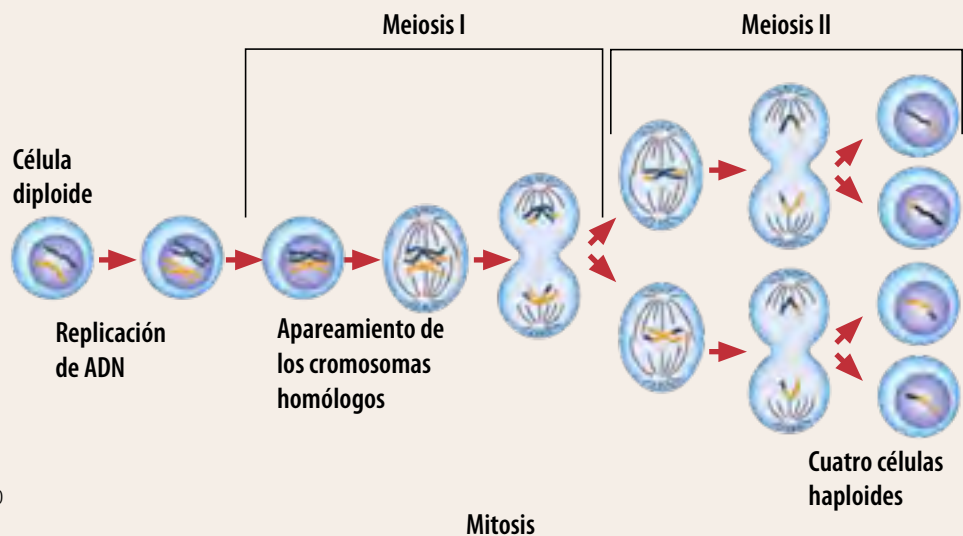
Después de haber analizado ambos procesos de división celular es posible advertir algunas similitudes, aunque existen grandes diferencias. Las principales diferencias entre mitosis y meiosis se detallan a continuación.

Durante la profase I de la meiosis ocurre el apareamiento de los cromosomas homólogos, los que se separan en la metafase I, producto de lo cual se reduce el número de cromosomas en las células resultantes, hecho que no se da en la mitosis.

En la meiosis ocurren dos divisiones del núcleo seguidas, pero con una sola duplicación de material genético durante la interfase I, por lo que, al término de la meiosis, los núcleos de las células resultantes contienen la mitad del número de cromosomas del núcleo original.

En la mitosis, en cambio, se da origen a dos células con el mismo número de cromosomas que presentaba la célula de origen antes de la replicación del ADN.

A diferencia de la mitosis, durante las primeras etapas de la meiosis I, profase y metafase ocurren los fenómenos de **entrecruzamiento y permutación cromosómica**, los que permiten, respectivamente, la recombinación genética entre los cromosomas homólogos y que los cromosomas segreguen en forma aleatoria.



A continuación se presenta un cuadro comparativo entre la mitosis y la meiosis.

	Mitosis	Meiosis
Células implicadas	Se produce en las células somáticas. Puede ocurrir en células haploides o diploides, ya que los cromosomas homólogos no están emparejados.	Solo se produce en las células germinales. Se produce solo en células diploides, ya que necesita que los cromosomas homólogos estén emparejados.
Número de divisiones	Una sola división celular.	Dos divisiones celulares consecutivas.
Crossing over o entrecruzamiento	No se produce.	Se produce entre cromosomas homólogos.
Duración	Breve.	Prolongada.
Comportamiento durante la anafase	Se separan las cromátidas hermanas.	Durante la primera división meiótica se separan pares de cromosomas homólogos. En la segunda división se separan cromátidas hermanas.
Resultado	Se originan dos células hijas idénticas y con los mismos cromosomas que la célula madre.	Se originan cuatro células hijas genéticamente distintas, con la mitad de cromosomas que la célula madre.
Finalidad	Crecimiento y renovación de tejidos. En organismos unicelulares es fundamental para el mantenimiento de la vida del individuo.	Continuidad de la especie y aumento de la variabilidad genética.

Actividad 8 Comparar

Un investigador determinó las variaciones en las concentraciones de ADN a lo largo del tiempo, en células del ovario y del epitelio intestinal de un animal. Las variaciones en la cantidad de ADN en cada célula en los dos casos están registradas en las figuras 1 y 2.

Figura 1

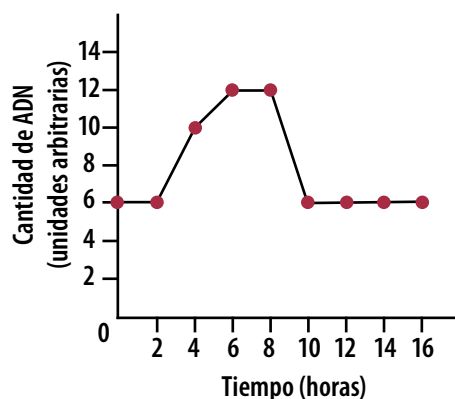
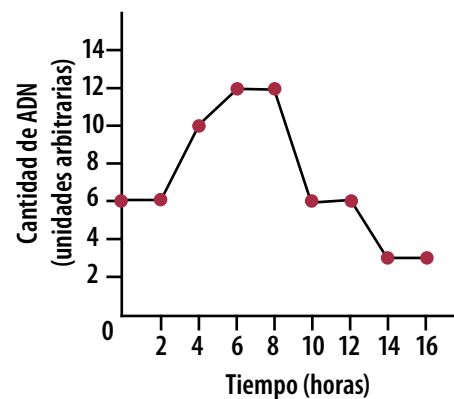


Figura 2



- ¿Cuál de las figuras corresponde a las células del ovario y cuál al epitelio intestinal? Fundamenta tu respuesta.
- ¿Cuál es el valor c propio de esta especie?

Principales alteraciones cromosómicas

Aneuploidías	Número de lotes cromosómicos
Nulisomía	$(2n - 2)$
Monosomía	$(2n - 1)$
Trisomía	$(2n + 1)$
Tetrasomía	$(2n + 2)$
Euploidías	Número de lotes cromosómicos
Monoploidía	$1n$
Triploidía	$3n$
Tetraploidía	$4n$

▲ La expresión "n" corresponde al número de cromosomas propio de la especie.

Novedades científicas

Un centro español de medicina embrionaria, realiza una técnica de **Diagnóstico Genético Preimplantacional** (DGP) a embriones producidos por **fecundación in vitro**. El DGP informa sobre el estado de cada uno de los embriones concebidos y permite que únicamente los sanos sean transferidos al útero.

Las mutaciones cromosómicas

Cualquier alteración que afecte al número o la estructura de los cromosomas de una célula se denomina **mutación cromosómica**, también conocida como aberración cromosómica. Estas pueden clasificarse en dos tipos: **numéricas** y **estructurales**.

Las mutaciones cromosómicas numéricas son aquellas en las que hay alteración en el número de cromosomas de la célula; se clasifican en aneuploidías y euploidías.

- Las **aneuploidías** son alteraciones en las que hay pérdida o aumento de uno o más cromosomas de la célula. Surgen por errores en la distribución de los cromosomas durante las divisiones celulares, tanto en la mitosis como en la meiosis y, por lo tanto, las células resultantes de la división anormal tienen **exceso o falta de cromosomas**. Suelen causar trastornos serios a sus portadores.

En la especie humana, por ejemplo, se conocen varias enfermedades provocadas por aneuploidías. Las más comunes son el síndrome de Down, causado por la trisomía del cromosoma 21; el síndrome de Turner, causado por la monosomía del cromosoma sexual X; y el síndrome de Klinefelter, causado por trisomía que afecta a los cromosomas sexuales (47, XXY).

- Las **euploidías** son alteraciones en las que hay aumento de lotes cromosómicos (genomas) completos. Surgen cuando los cromosomas se duplican y la célula no se divide. Algunas especies vegetales cultivadas presentan euploidías, como el trigo, con variedades con dos lotes cromosómicos (diploides), con cuatro lotes cromosómicos (tetraploides) y con seis lotes cromosómicos (hexaploides).

De una manera genérica, cuando el número de lotes cromosómicos (genomas) es mayor que 2, se habla de poliploidía.

Las variedades poliploides son, en muchos casos, mayores y más productivas que las diploides. Además de aprovechar los casos de poliploidía que surgen espontáneamente en la naturaleza, se pueden inducir euploidías en plantas cultivadas por medio de fármacos como la colchicina, que bloquea la formación del huso durante las divisiones celulares.

Las mutaciones estructurales son aquellas en las que hay alteración en la forma o en el tamaño de uno o más cromosomas de la célula. Resultan de roturas cromosómicas seguidas de pérdida de fragmentos o de nuevas uniones de los fragmentos en posiciones diferentes a la posición original.

Minitaller

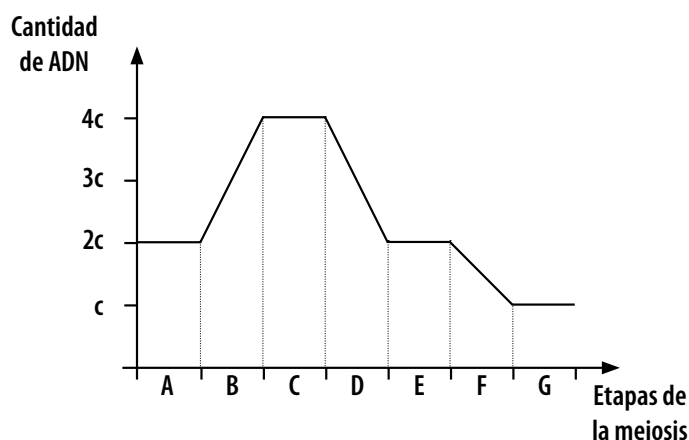
Busca en internet 5 argumentos a favor y 5 en contra sobre las técnicas mencionadas en la sección Novedades científicas. Organicen un debate, donde se contrapongan ambas posiciones.

Las mutaciones estructurales se dividen en:

- Deleción, cuando al cromosoma le falta un fragmento.
- Duplicación, cuando el cromosoma tiene un fragmento repetido.
- Inversión, cuando el cromosoma tiene un fragmento invertido.
- Traslocación, cuando un cromosoma tiene un fragmento proveniente de otro cromosoma.

Al finalizar la lección...

- El siguiente gráfico representa la variación de ADN de una célula germinal en meiosis. Analízalo y luego responde las preguntas planteadas.

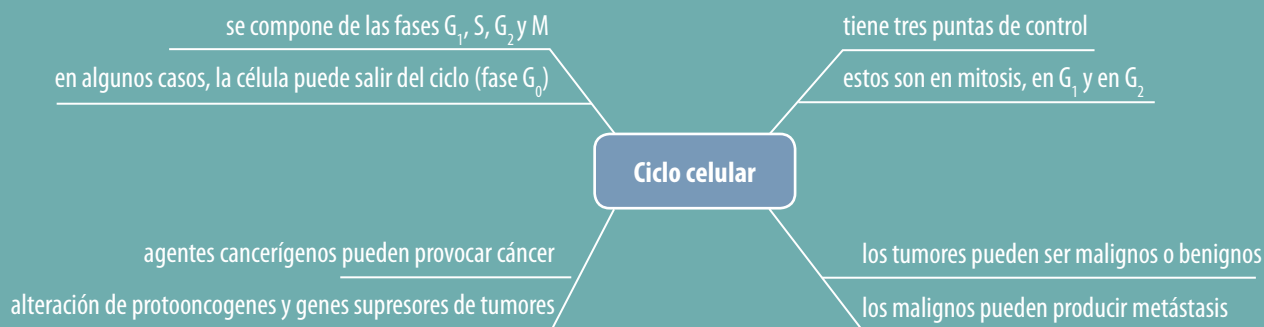


- ¿Qué etapas están representadas con las letras de la A a la F?
 - Menciona la principal característica de las etapas representadas con las letras B, D y F.
 - ¿Con qué letra está representada la disminución del número de cromosomas de $2n$ a n ?
- En la espermatogénesis de un hombre se da una no disyunción de los cromosomas sexuales en la primera división de la meiosis, esto es, que los cromosomas X e Y migren juntos hacia un mismo polo de la célula. Admitiendo que la meiosis continúe normalmente:
 - ¿Cuál será la constitución cromosómica de los espermatozoides formados en esa meiosis, en lo que respecta a los cromosomas sexuales?
 - ¿Cuáles serán las posibles constituciones cromosómicas de las criaturas engendradas por los espermatozoides producidos en esa meiosis, en caso de fecundar óvulos normales?
 - ¿Sería posible que alguno de los descendientes de este hombre tuviera el síndrome de Klinefelter? Explica tu respuesta.
 - Investiga acerca de las principales alteraciones en cromosomas autosómicos y en cromosomas sexuales, indicando el tipo de alteración y las características principales de cada uno de ellos.

EVALUACIÓN INTERMEDIA

Organiza lo que sabes

Dibuja en tu cuaderno un organizador gráfico como el que se muestra a continuación. Para ello, debes escribir en el centro un concepto principal, y a partir de él, debes dibujar ocho líneas que salgan del círculo central para escribir sobre ellas los conceptos secundarios del tema. Este esquema se conoce como mapa tipo araña y te permitirá organizar la información que has estudiado. Para aprender o recordar cómo construir uno, revisa el Anexo 7 página 252 del texto.



Construye un mapa tipo araña utilizando los siguientes conceptos. Recuerda que puedes incorporar más términos.

1. Metafase.
2. Anafase.
3. Telofase.
4. Profase.
5. Citoquinesis.
6. Meiosis.
7. *Crossing over*.
8. Variabilidad genética.

Actividades

Realiza las siguientes actividades

1. Completa la siguiente tabla en tu cuaderno.

Características	Mitosis	Meiosis
Células donde ocurre		
Similitud entre células hijas y progenitora		
Número de células resultantes		
Dotación cromosómica		
Función en unicelulares		
Función en pluricelulares		
Número de divisiones		
Comportamiento durante la anafase		
¿Hay duplicación de ADN antes de la división?		
¿Aumenta la variabilidad genética?		

2. Responde en tu cuaderno las siguientes preguntas.

- ¿Qué son las quinasas dependientes de ciclinas y cuál es su función en el control del ciclo celular?
- ¿Cuál es el objetivo principal de la división celular en organismos unicelulares y en organismos pluricelulares?
- Explica por qué se dice que la segunda división meiótica es similar a la mitosis.

3. Analiza e interpreta el siguiente gráfico y luego responde las preguntas.

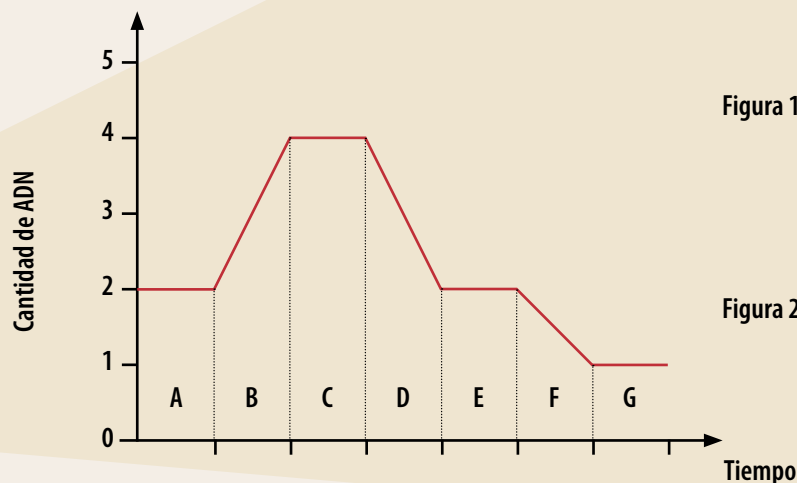


Figura 1



Figura 2



- ¿Qué representa el gráfico?
- ¿A qué tipo de división celular corresponde?
- Explica por qué cambia la cantidad de ADN en los periodos D y F.
- Suponiendo que los cromosomas fueran visibles a lo largo de todo el ciclo, ¿en qué periodos (indicados por letras) de la gráfica se encontrarían las estructuras cromosómicas 1 y 2? Fundamenta la respuesta.

4. Observa la siguiente imagen y luego responde las preguntas.



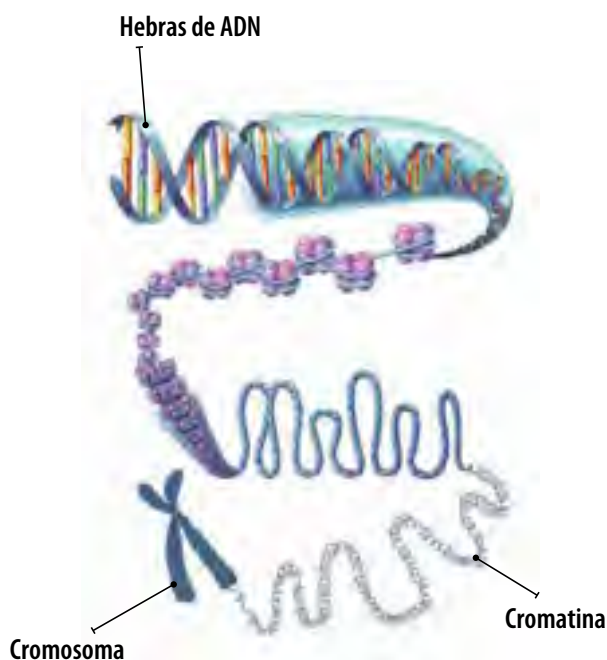
- Dibuja los posibles gametos que se originarían a partir de una célula $2n = 4$ como la que muestra el esquema. ¿Qué proceso permite que existan todas estas alternativas de gametos?
- Representa el aspecto que tendrían los cromosomas de esta célula después de que ha ocurrido el entrecruzamiento.
- ¿Por qué el entrecruzamiento y la permutación cromosómica aumentan la variabilidad genética?

SÍNTESIS DE LA UNIDAD

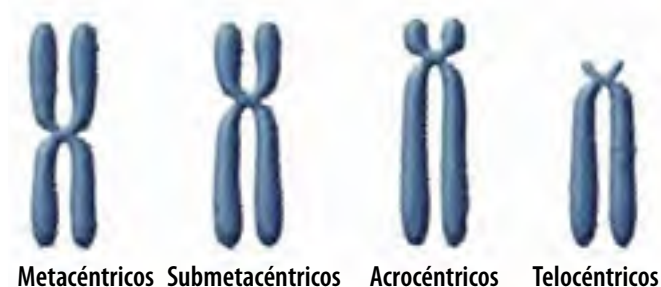
Lección 1

En los organismos eucariontes, la mayor parte del material genético se ubica dentro del núcleo, en los cromosomas. En el ser humano hay 23 pares de cromosomas homólogos iguales en tamaño y forma, a excepción de los cromosomas sexuales X e Y.

Cada cromosoma está formado por una molécula de ADN asociada a histonas, proteínas sobre las que se pliega y empaqueta. A este complejo se le denomina cromatina. Dependiendo del grado de compactación, la cromatina se puede encontrar como eucromatina o como heterocromatina. Sin embargo, cuando la célula se prepara para la división celular, la cromatina alcanza su máximo grado de compactación formando estructuras llamadas cromosomas.



Según la posición del centrómero, los cromosomas se clasifican en:

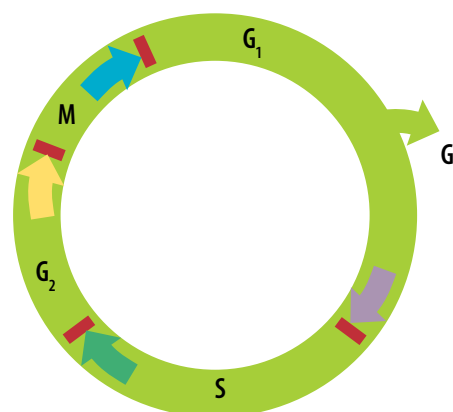


El ADN está formado por unidades básicas denominadas nucleótidos, los que a su vez están constituidos por un grupo fosfato, un azúcar desoxirribosa y una base nitrogenada. Las bases nitrogenadas pueden ser purinas: adenina y guanina; o pirimidinas: citosina y timina.

Lección 2

El ciclo celular comprende una serie de hechos que permiten la duplicación del ADN y la división celular, generando así dos células genéticamente idénticas. El ciclo involucra dos etapas: **interfase** (G_1 , S y G_2) y **mitosis**.

Ciclo celular



Mitosis



Interfase



Profase



Metafase



Anafase



Telofase

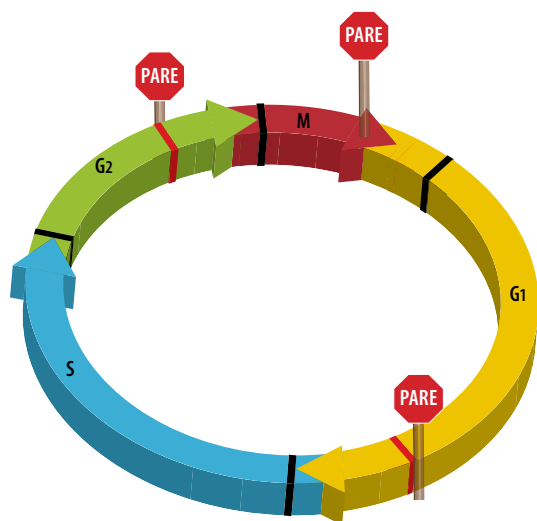


Citokinesis

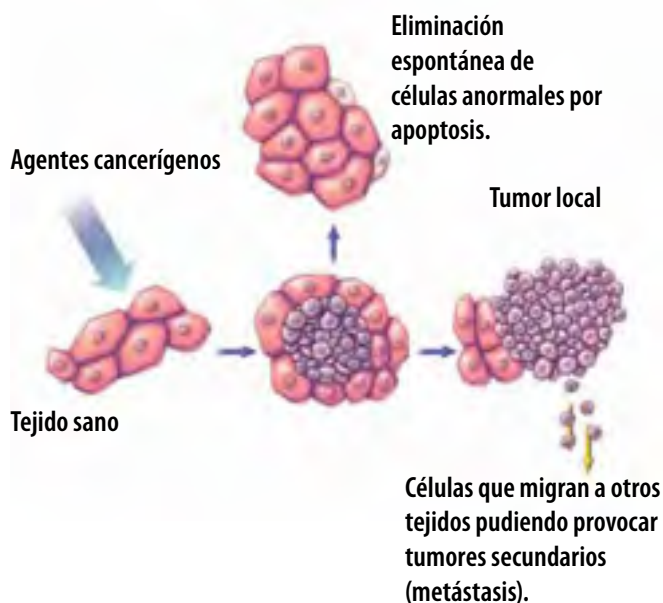
La mitosis es fundamental en los organismos multicelulares, pues permite la realización de otros procesos biológicos, como el desarrollo, el crecimiento y la reparación y renovación de los tejidos.

Lección 3

El ciclo celular está regulado en momentos específicos denominados puntos de control. Esta regulación impacta en un complejo formado por dos tipos de proteínas: quinasas dependientes de ciclinas y ciclinas. Este complejo regula la progresión del ciclo proliferativo.

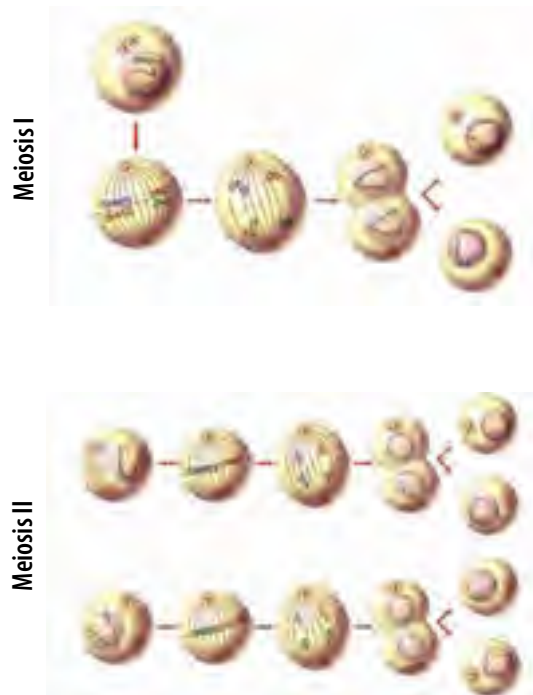


Cuando las células sufren alteraciones en el material genético (mutaciones) pueden provocar trastornos de diversos tipos. Si una de esas mutaciones altera el funcionamiento de los genes implicados en la regulación del ciclo celular, se puede desencadenar una proliferación celular rápida y descontrolada.



Lección 4

La meiosis es un tipo de división celular mediante el cual se originan células haploides. Consiste en dos divisiones consecutivas, antecedidas solo por una interfase, período en el que se duplica el ADN y la célula se alista para la división celular.



La meiosis origina **variabilidad genética** mediante los procesos de **entrecruzamiento** entre los cromosomas homólogos durante la profase I (**crossing over**) y de **permutación cromosómica** durante la metafase I. La variabilidad genética es una condición necesaria para la adaptación de los organismos a su ambiente.

La gametogénesis es el proceso mediante el cual las células diploides experimentan meiosis para producir gametos haploides altamente diferenciados y especializados. En los hombres, la producción de gametos ocurre en los testículos, en un proceso llamado **espermatoogénesis**. En las mujeres, la producción de ovocitos ocurre en los ovarios, en un proceso denominado **ovogénesis**.

EVALUACIÓN FINAL

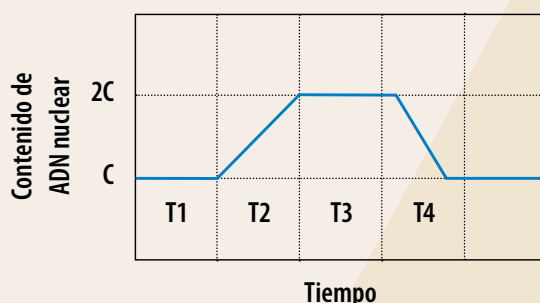
Lee las instrucciones y desarrolla las actividades planteadas. Puedes revisar tu texto para recordar y contestar correctamente cada ítem. Al finalizar, completa la sección *Me evalúo*.

Reconocer y comprender

1. Define los siguientes términos.

- a. Organismo haploide
- b. Organismo diploide
- c. Célula somática
- d. Célula germinal
- e. Mitosis
- f. Meiosis

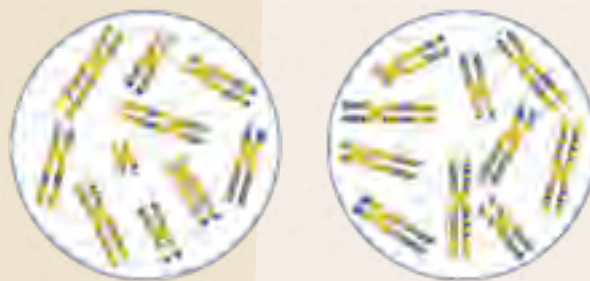
2. El siguiente gráfico representa la variación del contenido de ADN en el núcleo durante el ciclo celular de un organismo.



- a. ¿En cuál de las etapas marcadas en el gráfico tiene lugar la migración de los cromosomas hacia polos opuestos de la célula?
- b. ¿En qué etapa del gráfico se produce la duplicación de los cromosomas?
- c. ¿En qué momento del ciclo los cromosomas están constituidos por dos cromátidas totalmente formadas?
- d. ¿Qué momento del ciclo celular corresponde al período G_1 ?
- e. ¿Qué momento del ciclo celular corresponde al período S?
- f. ¿Qué momento del ciclo celular corresponde a G_2 ?
- g. ¿Cuál es la mejor fase del ciclo celular para estudiar el cariotipo de la célula?
- h. En el gráfico, ¿a qué intervalo de tiempo corresponde el período denominado interfase?

Responde en tu cuaderno las siguientes preguntas.

- 3. La droga Vinblastina es una droga quimioterapéutica usada en el tratamiento de pacientes con cáncer. Teniendo en cuenta que esa droga impide la formación de microtúbulos, ¿qué etapa y qué procesos específicos se verían afectados por la acción de esta droga?
- 4. Considerando que la especie humana tiene 23 pares de cromosomas homólogos en sus células somáticas, ¿cuántas cromátidas estarán presentes en cada núcleo en la profase y en la telofase de la mitosis, respectivamente?
- 5. ¿Qué diferencias a nivel estructural puedes notar al comparar una célula en metafase y una en G_0 ?
- 6. Nombra qué etapas de la meiosis favorecen la variabilidad genética.
- 7. Las figuras representan células en metafase mitótica de dos individuos de una especie de mamífero con $2n = 10$ cromosomas. Los individuos correspondientes a las figuras A y B son normales, uno de ellos es un macho y el otro una hembra. Cada cromosoma aparece con un número.



- a. Identifica los pares de cromosomas homólogos. Identifica los cromosomas sexuales (X e Y).
- b. ¿Dos cromosomas homólogos son idénticos? ¿Las dos cromátidas de un cromosoma son idénticas? Explica muy brevemente tus respuestas.

8. En la siguiente figura están ilustradas cinco fases del proceso de división mitótica en tejido animal. Considerando la normalidad del proceso, ¿cuál es la secuencia correcta en la que esas fases tienen lugar.



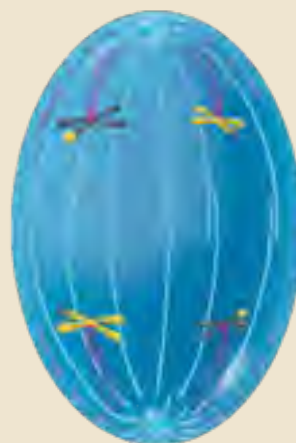
9. La siguiente figura representa el esquema de un corte longitudinal de la región de crecimiento (meristemo apical) de la raíz de una planta. Las células de esa región sufren mitosis sucesivas que garantizan el crecimiento continuo del órgano.



- ¿Qué células representadas en el esquema están en interfase? Menciona una característica propia de esta fase del ciclo celular.
- Describe el proceso en el que se encuentran los cromosomas de la célula identificada en el esquema con el número 7. Identifica el nombre de la fase de la división celular en la que se encuentra.

- Identifica en la figura el lugar en el que se está produciendo la citocinesis. Explica la característica principal de esa fase.

10. La figura representa la anafase de una célula diploide animal.



La célula representada en el esquema, ¿se encuentra en mitosis o en meiosis? Justifica tu respuesta, considerando el número diploide de cromosomas de una célula somática de ese animal.

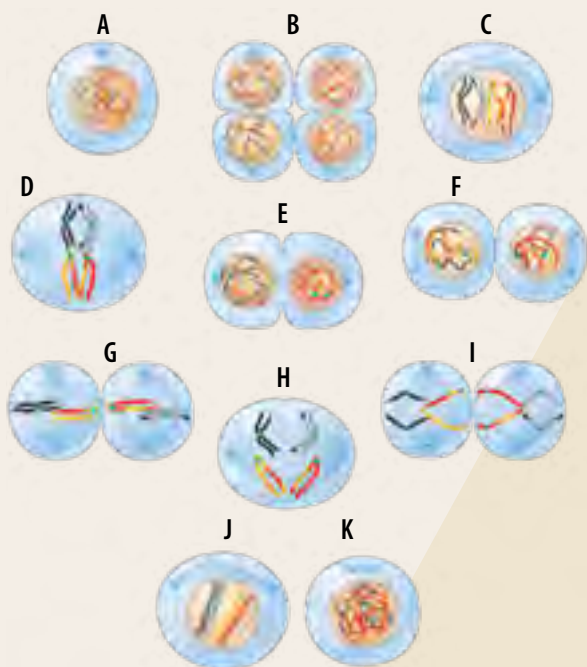
11. Observa atentamente los siguientes esquemas y luego responde las preguntas.



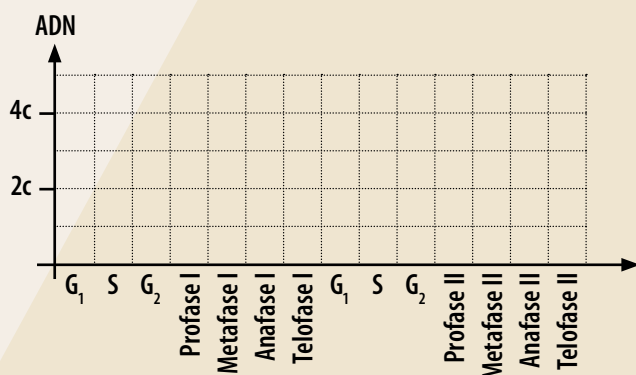
- Señala cuatro diferencias entre ambos procesos.
- Explica brevemente la importancia biológica de la meiosis.

EVALUACIÓN FINAL

12. Las figuras (A-K) representan diferentes etapas de la meiosis masculina en una planta con $2n = 4$ cromosomas.



- Establece el orden correcto en que se suceden.
 - Indica la diferencia más importante entre la anafase de la primera división meiótica y la anafase de la segunda división meiótica.
13. Elabora un gráfico que represente la variación de la cantidad de ADN durante la meiosis. Escribe el número de cromosomas que tiene una célula en cada etapa.



14. La colchicina es una sustancia de origen vegetal, ampliamente utilizada en preparaciones citológicas para interrumpir las divisiones celulares. Su actuación consiste en impedir la organización de los microtúbulos.

- ¿Qué fase de la división celular es interrumpida por la colchicina? Fundamenta tu respuesta.
- Si en lugar de colchicina fuese aplicado un inhibidor de síntesis de ADN, ¿en qué fase tendría lugar la interrupción? Explica.

15. Analiza la siguiente tabla y luego responde las preguntas.

Fase de meiosis	Cantidad de ADN	Nº de cromosomas
Profase I	4C	2n
Anafase I	4C	2n
Telofase I	2C	n
Profase II	2C	n
Telofase II	C	n

- ¿Qué significa que la célula en profase I y anafase I posea $2n$ cromosomas y $4C$ ADN? Explica.
- ¿Por qué si en telofase I el número de cromosomas es n , la cantidad de ADN es $2C$? Fundamenta.
- ¿En cuál de las fases señaladas en la tabla, la célula o núcleo celular es completamente haploide? Explica.

Revisa el **Solucionario** y luego escribe tu puntaje en el cuadro.

Descriptor:	Pregunta	Puntaje	¿Qué debes hacer?
Reconocer y comprender la importancia de las estructuras que contienen información genética y su ubicación en la célula.	1a, 1b, 1c, 1d, 7	___ / 10	Si obtienes entre 0 y 5 puntos, realiza la Actividad 1 . Si obtienes entre 6 y 8 puntos, realiza la Actividad 2 . Si obtienes entre 9 y 10 puntos, realiza la Actividad 1.1 de la página 50.
Comprender la importancia de la división celular para organismos unicelulares y pluricelulares, y describir cómo varía la condensación del ADN durante el ciclo celular.	1e, 2, 4, 5, 8, 9,	___ / 20	Si obtienes entre 0 y 11 puntos, realiza la Actividad 3 . Si obtienes entre 12 y 17 puntos, realiza la Actividad 4 . Si obtienes entre 18 y 20 puntos, realiza la Actividad 1.2 de la página 50.
Reconocer la importancia de regular la mitosis y comprender que el cáncer se origina como producto de una división mitótica anormal.	3, 14a, 14b	___ / 9	Si obtienes entre 0 y 5 puntos, realiza la Actividad 5 . Si obtienes entre 6 y 7 puntos, realiza la Actividad 6 . Si obtienes entre 8 y 9 puntos, realiza la Actividad 1.3 de la página 51.
Describir las etapas de la meiosis y comprender la importancia de este proceso como fuente de variabilidad genética.	1f, 6, 10, 11, 12, 13, 15	___ / 19	Si obtienes entre 0 y 11 puntos, realiza la Actividad 7 . Si obtienes entre 12 y 16 puntos, realiza la Actividad 8 . Si obtienes entre 17 y 19 puntos, realiza la Actividad 1.4 de la página 51.

---• Actividades

- Actividad 1.** Escribe, al menos, una característica de cada nivel de organización del ADN.
- Actividad 2.** Explica la función de la información genética en la célula y cuáles son las estructuras que la contienen.
- Actividad 3.** Explica cuál es la importancia de la mitosis para organismos unicelulares y pluricelulares. Luego describe las etapas que conforman dicho proceso.
- Actividad 4.** Explica qué significa la dotación diploide de una célula.
- Actividad 5.** Asocia las etapas de la mitosis con la cantidad de ADN y número de cromosomas durante dicho proceso.
- Actividad 6.** Busca ejemplos para clarificar la función de la mitosis en organismos pluricelulares y la importancia de su regulación. Luego investiga acerca de la apoptosis y el rol que tiene el gen p53 en este proceso.
- Actividad 7.** Elabora un cuadro comparativo entre la mitosis y la meiosis, considerando los siguientes criterios: etapas, ploidía de las células resultantes, número de células resultantes y función.
- Actividad 8.** Explica cómo es posible que los cromosomas intercambien segmentos y se ordenen en pares homólogos durante la meiosis. Luego haz un listado de causas y consecuencias del crossing-over y de la asociación independiente.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Actividad 1.1

Ingresa a <http://www.biologia.arizona.edu/human/act/karyotyping/karyotyping2.html> y completa los cariotipos de los pacientes **A**, **B** y **C** que allí aparecen. Una vez que termines, analiza cada cariotipo y haz un diagnóstico para cada paciente. Para interpretar un cariotipo, los técnicos de los laboratorios compilan los cariotipos y después usan una notación específica para caracterizar su cariotipo. Esta notación incluye el número total de cromosomas, los cromosomas sexuales y algunos cromosomas extras o perdidos. Por ejemplo, 47, XY, +18 indica que el paciente tiene 47 cromosomas, es masculino y tiene un cromosoma 18 extra. 46, XX es una mujer con un número normal de cromosomas. 47, XXY es un paciente con un cromosoma de sexo extra.

- ¿Qué notación usarías para caracterizar el cariotipo de los pacientes **A**, **B** y **C**?
- Explica** qué diagnóstico harías de cada uno. Guíate por la siguiente tabla para emitir un diagnóstico más preciso.

Diagnóstico	Anormalidad de los cromosomas
Paciente normal	46, XY o 46, XX
Paciente con síndrome de Klinefelter	Posee un cromosoma sexual extra
Paciente con síndrome de Down	Posee un cromosoma 21 extra
Paciente con síndrome de trisomía 13	Posee un cromosoma 13 extra

- Investiga en diversas fuentes acerca del síndrome de Klinefelter, el síndrome de Down y el síndrome de trisomía 13 y escribe en tu cuaderno las principales características de estos trastornos cromosómicos.

Actividad 1.2

Las neuronas del sistema nervioso central del ser humano adulto, al igual que las células del músculo cardíaco, permanecen en la etapa G_0 de la interfase. En cambio, las células que recubren el interior del intestino delgado se dividen frecuentemente.

- Analiza** esta diferencia en términos de por qué son tan peligrosos los daños que sufren las células del sistema nervioso y del músculo cardíaco (como los causados por un accidente cerebrovascular o un ataque cardíaco).
- Investiga e infiere** qué podría ocurrirle a tejidos como los de la pared intestinal si algún trastorno o fármaco bloqueara la mitosis en todas las células del organismo.

Actividad 1.3

En el sitio web <http://www.cancer.gov/espanol/tipos> encontrarás información acerca de los tipos de cáncer más comunes en la población general y en la población hispana en los Estados Unidos. En este sitio también se incluyen listas separadas de los tipos comunes de cáncer en mujeres y niños, así como listas de todos los tipos de cáncer en orden alfabético o en categorías según su ubicación en el cuerpo.

- a. Elabora una presentación con un editor de diapositivas, en la cual expliques cómo se produce un cáncer y donde muestres diversos ejemplos de cáncer y sus tratamientos.
- b. Con la ayuda de tu profesor, busca imágenes de algunos tipos de cáncer que puedas incluir en tu presentación y exponla a tu curso en no más de 7 minutos.
- c. De acuerdo a la información proporcionada en la página web, elabora una lista de los tipos de cáncer que producen mayor cantidad de muertes al año.

Actividad 1.4

Reúnete con un compañero que no haya alcanzado el nivel Logrado en la evaluación final, y juntos, elaboren una maqueta de la meiosis utilizando los siguientes materiales:

- plastilina de colores
- lápiz para rotular
- medio pliego de cartón piedra
- tijeras
- pegamento
- un pliego de cartulina

Procedimiento

1. Recorten la cartulina en la forma que adquieren las células en cada una de las etapas de la meiosis.
2. Péguenlas en el cartón piedra y rotulen la etapa que corresponda.
3. Utilicen la plastilina para modelar el comportamiento de los cromosomas y escriban el número de cromosomas y la cantidad de ADN en cada etapa de la meiosis.
4. Rotulen los procesos de apareamiento de los cromosomas, entrecruzamiento o crossing over y permutación cromosómica.
5. Redacten un cuadro resumen con los principales eventos que ocurren en cada etapa de la meiosis y péguenlo en la parte inferior de cada célula.
6. Finalmente, escriban una síntesis de la importancia que tiene este tipo de división celular para la variedad de los seres vivos y péguenla en la maqueta.

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

En 20 % se reducen las muertes por cáncer en Estados Unidos

Las razones son mejores tratamientos, una detección más temprana y el descenso de la cifra de fumadores, señala un estudio reciente.

¿Y qué pasa en Chile?

Para la doctora Catterina Ferreccio, especialista del Departamento de Salud Pública de la Facultad de Medicina UC, "este informe muestra que en Estados Unidos hay un buen acceso al diagnóstico temprano y tratamiento oportuno. En Chile, aún nos falta mucho para lograr ese nivel de descenso en estas cifras".

En nuestro país, en los últimos años, algunas tasas de mortalidad por cáncer han disminuido, mientras que otras han aumentado. "Nuestra realidad es distinta a la de Estados Unidos. Nosotros vivimos un proceso de envejecimiento acelerado, mientras que el de ellos ya se ha estabilizado.

Los cánceres que más matan en Chile están asociados a condiciones sanitarias y hábitos de vida poco saludables. Por ejemplo, el cáncer de estómago está fuertemente asociado a la infección por *Helicobacter pylori*, una bacteria que está en el estómago del 70 % o más de nuestra población. En Estados Unidos, esa infección afecta a menos del 20 % de la población.

Otros cánceres como el de mama y el de próstata están asociados a obesidad, mientras que el de pulmón tiene una directa relación con el hábito de fumar, y los chilenos estamos entre los más fumadores del mundo.

"De hecho, se sabe que el hábito de fumar, por sí solo, es el factor de riesgo más importante de cáncer. En Chile, los jóvenes y las mujeres fumadores siguen aumentando, lo que nos hace suponer que seguiremos teniendo tasas ascendentes de la enfermedad", precisa la doctora Ferreccio.

Recuperado de: <http://www.edicionesespeciales.elmercurio.com/destacadas/detalle/index.asp?idnoticia=201303211234402&idcuerpo=795>

Células inmortales

En 1951, la señora Henrietta Lacks fue diagnosticada de un tumor en el cuello del útero. Para obtener un diagnóstico concluyente, los médicos le realizaron una biopsia y enviaron las muestras para su análisis. El doctor George Otto Gey, quien en ese momento intentaba hallar una cura para el cáncer, también recibió una pequeña muestra. Sus trabajos se centraban en la posibilidad de hacer crecer células humanas en el laboratorio. Hasta ese momento se había visto que una célula humana normal, en un medio de cultivo adecuado, se dividía unas cincuenta veces y posteriormente moría.

Cuando Gey analizó la muestra celular de la señora Lacks, quedó sorprendido al observar que sus células crecían y se dividían continuamente en el interior de una probeta. Descubrió así una línea celular inmortal. Henrietta falleció en octubre del año 1951, después de luchar todo lo posible contra la enfermedad. Ese mismo día, el doctor Gey, sin permiso de Henrietta ni de su familia, mostró a los medios de comunicación su maravilloso avance en la investigación sobre el cáncer, llamando por primera vez a esas células HeLa.

Desde entonces, las células HeLa han continuado dividiéndose y se han estudiado en laboratorios de todo el mundo. Gracias a ellas se han llevado a cabo miles de investigaciones y se han conseguido grandes adelantos científicos en la lucha contra el cáncer.

Ciudad de México crea su primer banco de células madre con fines terapéuticos

En un comienzo, la fuente de las células será el cordón umbilical, tecnología que está prohibida en varios países del mundo.

El gobierno de Ciudad de México trabaja en la creación de su primer banco de células para aplicaciones terapéuticas, donde la fuente inicial serán cordones umbilicales, un proceso prohibido en varios países, según informó la Secretaría de Salud capitalina.

"Se busca impulsar diversas estrategias en torno a la medicina regenerativa y a partir de células madre, con el propósito de ofrecer una posibilidad de vida a pacientes con enfermedades de huesos, músculos, piel y tejido cardíaco, así como padecimientos crónico-degenerativos como la diabetes", indicó la dependencia de Ciudad de México, donde nacen más de 70 000 bebés anualmente.

El uso de células madre, incluso para investigación, ha causado divisiones en varios países. En Estados Unidos, por ejemplo, en enero pasado la Suprema Corte de Justicia decidió no inmiscuirse en un debate surgido en el país sobre el financiamiento de programas de investigación.

El Congreso mexicano reformó a principios de año algunos artículos de la Ley General de Salud para obligar a los establecimientos que trabajen con células madre capaces de evolucionar y desarrollar la función de cualquier otro tipo de célula del cuerpo a tramitar un permiso oficial para hacerlo.

Otra de las reformas de la ley consiste en que todos los hospitales y centros de atención obstétrica solicitarán a las mujeres embarazadas que donen de forma voluntaria y confidencial la sangre de la placenta con el fin de obtener las células madre para usos terapéuticos e investigación.

El uso de células madre ha sido rechazado por sectores conservadores de otros países, que consideran que el embrión, de donde también se puede extraer, es una vida humana. Las células madre o troncales también pueden ser obtenidas de la médula ósea y del cordón umbilical.

Recuperado de: <http://www.emol.com/noticias/tecnologia/2013/03/21/589557/ciudad-de-mexico-crea-su-primer-banco-de-celulas-madre-con-fines-terapeuticos.html>

REFLEXIONA Y OPINA

- ¿Por qué se dice que las células tumorales de Henrietta Lacks son inmortales?
- ¿Cuál crees que es el mayor aporte de este tipo de célula?
- ¿De qué manera se podrían reducir las muertes por cáncer en Chile?
- ¿Estás de acuerdo con que algunos países utilicen embriones para extraer células madre con fines terapéuticos?

Genética y herencia

Me preparo para la unidad

Los seres humanos siempre hemos tenido curiosidad sobre cómo se heredan las características de una generación a otra. Los comentarios y preguntas son interminables cuando las personas piensan en la herencia. Por ejemplo: “tienes los ojos del mismo color que tu madre”, “¿crees que seré calvo como mi padre?” o “¿cómo pueden dos padres aparentemente normales tener un hijo con hemofilia? Antes de comenzar esta unidad, analiza en tu familia qué características crees que heredaste de tus padres y luego responde la siguiente pregunta: ¿Crees que es posible heredar características de tus abuelos que no estén presentes en tus padres?

Objetivos de la unidad

Lección 1: Herencia de caracteres

- Explicar cómo los seres vivos transmiten genéticamente las características a sus descendientes.

Lección 2: Monohibridismo: herencia de un carácter

- Resolver problemas de genética relacionados con la herencia de un solo carácter, aplicando la primera ley de Mendel.

Lección 3: Dihibridismo: herencia de dos caracteres

- Resolver problemas de genética relacionados con la herencia de dos caracteres, aplicando la segunda ley de Mendel.

Lección 4: Teoría cromosómica de la herencia

- Explicar los mecanismos de herencia que presentan variaciones a las leyes de Mendel.

Lección 5: Herencia en la especie humana

- Explicar la presencia de un carácter hereditario en un individuo del cual se conoce su ascendencia e investigarás la transmisión de enfermedades hereditarias en árboles genealógicos.



Para comenzar

Observa atentamente las características de las catas y responde en tu cuaderno las siguientes preguntas.

1. ¿Por qué crees que existe tanta variedad en la coloración de estas aves?
2. ¿Cómo se podría relacionar la variedad observada en las aves de la imagen con la variedad de personas que conoces?
3. Si se cruza un macho de color amarillo con una hembra de color azul, ¿crees que sería posible predecir el color de la descendencia?, ¿por qué?

LECCIÓN 1: *Herencias de caracteres*

• **Debes recordar:** información genética, genotipo y fenotipo.

Trabaja con lo que sabes

Elabora una lista con tus principales características físicas, tales como tu altura, color de piel, tipo de pelo (liso o rizado), color de ojos, color de pelo y número de huesos, entre otras. Luego numera aquellas características que has adquirido con el tiempo, como ser buen jugador de fútbol, buen bailarín o buena persona.

- De las características que nombraste, ¿cuales crees que se transmiten de padres a hijos?
- ¿Qué significado tiene para ti la palabra herencia?
- ¿Por qué nos parecemos a nuestros padres o familiares?
- ¿Qué mecanismos hacen esto posible?

Propósito de la lección

En esta lección explicarás cómo los seres vivos transmiten genéticamente sus características a sus descendientes.

• Herencia genética

¿Alguna vez te has preguntado por qué los hijos se parecen físicamente a los padres o a sus familiares más cercanos? Esto se debe a que la información de ciertas características (información genética) se transmite de padres a hijos. Este proceso se denomina herencia y lo que se transmite son los genes, que son fragmentos de ADN.

Existen diferencias entre individuos de una especie. Los descendientes pueden presentar características diferentes entre sí; por ejemplo, hay perros que difieren entre sí por el color de su pelaje, su tamaño y textura.

Si analizas a tus compañeros, encontrarás que existen individuos con características variadas: altos y bajos, robustos y delgados, morenos y rubios. Esta variedad en los caracteres dentro de una misma especie es conocida como **variabilidad genética**, originada en procesos de recombinación genética, mediante la meiosis o por mutación.

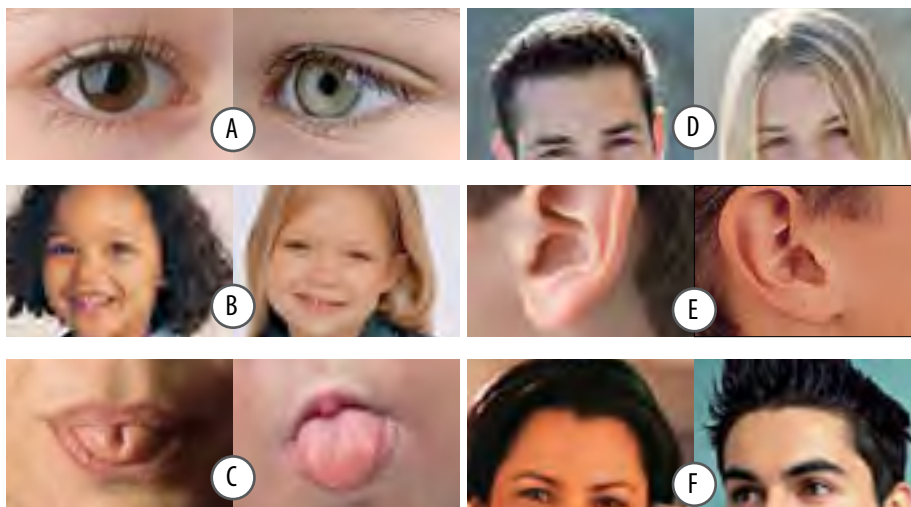


Caracteres heredados y adquiridos

La variabilidad genética en una población es muy importante, porque gracias a ella se generan múltiples opciones para un carácter o atributo.

Es importante destacar que no todas las características de un individuo son heredables. Algunos ejemplos de **caracteres heredables** son el color del pelo, la forma de la cara, estatura, color de piel y el grupo sanguíneo, entre otros.

Las características fenotípicas que no se transmiten a los descendientes son los llamados **caracteres adquiridos**. Estos pueden ser aprendidos o incorporados durante la vida. Algunos ejemplos de ellos son los tatuajes, el cabello teñido, un cambio físico accidental o la capacidad aeróbica para realizar un determinado deporte.

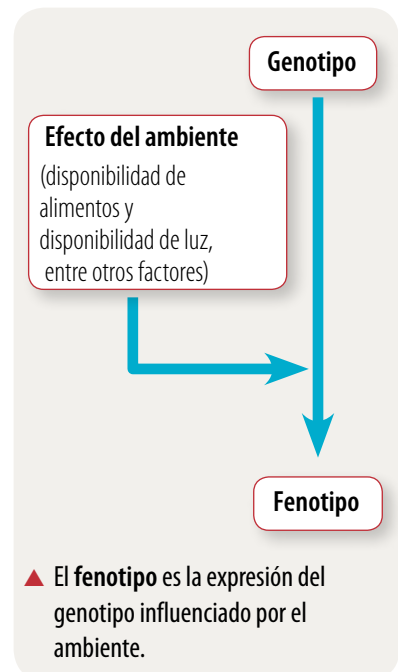


▲ Algunos ejemplos de caracteres heredables son el color de los ojos (A), la textura del pelo (B), la movilidad de la lengua (C), el color del pelo (D), la forma del lóbulo de la oreja (E) y la forma de la frente (F), entre otras.

¿QUÉ OPINAS?

La estatura es un carácter heredado, ya que los padres altos suelen tener hijos altos. Sin embargo, una mala alimentación podría hacer que un hijo de padres altos deje de crecer a temprana edad.

¿Qué caracteres heredables crees que pueden verse afectados por el ambiente?



Novedades científicas

La acción de los genes está fuertemente influenciada por el ambiente, es decir, el fenotipo es el resultado de la interacción entre el genotipo y diversos factores ambientales. Para comprobarlo, muchos científicos estudian las diferencias físicas entre hermanos gemelos.

Los estudios han demostrado que los genes influyen en las características de cada ser humano; sin embargo, el entorno también las determina. A pesar de que nacen genéticamente iguales, con los años desarrollan diferencias físicas, personalidades distintas y están expuestos a distintas enfermedades.



--• El nacimiento de la genética



▲ Gregor Mendel es considerado el padre de la genética, ya que descubrió los principios básicos de las leyes de la herencia y, consiguientemente, la fundación de la genética como rama de la ciencia.

Es difícil determinar con exactitud cuándo se originó la ciencia que conocemos como genética. Hay acuerdo en que tuvo lugar en 1865 como resultado de los estudios hechos por **Gregor Johann Mendel**.

Este monje dedicó ocho años de su vida a experimentar en el jardín de la abadía de Brunn en Austria (hoy Brno, en la República Checa). Cruzaba plantas de arvejas y anotaba con detalle sus resultados, generación tras generación. En 1866 publicó sus conclusiones en la revista de la Sociedad de Historia Natural de Brunn. Mendel sostenía que cada individuo era portador de factores que determinaban las características y que se heredaban de padres a hijos. Lamentablemente, el trabajo de Mendel estuvo relegado en la biblioteca durante 35 años, sin que nadie advirtiera su importancia. Desanimado, abandonó la investigación y en 1884 murió sin saber que se convertiría en el padre de la genética. En 1900 publicaron trabajos científicos que tomaban en cuenta sus ideas y se redescubrió su trabajo, lo que modificó la manera de pensar y de investigar los problemas de la herencia.

El mendelismo se expandió por Europa y América hasta convertirse en un tema de discusión común. En 1906 se instaló el término **genética**, que designó a esta nueva ciencia. Aun cuando ha pasado más de un siglo, la genética es una ciencia joven y con un gran futuro por delante.

Los aciertos de Mendel

En 1866, Gregor Mendel explicó científicamente la forma en la que se heredan los caracteres. Para tal fin, eligió la planta de arveja (*Pisum sativum*), que resultó ser el material adecuado para realizar sus estudios, ya que reúne las siguientes características:















1. Es fácil de cultivar.
2. Existen muchas variedades que se identifican con facilidad por sus diferencias. Por ejemplo, flores púrpuras o blancas, o semillas amarillas o verdes.
3. Su ciclo de vida es corto, lo que permite obtener varias generaciones en poco tiempo.
4. Cuando se cruzan variedades diferentes, la descendencia que se obtiene es fértil.
5. Se pueden polinizar artificialmente con facilidad.

Mendel estudió la descendencia a lo largo de varias generaciones. De esta manera pudo observar la transmisión de los caracteres elegidos a lo largo del tiempo. Analizó los datos resultantes de los cruzamientos de manera **cuantitativa**, obteniendo proporciones numéricas fáciles de interpretar.

◀ Mendel cultivó y observó las plantas de arvejas que utilizó para sus experimentos. En cada experimento estudió tantos descendientes como le fue posible.



Tabla N° 1: Los siete caracteres de *Pisum sativum* estudiados por Mendel

Forma de la semilla	Color de la semilla	Color de la flor	Forma de la vaina	Color de la vaina	Posición de las flores	Longitud del tallo
						
Lisa	Amarillo	Púrpura	Hinchada	Amarillo	Axial	Largo
						
Rugosa	Verde	Blanco	Hendida	Verde	Terminal	Corto

Otro de los grandes méritos de Mendel fue haber considerado desde el inicio una única característica cada vez. Por ejemplo, al cruzar plantas de una raza productora de semillas amarillas con plantas de otra raza productora de semillas verdes, Mendel no tenía en cuenta otras características como altura de la planta, forma de la semilla o posición de las flores. Solo consideró la característica escogida.

Antes de comenzar un cruce, Mendel se aseguraba de que las plantas con las que trabajaba fueran **líneas puras**, es decir, que por autofecundación dieran origen a plantas iguales entre sí. Por ejemplo, una línea pura de una planta alta, cuando es autofecundada o cruzada con otra idéntica a ella, solo produce descendientes altos.

Mendel realizó cruces entre plantas puras para cada una de las siete características escogidas. Por ejemplo, plantas puras de una línea productora de semillas amarillas fueron cruzadas con plantas puras de otra línea productora de semillas verdes, plantas puras altas fueron cruzadas con plantas puras enanas, plantas puras con flores en la posición terminal fueron cruzadas con plantas puras con flores en la posición axial, y así sucesivamente.

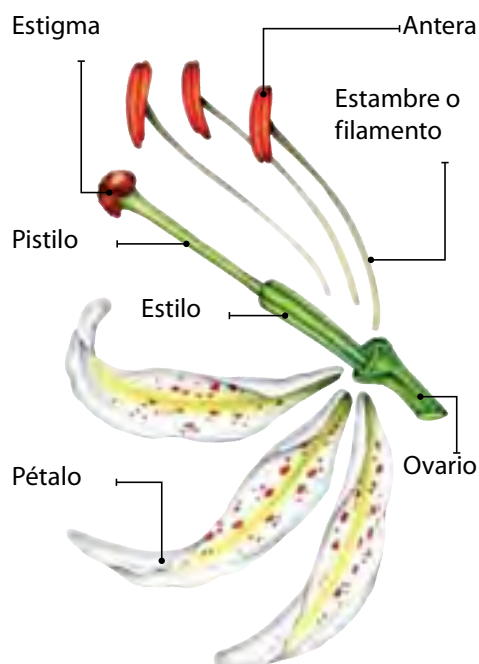
Conexión con...
química

En la planta de arveja, las semillas lisas poseen una enzima que ayuda a convertir el azúcar producido en la fotosíntesis en almidón.

Las semillas rugosas tienen una forma defectuosa de esta enzima, de modo que el azúcar se acumula en la semilla, porque no se convierte en almidón.

Por esta razón, las semillas rugosas tienen un sabor más dulce que las semillas lisas.

--- Tipos de cruzamiento



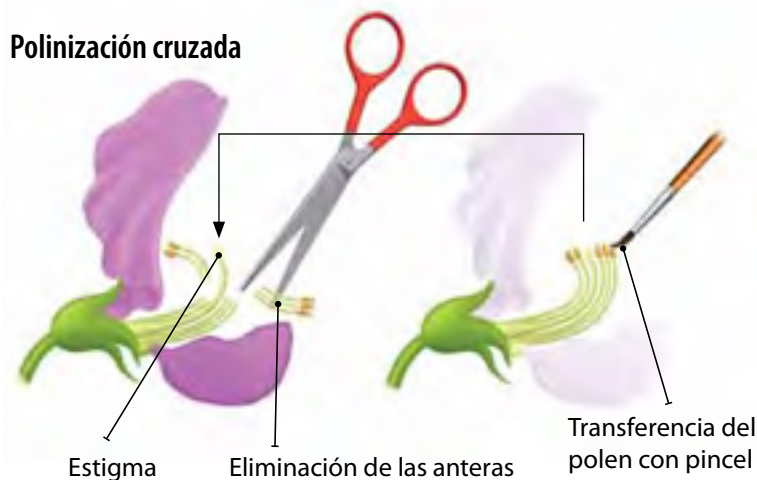
▲ Partes de una flor.

La herencia puede ser estudiada usando diferentes estrategias y organismos, pero el material y el método elegidos por Mendel presentaron una serie de ventajas que facilitaron el éxito de su investigación.

Por ejemplo: la reproducción de las plantas puede ser manipulada de manera simple. A través de un sencillo procedimiento, Mendel podía controlar el cruzamiento entre los organismos: cubría los órganos sexuales femeninos de las plantas, evitando la polinización. Luego tomaba el polen de otra planta, escogida por él, y polinizaba con este polen la flor.

A continuación se ilustran los dos tipos de cruzamiento: la **polinización cruzada**, que consiste en transferir el polen de una planta al estigma de otra planta; y la **autopolinización**, en el que el polen se transfiere desde las anteras al estigma de la misma planta.

Polinización cruzada



Autopolinización



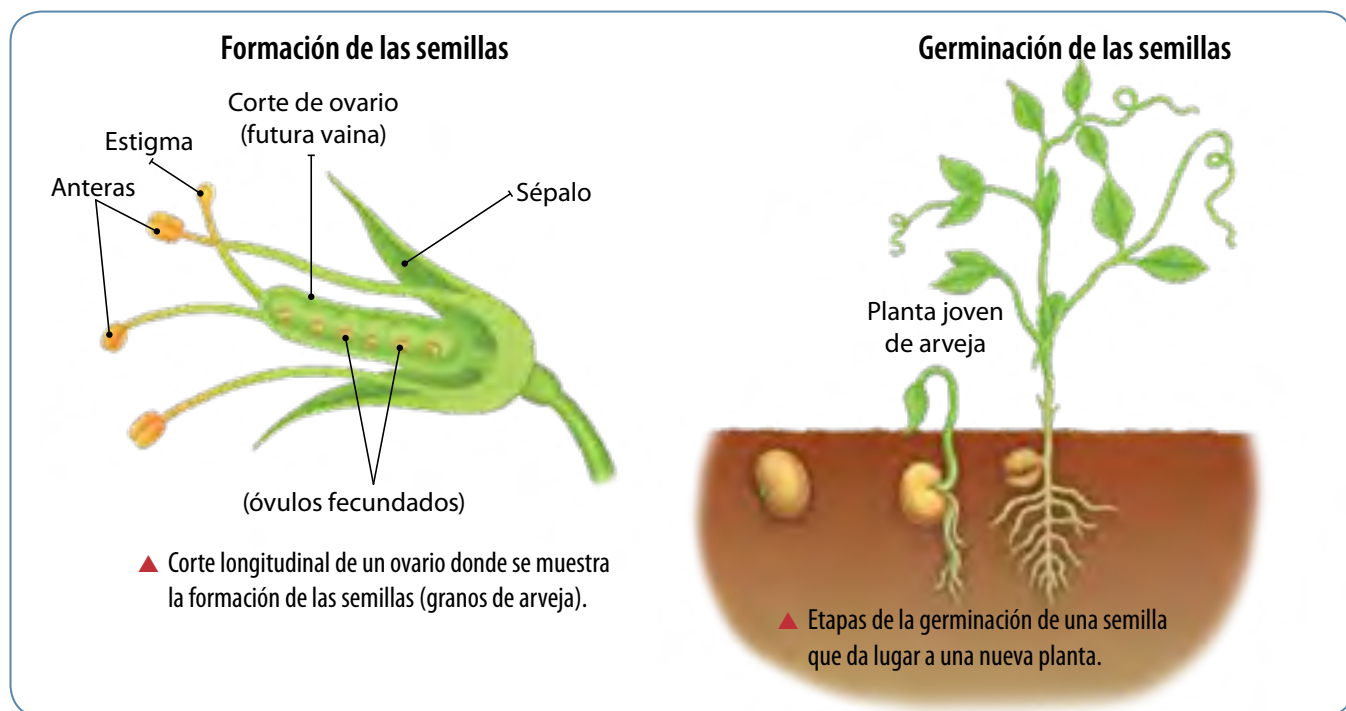
• Actividad 1 Síntesis

Lee y responde en tu cuaderno las siguientes preguntas.

1. **Explica** qué tienen en común la polinización cruzada y la autopolinización, y en qué se diferencian.
2. **Explica** qué ventajas tiene cada tipo de cruzamientos.
3. **Elabora** una tabla comparativa entre ambos métodos de cruzamiento.

Etapas de la germinación de una semilla

En ambos tipos de cruzamiento, la planta producirá semillas, que luego de sembrarlas germinarán y producirán una nueva planta de arveja, como se muestra en la siguiente imagen.



Al finalizar la lección...

Responde en tu cuaderno las siguientes preguntas. Si tienes dudas, puedes volver a revisar los contenidos vistos en la lección.

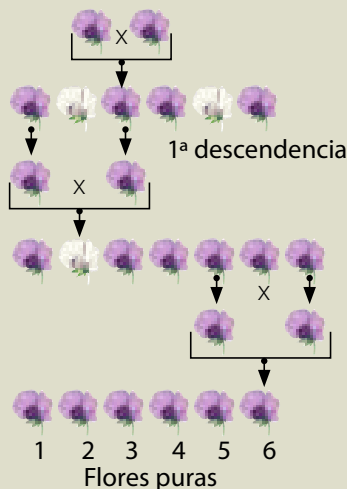
1. Escribe en tu cuaderno tres características humanas que sean heredables y tres que no lo sean. ¿En qué radica la diferencia?
2. Sugiere un procedimiento para obtener una línea pura productora de semillas amarillas.
3. ¿Por qué se dice que la planta de arveja elegida por Mendel resultó ser el material adecuado para sus estudios genéticos?
4. ¿Qué variables controló Mendel en sus experimentos?
5. Considerando las cualidades que debe tener un organismo para ser empleado en estudios de genética, ¿qué inconvenientes ofrecería el empleo de mamíferos de gran tamaño para realizar este tipo de investigaciones? Fundamenta.
6. Frente a un mismo problema de investigación, un estudiante de genética realizó un análisis estadístico de sus resultados a partir de una muestra de cuatro individuos; en tanto, otro estudiante analizó una muestra de 623 individuos. Si ambos llegaron a conclusiones disímiles, ¿qué resultados son más confiables?, ¿por qué?

• **Debes recordar:** tipos de cruzamientos, líneas puras, autofecundación y polinización cruzada.

Trabaja con lo que sabes

Observa atentamente la siguiente ilustración y, luego, responde en tu cuaderno las preguntas.

- ¿Qué es una línea pura para un carácter?
- Si las plantas 1 y 2 son líneas puras, ¿de qué color serán las flores de la descendencia que resulte de cruzarlas?
- ¿Qué harías para obtener una línea pura de plantas de flores blancas?

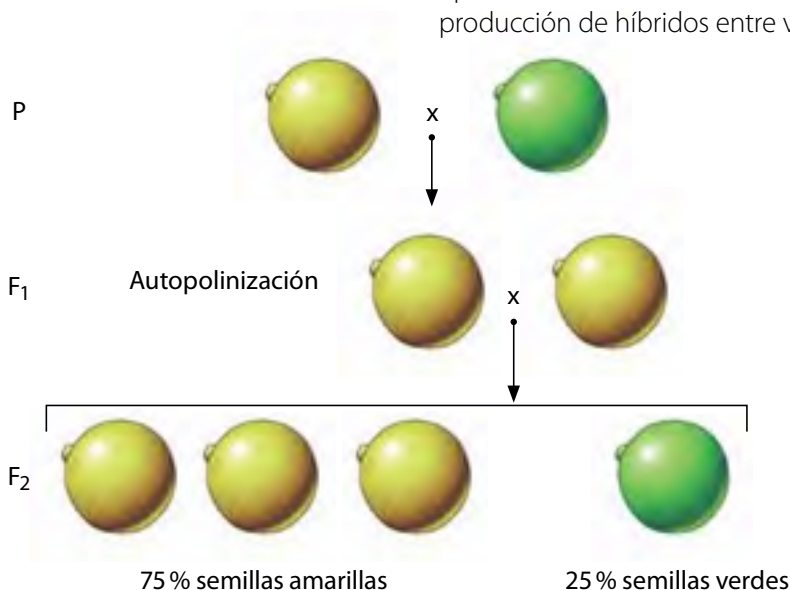


Propósito de la lección

En esta lección aprenderás a resolver problemas de genética relacionados con la herencia de un solo carácter.

Cruzamientos monohíbridos

Una vez seleccionados los caracteres sobre los que fijaría su atención, Mendel se dispuso a analizar cómo se transmitían a la descendencia. Como se mencionó antes, optó por estudiar la herencia utilizando un rasgo a la vez, es decir, realizó cruzamientos entre plantas que diferían en una característica. Luego analizó los descendientes que eran **híbridos** para dicho carácter. Es por esta razón que este tipo de cruzamientos se denomina **monohibridismo**, pues hace referencia a la producción de híbridos entre variedades que difieren en un solo carácter.

















La generación integrada por las variedades puras se denomina **generación parental** o de forma abreviada, **generación P**.

La descendencia inmediata de estos cruces se llama **primera generación híbrida** o **generación F1**.

La descendencia resultante de la autofecundación de la primera generación híbrida (F1) se denomina **segunda generación híbrida** o **generación F2**.

La siguiente tabla resume los resultados obtenidos por Mendel en los cruzamientos monohíbridos con la planta de arveja (*Pisum sativum*).

Fenotipo parental	F ₁	F ₂	Proporción F ₂
 ×  Semilla lisa x rugosa	Todas lisas	5 474 lisas; 1 850 rugosas	2,96 : 1
 ×  Semilla amarilla x verde	Todas amarillas	6 022 amarillas; 2 001 rugosas	3,01 : 1
 ×  Flor púrpura x blanca	Todas púrpuras	705 púrpuras; 224 blancas	3,15 : 1
 ×  Vaina hinchada x hendida	Todas hinchadas	882 hinchadas; 299 hendidas	2,95 : 1
 ×  Vainas verdes x amarillas	Todas verdes	428 verdes; 152 amarillas	2,82 : 1
 ×  Flores axiales x terminales	Todas axiales	651 axiales; 207 terminales	3,14 : 1
 ×  Tallo largo x corto	Todos largos	787 largos; 277 cortos	2,84 : 1

Actividad 2 Análisis

Responde en tu cuaderno las siguientes preguntas.

- Reconoce** cuántos fenotipos se presentan en la tabla.
- Analiza** los resultados de la primera generación de cada cruzamiento y **explica** a qué se debe esto.
- Explica** qué sucede con la proporción de los fenotipos en la segunda generación.
- ¿Hay regularidad en los resultados de los cruzamientos?, ¿por qué?
- Elabora** una conclusión con los resultados de la tabla.
- Si las plantas de arvejas que Mendel obtuvo en la F₂ hubieran producido 160 descendientes, ¿cuántas de estas plantas producirían semillas amarillas y cuántas producirían semillas verdes?

--• Rasgos dominantes y recesivos








Mendel observó que los individuos híbridos de la generación F_1 eran siempre iguales a uno de los padres. Por ejemplo, los híbridos del cruce entre plantas puras altas con plantas puras enanas eran siempre altos e indistinguibles de la planta alta parental.

El rasgo o carácter de estatura baja aparentemente desaparecía en la generación F_1 . Por otra parte, la autofecundación de plantas híbridas producía una descendencia constituida por plantas altas y por plantas enanas.

Estos resultados hicieron que Mendel llegase a la conclusión de que en las plantas híbridas (generación F_1) el rasgo de uno de los padres no desaparecía, sino que se quedaba en estado recesivo, es decir, reaparecía de nuevo en la generación F_2 , por lo que se puede inferir, que cada individuo tiene dos juegos de información para el mismo carácter. Además, al contar el número de plantas, de acuerdo a sus características, descubrió que siempre había tres veces más plantas con uno de los rasgos (3:1).

Mendel denominó **dominante** al rasgo que se manifestaba en las plantas híbridas de la primera generación y **recesivo** al rasgo que quedaba escondido. En el caso de la estatura de las plantas, por ejemplo, el rasgo estatura alta es dominante y estatura baja recesivo.

Tabla N° 3: Rasgos dominantes de las siete características estudiadas por Mendel

Forma de la semilla	Color de la semilla	Color de la flor	Forma de la vaina	Color de la vaina	Posición de las flores	Longitud del tallo
						
Lisa	Amarillo	Púrpura	Hinchada	Amarillo	Axial	Largo

• Actividad 3 Experimental

Realiza la siguiente actividad y responde en tu cuaderno las preguntas planteadas.

Toma una moneda y lánzala. Realiza un mínimo de 30 lanzamientos y usa una tabla como la que aparece a continuación para registrar tus resultados. Considera que las caras representan un rasgo dominante de la planta de arveja, mientras que los sellos, a los rasgos recesivos.

1. ¿Qué resultado fue el más frecuente?, ¿y el menos frecuente?
2. ¿Qué relación tienen tus resultados con los obtenidos por Mendel? Explica.
3. ¿Por qué es necesario realizar muchos lanzamientos?

Lanzamiento	Resultado
1	
2	
3	

--- Primera ley de Mendel: ley de la segregación

A partir de los resultados de los cruzamientos monohíbridos, Mendel infirió que **“los factores de la herencia se encuentran de a pares en las células y se segregan o separan durante la formación de los gametos”**. Este planteamiento se conoce como la primera ley de Mendel o **ley de la segregación**, basada en las siguientes observaciones:

1. Todos los individuos de la generación F_1 presentaban una característica igual a la de uno de los padres, a la que llamó **dominante**. El resultado anterior podría explicarse si en la F_1 cada individuo presenta un factor hereditario de cada padre. Como uno de ellos es dominante y el otro recesivo, siempre se expresará el dominante.
2. En la F_2 , alrededor del 75 % de los individuos surgían con fenotipo dominante y el 25 %, **recesivo**; equivalente a la razón 3:1. Como estos individuos provenían de padres que presentaban un factor dominante y uno recesivo, entonces originaban gametos de dos tipos, unos con el factor dominante y otros con el recesivo, en igual proporción.

Mendel llegó a la conclusión de que cada planta de arvejas tiene dos factores de herencia para cada carácter, procedente de cada progenitor. Propuso que durante la producción de gametos solo uno de estos factores formará parte de la célula sexual y que el cigoto resultante de la fecundación contendrá ambos factores de herencia debido a la fusión de dos gametos.

Actualmente se utiliza el término **gen** para referirse a los factores de la herencia descritos por Mendel. Además se les denomina **alelos** a las variantes de un gen, es decir, dominantes o recesivas. A las combinaciones alélicas se les reconoce como **genotipos**, que pueden ser de dos tipos: los homocigotos y los heterocigotos.

Los **homocigotos** expresan un mismo carácter; si son dominantes, se representan con dos letras mayúsculas, por ejemplo: **BB** (flor púrpura) y si son recesivos, con dos letras minúsculas: **bb** (flor blanca). Los **heterocigotos**, como en la F_1 , presentan en cada cromosoma un alelo distinto, es decir, que puede expresar características diferentes; se representa como **Bb**. La letra mayúscula indica la característica dominante, que será expresada en el fenotipo.

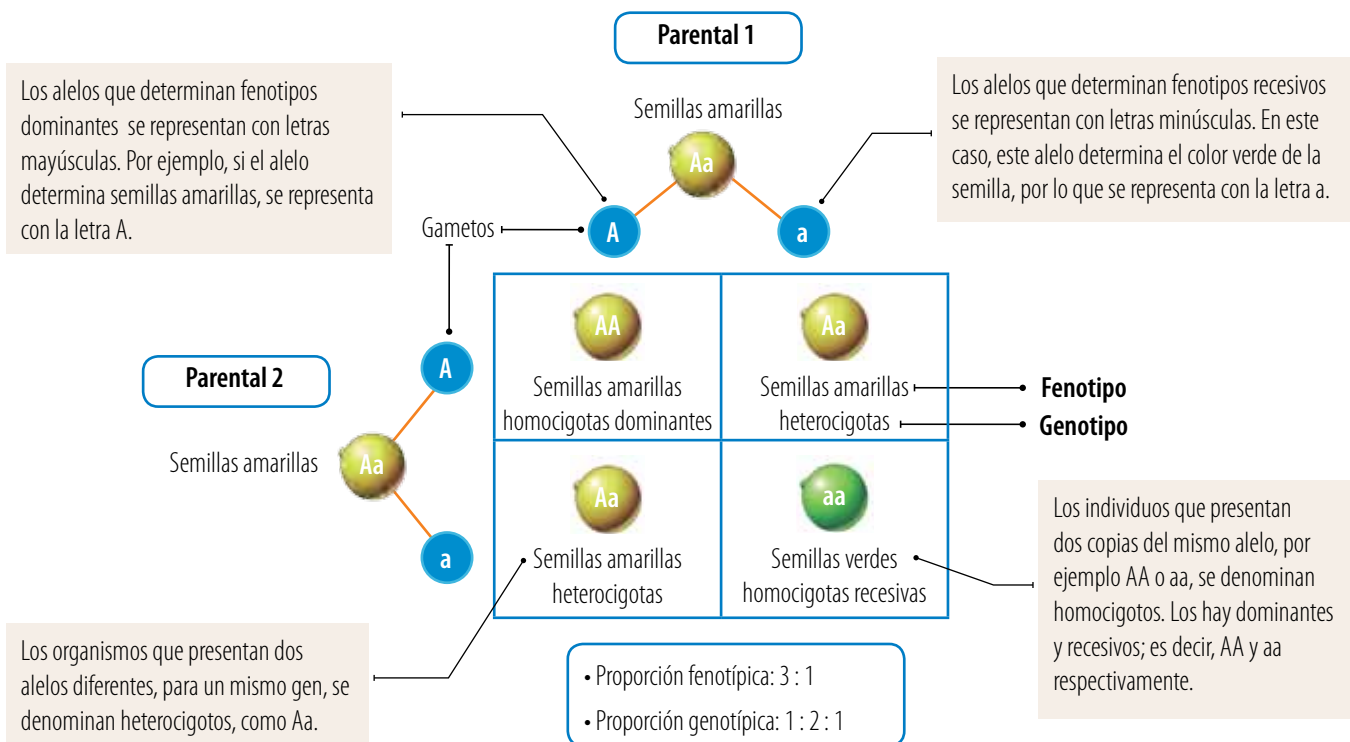


- Existen dos posibles genotipos para la planta de arveja de flor púrpura (BB o Bb), pero solo uno para la planta de flor blanca (bb). ¿Puede tener un gen B la flor blanca?, ¿Por qué?

--• Tablero de Punnett

El tablero de Punnett es un método simple para predecir las proporciones genotípicas y fenotípicas de la progenie en un cruzamiento genético. Fue desarrollado para facilitar la comprensión del fenómeno de segregación de los alelos y de los genotipos esperados en la descendencia.

Además, conociendo los genotipos es posible saber los fenotipos de cada individuo. Esta representación explica la segregación de alelos en la formación de gametos en padres heterocigotos y el resultado esperado para la descendencia, que puede representarse como proporción o porcentaje.



• Actividad 4 Aplicación

Lee y analiza los siguientes problemas. Utiliza un tablero de Punnett para resolverlos.

1. Se cruzan dos plantas F_1 , una homocigota para el color de flores púrpura (PP) y otra heterocigota para el mismo rasgo, en el que el color blanco de las flores es el rasgo recesivo. ¿Cuál es el genotipo de la planta heterocigota? Indica los fenotipos y genotipos de F_2 .
2. Si se cruzan dos plantas que difieren en un rasgo y se obtiene una descendencia de 203 individuos heterocigotos (híbridos) y 199 individuos homocigotos recesivos. ¿Cómo tendrían que ser los progenitores para que en la descendencia haya un tercio con el rasgo recesivo y dos tercios con el rasgo dominante?
3. Supongamos que en la especie humana el color de ojos oscuro domina sobre el color claro; una pareja de padres de ojos oscuros, ambos heterocigotos ya tienen 3 hijos de ojos oscuros. ¿Qué probabilidad existe que el cuarto hijo tenga ojos claros?

Cruzamiento de prueba o retrocruce

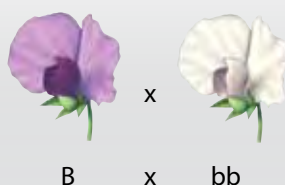
Una planta de fenotipo dominante, por ejemplo de flor púrpura o semillas amarillas, puede ser homocigoto dominante o heterocigoto, pero, ¿cómo lo hizo Mendel para distinguir a un individuo homocigoto dominante de uno heterocigoto si a simple vista son idénticos?

Mendel puso a prueba su hipótesis de que había dos posibles genotipos para una planta de fenotipo dominante. Para ello, se aplicó un **cruzamiento de prueba** o **retrocruce**, en el que el individuo en cuestión se cruza con otro individuo que se sabe que es homocigoto recesivo.

Por ejemplo, para el gen del color de la flor, el homocigoto recesivo empleado en el cruzamiento es **bb**. El individuo al que se está probando puede describirse inicialmente como **B_** dado que aún no se conoce la identidad del segundo de los alelos.

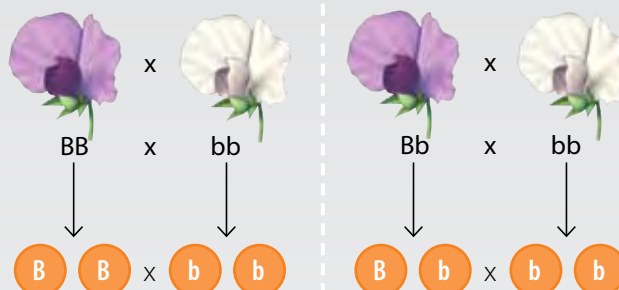
La siguiente imagen explica el cruzamiento de prueba que hizo Mendel.

Una planta de arvejas que produce flores de color púrpura tiene un genotipo desconocido, ya que puede ser homocigoto dominante (BB), o bien, heterocigoto (Bb).

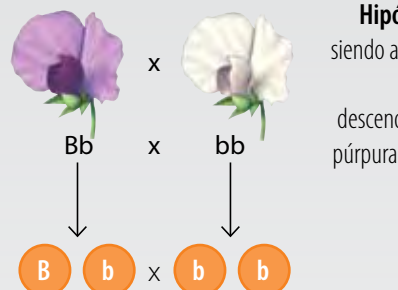


Una planta de arveja que tiene flor de color blanco tienen un genotipo homocigoto recesivo.

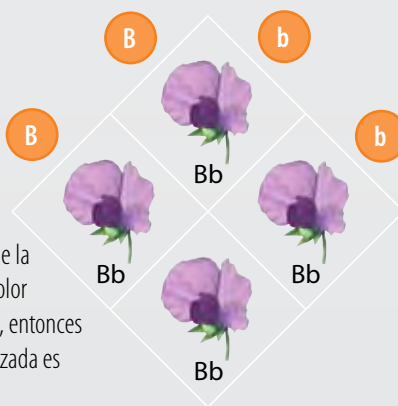
Hipótesis: Si la planta que está siendo analizada es **homocigota dominante**, entonces toda la descendencia mostrará el fenotipo dominante.



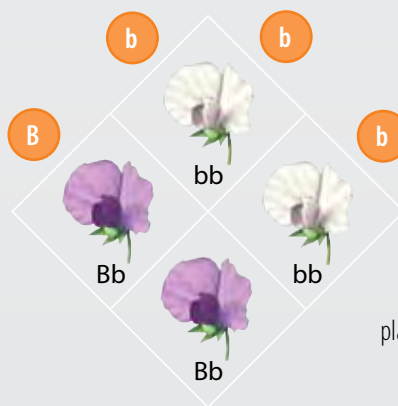
Hipótesis: Si la planta que está siendo analizada es **heterocigota**, entonces la mitad de la descendencia del cruzamiento será púrpura y la otra mitad será blanca.



Conclusión: como el 100% de la descendencia tiene flores de color púrpura (fenotipo dominante), entonces la planta que está siendo analizada es homocigota dominante.



Conclusión: como el 50% de la descendencia tiene un fenotipo dominante y la otra mitad tiene fenotipo recesivo, entonces la planta que está siendo analizada es heterocigota (Bb).



Conexión con... matemática

El cruzamiento de dos plantas heterocigotas ($Aa \times Aa$) se puede explicar desarrollando el siguiente cuadrado de binomio:

$$\begin{aligned}(A+a) \cdot (A+a) &= (A+a)^2 \\ &= A^2 + 2Aa + a^2 \\ &= AA + 2Aa + aa\end{aligned}$$

Este resultado corresponde a la **proporción genotípica 1 : 2 : 1**, es decir, un homocigoto dominante, dos heterocigotos y un homocigoto recesivo.

Además, se traduce **fenotípicamente** en la proporción **3 : 1**, es decir, por cada cuatro individuos de la F_2 , tres tienen el fenotipo dominante y uno tiene el fenotipo recesivo.

¿Cómo resolver problemas de monohibridismo?

Analiza el siguiente problema de monohibridismo resuelto.

1. Situación problema

Una planta F_1 de semilla amarilla es fecundada con el polen de otra planta F_1 también de semilla amarilla, obteniéndose una descendencia F_2 compuesta por 85 plantas de semilla amarilla y 30 verde.

- ¿A qué proporción fenotípica y genotípica corresponde este resultado?
- ¿Cuál debe ser el genotipo de la generación parental (P) y de la F_1 ?

2. Análisis y resolución

F_1 :

		Gametos masculinos	
		A	a
Gametos femeninos	A	Aa	Aa
	a	Aa	Aa

Sabemos que la F_2 se obtiene del cruce de la descendencia obtenida en F_1 . Como la proporción fenotípica obtenida en este caso es 3:1, podemos deducir que la F_1 tenía un fenotipo 100 % de plantas con semilla amarilla (rasgo dominante).

Fenotipo: 100 % semilla amarilla

Genotipo: 100 % heterocigoto (Aa)

Luego podemos representar el cruce de los individuos de la generación F_1 .

F_2 :

		Gametos masculinos	
		A	a
Gametos femeninos	A	AA	Aa
	a	Aa	aa

Como el color verde de la semilla no estuvo presente en la F_1 , pero reapareció en la F_2 , podemos suponer que los genotipos de la generación parental (P) eran homocigotos, uno dominante (AA) y otro recesivo (aa). A continuación se describe cómo habrían sido estos cruces.

Fenotipo:

75 % semilla amarilla
25 % semilla verde

Genotipo:

25 % homocigoto dominante (AA)
50 % heterocigoto (Aa)
25 % homocigoto recesivo (aa)

3. Resultados

- Proporción fenotípica de la $F_2 = 3 : 1$
Proporción genotípica de la $F_2 = 1 : 2 : 1$
- Genotipos de la generación parental: AA y aa ; genotipo de la F_1 : Aa

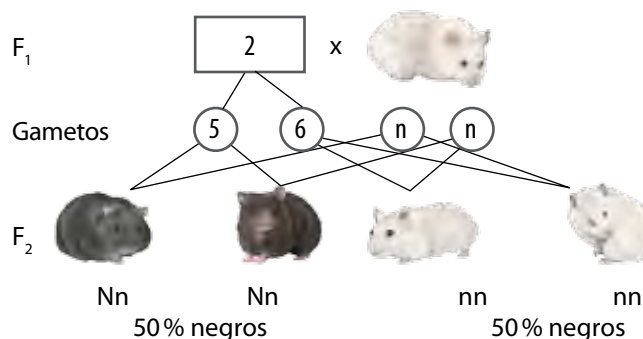
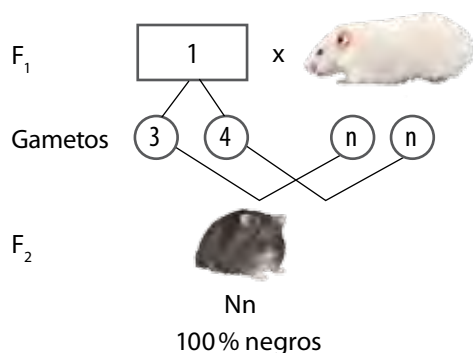
4. Practica lo que has aprendido resolviendo los siguientes problemas.

En cierta especie de plantas, el color azul de la flor (A) domina sobre el color blanco (a).

- ¿Cómo podrán ser los descendientes del cruce de plantas de flores azules con plantas de flores blancas, ambas homocigotas?
- ¿Cuál será el genotipo de los descendientes del cruce de dos plantas heterocigotas?

Resuelve en tu cuaderno los siguientes problemas.

- En algunas plantas, las flores pueden tener posición axial o terminal. La posición axial es una característica dominante (AA o Aa) sobre la posición terminal (aa).
 - Si se cruzan dos plantas heterocigotas, ¿cuáles serían las proporciones fenotípicas y genotípicas de la descendencia?
- Al cruzar dos moscas de color negro se obtiene una descendencia formada por 216 moscas de color negro y 72 moscas de color blanco. Representando por **N** el alelo que determina el color negro y por **n** el alelo que determina el color blanco, elabora un tablero de Punnett para explicar cuál será el genotipo de las moscas que se cruzan y de la descendencia obtenida.
- Al cruzar varios ratones del mismo genotipo se produce una descendencia de 29 ratones negros y 9 ratones blancos. ¿Cuál es el gen dominante en este caso?, ¿Qué puedes inferir acerca del genotipo de los progenitores?
- Un mamífero muy utilizado en experimentos de genética es el conejillo de Indias (cuy). Un investigador realizó dos cruzamientos entre un cuy negro y uno albino; en cada cruzamiento utilizó diferentes animales. En el primer cruzamiento, la progenie fue de 16 negros, y en el segundo obtuvo una progenie de 8 negros y 6 albinos.
 - ¿Cuál sería el gen dominante en este cruce?
 - ¿Cuáles son los genotipos probables de los progenitores en cada cruzamiento?
- Analiza el siguiente esquema y, luego, completa la tabla.



	Gametos	Genotipo	Fenotipo
Individuo 1	3		
	4		
Individuo 2	5		
	6		

- Los caballos frisones son generalmente de pelo negro. Un cruce entre un macho y una hembra de esta raza, produjo un potrillo de color rojizo.
 - Determina el gen dominante.
 - Determina el genotipo de los padres.
 - Demuestra con un cruzamiento.

-- Cruzamiento dihíbrido

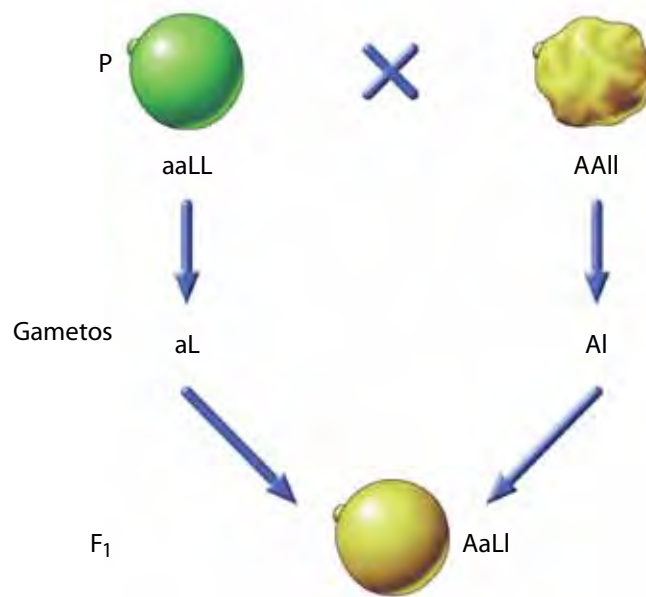
Como viste en la lección anterior, en los experimentos de monohibridismo, cada una de las características estudiadas por Mendel resultó estar controlada por un gen, cuyos alelos se separan en iguales proporciones al formarse los gametos. Pero para analizar la transmisión de dos caracteres al mismo tiempo, como el color y textura de las semillas de *Pisum sativum*, llevó a cabo otro procedimiento, denominado **dihibridismo**.

Para los experimentos de dihibridismo, Mendel aplicó el mismo diseño experimental que en los experimentos de monohibridismo: utilizó cepas puras y comparó la cantidad de individuos que presentaban fenotipos distintos a lo largo de varias generaciones. La diferencia, respecto del monohibridismo, es que ahora se concentró en la herencia de dos caracteres.

Al cruzar líneas puras que diferían en dos caracteres, Mendel obtuvo una descendencia (F_1) que presentó solo dos fenotipos dominantes. Por ejemplo, en uno de los cruzamientos dihíbridos, Mendel cruzó una variedad de arvejas cuyas semillas eran verdes y lisas con otra que presentaba semillas amarillas y rugosas. En este cruzamiento, las cepas difieren en dos características: color de la semilla y textura. Como hemos visto antes, el color amarillo domina sobre el verde, mientras que la textura lisa domina sobre la rugosa. Así, en la F_1 , el 100% de las plantas presentó semillas amarillas y lisas, es decir, fenotipos dominantes en ambas características.



▲ En el cruzamiento dihíbrido se cruzan individuos que difieren en dos caracteres. Esta transmisión es analizada a lo largo de las generaciones.



▲ En la F_1 se obtuvieron plantas de fenotipos dominantes solamente, es decir, semillas lisas y amarillas. ¿Qué fenotipos podrías encontrar en la F_2 ?

Luego, Mendel cruzó individuos F_1 , a los que denominó dihíbridos y, tal como ocurrió en los cruzamientos monohíbridos, en la F_2 aparecieron fenotipos recesivos que no se observaron en la generación anterior. A diferencia del monohibridismo, en donde hubo dos fenotipos en la F_2 , ahora fue posible encontrar cuatro, como se observa en la figura que resume el experimento.

¿Por qué se produce este patrón constante de proporciones fenotípicas? De los experimentos de monohibridismo, Mendel concluyó que los genes se encontraban de a pares, se segregaban en la formación de gametos y, posteriormente, se formaban nuevas parejas de genes al efectuarse la reproducción. Por lo tanto, cuando dos heterocigotos se cruzan, se originan tres genotipos posibles y dos fenotipos.

P: Aa x Aa
 F_1 : AA - Aa - Aa - aa
 Fenotipo dominante Fenotipo recesivo

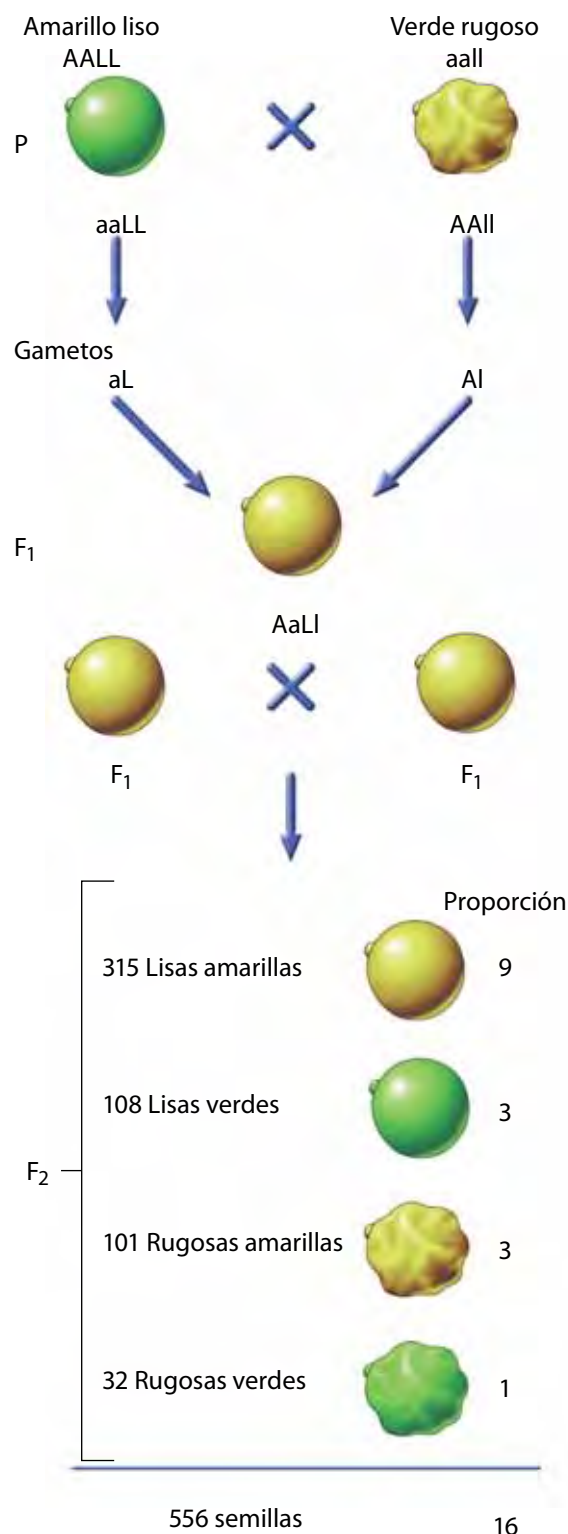
En los dihíbridos (**AaBb**), cada gameto está formado por un alelo del gen A y uno del B, originando diferentes combinaciones (**AB**, **Ab**, **aB** y **ab**) en iguales proporciones. Para explicar sus resultados, Mendel supuso que los alelos de un gen se separan de forma independiente de los alelos de otro gen. De esta manera, es factible que en el cruzamiento dihíbrido se generen todos los genotipos posibles de la combinatoria de dos genes.

Como puedes ver, de los cuatro fenotipos, dos se encuentran en los padres: semillas verdes lisas y amarillas rugosas. Los otros dos fenotipos corresponden a combinaciones que no pertenecen a los progenitores: semillas amarillas lisas y semillas verdes rugosas.

En todos los cruzamientos dihíbridos que Mendel llevó a cabo, obtuvo en la F_2 la misma proporción fenotípica 9:3:3:1.

Recursos TIC

















Ingresa al sitio web <http://www.biologia.arizona.edu/mendel/sets/di/di.html> y realiza la actividad que allí aparece.







Segunda ley de Mendel: ley de la distribución independiente

Otra forma de comprender el cruzamiento dihíbrido es mediante el tablero de Punnett.

Tabla N° 4: Proporciones de cruzamientos dihíbridos obtenidos por Mendel

		Gametos femeninos			
		AL 1/4	Al 1/4	aL 1/4	al 1/4
Gametos masculinos	AL 1/4	AALL 	AALl 	AaLL 	AaLl 
	Al 1/4	AALl 	AAll 	AaLl 	Aall 
	aL 1/4	AaLL 	AaLl 	aaLL 	aaLl 
	al 1/4	AaLl 	Aall 	aaLl 	aall 

9  : 3  : 3  : 1 

A: amarillo	a: verde
L: lisa	l: rugosa

◀ Sobre la base de estos resultados, Mendel dedujo que “los alelos de diferentes genes se asocian o distribuyen al azar durante la formación de gametos”. Este planteamiento se conoce como la segunda ley, denominada ley de la distribución independiente, la que establece que los alelos de un gen pueden distribuirse a los gametos de forma independiente respecto de los alelos de otro gen.

Como ves, existen cuatro posibles gametos (AL, aL, Al y al) en ambos padres, pues son heterocigotos para estos dos genes, es decir, son doble heterocigotos. Por lo tanto, hay cuatro columnas y cuatro filas en el tablero, que contiene 16 celdas. Dentro de cada celda se representa el resultado de un tipo de fecundación. Por ejemplo, en el primer casillero se representa el resultado de la fecundación entre un gameto femenino AL y uno masculino de igual genotipo, produciéndose un hijo AALL por lo tanto, de fenotipo doble dominante.

En este tablero se muestra el genotipo de cada una de las posibles fecundaciones y el respectivo fenotipo presente en la semilla de la progenie. Al contar las variedades fenotípicas, encontrarás que se cumple la proporción **9:3:3:1**.

Actividad 5 Análisis

Para los siguientes genotipos, escribe todas las combinaciones de gametos que puede producir cada uno.

1. TtGG
2. TtGg

3. TTGg
4. AABBCc

5. AaBbCc
6. aaBBccDd

--- ¿Cómo resolver problemas de dihibridismo?

Analiza el siguiente problema referido al dihibridismo.

1. Situación problema

Una planta de jardín presenta dos variedades: una de flores rojas y hojas alargadas y otra de flores blancas y hojas pequeñas. El color de las flores rojas (R) es dominante respecto del color blanco (r), y el carácter pequeño de las hojas (l) es recesivo respecto del carácter alargado (L). Ambas plantas son líneas puras para cada carácter.

a. ¿Cuál es la proporción fenotípica de la F₂?

2. Análisis y resolución

Parentales: RRLL x rrll Gametos: RL rl
F₁: 100 % RrLl Autofecundación: RrLl x RrLl

F ₂	RL	RI	rL	rl
RL	RRLL	RRLI	RrLL	RrLI
RI	RRLI	RRll	RrLI	Rrll
rL	RrLL	RrLI	rrLL	rrLI
rl	RrLI	rrLI	rrLI	rrll

9 : 3 : 3 : 1

Sabemos que la F₂ se obtiene de la autofecundación de la descendencia obtenida en F₁. Como el 100 % de la descendencia tiene fenotipo dominante, es posible inferir que el genotipo de la F₁ es RrLl.

Luego, al autopolinizar una planta de la F₁, utilizando un tablero de Punnett, se puede observar el genotipo de la descendencia de la F₂.

En la primera fila y en la primera columna se deben ubicar los gametos producidos por una planta heterocigota de la F₁.

Genotipo F₁: RrLl

Gametos: RL, RI, rL y rl.

Así, es factible reconocer 4 fenotipos posibles en la F₂:

- 9 individuos con flores rojas y hojas alargadas (1 RRLL, 2 RRLI, 2 RrLL y 4 RrLI)
- 3 individuos con flores rojas y hojas pequeñas (1 RRll y 2 Rrll)
- 3 individuos con flores blancas y hojas alargadas (1 rrLL y 2 rrLI)
- 1 individuo con flores blancas y hojas pequeñas (1 rrll)

3. Resultados

Según los resultados obtenidos, la proporción fenotípica de la F₂ es 9 : 3 : 3 : 1

















4. Practica lo que has aprendido resolviendo los siguientes problemas.

En las arvejas, los alelos que determinan el color de la vaina se representan con las letras V y v, que indican vaina verde y amarilla, respectivamente. La altura del tallo se representa con las letras T y t, para tallo alto y tallo enano, respectivamente.

- ¿Qué fenotipo tienen las plantas VVtt?, ¿y las plantas vvTT?
- ¿Por qué la descendencia corresponde solo a individuos que presentan tallo alto y vaina verde? Para responder esta pregunta, te sugerimos hacer un tablero de Punnett.
- Los fenotipos de la descendencia, ¿son dominantes o recesivos?

Actividad 6 Análisis

En parejas analicen el siguiente tablero de Punnett, que representa el cruzamiento entre dos individuos doble heterocigotos para el color de las flores y el color de las semillas. En el color de las flores, el púrpura (P) es dominante sobre el color blanco (p); y en el color de las semillas, el amarillo (A) es dominante sobre el verde (a). Luego respondan las preguntas que se plantean.

<div>PpAa</div> <div>PpAa</div>	Pa	Pa	pA	pa
Pa	<div> PPAA</div>	<div> PPAa</div>	<div> PpAA</div>	<div> PpAa</div>
Pa	<div> PPAa</div>	<div> PPaa</div>	<div> PpAa</div>	<div> Ppaa</div>
pA	<div> PpAA</div>	<div> PpAa</div>	<div> ppAA</div>	<div> ppAa</div>
pa	<div> PpAa</div>	<div> Ppaa</div>	<div> ppAa</div>	<div> ppaa</div>

1. ¿Cuáles son los genotipos de los gametos producidos por cada progenitor?
2. Escriban el fenotipo que corresponde a cada una de las combinaciones de los gametos.
3. ¿En qué proporción se encuentra cada fenotipo?
4. Los alelos de diferentes genes ¿se heredan de forma independiente o asociados? Fundamenten.
5. De acuerdo con lo que saben de los experimentos de monohibridismo, infieran el resultado que se debiera obtener en la F_1 , al cruzar variedades puras de plantas con los siguientes fenotipos:
 - a. flores blancas y semillas verdes X flores púrpura y semillas amarillas.
 - b. plantas altas y semillas rugosas X plantas bajas y semillas lisas.

Entre los cruzamientos más importantes realizados por Mendel están aquellos en que se consideraban dos caracteres, cada uno con dos alternativas contrastantes en su expresión. Por ejemplo, plantas de arvejas que tienen semillas lisas y de color amarillo, se cruzan con plantas de semillas de textura rugosa y color verde. En el siguiente cruzamiento, entre dos plantas de líneas puras, solo se da cuenta de lo observado respecto de la textura, color y la cantidad de los individuos resultantes para los distintos caracteres.

1. Completa la tabla referente a los alelos respectivos.

Generación P: Semilla amarillas y lisas X Semilla verdes y rugosas

Gametos:

Generación F₁: Semillas amarillas y lisas

100 %

Generación F₂:

Gametos				
	Lisa amarilla	Lisa amarilla	Lisa amarilla	Lisa amarilla
	Lisa amarilla	Lisa verde	Lisa amarilla	Lisa verde
	Lisa amarilla	Lisa amarilla	Rugosa amarilla	Rugosa amarilla
	Lisa amarilla	Lisa verde	Rugosa amarilla	Rugosa verde

Al contar las cuatro clases fenotípicas resultantes, estas se distribuyen como sigue:

Lisa y amarilla: 315

Rugosa y amarilla: 108

Lisa y verde: 101

Rugosa y verde: 32

Considerando todos los antecedentes presentados en el cruzamiento, responde:

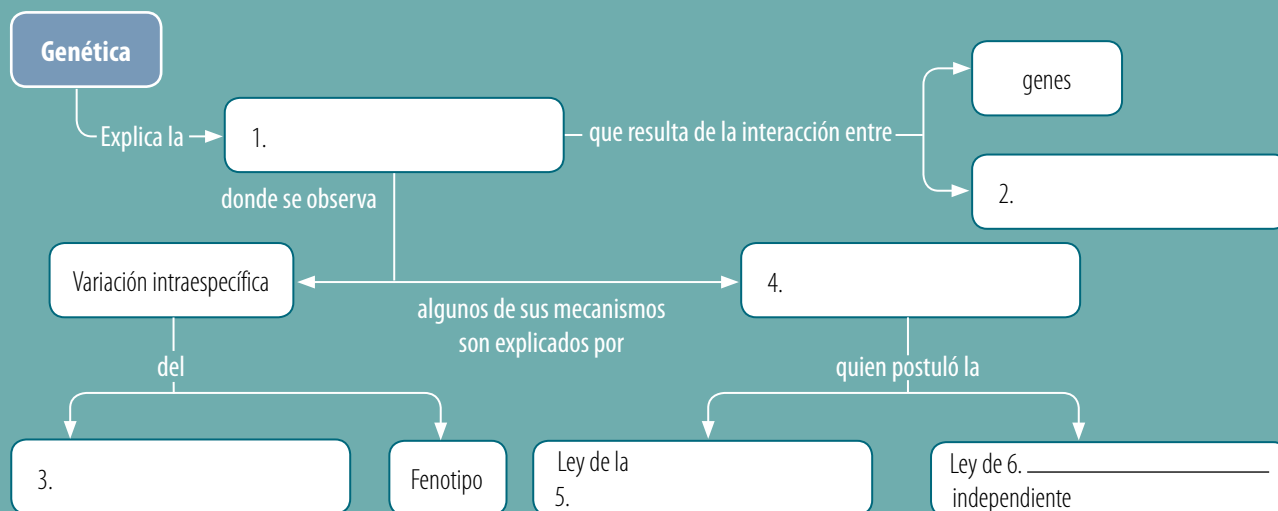
- ¿Qué principio mendeliano se hace referencia al considerar los dos tipos de caracteres y las proporciones encontradas?
- ¿Cuántos pares de genes están participando en este cruzamiento?
- ¿Cuáles son las características dominantes y cuáles son las recesivas?, ¿en qué generación se hace evidente?
- ¿Cuál es la proporción fenotípica de la F₂?

EVALUACIÓN INTERMEDIA

Organiza lo que sabes

Un mapa conceptual es un esquema en el que se organizan los conceptos más importantes de un tema. Estos se organizan desde el más general hasta el más específico y se enlazan entre sí mediante conectores para formar oraciones lógicas.

1. Completa el siguiente organizador gráfico. Si tienes dudas, vuelve a revisar los contenidos vistos en las lecciones 1, 2 y 3.



2. Construye un mapa conceptual utilizando los siguientes conceptos: Mendel, Leyes de la herencia, Tipos de cruzamiento, Autofecundación, Polinización cruzada, Monohibridismo, Dihibridismo. Recuerda poner los conectores y que puedes incluir más términos en caso de que sea necesario.

Actividades

Realiza las siguientes actividades

1. Elabora en tu cuaderno un cuadro de Punnet para analizar lo que sucede cuando cruzamos una planta de arveja cuyas flor es blanca (característica recesiva) con otra de flores púrpuras (característica dominante), ambas de líneas puras (homocigotas). Representa la característica dominante con la letra B y la recesiva con la letra b.
 - a. ¿Infiere el tipo de flores de la generación F₁? (genotípica y fenotípicamente)
 - b. Al permitir autocruces entre las plantas de la F₁, ¿explica cómo serán sus flores?
 - c. ¿Cuál será el genotipo correspondiente a las plantas de la F₁? ¿Cuál será el genotipo de las plantas de la F₂?
2. En aves de corral, la cresta de la cabeza es producida por un gen dominante (C) y la ausencia de esta cresta a su alelo recesivo (c). El color negro de las plumas (R) domina sobre el rojo (r). Un ave homocigota con plumas negras y sin cresta se cruza con un ave homocigota con plumas rojas y con cresta.
 - a. ¿Qué proporción genotípica y fenotípica se espera si se hace un cruzamiento de prueba de las aves F₁ de plumas negras con cresta?

3. En el hombre, la falta de pigmentación, llamada albinismo, es el resultado de un alelo recesivo (a), y la pigmentación normal (presencia de melanina) corresponde a su alelo dominante (A). Si dos progenitores normales tienen un hijo albino:
 - a. ¿Cuáles son los genotipos de los padres?
 - b. Si estos progenitores normales tienen cuatro hijos más y, dos de ellos son albinos. Elabora un cuadro de Punnett para explicar el número de hijos albinos.
 - c. ¿Cuál es la probabilidad de que los hijos siguientes sean albinos?
 - d. ¿Cuál es la probabilidad de que nazcan sucesivamente otros dos hijos normales?
4. Cuando observamos el parecido de un bebé con sus padres, ¿nos fijamos en el genotipo o en el fenotipo?
5. ¿Pueden dos individuos con distinto fenotipo mostrar el mismo genotipo? Justifica la respuesta.
6. ¿Puede un individuo heterocigoto para un carácter mostrar el mismo fenotipo que uno homocigótico? Explica
7. Un ratón A de pelo blanco se cruza con uno de pelo negro y toda la descendencia resulta de pelo blanco. Otro ratón de pelo blanco se cruza con otro ratón de pelo negro y se obtiene una descendencia formada por 5 ratones de pelo blanco y 5 ratones de pelo negro. Explica cuál de los ratones, el A o el B, será homocigoto y cuál será heterocigoto.
8. Entre los cruzamientos más importantes realizados por Mendel están aquellos en que consideró la transmisión de dos caracteres a la vez, cada uno de ellos con dos alternativas contrastantes en su expresión (cruzamientos de dihibridismo). En el siguiente tablero de Punnett se muestran todos los gametos posibles de obtener en la F₂ de un cruzamiento de dihibridismo, en el que negro (N) es dominante sobre blanco (n), mientras que liso (L) es dominante sobre rizado (l).

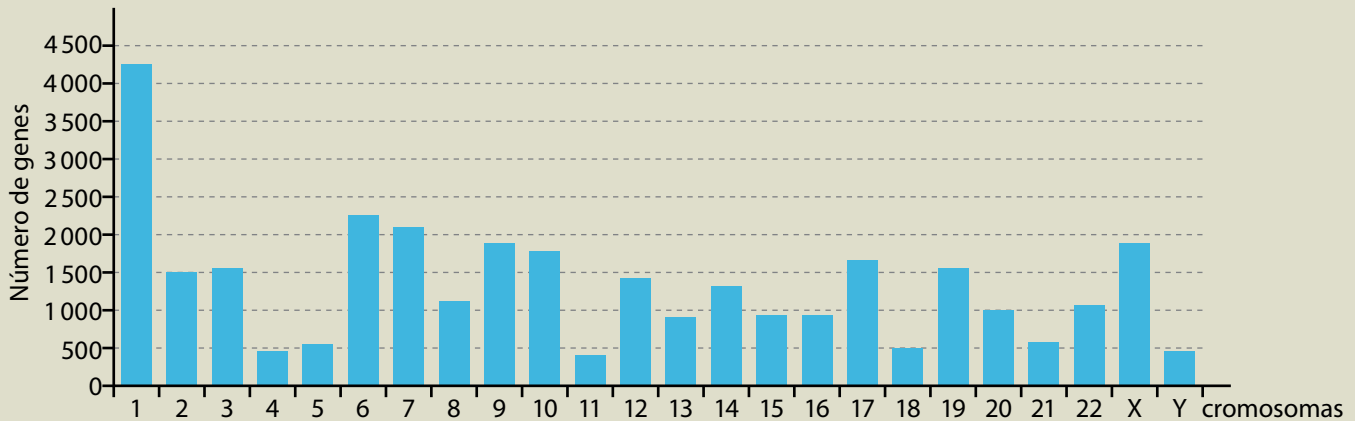
Gametos	NL	NI	nL	nl
NL				
NI				
nL				
nl				

- a. Anota los genotipos y fenotipos de todos los individuos que se obtuvieron en este cruzamiento en los casilleros correspondientes.
- b. ¿Cuántas clases fenotípicas distintas se obtuvieron? ¿En qué proporciones se encuentran?
- c. Bajo el supuesto de que este cruzamiento se inició con cepas puras, indica los fenotipos y genotipos que debieron tener los padres y la F₁ de este cruzamiento.
- d. ¿Qué principios mendelianos explican las proporciones fenotípicas obtenidas en la F₂? Fundamenta.
- e. Si se realizara un cruzamiento entre un individuo de la F₁ y el padre doble homocigoto recesivo, ¿qué proporciones se obtendrían en la descendencia? Representa este cruzamiento en un tablero de Punnett, indicando los genotipos y gametos de ambos padres y los genotipos y fenotipos de todos los descendientes.

• **Debes recordar:** mapas cromosómicos, alelos, locus y loci.

Trabaja con lo que sabes

Observa el gráfico y responde las preguntas planteadas.



- ¿Qué cromosoma(s) contiene(n) la mayor cantidad de genes?, ¿cuál(es) menos? Explica.
- Plantea una hipótesis que responda a la pregunta anterior.
- En relación a los cromosomas sexuales, ¿cuál tiene mayor cantidad de genes?, ¿por qué ocurrirá esto?

Propósito de la lección

En esta lección comprenderás que los principios mendelianos se explican, en gran medida, por la organización del material genético (cromosomas) y las características de los procesos de formación de gametos y de la fecundación.

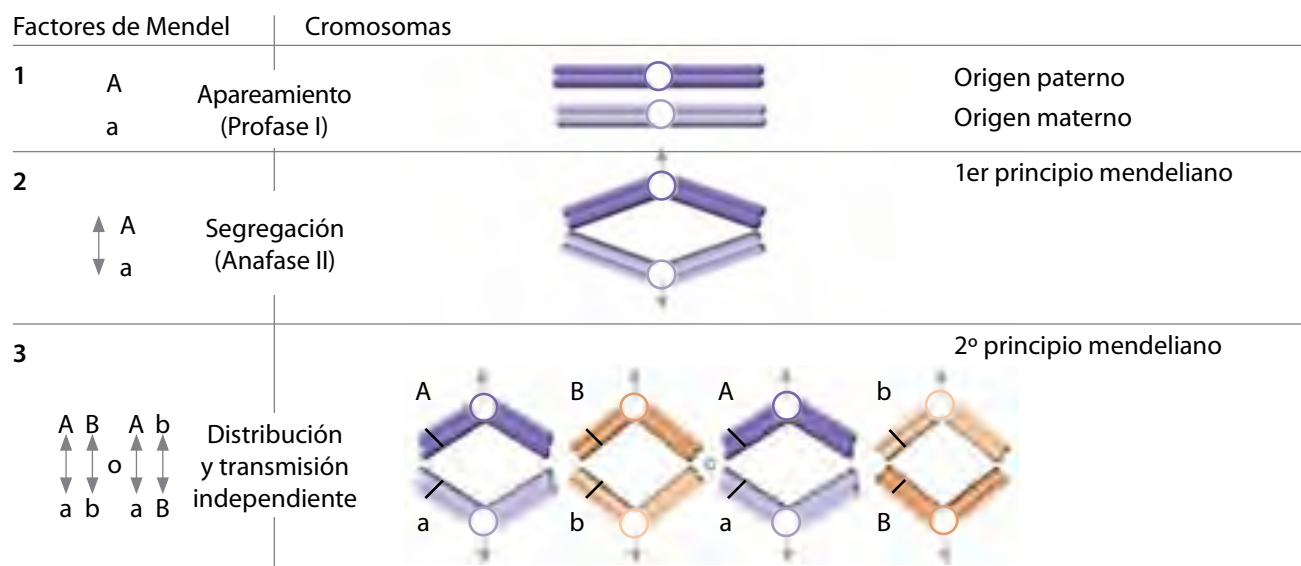
Los cromosomas contienen genes

El trabajo de Mendel (publicado en 1865) pasó desapercibido hasta 1900, cuando Hugo de Vries, August von Tschermak y Carl Correns, por separado, realizaron investigaciones que los llevaron a las mismas conclusiones de Mendel.

Luego, en 1902, Walter Sutton y Theodor Boveri observaron que la conducta de los cromosomas durante la meiosis coincidía con la conducta de los factores de la herencia, tal y como fue predicho por Mendel. El paralelismo entre lo propuesto por Mendel y la conducta de los cromosomas eran los siguientes:

- El carácter diploide de los cromosomas y el número par de los alelos.
- La segregación equitativa de las variantes o alelos de un mismo gen en los gametos, al igual que lo hacen los cromosomas homólogos durante la anafase de la meiosis I.

- La independencia o ausencia de influencia de la conducta de los miembros de un par de cromosomas, sobre los miembros de otro par de cromosomas durante la meiosis, y la independencia en la transmisión de los alelos responsables de distintos caracteres fenotípicos.



- ▲ Esquema comparativo de la conducta de los factores de la herencia mendelianos y los cromosomas durante la meiosis.

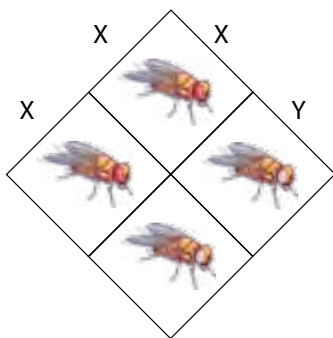
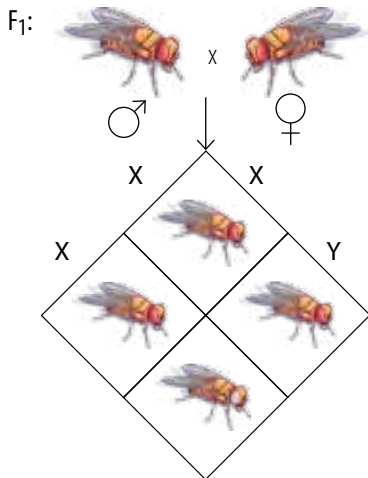
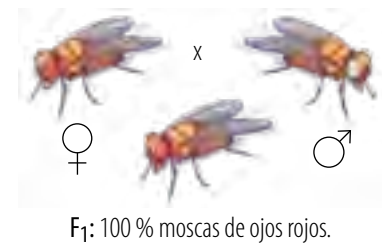
Así, los hallazgos citogenéticos obtenidos durante la primera década del siglo XX sugerían fuertemente que los genes se ubicaban en los cromosomas. Sin embargo, no se habían obtenido las evidencias necesarias que permitieran contrastar positivamente esta hipótesis. La utilización de la mosca de la fruta (*Drosophila melanogaster*) en los protocolos experimentales de la genética permitió resolver este problema y ayudó a establecer las bases de la **teoría cromosómica de la herencia**, cuyo hito más importante lo constituyeron los trabajos encabezados por el científico estadounidense **Thomas H. Morgan**. De acuerdo con la teoría cromosómica de la herencia, los **factores mendelianos de la herencia (genes)**:

- Son entidades de naturaleza físico-química, localizadas en los cromosomas.
- Se ordenan en una secuencia lineal, de modo que la distancia entre dos puntos en el cromosoma se corresponde con la distancia que separa a los genes localizados en esos puntos o loci.
- Sufren mutaciones al azar, incrementando la variación genotípica de las poblaciones de seres vivos.
- Son condición necesaria, aunque no suficiente, para la expresión fenotípica.

Estos enunciados, que hoy pueden parecer obvios, tuvieron profundas consecuencias en el desarrollo de la genética al otorgar un marco teórico para conocer la estructura, modo de reproducción, transmisión y modificación del material hereditario, así como para construir mapas con la ubicación de los genes en los cromosomas.



--• Herencia ligada al cromosoma X



A pesar de los descubrimientos realizados a inicios del siglo XX acerca de la ubicación de los genes en los cromosomas, aún no se obtenían pruebas para contrastar esta hipótesis.

En 1910, el genetista estadounidense Thomas Morgan seleccionó la mosca de la fruta, *Drosophila melanogaster*, para sus estudios genéticos, ya que se puede conseguir fácilmente de la fruta madura. Esta mosca tiene un ciclo de vida corto y es muy sencilla de cultivar y cruzar.

Morgan, en primer lugar, buscaba diferencias genéticas entre los individuos para poderlos estudiar en experimentos parecidos a los de Mendel con la planta de arveja. Poco tiempo después de empezar a tener una buena colonia de moscas, apareció la primera característica: el color de ojos. Uno de los caracteres más evidentes de las moscas de la fruta son sus brillantes ojos rojos, pero un día, una mosca mutante de ojos blancos apareció en la colonia.

Experimentos realizados por Morgan

Al cruzar hembras de ojos rojos con machos de ojos blancos, la progenie (F₁) resultó ser toda de ojos rojos. Aparentemente el alelo responsable del color rojo de ojos era dominante respecto del alelo de ojos blancos.

Morgan cruzó la F₁, como Mendel había hecho en su experimento con arvejas. La generación F₂ que obtuvo mostraba un resultado de 3:1 en las proporciones de fenotipos dominante y recesivo, es decir, de individuos de ojos rojos y blancos.

Sin embargo, observó que las moscas de ojos blancos eran todas de sexo masculino, y que el número de hembras de ojos rojos superaba en dos veces al de los machos de ojos rojos. Claramente, el patrón de herencia del fenotipo del **color de ojos** estaba de alguna manera relacionado con el sexo de los individuos portadores de esta información.

Con el fin de comprender los resultados obtenidos, Morgan cruzó hembras de ojos blancos con machos de ojos rojos y obtuvo una proporción 1:1, donde todas las hembras tenían los ojos rojos y todos los machos, ojos blancos.

¿Por qué los resultados obtenidos por Morgan son distintos a los de su primer experimento?, ¿Qué variables controló Morgan en sus experimentos?

--• La explicación de Morgan

Sobre la base de los resultados obtenidos, Morgan planteó la hipótesis de que los alelos para el color de ojos se ubicaban en el cromosoma X, en doble dosis en las hembras (XX), pero en dosis única en los machos (XY).

En *Drosophila*, el signo "+" se usa para designar el alelo normal. En este ejemplo, w⁺ codifica para el carácter ojos rojos y w para el carácter ojos blancos, tal y como se muestra en el siguiente esquema.

Para saber

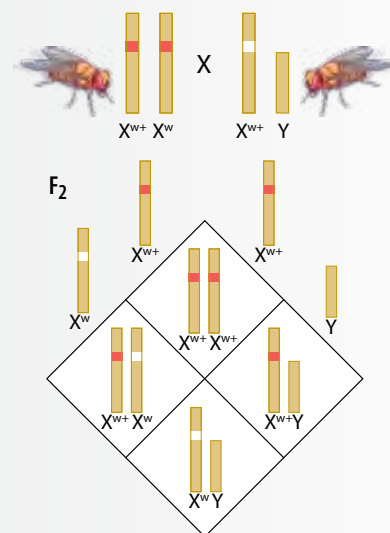
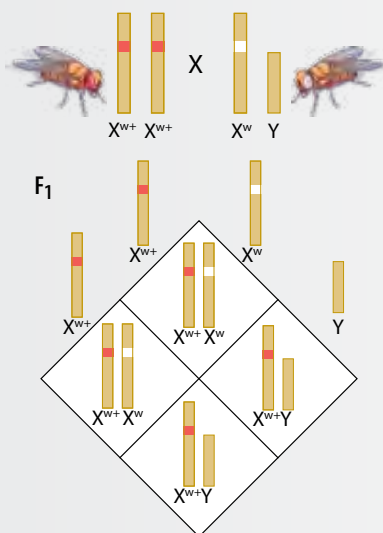
La *Drosophila melanogaster* fue uno de los primeros organismos modelo utilizados en genética. Son moscas muy pequeñas, de 3 milímetros de largo, que pueden producir una nueva generación en menos de una semana. Además, cada hembra poner centenares de huevos durante su vida adulta, y en un pequeño frasco pueden criarse muchísimas moscas.

Primer cruzamiento

Al cruzar hembras de ojos rojos con machos de ojos blancos, el 100% de la F_1 tiene ojos rojos.

El color de ojos de los machos está determinado por el único cromosoma X que poseen.

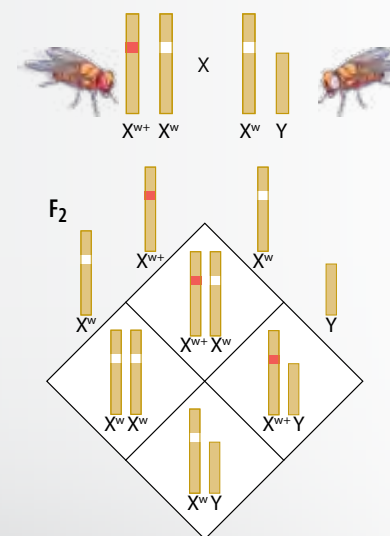
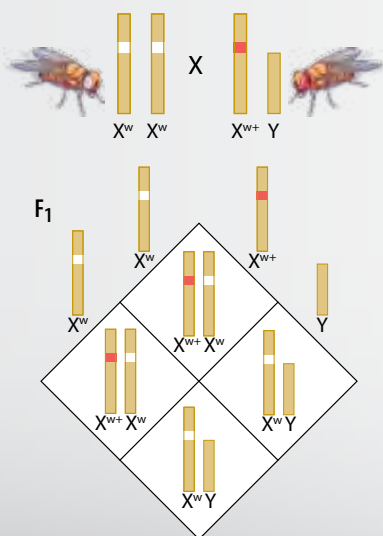
Luego, al cruzar dos individuos de la F_1 , como en el experimento de Mendel, se obtiene una F_2 que muestra la **proporción fenotípica 3:1**, donde solo la mitad de los machos tiene ojos blancos.



Segundo cruzamiento

Al cruzar hembras de ojos blancos con machos de ojos rojos, el 50% de la F_1 tiene ojos rojos y el 50% ojos blancos.

Luego, al cruzar dos individuos de la F_1 , se obtiene una descendencia (F_2) con la **proporción fenotípica 1:1**, donde el 50% de los machos tienen ojos blancos y el 50% de las hembras ojos rojos.



Actividad 6 Aplicación

Se cruzan dos variedades de *Drosophila melanogaster*: una de ojos rojos (macho) y otra de ojos blancos (hembra). Luego se hace el cruzamiento recíproco, es decir, machos de ojos blancos con hembras de ojos rojos. En ambos casos se analiza y contabiliza la descendencia obtenida.

1. ¿Cuál es el objetivo de este experimento?
2. Una mujer portadora para el carácter recesivo que causa el daltonismo se casa con un hombre normal. El genotipo del padre será XY y el genotipo de la madre será XX_d , donde el subíndice d, representa la mutación que causa el daltonismo. Realiza el cruce en el cuadro de Punnet y responde la siguiente pregunta:
 - a. ¿Qué proporción de sus hijos tendrán daltonismo?

--- Variaciones de las leyes de Mendel

Para saber

En la determinación genética del color de la flor del dondiego de la noche, en el homocigoto la presencia de dos alelos funcionales en las células de los pétalos genera pigmento en cantidad suficiente para que el color sea rojo. En los individuos heterocigotos, la cantidad de pigmento es aproximadamente la mitad que la formada en los homocigotos, por lo que el color de los pétalos es más claro, color rosado. Los individuos homocigotos que no poseen alelos funcionales no producen pigmento y, por lo tanto, sus flores son blancas.

Los experimentos de Mendel con la planta de arvejas son un caso de **herencia dominante** absoluta, en la que los híbridos muestran el fenotipo del alelo dominante, quedando escondido a la expresión del alelo recesivo. Sin embargo, a veces, un alelo no domina completamente sobre el otro (dominancia incompleta), o ambos se expresan por igual en el heterocigoto (**codominancia**).

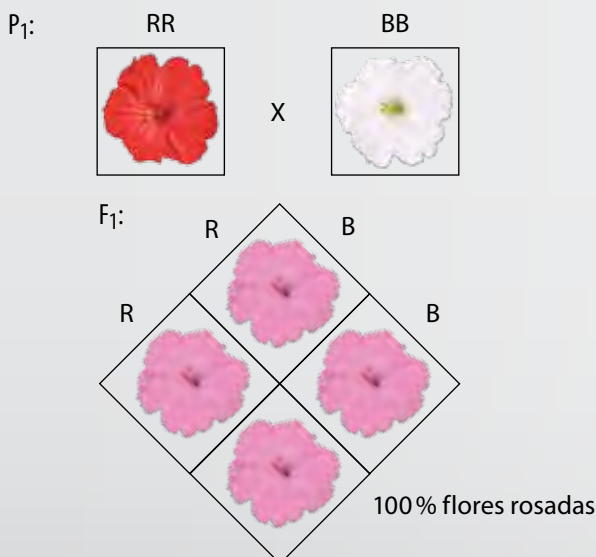
Dominancia incompleta

Dominancia incompleta es el término utilizado por los genetistas para describir situaciones en las que el fenotipo de los individuos heterocigotos es intermedio entre los fenotipos de dos homocigotos.

Un ejemplo de dominancia incompleta puede observarse en la planta del dondiego de la noche (*Mirabilis jalapa*), en la que los individuos homocigotos para un determinado gen tienen flores rojas; los homocigotos para el otro alelo de ese gen, flores blancas, y los individuos heterocigotos, flores rosadas.

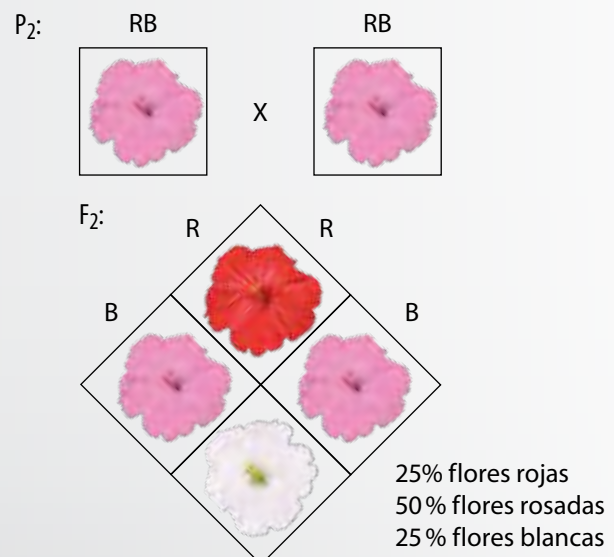
1

El cruce entre variedades homocigóticas dominantes con flores de color rojo (RR) y variedades homocigóticas recesivas con flores de color blanco (BB) origina una F₁ uniforme de individuos híbridos con flores de color rosado (RB). En este cruce se cumplen los primeros resultados de Mendel, pues todas las plantas de la F₁, aunque muestran un fenotipo intermedio, son iguales entre sí.



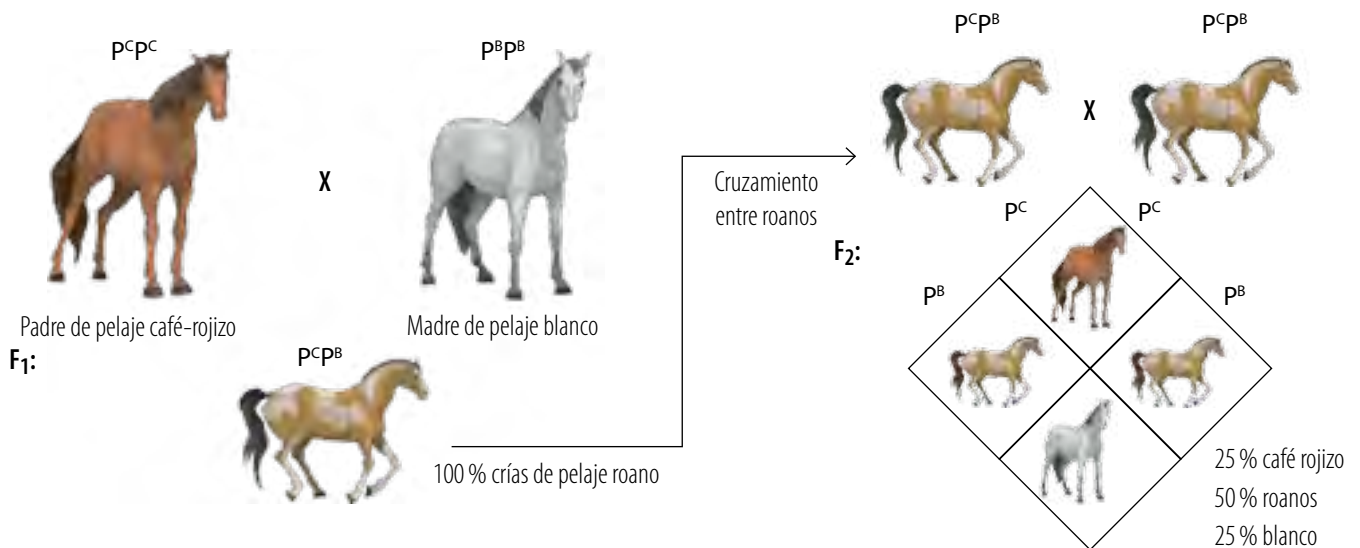
2

Luego, si se cruzan entre sí los individuos de la F₁, se obtiene una F₂ de plantas con flores rojas, rosadas y blancas, en una proporción 1:2:1, respectivamente. En esta generación se manifiestan los alelos para el color rojo y blanco que habían quedado ocultos en la F₁.



Codominancia

La codominancia es una interacción entre alelos homocigotos; el fenotipo del heterocigoto no es intermedio, sino que expresa simultáneamente ambos fenotipos. En bovinos y equinos es común ver individuos de pelaje roano. Estos tienen un pelaje rojizo claro con manchas de pelo blanco. Aquí, los genes del color rojizo y el blanco se han expresado de manera independiente en el heterocigoto roano. Una cría de pelaje roano ($P^C P^B$) es descendiente de una hembra de pelaje blanco ($P^B P^B$) y un macho de pelaje café – rojizo ($P^C P^C$), ambos homocigotos.



Actividad 7 Análisis

Observa los esquemas que representan los alelos de un gen y las posibles asociaciones en los cromosomas homólogos. A partir del análisis de la información, ¿cuál será el fenotipo resultante en cada caso?

1. Heterocigoto



Cromosomas homólogos

2. Homocigoto recesivo



A Alelo flor rosada
a Alelo flor blanca

3. Homocigoto dominante



--• Alelos múltiples

Para saber



Si miras a tu alrededor, verás personas de diversas estaturas, color de piel o constitución corporal, por ejemplo, entre otras características. Estos rasgos están regidos por la acción de dos o más genes, lo que se conoce como herencia **poligénica**.

Algunos ejemplos de caracteres determinados por este tipo de herencia son la estatura, el color de ojos y el color de la piel, entre muchos otros.

A diferencia de la herencia de alelos múltiples, en la herencia poligénica varios genes influyen en el fenotipo del individuo.

Hasta ahora, solo has visto tipos de herencia en que existen dos alelos para cada carácter; sin embargo, muchos genes poseen más de dos formas alélicas, es decir, puede haber tres o más alelos diferentes en la población. En este caso se habla de alelos múltiples.

A principios del siglo XX, el médico austríaco, nacionalizado estadounidense, Karl Landsteiner (1868-1943) observó la existencia de una incompatibilidad sanguínea entre ciertas personas.

En ciertas ocasiones, cuando se mezclaban muestras de sangre procedentes de diferentes personas, los glóbulos rojos se aglutinaban, es decir, se juntaban formando grumos visibles.

Landsteiner llegó a la conclusión de que la incompatibilidad entre los grupos sanguíneos se debía a una reacción inmunológica entre sustancias que estaban disueltas en el plasma sanguíneo y sustancias presentes en la membrana de los glóbulos rojos. El científico llamó **aglutininas o anticuerpos** a las sustancias aglutinadoras presentes en el plasma, y a las sustancias aglutinógenas que se encuentran en la membrana de los glóbulos rojos las denominó **aglutinógenos o antígenos**.

• Actividad 8 Análisis

Lee y analiza los siguientes problemas. Luego responde las preguntas.

1. El color de pelo de los conejos está determinado por cuatro alelos que presentan codominancia. Estos son:
C: alelo normal que produce color agutí o gris intenso.
cch: alelo determinante del color chinchilla o gris suave.
ch: alelo responsable del color himalaya o piel blanca, con excepción de la punta de las extremidades, hocico y cola, que son negros.
c: alelo responsable del color albino, pelaje blanco y ojos rojos.
Mediante cruces dirigidos se pudo establecer el orden de dominancia de cada uno de los alelos:
C es dominante frente a todos los demás alelos; cch es dominante sobre ch, y c es recesivo.
 - a. Establece el fenotipo de la F_1 que se produciría del cruce entre una hembra himalaya homocigota y un macho agutí homocigoto.
2. Una mariposa de alas grises se cruza con una mariposa de alas negras y se obtiene una descendencia de 116 mariposas de alas negras y 115 mariposas de alas grises. Luego, si la mariposa gris se cruza con una mariposa de alas blancas, resulta una descendencia de 93 mariposas de alas blancas y 94 mariposas de alas grises.
 - a. Comprueba mediante un tablero de Punnett los genotipos de cada tipo de mariposa.
 - b. Explica por qué existen tres fenotipos distintos para el color de alas de las mariposas.



Agutí



Chinchilla

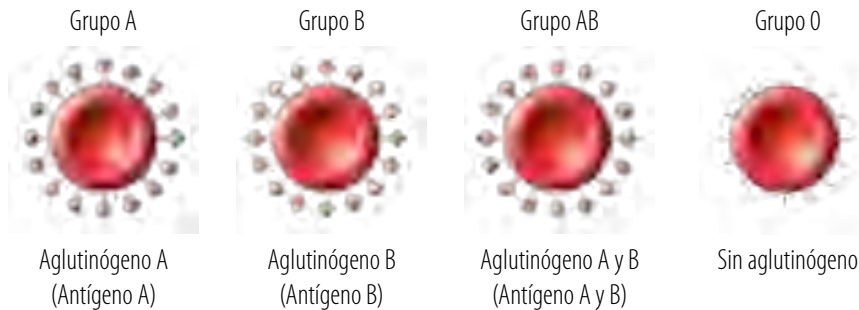


Himalaya



Albino

En 1902, Landsteiner y sus colaboradores clasificaron la sangre humana en cuatro tipos, que fueron denominados A, B, AB y O (este último fue originalmente llamado grupo cero, pero con frecuencia recibe también la denominación de grupo O). Esta clasificación de los grupos sanguíneos recibió el nombre de sistema ABO.



En la actualidad se sabe que las aglutininas son anticuerpos capaces de reaccionar con ciertos polisacáridos de la membrana plasmática de los glóbulos rojos. Estos polisacáridos reciben el nombre de aglutinógenos.

El sistema ABO incluye dos tipos de aglutinógenos o antígenos (A y B) y dos tipos de aglutininas o anticuerpos (anti-A y anti-B), con la siguiente distribución.

Tabla N° 5: Grupos sanguíneos del sistema ABO

	Grupo A	Grupo B	Grupo AB	Grupo O
Fenotipo				
Aglutinógenos (presentes en los glóbulos rojos)	A	B	AB	No tiene
Aglutininas (presentes en el plasma sanguíneo)	Anti – B	Anti – A	No tiene	Anti – A y Anti – B
Genotipo	AA o AO	BB o BO	AB	OO

Para saber

Como las personas del grupo AB no tienen aglutininas en el plasma, pueden recibir cualquier tipo de sangre (A, B, AB, O), por eso se llaman **receptores universales** en el sistema ABO. Por otro lado, las personas del grupo O, que tienen los dos tipos de aglutinina en el plasma, solo pueden recibir sangre de su propio grupo. Sin embargo, como sus glóbulos rojos no tienen ninguno de los aglutinógenos (A o B), las personas del grupo sanguíneo O pueden dar sangre a personas de cualquier otro tipo sanguíneo, por lo que se les llama **donantes universales**.

En el caso de las aglutininas del donante, el porcentaje concentración de ellas es tan bajo, que no logran producir algún efecto hemolítico,

Cuadro de donantes

Grupo sanguíneo	Puede donar sangre a:	Puede recibir sangre de
O	O, A, B, AB	O
A	A, AB	A, O
B	B, AB	B, O
AB	AB	AB, A, B, O

Al finalizar la lección...

- Un hombre con grupo sanguíneo A se casa con una mujer de grupo sanguíneo B y tienen un hijo de grupo sanguíneo O.
 - ¿Cuáles son los genotipos de los padres y del hijo?, ¿qué otros genotipos se pueden esperar en los hijos de este matrimonio?














Debes recordar: análisis de árboles genealógicos

Trabaja con lo que sabes

En general, el análisis de genealogías únicas no permite decidir el tipo de herencia que sigue el rasgo en estudio. Esto, porque para decidir el tipo de herencia según las proporciones mendelianas esperadas en la descendencia, es necesario contar con un gran número de descendientes. Si tenemos pocos descendientes, como ocurre en las genealogías, las proporciones mendelianas esperadas generalmente no se observan debido al efecto del azar. En el mejor de los casos, el análisis de genealogías únicas permite descartar algunos tipos de herencia según los fenotipos observados en las parejas de padres y en sus descendientes.

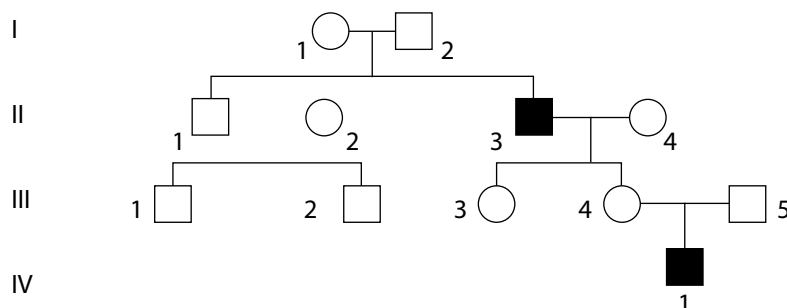
A continuación se presentan algunos símbolos que se utilizan en la construcción y en el análisis de genealogías.

Algunos símbolos utilizados en la construcción de genealogías

 Hombre	 Rasgo estudiado	 Portador del gen recesivo (heterocigoto)
 Mujer	 Primera persona estudiada	 Gemelos monocigóticos
 Sexo desconocido	 Portador del gen ligado al sexo	 Sin descendencia
  Número de hijos del sexo indicado	 Matrimonio - Unión	 Gemelos dicigóticos

Actividad 9 Aplicación

1. Observa y analiza la siguiente genealogía. Luego responde en tu cuaderno las preguntas.



- ¿Cuántos hombres se representan en la genealogía?, ¿cuántas mujeres?
- ¿Qué individuos presentan el rasgo en estudio?
- De acuerdo con la información que se puede extraer de la genealogía, ¿qué es más probable: que los hombres o que las mujeres hereden esta condición?, ¿por qué?

Construcción de un árbol genealógico

Las evidencias fundamentales que permitieron conocer cómo se transmiten las características hacia la descendencia provienen de experimentos de cruzamientos entre individuos con diferentes genotipos y fenotipos. Sin embargo, este tipo de experimentos es imposible de realizar con los seres humanos, pues, desde un punto de vista ético, no se puede manipular la reproducción entre personas. Por lo tanto, la genética humana es estudiada desde otra perspectiva. En lugar de realizar

cruzamientos dirigidos, los genetistas humanos analizan datos de la herencia de ciertos caracteres entre integrantes de una familia utilizando genealogías.

Una genealogía es la representación gráfica de un grupo familiar, mediante la cual es posible identificar todas las posibles relaciones de parentesco de los distintos individuos que comprende dicha genealogía, su estado de salud o enfermedad y la forma de cómo se está segregando el carácter en la familia.



▲ Las relaciones de parentesco entre los integrantes de una familia pueden ser representadas mediante genealogías.

Cómo construir un árbol genealógico

1. Obtención de datos

Debes recopilar la mayor cantidad de información sobre tus familiares. Para esto solicita la ayuda de tus parientes más cercanos y siempre trata de obtener los nombres completos de tus familiares.

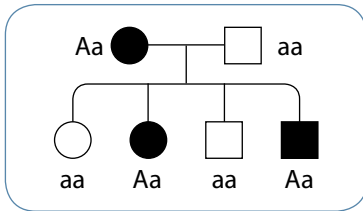
2. Diagramar

- a. Cada generación se debe identificar con números romanos ubicados a la izquierda del gráfico y cada individuo con número arábigo al lado de su símbolo correspondiente.
- b. Todos los miembros de una misma generación deben situarse en una misma línea horizontal del árbol genealógico.
- c. Se deben rellenar los símbolos para representar a los individuos afectados de un trastorno hereditario.

Ahora tú

Construye un árbol genealógico siguiendo los pasos descritos anteriormente. Puedes incluir fotos y una pequeña descripción física de cada uno de tus familiares.

¿Crees que los árboles genealógicos de dos hermanos son iguales?, ¿y los de dos primos?



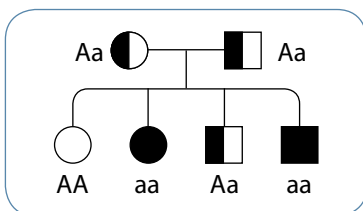
Herencia autosómica dominante

Si postulamos una herencia autosómica dominante, cada descendiente que lleva el rasgo en estudio debe provenir de un progenitor que presente este rasgo. Si en la genealogía figura un individuo cuyos dos progenitores no presentan el rasgo, se debe descartar que se trate de una herencia dominante.

¿Qué criterios podemos seguir entonces para proponer el tipo de herencia que se puede presentar con mayor probabilidad en una genealogía?

A continuación se mencionan algunos criterios posibles para afirmar que una genealogía da cuenta de la transmisión de un rasgo autosómico dominante:

- El rasgo se transmite en forma continua de generación en generación.
- Cada descendiente afectado proviene de un progenitor con dicha afección (a excepción de los que pueden presentar mutación del ADN).
- Ambos sexos se encuentran afectados en la misma proporción.
- Un heterocigoto (afectado) transmitirá el rasgo a la mitad de sus hijos, mientras que un homocigoto dominante para el rasgo lo transmitirá a toda su descendencia.



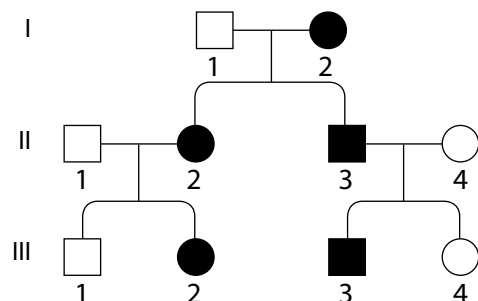
Herencia autosómica recesiva

En el caso de los fenotipos recesivos, se heredan en las familias de la siguiente forma:

- El rasgo en estudio usualmente se salta generaciones, es decir, no se transmite en forma continua.
- Si el carácter en estudio es poco frecuente, todos los familiares del afectado, excepto sus hermanos, son generalmente sanos.
- Dos progenitores que presenten el rasgo dan una descendencia 100 % afectada.
- Hijos e hijas que presenten el fenotipo en estudio pueden provenir de ambos padres que no presenten dicho fenotipo.
- Ambos sexos se encuentran afectados en la misma proporción.

Actividad 10 Aplicación

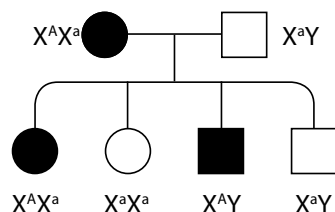
1. Observa la genealogía de la derecha sobre una enfermedad autosómica dominante y luego responde la pregunta.
 - a. Si el individuo III.3 se casa con una mujer heterocigota para la enfermedad, ¿cuál es la probabilidad de que uno de sus hijos no presente la enfermedad? Fundamenta.



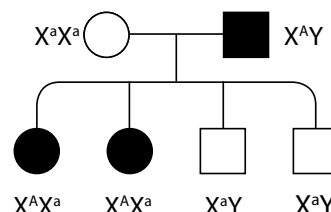
Herencia dominante ligada al sexo

Las genealogías características de enfermedades ligadas al sexo presentan frecuencias distintivas en hombres y mujeres. En el caso de las asociadas al cromosoma Y (herencia holándrica), solo se presentan en hombres y son heredadas por los padres, mientras que en las patologías ligadas al cromosoma X, las frecuencias varían de acuerdo con su carácter dominante o recesivo, considerando que las mujeres presentan dos cromosomas X y los hombres solo uno. La herencia dominante ligada al cromosoma X puede ser identificada mediante dos datos clave:

Las mujeres heterocigotas afectadas transmiten la enfermedad a la mitad de sus hijos, ya sean hombres o mujeres.



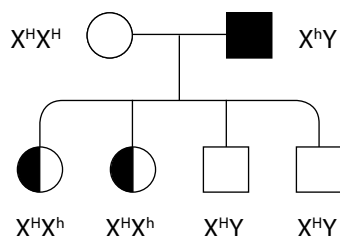
Los hombres afectados transmiten la enfermedad solo a sus hijas.



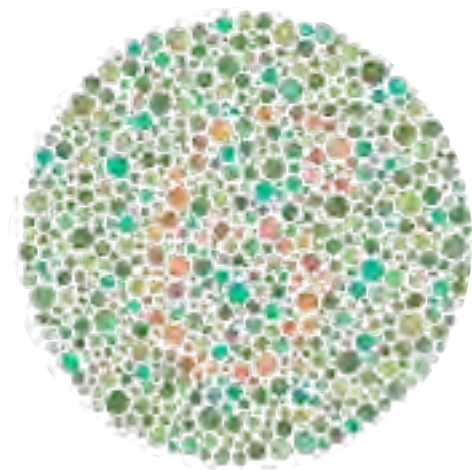
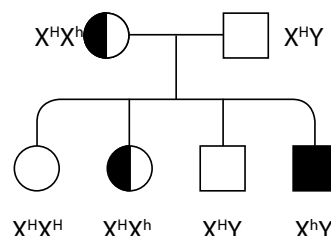
Herencia recesiva ligada al sexo

Las enfermedades recesivas ligadas al **cromosoma X** muestran una alta predisposición en individuos masculinos. Las mujeres, dado que presentan dos cromosomas X, deben heredar el alelo recesivo de ambos padres para manifestar la enfermedad.

Un hombre afectado solo transmitirá el alelo a sus hijas y estas no expresarán la enfermedad, pero serán portadoras del alelo recesivo.



Una madre portadora o heterocigota transmitirá el alelo a la mitad de sus hijas y afectará a la mitad de sus hijos.



Estos diagramas se utilizan para identificar el tipo más común de herencia recesiva ligada al sexo: el daltonismo.

En el sitio www.e-oftalmologia.com/area_atencion/test/daltonismo/daltonismo.html puedes realizar una simple prueba para detectar si eres o no daltónica o daltónico. Realiza el test y redacta una conclusión, dando una breve explicación en tu cuaderno. En caso de que el resultado indique que eres daltónico o daltónica, pídele a tu profesora o profesor que verifique tu conclusión.

• Minitaller

1. Guiándote por los esquemas de estas páginas, elabora uno que represente la herencia de una enfermedad autosómica recesiva y otro de una enfermedad hereditaria ligada al sexo, de carácter recesivo.
2. Durante el siglo XIX, algunos hombres de las casas reales de Inglaterra, Prusia, España y Rusia padecieron de hemofilia. La enfermedad hizo su aparición en un hijo y tres nietos de la reina Victoria de Inglaterra y, a partir de su distribución en las familias, se determinó que si bien ninguna mujer manifestaba esta enfermedad, unas eran portadoras del alelo que producía la patología en los hombres. Investiga cuál es el tipo de herencia que explica mejor la presencia del fenotipo hemofílico.
3. Observa los caracteres que aparecen en la página 92. Detecta si posees uno o bien, investiga en la red por otros. Luego investiga en tu familia si aparece ese rasgo. Finalmente, realiza un árbol genealógico, para ese carácter, desde tus abuelos hasta ti y tus hermanos. Preséntalo al curso.

• Actividad 11 Análisis

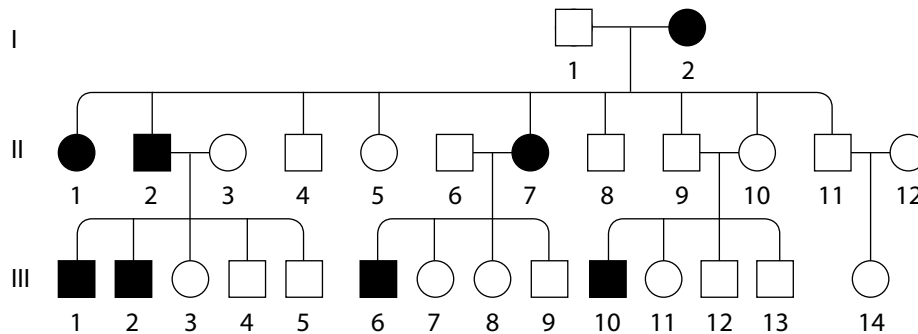
En parejas, lean y analicen la información que se entrega sobre el daltonismo.

En el cromosoma X se ubican los genes que codifican los pigmentos de los conos para la visión del color verde y rojo. Existen mutaciones que afectan a los alelos y que provocan problemas para percibir estos colores (daltonismo). Estas mutaciones son de carácter recesivo, es decir, una mujer necesita tener la mutación que genera el daltonismo en sus dos cromosomas X, mientras que en un hombre, el daltonismo se presenta con solo tener un alelo alterado.

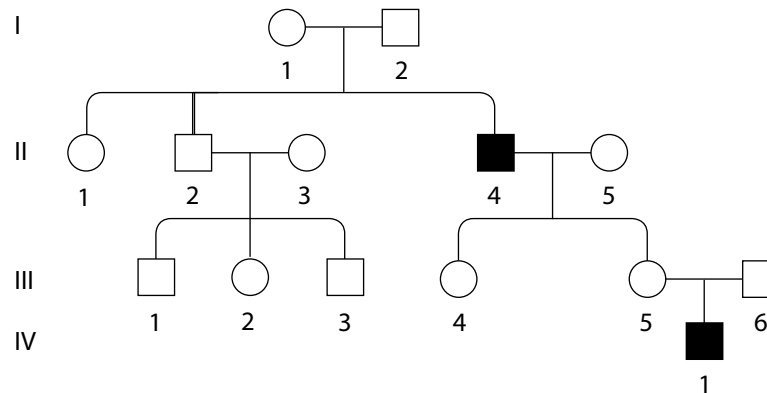
Considerando que las madres transmiten sus cromosomas X a hijas e hijos y que los padres, su cromosoma X solo a hijas y su cromosoma Y solo a hijos, ¿quiénes presentan daltonismo en los casos que aparecen en la siguiente tabla, las hijas o los hijos?

Genotipo de los padres (los alelos que presentan para el gen)		Fenotipo de la progenie (¿quiénes presentan daltonismo?)	
Padre	Madre	Las hijas	Los hijos
A X Y	X X		
	X X^d		
X= alelo normal		X ^d = alelo para el daltonismo	

1. Señala el modelo de herencia que es posible proponer para la patología expuesta en el siguiente árbol genealógico. Explica y fundamenta, basándote en los fenotipos de los individuos.

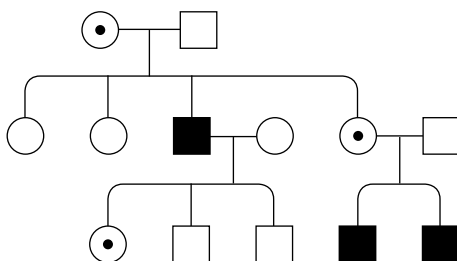


2. Observa y analiza la siguiente genealogía. Luego, en tu cuaderno, responde las preguntas.

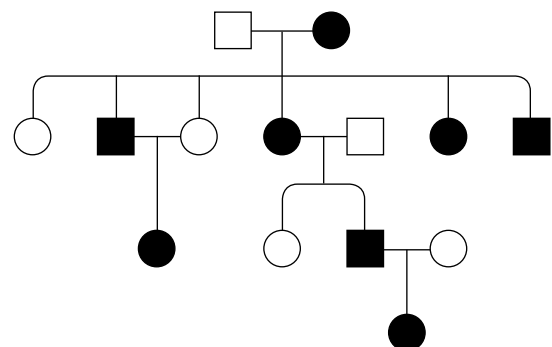


- ¿Cuántos hombres se representan en la genealogía?, ¿cuántas mujeres?
 - ¿Cuántos individuos presentan la enfermedad?
 - De acuerdo con la información que se puede extraer de la genealogía, ¿qué es más probable: que los hombres o que las mujeres hereden esta condición?, ¿por qué?
3. Establece a qué tipo de herencia corresponde la enfermedad representada en cada situación. Fundamenta.

Situación A



Situación B



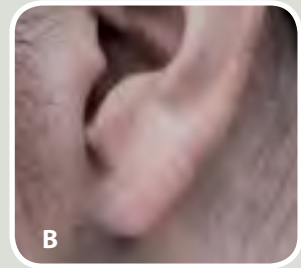
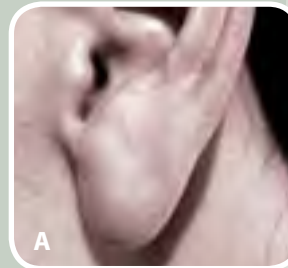
Herencia de rasgos fenotípicos en el ser humano

Organízate con tres compañeros y realicen el siguiente taller de ciencias.

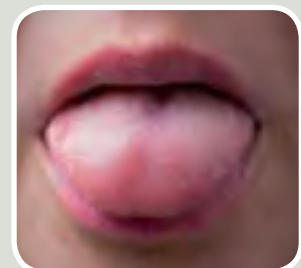
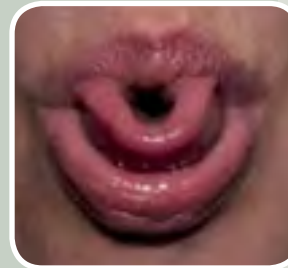
Antecedentes

Un gen es un segmento corto de ADN, que contiene información para producir una proteína específica. Cada célula del cuerpo humano posee aproximadamente 30.000 genes, lo que en conjunto constituye el genotipo de un individuo. Por su parte, el fenotipo de un individuo depende tanto de la expresión del genotipo, así como de la influencia de diversos factores ambientales en el genotipo. A continuación analizarás la herencia de algunos rasgos fenotípicos dominantes y recesivos.

- a. **Lóbulo de la oreja:** un gen dominante (E) determina que los lóbulos de la oreja cuelguen sueltos y no estén adheridos a la cabeza (imagen A). El lóbulo adherido es una condición homocigota determinada por un gen recesivo (e) (imagen B).



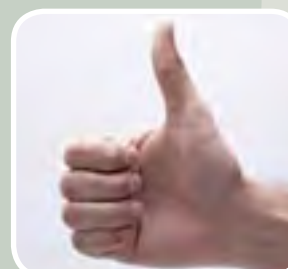
- b. **Enroscamiento de la lengua:** algunas personas poseen la habilidad de enroscar la lengua en forma de U cuando se extiende fuera de la boca. Esta habilidad es causada por un gen dominante (R). Las personas que presentan la condición homocigota recesiva, solamente pueden efectuar una leve curvatura hacia abajo cuando la lengua se extiende fuera de la boca.



- c. **Dedos entrelazados:** entrelace sus dedos. ¿Cuál pulgar quedó arriba? El pulgar izquierdo sobre el derecho es la condición dominante. El rasgo dominante se debe a un gen (I). El recesivo se debe a un gen (i).



- d. **Pulgar extensible y no extensible:** las personas que inclinan la coyuntura distal del pulgar hacia atrás en un ángulo mayor de 45 grados tienen una condición homocigota recesiva para el gen (h). El gen dominante (H) evita que se pueda inclinar esta coyuntura a un ángulo mayor que 45 grados.



Diseño experimental

1. Cada integrante del grupo debe verificar en 10 personas si cada uno de los rasgos descritos anteriormente es dominante (D) o recesivo (R).
2. Completa la siguiente tabla, escribiendo cuántas personas tienen fenotipo dominante y cuántas tienen fenotipo recesivo.

	Lóbulo de la oreja		Enroscamiento de la lengua		Dedos entrelazados		Pulgar extensible	
	D	R	D	R	D	R	D	R
Integrante 1								
Integrante 2								
Integrante 3								
Integrante 4								
Total								

3. **Construye** en tu cuaderno un gráfico de barras que te permita comparar las frecuencias de los rasgos fenotípicos observados.
4. **Investiga** en tu familia la herencia de uno de los rasgos fenotípicos descritos anteriormente.
5. **Identifica** el o los posibles genotipos de cada individuo, indicando si tienen fenotipos dominantes o recesivos.

Análisis e interpretación de evidencias

6. En los rasgos fenotípicos que analizaste con tu grupo, ¿qué proporciones se observan entre rasgos dominantes y recesivos para cada carácter?
7. Los resultados obtenidos en este taller, ¿coinciden con los resultados obtenidos por Mendel?, si no es así, ¿cómo explicarías esta situación?

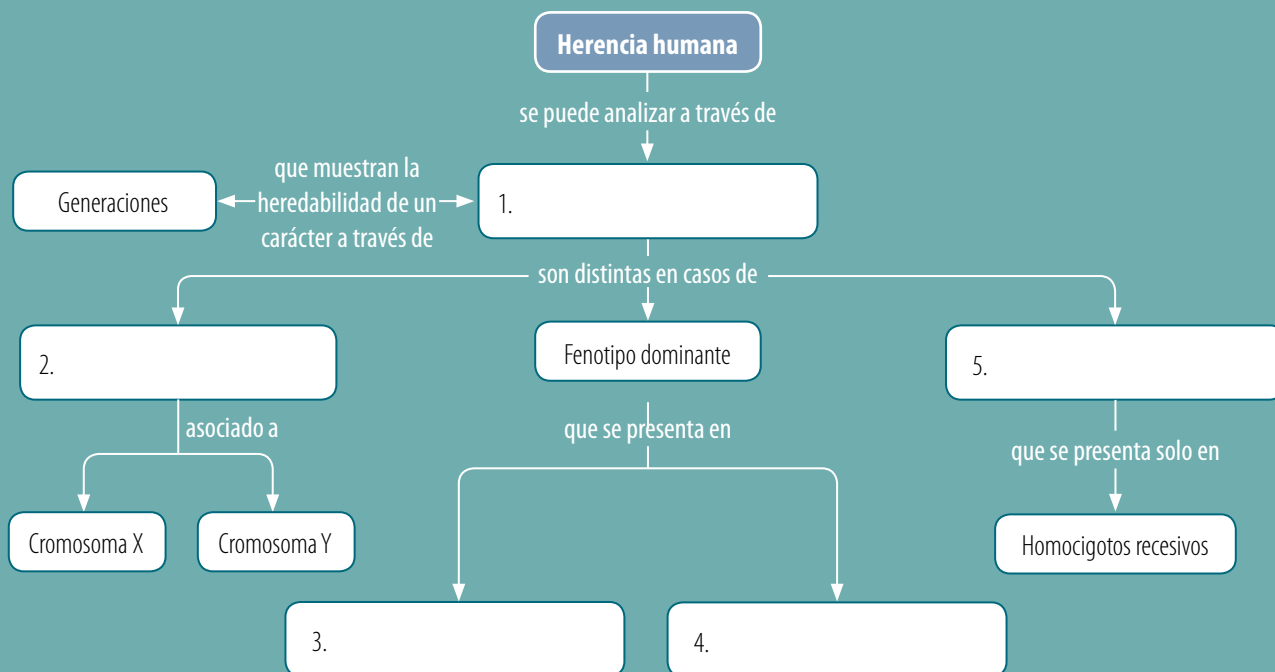
Comunicación de resultados y proyecciones

8. **Investiga** sobre otros rasgos fenotípicos que sean heredables en la especie humana. Luego establece en un gráfico de barras con qué frecuencia se encuentran los rasgos investigados en tu curso.
9. **Construye** la genealogía de tu familia con el carácter establecido en la pregunta 8 y determina el tipo de herencia (dominante, dominancia incompleta, ligada al sexo, series alélicas, etc.)

EVALUACIÓN INTERMEDIA

Organiza lo que sabes

En tu cuaderno elabora un organizador gráfico usando al menos diez conceptos de esta lista. Este organizador debe representar lo que has aprendido.



Diseña un mapa conceptual utilizando los siguientes conceptos. Recuerda que puedes incorporar más términos.

leyes de Mendel

monohibridismo

dihibridismo

codominancia

alelos múltiples

dominancia incompleta

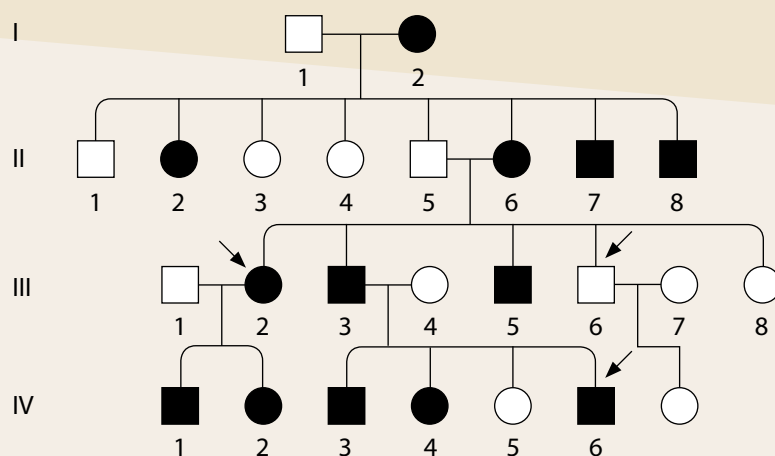
árboles genealógicos

Evaluación de proceso

Responde en tu cuaderno las siguientes preguntas.

1. ¿En qué se diferencian la dominancia incompleta y la codominancia? Explica y da un ejemplo para cada tipo de herencia.
2. ¿Qué grupo sanguíneo tendrán los descendientes de un hombre de grupo AB y una mujer del grupo O?
3. El color azul de los ojos en el hombre es recesivo respecto del color negro. Un hombre de ojos negros (heterocigoto) y una mujer de ojos azules han tenido tres hijos, dos de ojos negros y uno de ojos azules.
 - a. ¿Cuál es el genotipo de los padres y de los hijos?
 - b. Si esta pareja desea tener un cuarto hijo, ¿cuál es la probabilidad de que el hijo tenga ojos de color azul?

4. El alelo que determina el color pardo de los ojos (P) es dominante sobre el alelo que determina el color azul (p). Una mujer de ojos azules se casa con un hombre de ojos pardos y tienen 4 hijos: dos mujeres con ojos azules y dos hombres, un hombre con ojos pardos y el otro con ojos azules.
 - a. Construye un árbol genealógico que represente la situación descrita anteriormente.
 - b. ¿A qué tipo de herencia corresponde la herencia del color de ojos?
 - c. ¿Cuál es el genotipo de los padres y de los hijos?
5. Un hombre daltónico se casa con una mujer que tiene una visión normal. El matrimonio tiene 4 hijos: dos mujeres con visión normal y dos hombres daltónicos.
 - a. Elabora un árbol genealógico para explicar la situación descrita anteriormente.
 - b. ¿Qué tipo de herencia se observa en esta familia?
 - c. ¿Cuál es el genotipo de los padres y de los hijos?
 - d. ¿Puede este matrimonio tener una hija daltónica? Explica.
 - e. ¿Puede este matrimonio tener un hijo con visión normal? Fundamenta.
6. Analiza la información del siguiente árbol genealógico y, luego, responde en tu cuaderno las preguntas.

















- a. ¿A qué tipo de herencia corresponde: fenotipo dominante o recesivo? Fundamenta.
- b. ¿Corresponde a una enfermedad autosómica o ligada al sexo? Justifica.
- c. Determina el genotipo de los individuos señalados con una flecha.

SÍNTESIS DE LA UNIDAD

Lección 1

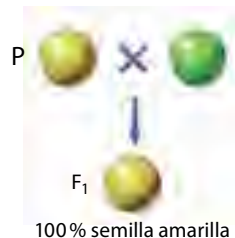
Se denomina **herencia** a la transmisión de información genética desde los padres a la descendencia. Por su parte, la **variabilidad** genética es una propiedad de los individuos que pertenecen a la misma especie y que permite el surgimiento de nuevas variantes (**alelos**).

Mendel realizó experimentos con variedades puras de plantas de arveja (*Pisum Sativum*) en los que analizó las siguientes características:

Características	Variantes	
Textura de la semilla	 Lisa	 Rugosa
Color de la semilla	 Amarilla	 Verde
Color de los pétalos de la flor	 Púrpura	 Blanca
Aspecto general de la vaina	 Hinchada	 Hendida
Color de la vaina inmadura	 Amarillo	 Verde
Posición de la flor	 Axial	 Terminal
Longitud del tallo	 Largo	 Corto

Lección 2

Mendel analizó cruzamientos de plantas que diferían en un solo carácter, los denominó monohibridismo.

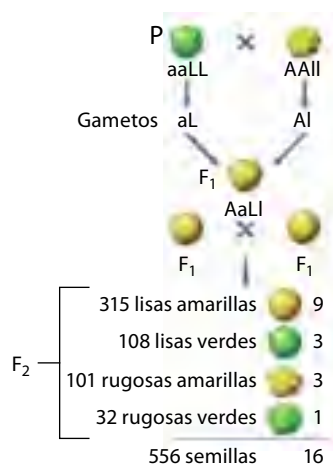


En la F_1 se expresa siempre el carácter dominante. En la F_2 se expresan las características en la proporción 3:1, dominante y recesivo respectivamente. Las variantes alélicas se denominan genotipos y pueden ser homocigotos (AA, dominante, o aa, recesivo) o heterocigotos (Aa) para un carácter.

Lección 3

Posteriormente, Mendel realizó cruzamientos para analizar la transmisión de dos caracteres simultáneamente, a los que denominó dihibridismo.

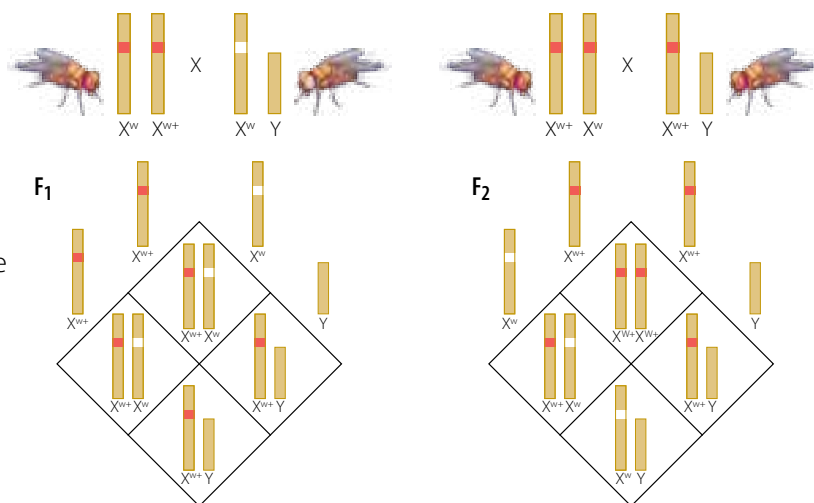
En la F_2 se obtuvo la proporción 9:3:3:1.



A partir de los cruzamientos realizados por Mendel, se puede concluir que la transmisión de los alelos de un gen es un evento independiente.

Lección 4

Estudios hechos en la mosca de la fruta, *Drosophila melanogaster*, permitieron demostrar que algunos caracteres están determinados por genes que se encuentran en los cromosomas sexuales (X e Y). El tipo de herencia de estos caracteres se dice que es herencia ligada al sexo. En el caso del ser humano, existen ciertas enfermedades que se deben a la presencia de un gen defectuoso en un cromosoma sexual y, por lo tanto, su herencia está ligada al sexo. Este es el caso del daltonismo y la hemofilia, enfermedades determinadas por genes que se encuentran en el cromosoma X.



Lección 5

Para estudiar los modos de herencia en la especie humana se utiliza el análisis de genealogías. Los rasgos analizados corresponden mayoritariamente a enfermedades.

En los seres humanos, los patrones de herencia más comunes son autosómica dominante, autosómica recesiva, dominante ligada al sexo y recesiva ligada al sexo.

Algunos símbolos utilizados en la construcción de genealogías



Hombre



Mujer



Sexo indefinido



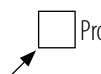
Número de hijos del sexo indicado



Afectado



Portador del rasgo recesivo (heterocigoto)



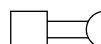
Probando o propositus



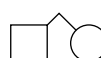
Portador del gen ligado al sexo



Matrimonio / Unión



Matrimonio consanguíneo



Gemelos dicigóticos



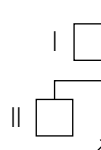
Gemelos monocigóticos



Nacido muerto



Sin descendencia



Método para identificar individuos en una genealogía

EVALUACIÓN FINAL

Lee las instrucciones y desarrolla las actividades planteadas. Recuerda que puedes revisar tu texto para recordar y contestar correctamente cada ítem. Al finalizar, completa la sección *Me evalúo*.

Reconocer y comprender

1. Define los términos:

- | | |
|---------------------|--------------------|
| a. Genotipo: | d. Alelo recesivo: |
| b. Fenotipo: | e. Homocigoto: |
| c. Alelo dominante: | f. Heterocigoto: |

2. Mendel descubrió que en los guisantes la posición axial de las flores es dominante sobre la posición terminal. Representamos por "A" el alelo para la posición axial y por "a" para la terminal. Determinar las clases de progenie producida por cada uno de los siguientes cruzamientos:

- a. AA x aa
- b. AA x Aa
- c. Aa x aa
- d. Aa x Aa

3. En la planta de arveja, el color púrpura (P) de sus flores es dominante respecto del color blanco (p). Si se cruza una planta de flores púrpuras con otra de flores blancas, sabiendo que son razas puras:

- a. ¿Cuál será el fenotipo de la descendencia de este cruzamiento monohíbrido?
- b. ¿Cuál será el fenotipo de las plantas originadas en la F₂?

4. Describe una de tus características que haya sido causada por:

- a. Genes.
- b. Factores ambientales.
- c. Genes y factores ambientales.

5. En la planta de arveja, el carácter de semilla lisa (L) es dominante respecto del carácter de semilla rugosa (l), y el carácter de alto del tallo (T) es dominante respecto del tallo enano (t).

- a. ¿Cómo será el fenotipo de la descendencia de un cruzamiento entre razas puras de plantas con tallo alto y semilla lisa, con plantas de tallo enano y semilla rugosa?
- b. ¿Cuál será el genotipo y cuál el fenotipo de las plantas que resulten de la autofecundación de la descendencia del cruzamiento anterior?
- c. ¿Qué genotipo y qué fenotipo presentará la descendencia del cruzamiento de dos plantas de guisante cuyos genotipos son TtLl y ttLl?

6. En cierta especie de plantas, los colores de las flores pueden ser rojos, blancos o rosas. Se sabe que este carácter está determinado por dos genes alelos, rojo (C^R) y blanco (C^B), y presentan dominancia incompleta.

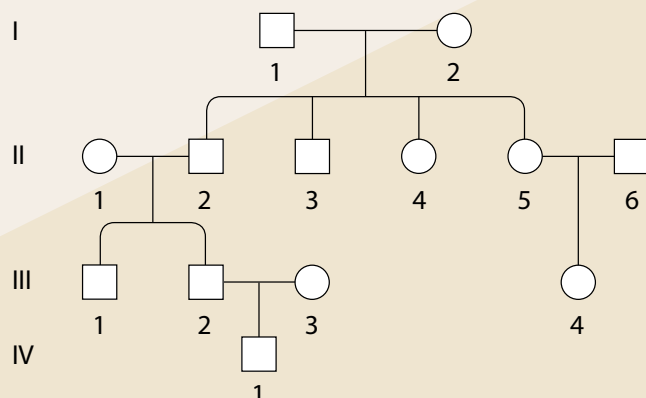
- a. ¿Cuál será la proporción fenotípica de los descendientes del cruce entre plantas de flores rosadas con plantas de flores rojas?
- b. ¿Cuál será la proporción fenotípica y cuál la genotípica al cruzar dos flores de color rosado?

7. En cobayos el alelo (B) determina pelaje negro y es dominante respecto del alelo (b) que determina pelaje blanco. Si en un cruzamiento de prueba de un cobayo hembra se obtienen 6 descendientes, de los cuales cinco tienen pelaje negro y solo uno tiene pelaje blanco:

- a. ¿Cuál es el genotipo de la madre? Justifica tu respuesta.
- b. ¿Cuál es la probabilidad de que en un segundo cruzamiento de prueba los descendientes tengan pelaje blanco?

8. Observa el siguiente árbol genealógico y, luego, responde las preguntas.

- ¿Qué relación existe entre el individuo I.1 y el II.2?, ¿y entre los individuos I.1 y II.1?
- ¿Qué relación hay entre el II.5 y el III.1?
- ¿Quiénes son los tíos y tías del individuo III.2?, ¿quién es su primo?



Analizar

9. Analiza la información de la siguiente tabla y, luego, responde las preguntas.

- ¿Qué grupo(s) de sangre y en qué proporción puede tener la descendencia entre un hombre con sangre del grupo A y una mujer cuya sangre no tiene antígenos? Dato: La madre del hombre tiene grupo sanguíneo O.

Antígenos	Anticuerpo α	Anticuerpo β
A	-	+
B	+	-
A y B	-	-
-	+	+

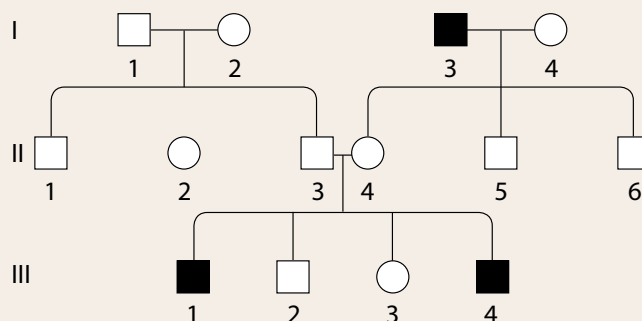
- ¿Qué tipo(s) de sangre y en qué proporción pueden tener los hijos entre un hombre cuya sangre tiene antígenos A (AO) y una mujer cuya sangre tiene antígenos B (BO)?

10. Las alas vestigiales (vg) de la *Drosophila melanogaster* son recesivas respecto del carácter normal alas largas (vg⁺). Además, el color blanco de los ojos es producido por un gen recesivo (r) situado en el cromosoma X, respecto del color rojo (R) que es dominante. Si una hembra de ojos blancos y de alas largas, cuyo genotipo es X^rX^r vg⁺vg⁺, se cruza con un macho de ojos rojos y de alas largas, cuyo genotipo es X^RY vg⁺vg:

- Calcula la proporción fenotípica de la descendencia.
- ¿Cuáles son los genotipos de la descendencia?

11. Analiza el siguiente árbol genealógico, que corresponde a una familia en la que algunos de los miembros son hemofílicos. Luego responde las preguntas. Recuerda que el gen responsable de la hemofilia está situado en el cromosoma X.

- ¿Qué miembro de la segunda generación ha transmitido la información a la tercera generación?
- ¿Cuál es el genotipo de los individuos con hemofilia de la primera y la tercera generación?



- ¿Cuáles son los genotipos de los padres de la primera generación para que el individuo 4 de la segunda generación sea el portador?

EVALUACIÓN FINAL

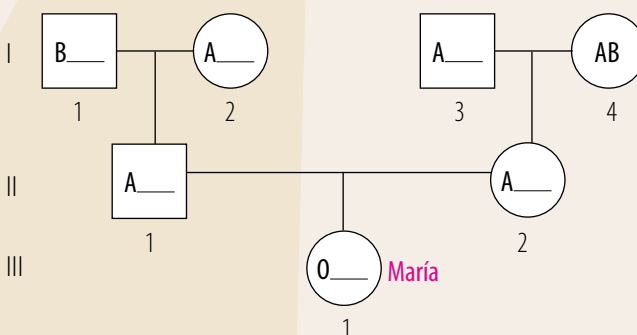
12. La hemofilia en el hombre depende de un alelo recesivo de un gen ligado al sexo. Una mujer portadora, cuyo padre era hemofílico y su madre portadora, se casa con un hombre normal. Si esta pareja decide tener dos hijos:

- ¿Cuál es la probabilidad de que un hijo varón sea hemofílico?
- ¿Cuál es la probabilidad de que una hija sea hemofílica?
- Elabora un árbol genealógico que represente la herencia de la hemofilia en esta familia indicando su genotipo. Considera que ambos hijos son normales y no portadores.

13. En los guisantes, la característica tallo largo está determinada por un alelo (B) que es dominante en relación con el alelo (b) que determina el tallo corto. El color verde de la semilla está determinado por un alelo (A) dominante respecto del alelo (a) que determina el color amarillo. Se forma una generación F_1 al cruzar una planta homocigótica de tallo largo y semilla amarilla con otra también homocigótica de tallo corto y semilla verde. A continuación se seleccionan algunos de estos individuos de la F_1 para realizar otro cruce. Cuando se cruzan individuos de esa generación F_1 con una planta de tallo corto y semilla amarilla, se origina una descendencia constituida por: 120 plantas de tallo largo y semilla verde, 110 plantas de tallo largo y semilla amarilla; 119 plantas de tallo corto y semilla verde; 111 plantas de tallo corto y semilla amarilla.

- Elabora un diagrama del último cruce, indicando el genotipo de los padres y descendientes.
- ¿Se puede afirmar que estos dos genes tienen distribución independiente? Fundamenta tu respuesta.

14. Interpreta el esquema que representa la genealogía de María. Ella tiene el grupo sanguíneo O, pero ninguno de sus familiares tiene ese tipo de sangre. Analiza el árbol genealógico, complétalo con las letras correspondientes y, luego, responde las preguntas.



- ¿Cuál es el genotipo de María?
- ¿Qué genotipos deben tener los padres de María para que ella tenga sangre tipo O?
- ¿Cuál es el genotipo de los abuelos maternos de María?
- ¿Cuál es el genotipo de los abuelos paternos de María?

Aplicar

15. En un centro de maternidad nacieron cuatro bebés hijos de parejas diferentes. Por un error, los bebés fueron confundidos. Se sabe que los grupos sanguíneos de los bebés son OO, AO, BO, AB. Completa la siguiente tabla con el hijo que corresponde a cada pareja.

	Grupo sanguíneo de los padres	Grupo sanguíneo del bebé
Primera pareja	padre O, madre O	
Segunda pareja	padre AB, madre O	
Tercera pareja	padre A, madre AB	
Cuarta pareja	padre A, madre O	

Revisa el **Solucionario** y luego escribe tu puntaje en el cuadro.

Descriptor:	Pregunta	Puntaje	¿Qué debes hacer?
Explicar cómo los seres vivos transmiten genéticamente las características a sus descendientes.	1a, 1b 4	___ / 6	Si obtienes entre 0 y 3 puntos, realiza la Actividad 1 . Si obtienes entre 4 y 5 puntos, realiza la Actividad 2 . Si obtienes 6 puntos, realiza la Actividad 2.1 de la página 102.
Resolver problemas de genética relacionados con la herencia de uno y dos caracteres.	1c, 1d, 1e, 1f, 2, 3, 5, 13	___ / 18	Si obtienes entre 0 y 10 puntos, realiza la Actividad 3 . Si obtienes entre 11 y 15 puntos, realiza la Actividad 4 . Si obtienes 6 puntos, realiza la Actividad 2.2 de la página 102.
Explicar y describir cómo se determina el sexo en la especie humana y los mecanismos de herencia que presentan variaciones a las leyes de Mendel.	6, 7, 10, 15	___ / 11	Si obtienes entre 0 y 6 puntos, realiza la Actividad 5 . Si obtienes entre 7 y 9 puntos, realiza la Actividad 6 . Si obtienes 6 puntos, realiza la Actividad 2.3 de la página 103.
Explicar e investigar la transmisión de enfermedades hereditarias en árboles genealógicos.	8, 9, 11, 12, 14	___ / 16	Si obtienes entre 0 y 9 puntos, realiza la Actividad 7 . Si obtienes entre 10 y 13 puntos, realiza la Actividad 8 . Si obtienes 6 puntos, realiza la Actividad 2.4 de la página 103.

---• Actividades

- Actividad 1.** **Compara** los siguientes pares de conceptos y establece un ejemplo de cada uno: genes alelos/cromosomas homólogos; monohibridismo/dihibridismo; genotipo y fenotipo.
- Actividad 2.** **Describe** tres características humanas heredables y tres que no lo sean, y **explica** en qué se diferencian.
- Actividad 3.** Cuando Mendel realizó el cruce entre dos plantas de arvejas *Pisum sativum*, obtuvo los siguientes resultados: 6 022 semillas amarillas y 2 001 semillas verdes. ¿Qué genotipo presentan las plantas que originaron esta descendencia?
- Actividad 4.** Indica las proporciones de los distintos genotipos en la descendencia del siguiente cruzamiento: AaBb x AaBb. **Elabora** un tablero de Punnett para explicar tus resultados.
- Actividad 5.** **Describe** la investigación que realizó Morgan respecto a genes ligados al sexo, y relaciona sus conclusiones con los principios de Mendel.
- Actividad 6.** Una mujer de grupo sanguíneo A tiene un hijo de grupo AB. **Analiza** el problema y determina los posibles genotipos del padre.
- Actividad 7.** Si un hombre daltónico y una mujer normal tienen una hija daltónica, explica cuál sería el/los genotipo(s) más probable(s) de la madre.
- Actividad 8.** Elabora una genealogía de tu familia siguiendo la herencia de los grupos sanguíneos.

ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Actividad 2.1

Lee el siguiente texto y luego responde las preguntas.

Con la fabricación de los primeros microscopios caseros, entre los siglos XVII y XVIII, muchos adeptos a la ciencia imaginaban ver, dentro de cada espermatozoide humano, una criatura diminuta, un homúnculo u “hombrecito”. Durante mucho tiempo se pensó que esta criatura era un futuro ser humano en miniatura. Una vez que se implantaba en el vientre de la hembra, el pequeño ser se nutría allí, pero la única contribución de la madre era servir de incubadora para el feto en crecimiento. Cualquier semejanza que el niño pudiera tener con la madre, se debía a las influencias prenatales del vientre.

A mediados del siglo XIX, esta idea comenzó a perder vigencia y fue remplazada por otra: la de una “herencia mezcladora”. Los científicos de la época proponían que cuando se combinan los espermatozoides y los óvulos, se produce una mezcla del material hereditario que determina una combinación, semejante a la mezcla de dos tintas de diferentes colores. De esta manera explicaban que en el desarrollo del nuevo individuo se observara una combinación de características de ambos padres. Sin embargo, este concepto no era satisfactorio, ya que aún se ignoraba el fenómeno de las características que se saltan una generación, o incluso varias generaciones, y luego aparecen en algunos descendientes.



◀ Ilustración de lo que creían ver los científicos de los siglos XVII y XVIII cuando miraban los espermatozoides al microscopio.

- Mendel no estaba de acuerdo con esta idea de la “herencia mezcladora”. Si hubieses vivido en la época de este monje, y tú hubieses sido su ayudante, ¿qué dato, perteneciente a sus descubrimientos permitiría rechazar la explicación de las “mezclas”?
- Con lo que sabes acerca de la transmisión de características mediante los genes, ¿cómo le hubieses explicado a los científicos de esa época que la idea del homúnculo es un error?

Actividad 2.2

Analiza el siguiente problema y luego responde las preguntas.

Cada vez que Lucía se mira en el espejo, le intrigan sus ojos azules. Su duda no es por el color, ya que sus ojos le parecen son muy bonitos, sino que le llama la atención que su mamá, su papá y su hermano tienen ojos de color pardo, pero su abuelo tiene ojos azules. Suponiendo que la herencia del color de ojos se explica mediante la primera ley de Mendel, donde el color azul es la característica recesiva y el color pardo la característica dominante, responde las siguientes preguntas:

- ¿Qué genotipo debería tener el hombre que se reproduzca con Lucía, para que su descendencia tenga ojos azules? Elabora un cuadro de Punnett y determina la proporción genotípica y fenotípica de sus posibles hijos.
- Si además del color de ojos, Lucía tiene el pelo café, al igual que sus padres y su hermano menor, y esta característica tiene el mismo tipo de herencia que el color de ojos, ¿cuál es la probabilidad de que en su descendencia Lucía tenga hijos rubios de ojos azules, si el pelo rubio también corresponde a una característica recesiva?

Actividad 2.3

Analiza la siguiente situación y luego responde las preguntas.

Rocío y una genetista observan una vaca *Ayrshire* de color caoba, con un ternero recién nacido de color rojo. Mientras observan, Rocío pregunta si es macho o hembra, ante lo cual la genetista responde que es obvio el sexo del ternero. Explica que en las vacas *Ayrshire* el genotipo AA es caoba y aa es rojo, pero que el genotipo Aa es caoba en los machos y rojo en las hembras.

- ¿Qué está tratando de decirle la genetista a Rocío?
- Explica cuáles son los posibles genotipos del padre del ternero.



Actividad 2.4

Lee el siguiente texto y luego responde las preguntas.

La hemofilia, una enfermedad de la realeza

Un ejemplo clásico de un carácter ligado al sexo es la hemofilia, que es un grupo de enfermedades en las cuales la sangre no coagula normalmente. La coagulación ocurre por una serie compleja de reacciones; cada una de ellas depende de la presencia de factores proteínicos en el plasma sanguíneo. La falla para producir esta proteína esencial del plasma, conocida como factor VIII, da como resultado la hemofilia más común, la hemofilia A, que se produce por un gen recesivo que se encuentra en el cromosoma X. En este tipo de hemofilia, aun las heridas más leves conllevan el riesgo de que el afectado se desangre hasta morir. Las personas con hemofilia A pueden ser tratadas con el factor VIII extraído de la sangre humana normal, pero el costo de esta proteína es muy alto (6 000 a 26 000 USD por año) y además se presenta el riesgo de que la persona afectada contraiga enfermedades infecciosas, incluido el sida. Actualmente se están llevando a cabo investigaciones para producir el factor VIII por medio de la ingeniería genética.

La hemofilia ha afectado a algunas familias reales de Europa desde el siglo XIX. Al parecer, la reina Victoria de Inglaterra fue la portadora original del gen de la hemofilia en su familia. Se piensa que el príncipe Alberto, su esposo, no pudo haber sido el responsable, ya que es imposible la transmisión de la enfermedad de un varón a otro, como ocurre con todos los caracteres ligados al cromosoma X.

Dado que ninguno de los parientes de Victoria, excepto su descendencia, estaba afectado, se concluyó que la mutación ocurrió en un cromosoma X de alguno de sus padres. Uno de sus hijos, Leopoldo, murió de hemofilia a los 31 años. Al menos dos hijas de la reina Victoria fueron portadoras, ya que varios de sus descendientes fueron hemofílicos. Así, por varios matrimonios consanguíneos, la enfermedad se difundió de un trono a otro en Europa.

El zarévich Alexis, único hijo del zar ruso Nicolás II y de la zarina Alejandra (nieta de Victoria de Inglaterra), padeció de hemofilia, la cual heredó de su madre. El niño sufrió de constantes hemorragias y de debilidad general hasta su muerte, a los 14 años, cuando fue fusilado junto a toda su familia, en 1918, durante la Revolución rusa.

- Elabora un árbol genealógico que muestre cómo se transmite la hemofilia de generación en generación.
- Recopila información en diversas fuentes sobre las características de la hemofilia y describe cómo se trata esta enfermedad en nuestros tiempos.

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

ALIMENTOS TRANSGÉNICOS

Diariamente consumimos alimentos obtenidos de organismos modificados por ingeniería genética, es decir, alimentos a los que se les ha insertado en su genoma genes de otras plantas o animales para producir una característica deseada. Estos son los llamados alimentos transgénicos.



▲ El tomate también ha sido alterado genéticamente. Le han insertado genes foráneos para que se retrase su maduración, o bien se inhiba la formación de semillas.

La genética en la vida diaria

La genética es una disciplina científica que se ha destacado por su vertiginoso desarrollo en sus casi 150 años de existencia. En su origen, Mendel propuso la existencia de partículas responsables de la transmisión hereditaria, lo que fue reafirmado a principios del siglo XX. Desde entonces, los genetistas y biólogos de otras disciplinas han logrado identificar y descubrir la molécula responsable de la herencia, conocer su organización en cromosomas y descubrir los mecanismos que permiten su expresión en las células. Asimismo, recientemente se han logrado revelar muchos secretos del genoma humano, abriendo nuevas posibilidades científicas y médicas. La biotecnología ha puesto a disposición de la sociedad diversas técnicas que permiten mejorar la calidad y optimizar la producción de diversos productos biomédicos y nutricionales, lo que se ilustra con los alimentos transgénicos y la terapia génica de enfermedades.

Los beneficios de los alimentos transgénicos se pueden resumir en los siguientes:

- aumento del rendimiento de los cultivos y de su resistencia a herbicidas.
- mayor síntesis de micro y macronutrientes y aumento de la capacidad fotosintética.
- aumento de la tolerancia a las diferentes condiciones del suelo de cultivo, como sequía y salinidad, y más resistencia a temperaturas extremas.
- mejor color y textura de los alimentos.
- mayor duración y conservación de los alimentos (verduras y frutas larga vida).

Respecto de estos alimentos, los riesgos toxicológicos y los efectos adversos sobre la salud de los potenciales consumidores no están claramente determinados.

Pero, se cree que el consumo de estos alimentos, puede desarrollar algún tipo de alergia, aumentar la resistencia de antibióticos y perder el valor nutricional de los alimentos

¿Qué otros efectos adversos puedes destacar?

Discute el desarrollo y el uso de organismos transgénicos.

TERAPIAS GÉNICAS

Algunas enfermedades hereditarias, que en la mayoría de los casos se deben a genes defectuosos, son tratadas con la llamada terapia génica o genética, introduciendo genes sanos en las células de los pacientes. Esto permite la modificación del genoma de las células para que se sinteticen proteínas de interés terapéutico y estimulen respuestas inmunitarias contra tumores, y así, también, conferir resistencia a infecciones producidas por virus.

Estas terapias se aplican con dos tipos de técnicas: *ex vivo*, que consiste en extraer células del paciente, modificarlas *in vitro* y luego reimplantarlas, técnica usada principalmente para tratar el cáncer, e *in vivo*, al administrar genes correctores directamente a los pacientes, metodología empleada en casos en que las células son difíciles de extraer e implantar nuevamente. Estas técnicas se basan en la adición de genes sanos, que pueden permanecer fuera o insertarse en el genoma de la célula receptora. Por lo tanto, identificar los genes y las mutaciones responsables de algunas enfermedades permite diseñar las terapias más eficaces y minimizar los riesgos, principalmente relacionados con la producción y utilización de vectores, generalmente de origen vírico, para transmitir genes extraños a una célula.



REFLEXIONA Y OPINA

- ¿De qué áreas de estudio se ocupan las diferentes disciplinas derivadas de la genética?
- ¿En qué aspectos de la vida cotidiana se pueden detectar elementos, fenómenos o situaciones relacionados con la genética?
- ¿Por qué el consumo de alimentos está relacionado con la genética? Explica.
- ¿Qué son los alimentos transgénicos?
- ¿En qué consiste la terapia génica?

Hormonas, reproducción y desarrollo

Me preparo para la unidad

La mayoría de los animales poseen un sistema que les permite crecer y desarrollarse para alcanzar la madurez sexual. Algunos de ellos, como el ser humano, lo hacen paulatinamente, otros como la mariposa sufren una transformación llamada metamorfosis, en que su cuerpo pasa por varias etapas en las que cambia radicalmente. Investiga en diversas fuentes sobre la metamorfosis de la mariposa y el control hormonal involucrado en esta transformación. Busca diferencias y similitudes entre el desarrollo de la mariposa y el de un ser humano.

Objetivos de la unidad

Lección 1: Organización y función del sistema endocrino

- **Reconocer** y **explicar** cómo está organizado el sistema endocrino y los diferentes mecanismos de acción hormonal en el funcionamiento de los sistemas del organismo.

Lección 2: Trastornos hormonales

- **Reconocer** cómo la alteración de algunas hormonas puede producir problemas que afectan la salud. Aprenderás a **interpretar datos** sobre las variaciones de los niveles de glucosa en la sangre y explicarás cómo estas afectan el funcionamiento de tu cuerpo.

Lección 3: Sexualidad humana y control hormonal

- **Explicar** el rol de las hormonas en el funcionamiento del sistema reproductor humano y **reconocer** la sexualidad humana y la reproducción como aspectos fundamentales de la vida.

Lección 4: Planificación familiar

- **Comprender** la importancia de la reproducción humana y el funcionamiento de los principales mecanismos de control de la natalidad.



Para comenzar

Si las mariposas se reproducen sexualmente, ¿qué tipos de células piensas que necesitan desarrollar para producir descendencia? ¿Crees que una mariposa en estado inicial tiene la capacidad de reproducirse? Explica.

Así como la mariposa realiza una metamorfosis desde el estado inicial de su desarrollo hasta alcanzar la forma adulta, ¿qué características han cambiado en tu cuerpo desde que naciste hasta hoy?

LECCIÓN 1: Organización y función del sistema endocrino

Debes recordar: características sexuales secundarias.

Trabaja con lo que sabes

Lee y analiza la siguiente situación. Luego desarrolla las preguntas.

Antecedentes

En el año 1849, el científico Arnold Adolph Berthold realizó el primer experimento clásico en endocrinología que permitió relacionar un órgano con una función endocrina determinada.

En esos tiempos, la castración de animales y hombres era una práctica común en las culturas oriental y occidental, porque se sabía que disminuía el deseo sexual y causaba infertilidad.

Diseño experimental

El procedimiento realizado por Berthold consistió en estudiar los cambios morfológicos y conductuales que sufrían los gallos cuando eran castrados y observar si era posible recuperar dichas características al reimplantarles los testículos, o una parte de ellos.

Resultados

Los resultados obtenidos por Berthold se resumen en la siguiente tabla.

Pollos castrados.	Los gallos presentaban características femeninas, es decir, una cresta poco desarrollada, menor agresividad y menor libido.
Pollos castrados a los que se les reimplantó un testículo en la cavidad abdominal.	Los gallos recuperaron el comportamiento masculino normal y el desarrollo de la cresta.
Pollos castrados a los que se les reimplantaron los dos testículos en la cavidad abdominal.	Los gallos recuperaron el comportamiento masculino normal y el desarrollo de la cresta.

Análisis y discusión

- ¿Cuál fue la pregunta de investigación y la hipótesis planteada por Berthold antes de realizar su experimento?
- ¿Cuáles fueron las variables, dependiente e independiente, consideradas en este experimento?
- ¿Qué puedes concluir respecto del efecto que provoca la extirpación de los testículos en las aves juveniles?
- ¿Cómo explicarías que los gallos a los que se les reimplantaron los testículos hayan recuperado las características sexuales perdidas por la castración? Fundamenta.

Propósito de la lección

En esta lección serás capaz de reconocer y explicar cómo están organizados el sistema endocrino y los diferentes mecanismos de acción hormonal en el funcionamiento de los sistemas del organismo.



--- Acción del sistema endocrino

¿Te has dado cuenta de que ante una situación de estrés o peligro te sudan las manos, tu frecuencia cardíaca y respiratoria se incrementa y tu boca se seca? Sin que sea algo consciente, tu cuerpo es capaz de producir estas y otras respuestas hacia los distintos estímulos del medioambiente gracias a la acción coordinada de dos sistemas: el sistema **nervioso** y el sistema **endocrino**.

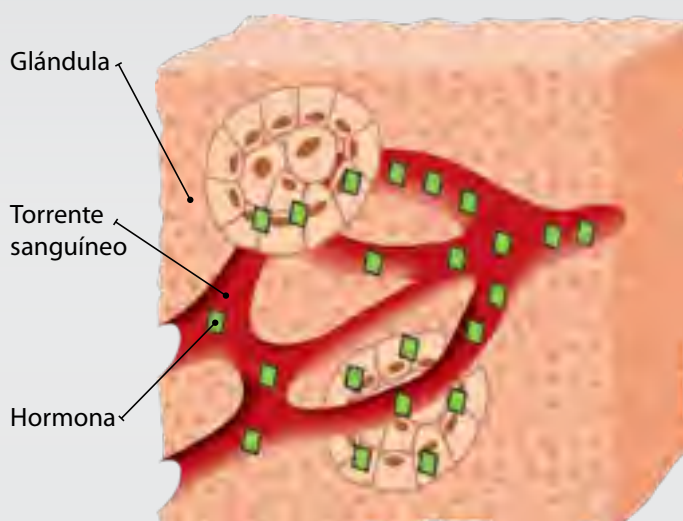
El sistema nervioso se caracteriza por elaborar una respuesta inmediata frente a los estímulos del ambiente. Esto es particularmente útil si el estímulo es un evento externo que amenaza nuestra seguridad. Por su parte, el sistema endocrino también participa elaborando respuestas, pero actúa de manera más lenta y sostenida en el tiempo. Se compone especialmente de células endocrinas, las cuales se agrupan y forman **glándulas endocrinas**.

Tipos de glándulas

Las glándulas son estructuras que pueden estar constituidas por una o varias células, y que se forman a partir de tejido epitelial. Tienen por función secretar diversas sustancias, como las hormonas, (sustancias químicas que son liberadas a torrente sanguíneo y que cumplen una función determinada en un tejido específico) y se clasifican en endocrinas y exocrinas, de acuerdo con el lugar donde vierten sus secreciones. Solo las primeras forman parte del sistema endocrino.

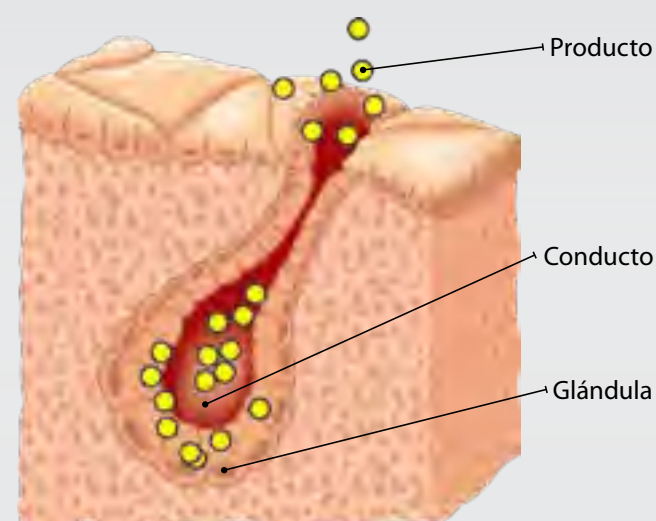
Glándulas endocrinas

Son estructuras muy vascularizadas, es decir, irrigadas por una gran red de capilares sanguíneos, de paredes delgadas y porosas. Estas glándulas producen hormonas que son vertidas directamente al torrente sanguíneo y transportadas por los vasos sanguíneos hasta los tejidos blanco o diana, donde llegan a ejercer su función.



Glándulas exocrinas

Este tipo de glándulas secretan sustancias a través de conductos dirigidos a la superficie del cuerpo o al interior de algunos órganos. Por ejemplo, son glándulas exocrinas las células caliciformes productoras de mucosidad, presentes en epitelios mucosos como el que recubre el intestino, y las glándulas sudoríparas, sebáceas y mamarias.



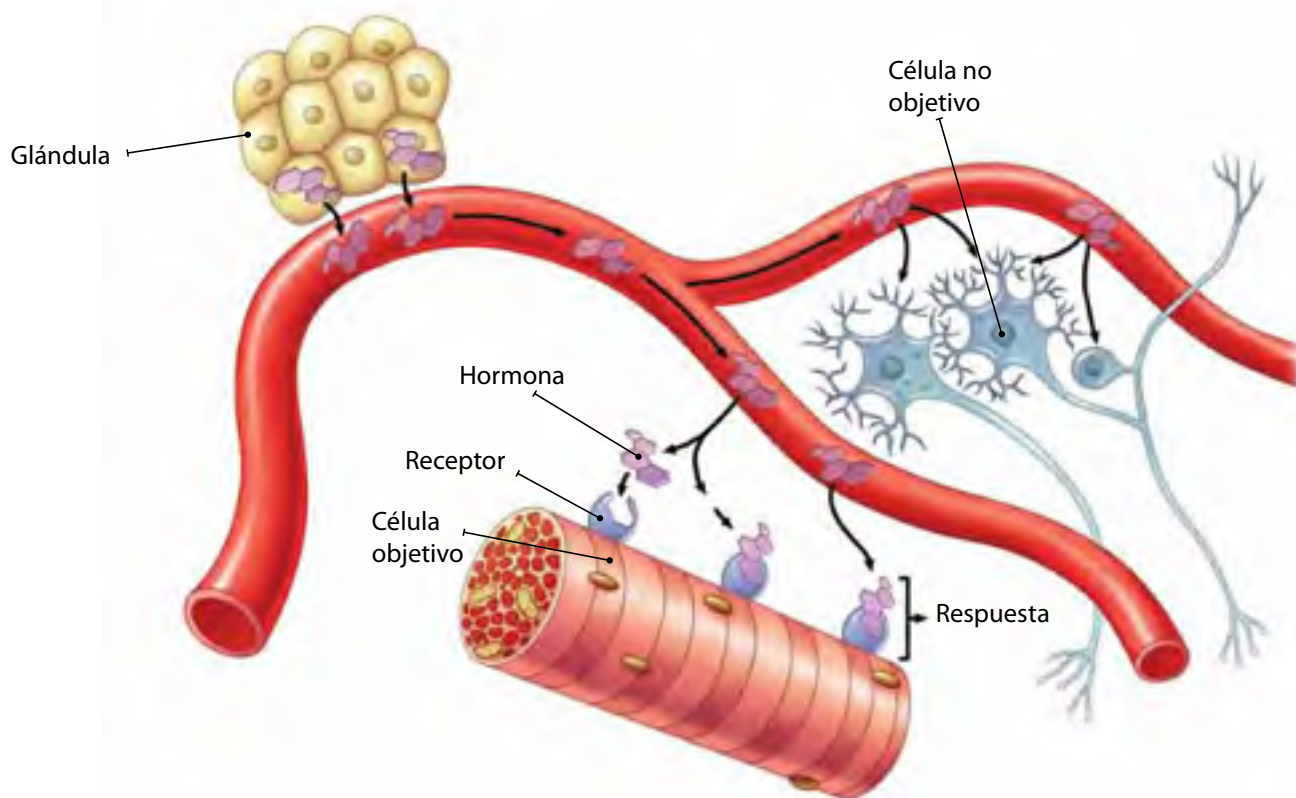
Para saber

Glándulas mixtas o anfícrinas son aquellas que presentan características de glándulas exocrinas y endocrinas. El páncreas es un típico ejemplo de glándula anfícrina, ya que libera enzimas digestivas hacia la luz del tubo digestivo (secreción exocrina) y hormonas como la insulina hacia la sangre (secreción endocrina).



La acción del sistema endocrino ayuda a controlar el crecimiento y el desarrollo corporal. Además, verifica otras funciones orgánicas, como la reproducción; los niveles de energía del organismo; algunas reacciones a las condiciones ambientales y al estrés, y el equilibrio interno de diferentes rangos químicos y físicos (**homeostasis**).

◀ En ocasiones se compara el funcionamiento del sistema endocrino con el tiro al blanco, donde la persona representa la glándula endocrina, el dardo representa a la hormona y el blanco a la célula objetivo.



▲ Una vez unidas a sus receptores, las hormonas transmiten la señal al interior de la célula, desencadenando una serie de eventos que constituyen la respuesta a la acción hormonal.

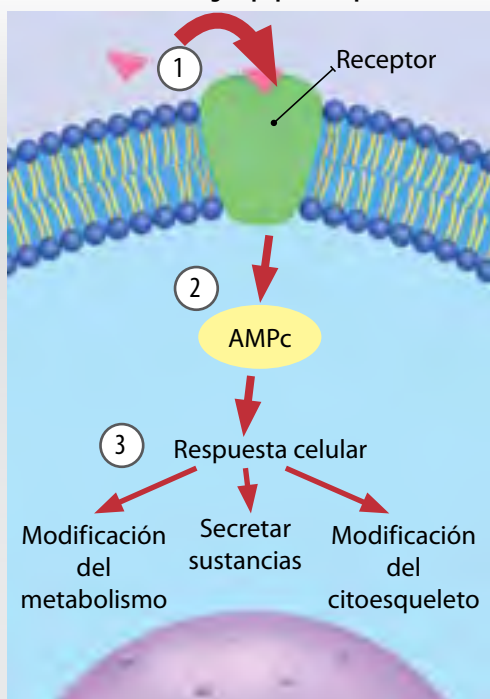
• Actividad 1 Síntesis

1. Elabora una tabla comparativa entre las glándulas exocrinas y endocrinas, de acuerdo con los siguientes criterios: descripción de su estructura, cómo y hacia dónde son transportadas las sustancias liberadas, y ejemplos.
2. Además del páncreas, averigua sobre otras glándulas anficrinas que estén presentes en el cuerpo humano.

Mecanismos de acción hormonal

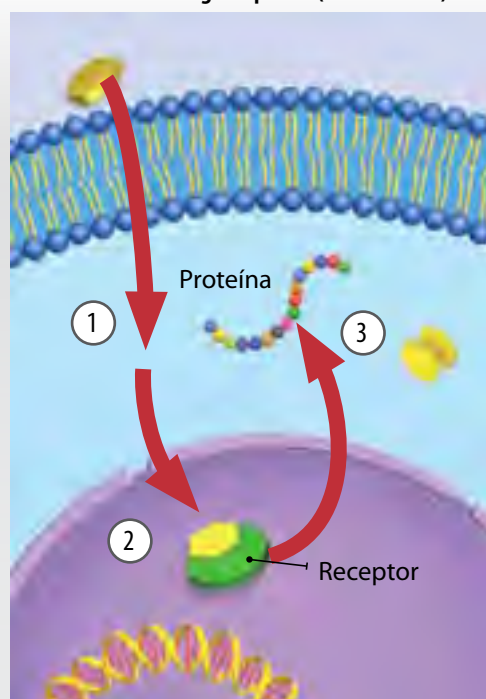
Las hormonas actúan sobre aquellas células que tienen receptores específicos para ellas, las llamadas células diana o blanco. Una hormona específica puede hacerlo solo sobre uno o algunos tipos celulares y en cada uno desencadenar respuestas diferentes. Existen dos mecanismos fundamentales que las hormonas emplean para ejercer su acción sobre las células diana: unión a receptores intracelulares y unión a receptores de membrana. Estos dependen de la naturaleza química de la hormona y de la ubicación de su receptor en la célula diana.

Hormonas de origen peptídico (proteicas)



1. Las hormonas peptídicas no pueden difundir a través de la membrana plasmática y, por lo tanto, sus receptores se ubican en la superficie externa de la membrana de la célula blanco.
2. La unión de la hormona al receptor desencadena una cascada de señales en el citoplasma de la célula.
3. La cascada de señales puede producir la modificación del metabolismo celular, aumentar o disminuir la secreción de sustancias, entre otras.

Hormonas de origen lipídico (esteroidales)



1. Las hormonas liposolubles atraviesan por difusión la membrana plasmática de las células diana y se unen a receptores ubicados habitualmente en el núcleo de la célula.
2. Al unirse la hormona con el receptor, se forma un complejo que activa la expresión de genes.
3. La activación de ciertos genes estimula la síntesis de una proteína que puede modificar el metabolismo celular, aumentar o disminuir la secreción de sustancias, entre otras.

Actividad 2 Síntesis

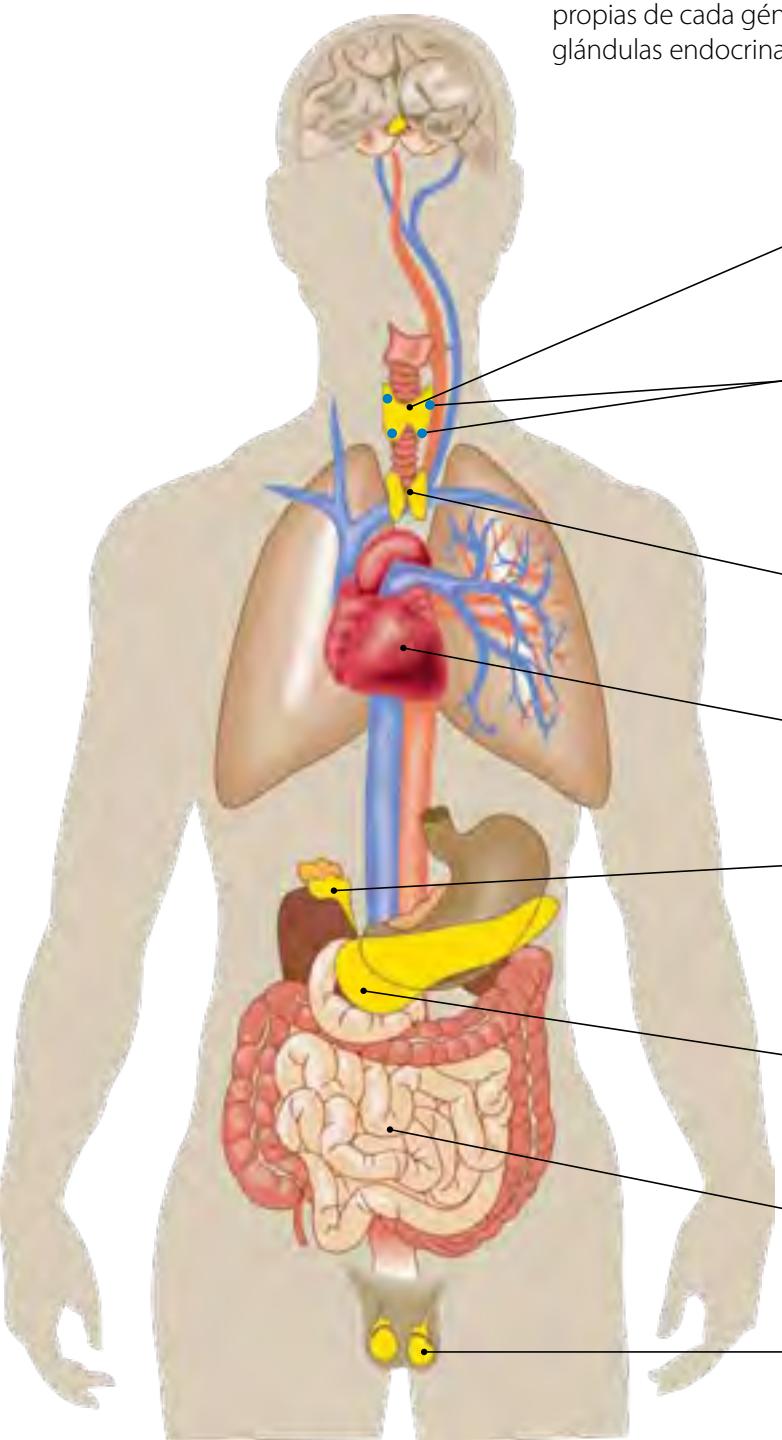
A partir de los mecanismos de acción hormonal, responde en tu cuaderno las siguientes preguntas.

1. ¿Qué tipo de hormona atraviesa fácilmente la membrana? ¿A qué crees que se debe esto?
2. ¿Qué sucedería con la acción de una hormona peptídica, si su receptor en la superficie celular se encuentra ocupado por otra sustancia?

Organización del sistema endocrino

El sistema endocrino es fundamental para el correcto funcionamiento del organismo humano, porque permite llevar a cabo variados procesos fisiológicos de coordinación entre algunas estructuras.

- Si bien hombres y mujeres tienen, en su mayoría, las mismas glándulas, existen algunos órganos como las gónadas (ovarios y testículos) y la placenta que son propias de cada género. En el siguiente esquema, se describen las principales glándulas endocrinas y sus hormonas.



Glándula tiroides. Está ubicada sobre la tráquea. Las hormonas que secreta son la tiroxina (T4) y la triyodotironina (T3), las cuales se encargan de regular el metabolismo celular.

Glándulas paratiroides. Son cuatro pequeñas glándulas ubicadas junto a la glándula tiroides en el cuello. Secretan paratohormona u hormona paratiroidea (PTH), cuya función principal es regular la concentración de calcio y fósforo en el organismo.

Timo. Órgano que se encuentra por detrás del esternón, entre los pulmones. Produce hormonas que estimulan la proliferación y maduración de los linfocitos T, encargados de la defensa del organismo frente a los microorganismos.

Corazón. En las aurículas se produce una hormona llamada péptido natriurético auricular, que aumenta la excreción de sodio y agua en la orina y dilata los vasos sanguíneos para reducir la presión arterial.

Glándula suprarrenal. Se encuentra adosada al extremo superior de los riñones. Secrete las hormonas aldosterona, cortisol, adrenalina, noradrenalina y andrógenos (hormonas sexuales).

Páncreas. Como órgano endocrino, el páncreas permite mantener la glicemia sanguínea dentro de rangos normales. Para esto, produce las hormonas insulina y glucagón. Se ubica detrás del estómago y conecta con el duodeno.

Tracto gastrointestinal. En el estómago y en el intestino delgado se secretan varias hormonas que regulan a las enzimas implicadas en la digestión de los alimentos, por ejemplo, la hormona gastrina.

Testículos. Órganos que se encuentran dentro del escroto y secretan la hormona testosterona, cuya concentración es mayor en el hombre y determina los caracteres sexuales masculinos. En los testículos también se producen los espermatozoides.



¿QUÉ OPINAS?

Algunas personas solicitan a los médicos que les prescriban hormona del crecimiento a sus hijos para que puedan optar a becas deportivas, pues estas requieren de cierta estatura y desarrollo que en condiciones normales probablemente no alcanzarían. ¿Qué responsabilidad crees que tienen al respecto las compañías biotecnológicas que producen estas hormonas? ¿Qué responsabilidad tenemos las personas? Averigua sobre los efectos negativos que el exceso de hormonas del crecimiento puede provocar en el ser humano.

Hipotálamo. Estructura nerviosa que funciona como glándula endocrina fundamental. Puede considerarse como un “director” para el sistema endocrino y, junto con la hipófisis, regula una gran cantidad de funciones en el cuerpo.

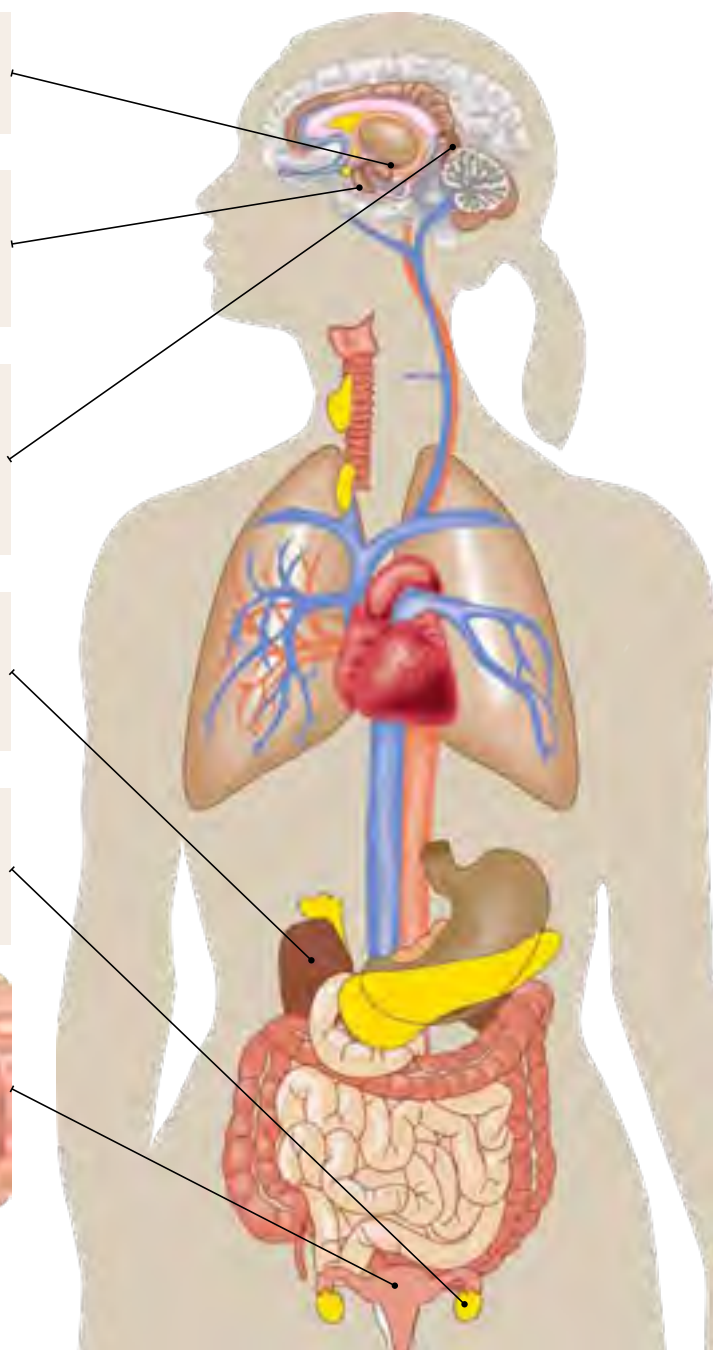
Hipófisis. Pequeña glándula ubicada en una estructura ósea situada en la base del cráneo, por debajo del hipotálamo, llamada silla turca. Entre sus funciones se encuentra coordinar a las demás glándulas endocrinas. Se divide en tres partes: **adenohipófisis, parte media y neurohipófisis**, cada una con diferentes funciones.

Glándula pineal. Se encuentra ubicada en el cerebro, cercana al hipotálamo y al cuerpo calloso. Su función es producir y secretar la hormona melatonina a partir del neurotransmisor serotonina. Esta hormona está relacionada con los ritmos biológicos, la regeneración celular, la regulación del sueño y la disminución del estrés, entre otras funciones.

Riñones. Órganos que liberan calcitriol, forma hormonal de la vitamina D, que permite la reabsorción de calcio de los alimentos para trasladarlo al torrente sanguíneo. En condiciones de hipoxia, liberan eritropoyetina, hormona que estimula la producción de eritrocitos. La eritropoyetina es también secretada, en menor grado, por el hígado.

Ovarios. Órganos ubicados en la cavidad pélvica. Forman parte del aparato reproductor femenino. Secretan las hormonas sexuales: estrógenos y progesterona. Los estrógenos permiten la proliferación celular del endometrio, y la progesterona prepara al útero para la implantación del embrión.

Placenta. Durante el embarazo, la placenta produce diferentes hormonas: gonadotropina coriónica humana, estrógenos, progesterona, relaxina y lactógeno placentario humano.



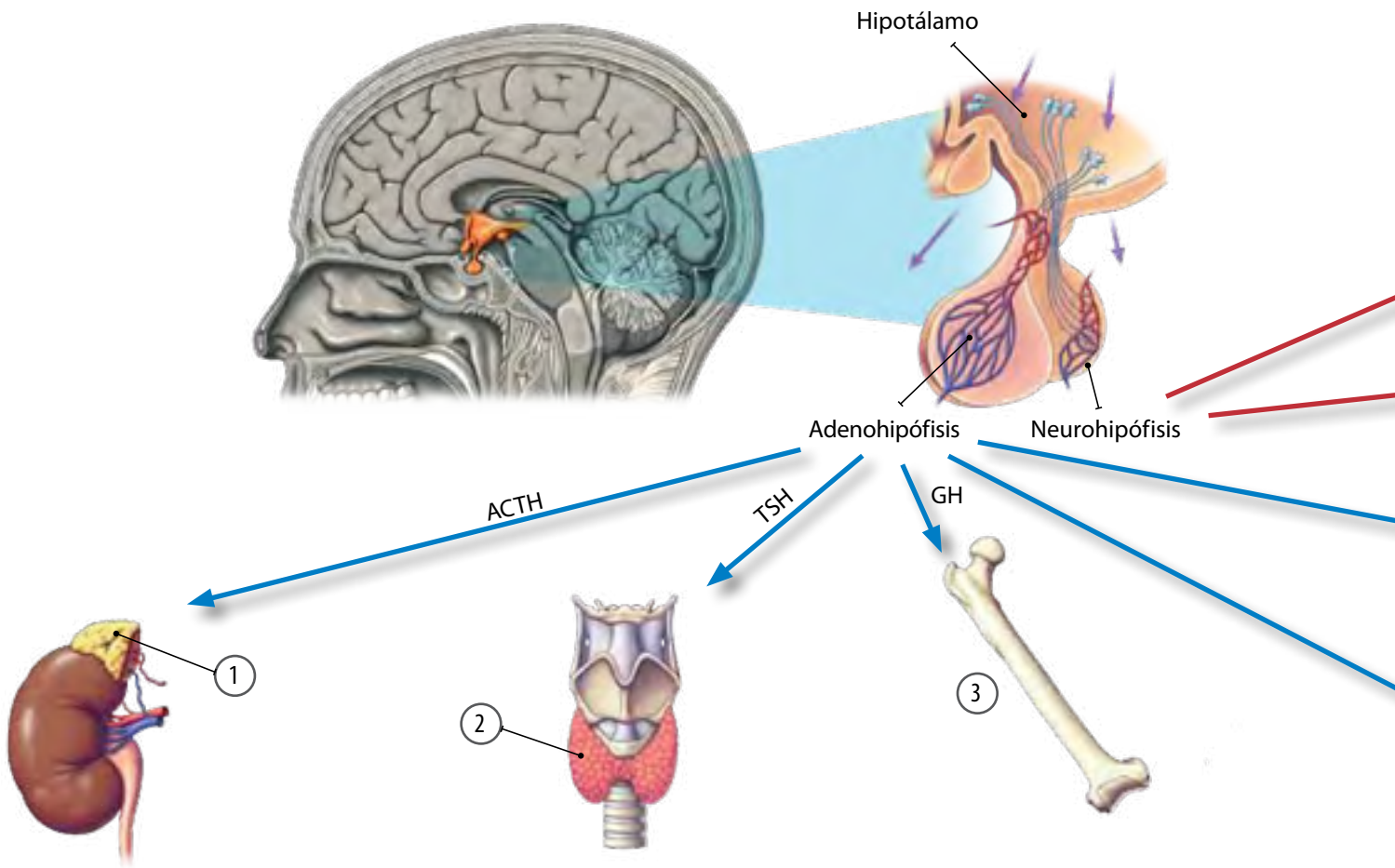
Eje hipotálamo - hipófisis

Apuntes:

Neurohormonas. Son sustancias producidas por neuronas y que se vierten a la sangre para ejercer su acción en una célula blanco.

Como ya señalamos en las páginas anteriores, el sistema endocrino está constituido por una serie de glándulas que en su gran mayoría están coordinadas por el hipotálamo. A continuación estudiaremos las principales características del hipotálamo y de las sustancias que secreta.

Hipotálamo. Se ubica en la base del cerebro y se conecta con la hipófisis, controlando la secreción de hormonas en esta glándula a través de neurohormonas. Estas últimas pueden ser de dos tipos: **factores liberadores**, si estimulan la secreción hormonal por parte de la hipófisis, o **factores inhibidores**, si la inhiben. Estos factores son transportados hasta la hipófisis por una red de vasos sanguíneos que se denomina sistema porta hipotalámico-hipofisiario.



1 Glándulas suprarrenales

La hormona adrenocorticotrofina (ACTH) es producida por la adenohipófisis y estimula las glándulas suprarrenales para producir glucocorticoides y andrógenos.

2 Glándula tiroides

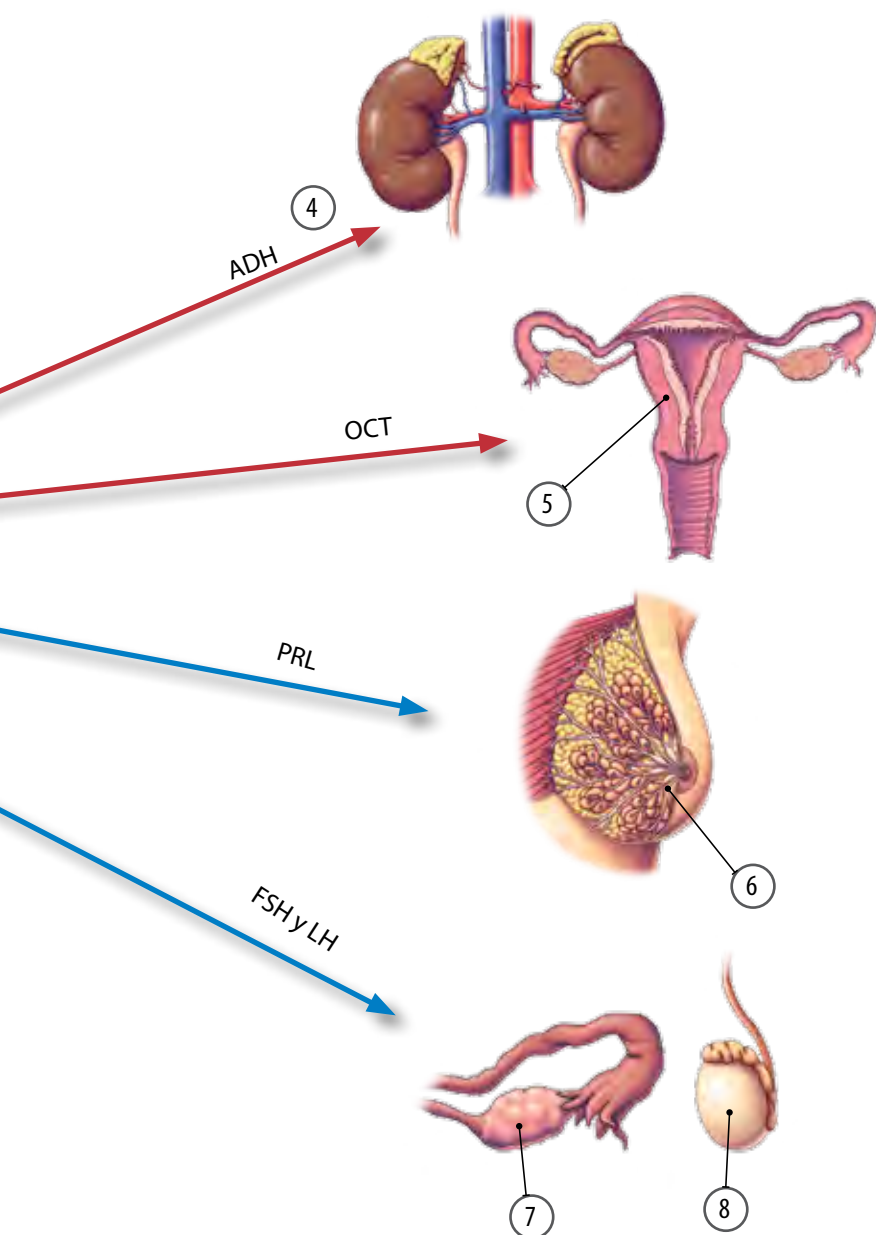
La hormona estimulante de la tiroides (TSH) es producida por la adenohipófisis y estimula la tiroides para producir triyodotironina y tiroxina (T3 y T4, respectivamente). Estas hormonas no tienen un órgano blanco específico, y en su lugar, aumentan el metabolismo de todas las células del cuerpo.

3 Huesos y músculos

La hormona del crecimiento (GH) es producida por la adenohipófisis y promueve el crecimiento esquelético y muscular. Además, promueve el metabolismo de las grasas.

Hipófisis. Se ubica bajo el hipotálamo; es muy pequeña y su masa es un poco menor a medio gramo. Está formada por tres partes, dos de las cuales son sus lóbulos principales: lóbulo anterior o **adenohipófisis** y lóbulo posterior o **neurohipófisis**. Es una glándula fundamental, pues regula la mayor parte de los procesos biológicos mediante las hormonas que secreta.

La adenohipófisis produce dos tipos de hormonas: las **tróficas**, que son las que estimulan la secreción de otras glándulas endocrinas, y las **no tróficas**, que actúan directamente sobre las células blanco. Por su parte, la neurohipófisis almacena y luego libera dos hormonas producidas por el hipotálamo: ADH (hormona antidiurética) y OCT (oxitocina).



4 Riñones

La hormona antidiurética (ADH) es producida en el hipotálamo, pero es almacenada y liberada en la neurohipófisis. Su función es estimular la reabsorción de agua en los riñones.

5 y 6 Útero y glándulas mamarias

La hormona oxitocina (OCT) es producida en el hipotálamo, pero al igual que la ADH, es almacenada y liberada en la neurohipófisis. Su función es estimular las contracciones durante el parto, y durante la lactancia facilita la salida de leche en respuesta a la succión.

6 Glándulas mamarias

La prolactina (PRL) es producida de manera abundante por la adenohipófisis solamente después del parto. Su función es estimular las glándulas mamarias para que se desarrollen y produzcan leche.

7 y 8 Ovarios y testículos

La hormona estimulante de folículos (FSH) y la hormona luteinizante (LH) son producidas en la adenohipófisis y estimulan las gónadas para producir gametos y hormonas sexuales. La liberación de estas hormonas está regulada por el factor liberador de gonadotrofinas (GnRH) producido en el hipotálamo.

---• Control de las secreciones hormonales

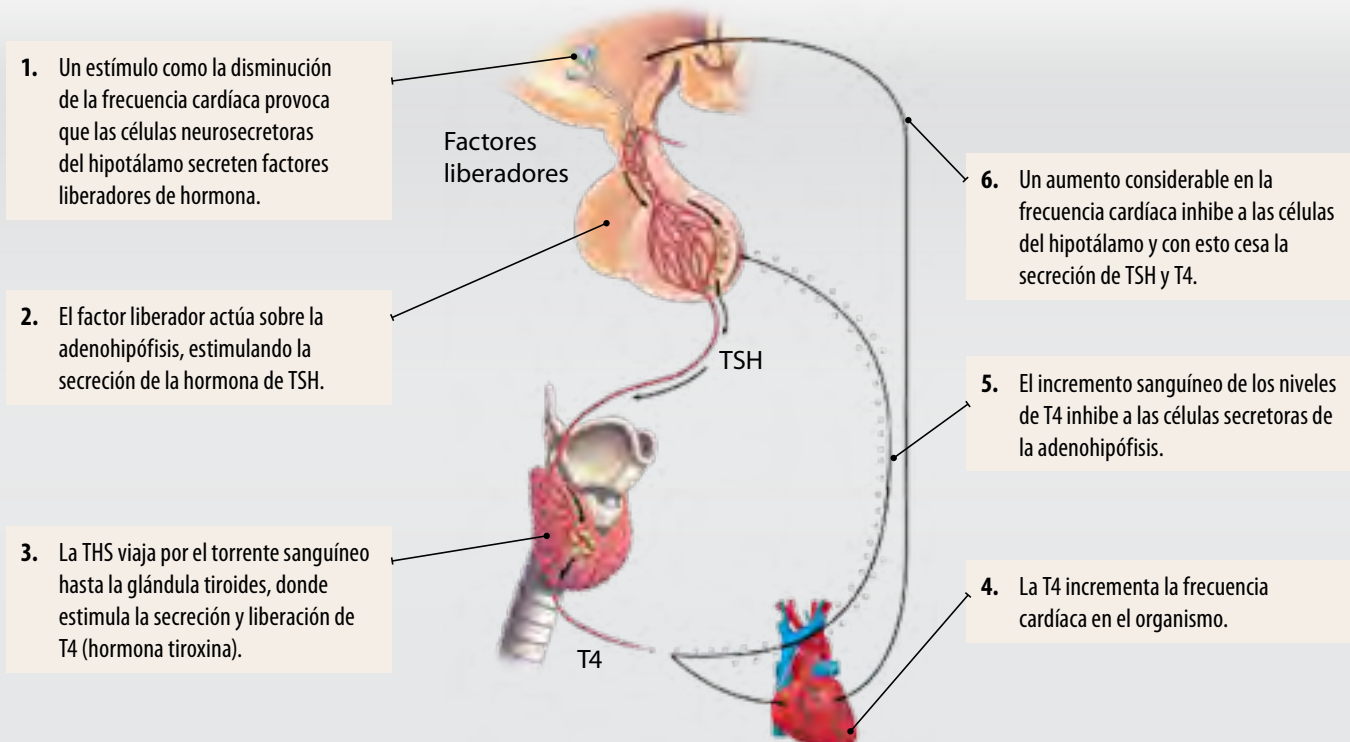
Para mantener el equilibrio del medio interno (homeostasis), la secreción de hormonas debe activarse y desactivarse según las necesidades del organismo. Si bien las hormonas se liberan a la sangre en pequeñas concentraciones, son capaces de generar importantes cambios en el funcionamiento del organismo. Por lo tanto, es necesario que su secreción esté finamente regulada para mantener la homeostasis. La coordinación entre el requerimiento de una hormona y su secreción se realiza mediante dos mecanismos de regulación: la **regulación humoral** y la **regulación nerviosa**.

Regulación humoral

Se basa en la detección de la concentración de las hormonas en la sangre o de las sustancias producidas en las células blanco, como respuesta. Este tipo de regulación incluye dos mecanismos: retroalimentación (o *feedback*) negativa y retroalimentación positiva.

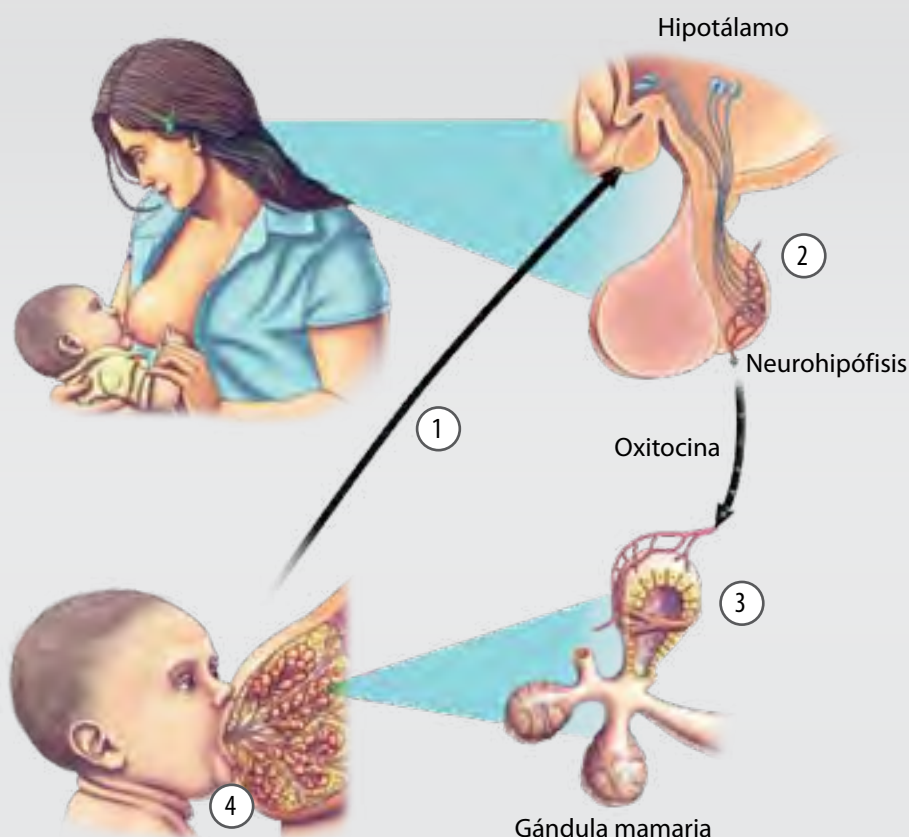
A. Retroalimentación negativa. Si la glándula endocrina detecta que la respuesta de la célula blanco (o la concentración hormonal circulante) es baja, se estimula la secreción por parte de la glándula. Por el contrario, si se produce un aumento en la respuesta de la célula blanco (o en la concentración hormonal circulante), se inhibe la secreción hormonal. La síntesis de la mayoría de las hormonas se regula a través de este mecanismo. A continuación se ilustra un ejemplo de retroalimentación negativa.

Retroalimentación negativa en la glándula tiroides



B. Retroalimentación positiva. En este caso, la respuesta de la célula blanco a la señal hormonal incrementa la secreción de la hormona por parte de la glándula endocrina. Este mecanismo actúa cuando se necesita alcanzar altos niveles de respuesta. Un ejemplo de este tipo de regulación es lo que ocurre con la secreción de oxitocina durante la lactancia, como se representa a continuación.

Retroalimentación positiva durante la lactancia



1. La succión del pezón por parte del lactante estimula en la madre las terminaciones nerviosas ubicadas en la piel; esta información viaja hasta el hipotálamo.

2. Las neuronas del hipotálamo vierten oxitocina en la neurohipófisis.

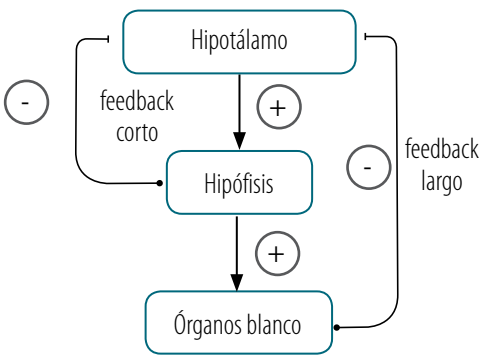
3. La oxitocina actúa sobre los músculos que rodean a las células contráctiles responsables de expulsar la leche.

4. Entre mayor sea la succión efectuada por el bebé, se liberará mayor cantidad de oxitocina, lo que aumenta la producción de leche.

Actividad 3 Análisis

Observa y analiza las imágenes que representan la regulación humoral (*feedback* positivo y *feedback* negativo). Luego responde las preguntas en tu cuaderno.

1. ¿En qué se diferencian, principalmente, los mecanismos de control hormonal descritos? **Explica.**
2. ¿En cuál de los dos mecanismos un aumento en la secreción por parte de la célula blanco inhibiría la secreción de la glándula endocrina? **Fundamenta.**
3. **Infiere** qué ocurriría con la función endocrina si por una falla sistémica los receptores de la célula blanco no reconocieran a la hormona en cuestión.



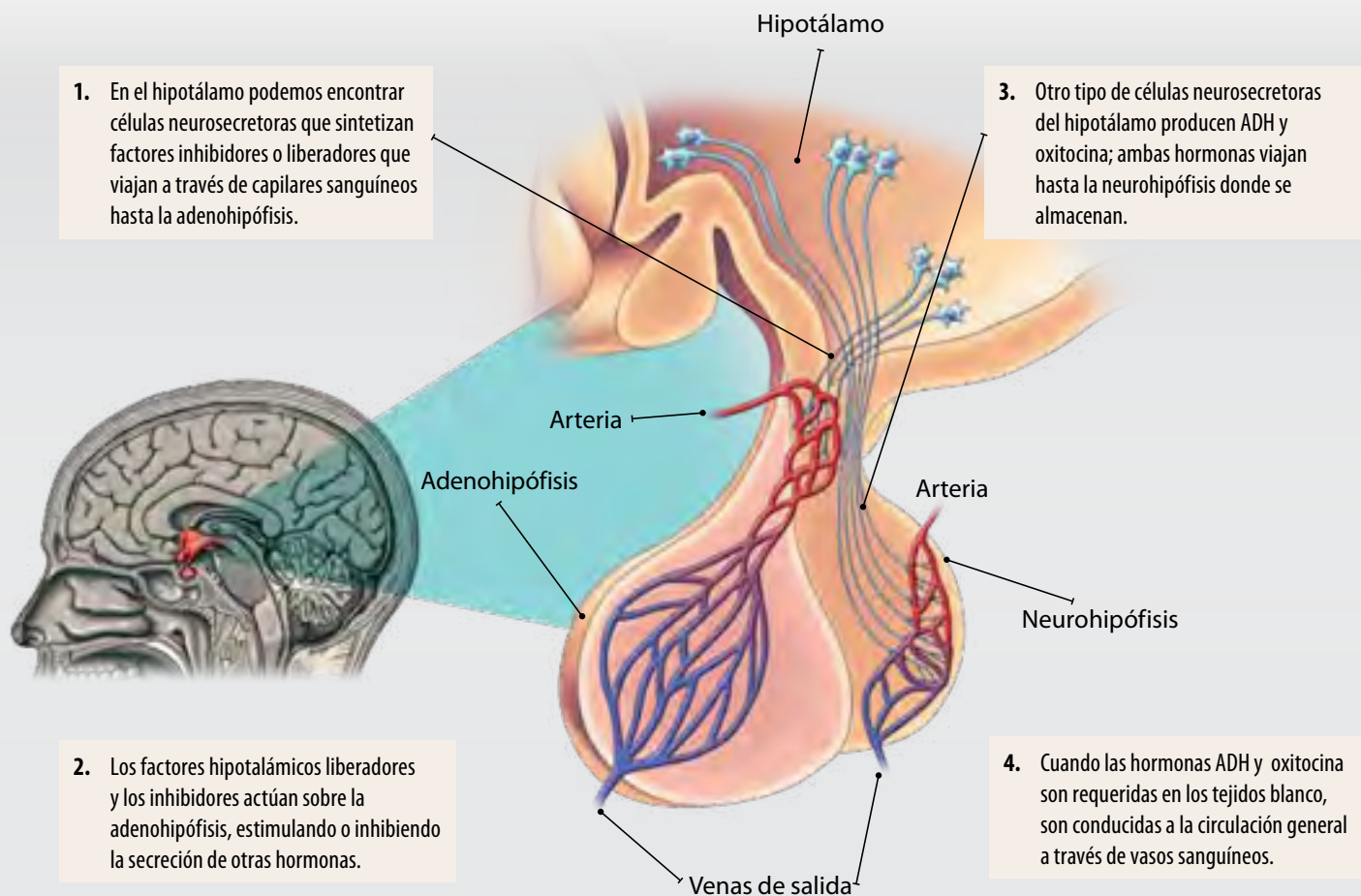
Regulación nerviosa

Este tipo de regulación utiliza factores reguladores, que liberan o inhiben la producción de hormonas en ciertos tejidos. Estos factores se producen en el hipotálamo y llegan a determinadas células blanco y luego desaparecen en la circulación.

Existen dos sistemas de retroalimentación, denominados cortos y largos. El primero actúa de manera local entre la hipófisis y el hipotálamo. El segundo, entre los órganos blanco y el hipotálamo.

A continuación se ilustra la relación que hay entre el hipotálamo y la hipófisis.

Regulación nerviosa



Actividad 4 Aplicación

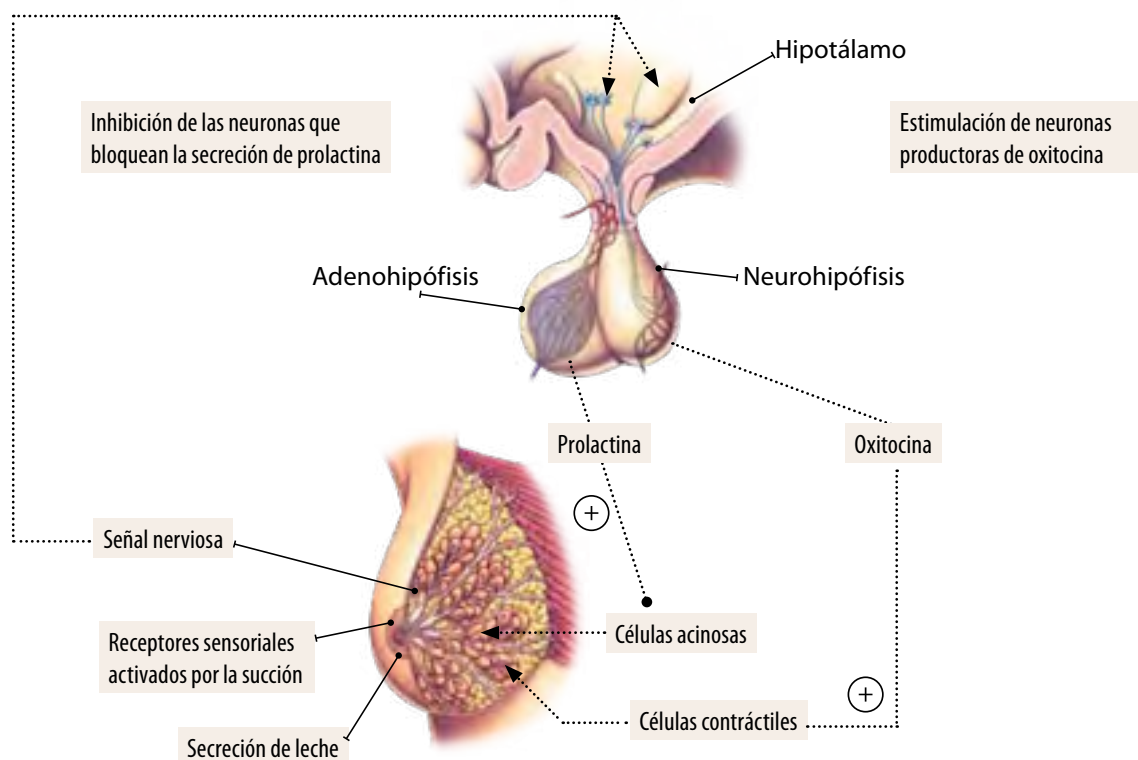
Lee y responde las siguientes preguntas relacionadas con el mecanismo de acción del eje hipotálamo-hipófisis..

1. ¿Qué ocurriría con la producción de hormonas si una lesión afectara al hipotálamo y dejara de enviar señales a la neurohipófisis? **Infiere.**
2. ¿Cuál es la importancia del eje hipotalámico-hipofisiario? **Fundamenta.**

1. Confecciona una tabla para registrar la relación entre glándulas endocrinas, hormonas producidas por ellas y su principal función.
2. Explica cómo una hormona que se produce en una glándula endocrina puede reconocer la estructura sobre la que tiene que actuar (su blanco).
3. Completa la siguiente tabla comparativa entre sistema nervioso y sistema endocrino.

	Sistema nervioso	Sistema endocrino
Compuesto por	Neuronas	a.
Señal	b.	Hormonas
Vía de transmisión	Por neuronas	c.
Objetivo	d.	Células de todo el cuerpo
Velocidad de respuesta	e.	f.

4. Observa y analiza el siguiente esquema, que representa el mecanismo de regulación de la lactancia. Luego responde las preguntas planteadas.



- a. ¿Qué factor determina la activación de la secreción de oxitocina y prolactina después del parto? Explica.
- b. ¿Qué células presentan receptores para oxitocina?, ¿cuáles para la prolactina?
- c. ¿Qué tipo de retroalimentación regula la producción de prolactina y oxitocina? Fundamenta.

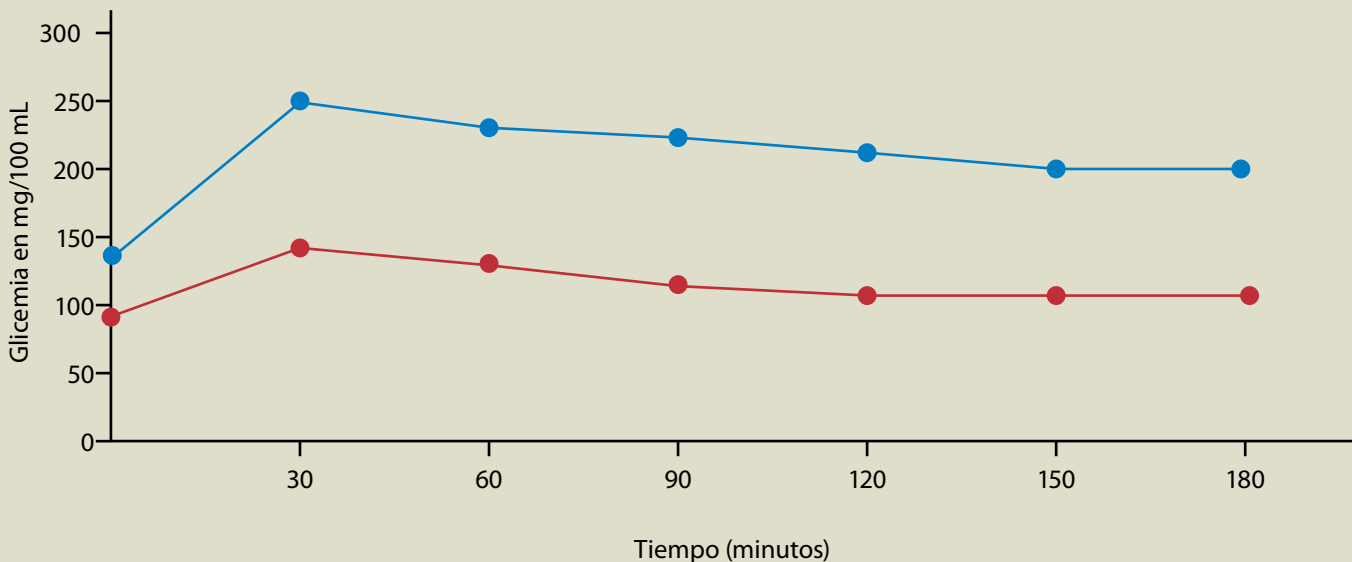
LECCIÓN 2: Trastornos hormonales

Debes recordar: glándulas endocrinas, hormonas, mecanismos de regulación hormonal.

Trabaja con lo que sabes

A veces sucede que una glándula endocrina produce exceso de una hormona, o bien lo hace en muy baja cantidad. Por ejemplo, cuando el páncreas de una persona no puede producir suficiente insulina, o cuando la insulina producida no es captada eficientemente por las células del organismo, la concentración de glucosa en la sangre (glicemia) no puede ser regulada ante una determinada ingesta de alimento, enfermedad conocida como diabetes.

En un estudio se eligieron dos grupos de personas: con y sin diabetes. A todas ellas se les dio de beber una solución azucarada y luego se les midió la glicemia (concentración de glucosa en la sangre) cada treinta minutos, durante tres horas. Los datos promedio obtenidos se muestran en el siguiente gráfico. Ten en cuenta que las con problemas para regular la glicemia muestran en ayunas una glicemia superior a los 140 mg/100 mL.



1. ¿Cuál de las curvas corresponde al grupo normal y cuál al **grupo diabético**?
2. ¿En cuál de los grupos se restablecen con más rapidez los valores de glicemia que tenían antes de ingerir glucosa? **Explica.**
3. ¿Qué crees que sucede con la secreción de insulina en este caso?
4. ¿En cuál de los grupos se presenta mayor variación en los valores de glicemia durante todo el período estudiado? ¿Por qué crees que pasa esto?

Propósito de la lección

En esta lección reconocerás cómo la alteración de algunas hormonas puede producir problemas que afectan la salud. Aprenderás a interpretar datos sobre las variaciones de los niveles de glucosa en la sangre y cómo dichas variaciones afectan el funcionamiento de tu cuerpo.

Control pancreático de la glicemia

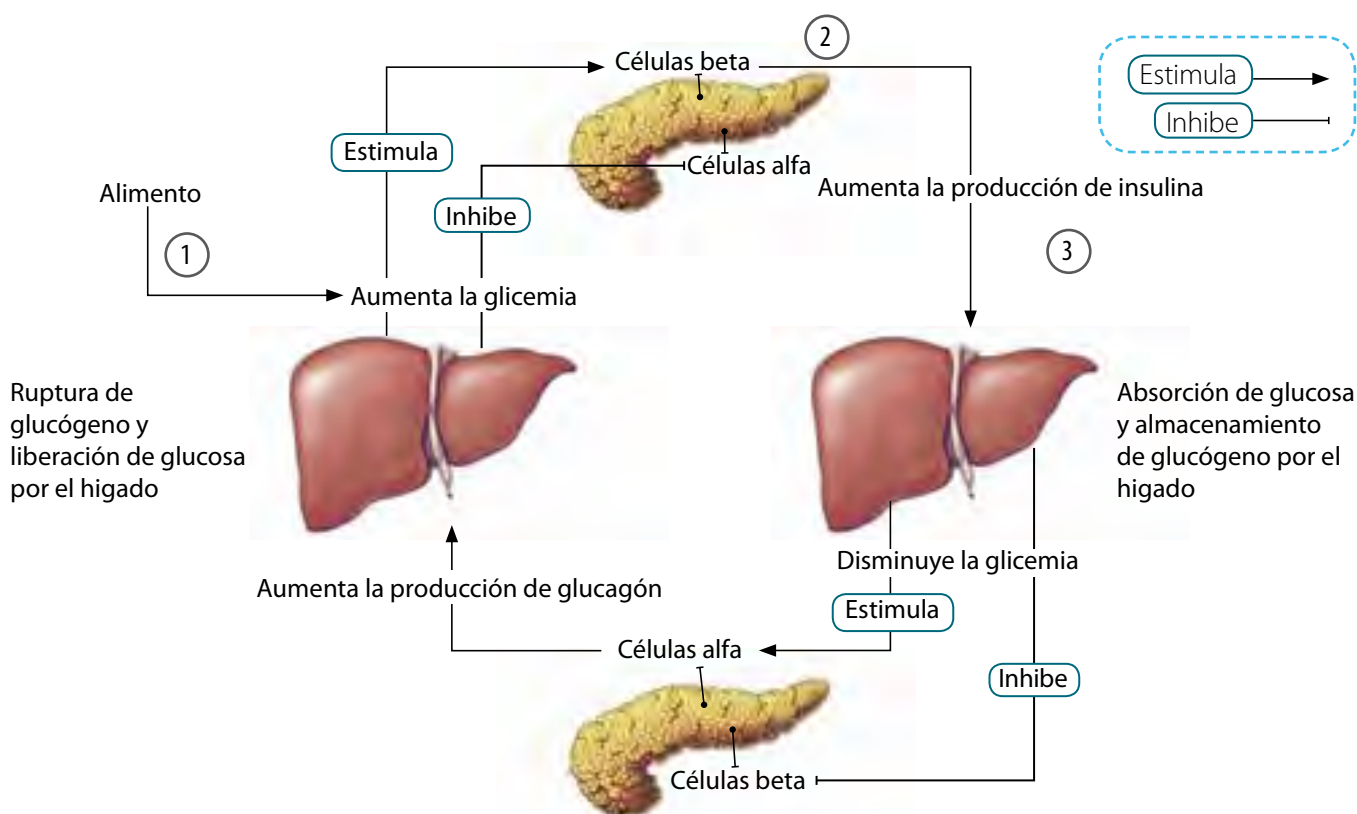
El páncreas es una glándula mixta, es decir, presenta características de las glándulas endocrina y exocrina. En su función exocrina produce enzimas digestivas que forman parte del jugo pancreático, el cual se vierte hacia el intestino a través del conducto pancreático.

Las células endocrinas del páncreas se hallan dispuestas en agrupaciones denominadas **islotos de Langerhans**. Estos contienen diferentes tipos de células que secretan hormonas diferentes: Las **células β** secretan **insulina**. Las **células α** secretan **glucagón**. Las **células δ** secretan **somatostatina**, mientras que las células restantes secretan otros tipos de péptidos.

A continuación se describen las funciones de dos de las hormonas mencionadas anteriormente en la regulación de los niveles de glucosa en la sangre: la insulina y el glucagón.

Para saber

En el páncreas hay aproximadamente un millón de islotos de Langerhans, y cada uno de ellos contiene cerca de 2 500 células. Sin embargo, a pesar del gran número de células, los islotos comprenden entre el 1 y el 2 % de la masa pancreática.



La insulina se secreta en respuesta a un aumento en la cantidad de glucosa circulante en la sangre. Su efecto es **hipoglicemiante**, es decir, facilita el ingreso y utilización de glucosa en las células, lo que disminuye los niveles de glucosa sanguínea. Además, la insulina estimula el almacenamiento de glucosa en forma de glucógeno en las células musculares y hepatocitos (células del hígado).

El **glucagón** ejerce un efecto contrario a la insulina. Esta hormona se secreta cuando la glicemia disminuye, estimulando la degradación del glucógeno almacenado en el hígado y en el músculo para obtener glucosa, la que se libera a la sangre. El glucagón ejerce un efecto **hiperglicemiante**, lo que aumenta la concentración de glucosa circulante.



Trastornos endocrinos del páncreas: diabetes mellitus

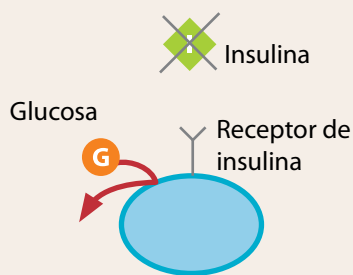
Los principales trastornos endocrinos están relacionados con una elevada concentración de glucosa en la sangre, hasta el punto en que el exceso de azúcar se excreta en la orina.

Esta enfermedad, conocida como **diabetes mellitus**, se debe a que el páncreas es incapaz de producir insulina, o a una imposibilidad del organismo, en especial de las células musculares, tejido adiposo y las células hepáticas, para reconocer la insulina circulante y, por lo tanto, de utilizar la glucosa que se encuentra en la sangre. Las personas diabéticas suelen manifestar, además, exceso de sed (polidipsia), de ingesta de alimentos (polifagia) y de orina (poliuria). Se reconocen dos tipos de diabetes mellitus: tipo I y tipo II.

- ▲ La diabetes es una enfermedad de convalecencia prolongada y causa una muerte temprana si no se trata adecuadamente. Las inyecciones de insulina que se colocan diariamente los diabéticos del tipo I son parte de una tecnología que les facilita realizar sus actividades sin problemas.

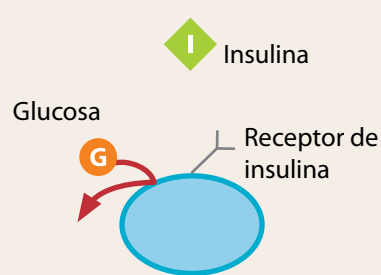
Diabetes mellitus dependiente de insulina o diabetes tipo I.

Se produce cuando el páncreas no puede producir insulina o la produce en cantidad insuficiente debido a la destrucción o daño de las células β pancreáticas. De esta forma, la glucosa sanguínea no puede ser incorporada a la célula.



Diabetes mellitus resistente a la insulina o diabetes tipo II.

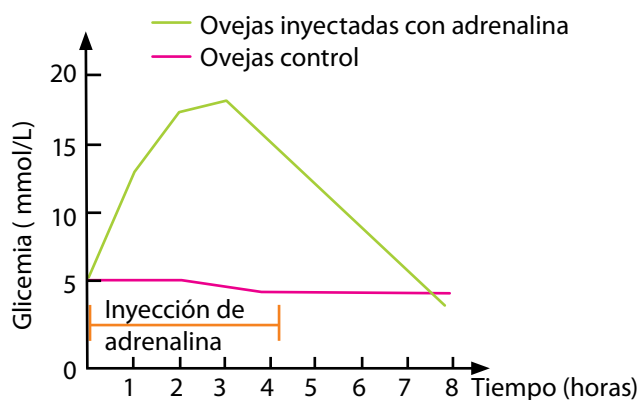
Se produce cuando el páncreas secreta insulina normalmente, pero los receptores de insulina de los tejidos blanco no son capaces de detectarla y por lo tanto las células no incorporan la glucosa disponible.



Actividad 5 Análisis

Analiza el siguiente gráfico y luego responde las preguntas planteadas.

1. ¿Qué ocurre con la concentración de la glucosa en la sangre de las ovejas inyectadas con adrenalina en comparación con las ovejas control?
2. ¿Por qué creen que en situaciones de estrés se produce aumento de glucosa en la sangre?, ¿qué importancia tiene esto?
3. ¿Por qué una vez alcanzado el nivel más alto (*peak*) de glicemia, este baja a valores normales?



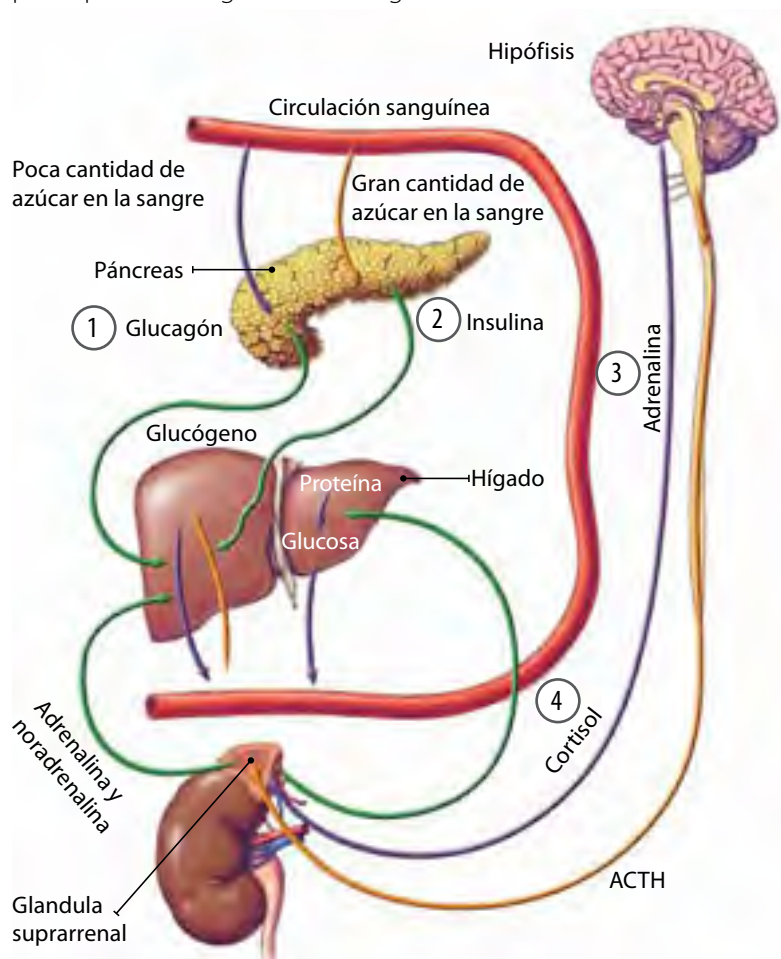
	Diabetes tipo I (dependiente de insulina)	Diabetes tipo II (resistente a la insulina)
Edad de desarrollo	Antes de los 35 años.	Después de los 45 años.
Síntomas y signos	Síntomas derivados de la hiperglicemia: volumen excesivo de orina, sensación de hambre y sed, delgadez, debilidad y falta de concentración.	No se presentan síntomas hasta que la diabetes progresa, momento en que empiezan a manifestarse: aumento de la sed y orina, irritación ocular, exceso de peso.
Tratamiento	Inyecciones diarias de insulina, dieta controlada, ejercicio.	Dieta controlada, fármacos hipoglicemiantes, en algunos casos insulina.

Efecto de otras hormonas en la glicemia

La mantención de un nivel adecuado de glucosa en la sangre es fundamental para el correcto funcionamiento de nuestro organismo, y como viste en la página 121, la glicemia está regulada principalmente por la **insulina** y el **glucagón**. Sin embargo, ante una falta de glucosa en la sangre, las hormonas **adrenalina** y **cortisol** también contribuyen a aumentar la glicemia.

Como puedes darte cuenta, solo la insulina cumple la función de disminuir la concentración de glucosa en la sangre, de modo que desempeña un rol mucho más determinante en la mantención de la glicemia normal de nuestro cuerpo.

A continuación se representa cómo las hormonas mencionadas anteriormente participan en la regulación de la glicemia.



1 Glucagón

Cuando disminuye la glicemia, las células alfa del páncreas secretan glucagón. Esta hormona estimula la descomposición del glucógeno en glucosa y su posterior liberación desde el hígado hacia el torrente sanguíneo.

2 Insulina

Cuando las concentraciones de glucosa aumentan, las células beta del páncreas secretan insulina y estimulan la absorción de glucosa por parte de los tejidos. Además, esta hormona promueve el almacenamiento de glucosa en el hígado, células musculares y tejido adiposo.

3 Adrenalina

Hormona secretada por las glándulas suprarrenales en respuesta a situaciones de estrés. Actúa elevando las concentraciones de glucosa en la sangre e inhibiendo la acción de la insulina.

4 Cortisol

Hormona secretada por la glándula suprarrenal. Se produce en respuesta al estrés y a niveles bajos de glucosa en la sangre.

Minitaller

Organizar e interpretar datos y formular explicaciones

Los diagnósticos de diabetes mellitus tipo I se han incrementado a nivel mundial. Un grupo de científicos llevó a cabo un estudio para conocer la tasa de incidencia de esta enfermedad en menores de 15 años que residen en la Región Metropolitana, donde se concentra la mayor cantidad de la población del país (40 %).

Este estudio contempló a jóvenes que fueron diagnosticados con diabetes mellitus tipo I desde un inicio, es decir, que necesitaron utilizar insulina desde el comienzo de su enfermedad, y se obtuvieron los siguientes resultados.

Número de casos de diabetes mellitus tipo I diagnosticados en Santiago, de acuerdo a sexo y edad, entre los años 2001 y 2004.

	2001		2002		2003		2004	
Edad	F	M	F	M	F	M	F	M
0-4	5	8	4	3	9	11	14	14
5-9	14	15	14	17	17	34	33	24
10-14	19	30	17	29	23	20	21	23
Total	38	53	35	49	49	65	68	61

Fuente: Carrasco, E. y otros "Incidencia de diabetes tipo I en Santiago de Chile". Revista Médica de Chile; 134: 1258-1264. 2006.

1. Elabora cuatro gráficos de barras que representen la cantidad de pacientes diagnosticados por edad y por sexo de acuerdo a cada año. Puedes utilizar una planilla de cálculo si lo consideras pertinente.
2. ¿Cuál fue el problema de investigación que se plantearon los especialistas?, ¿cuál habrá sido su hipótesis?
3. ¿Por qué crees que solo se incluyeron pacientes que fueran diagnosticados en primera instancia con diabetes mellitus tipo I? Explica.
4. A partir de los gráficos, describe cómo ha sido el desarrollo de esta enfermedad en el transcurso de los años.
5. ¿Existe relación entre la edad de los pacientes y el desarrollo de esta enfermedad? Explica.
6. ¿Quiénes son más afectados de diabetes mellitus tipo I: hombres o mujeres?, ¿es posible establecer una diferencia significativa entre los pacientes de diferentes sexos? Fundamenta.
7. ¿Qué problemas de salud podrían afectar a los pacientes que sufren esta enfermedad?, ¿qué tratamientos se utilizan para evitarlos?
8. Prepara un informe de la actividad realizada. Guíate por la sección Informe de laboratorio.

Trastornos hormonales

Cuando no hay un adecuado balance en el sistema endocrino, se desarrollan enfermedades que afectan la homeostasis, y que se conocen como trastornos hormonales. Estos desórdenes pueden deberse a una disminución de la secreción hormonal normal (hiposecreción) o a un exceso de secreción hormonal (hipersecreción). A continuación revisaremos algunos ejemplos.

Trastornos en la secreción de la hormona del crecimiento	
Enanismo hipofisiario	La hiposecreción de GH durante la infancia provoca esta enfermedad en la que el crecimiento de los huesos es lento y se detiene antes de que estos alcancen un tamaño dentro del rango normal.
Gigantismo hipofisiario	Esta enfermedad se debe a una hipersecreción de GH durante la infancia. Los huesos largos alcanzan una longitud superior al rango normal.
Acromegalia	Esta enfermedad se produce cuando la hipersecreción de GH ocurre durante la etapa adulta. En ella, los huesos largos ya no pueden crecer más, pero sí aumenta el grosor de los huesos de las manos, pómulos y mandíbulas y también crecen otros tejidos, como los de la lengua, los párpados y algunos tejidos cartilaginosos, especialmente el nasal y el de las orejas.



▲ Hombre de estatura normal junto a una persona con gigantismo.

Glándula tiroides

Produce dos hormonas que se sintetizan sobre la base del aminoácido tirosina: la tiroxina o T4, que contiene cuatro átomos de yodo, y la triyodotironina o T3, que contiene tres átomos de yodo y es la más activa de las dos.

Estas hormonas viajan por la sangre unidas a proteínas específicas. Al unirse a sus receptores intracelulares, regulan la expresión de genes específicos, relacionados con el metabolismo energético, el crecimiento y el desarrollo.

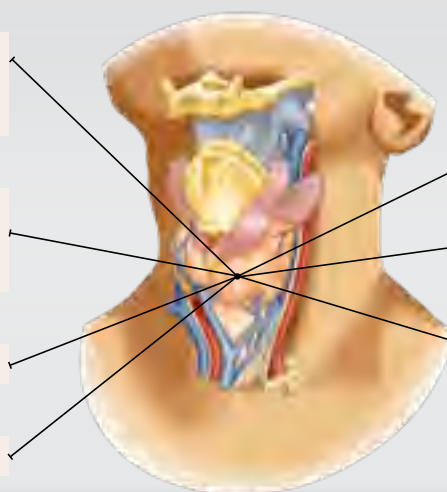
Efecto de las hormonas tiroideas entre el organismo

Incrementan la producción de ATP en las células, y por lo tanto, su consumo de oxígeno.

Aumentan la generación de calor, contribuyendo a mantener la temperatura corporal.

Promueven el metabolismo de grasas.

Estimulan la síntesis de proteínas.



Aumentan el consumo de glucosa para producir ATP.

En conjunto con la hormona del crecimiento y la insulina, provocan el crecimiento del cuerpo.

Son importantes para el desarrollo normal del tejido nervioso.

Trastornos de la glándula tiroides

Dietarios

Bocio

Es el aumento exagerado del tamaño de la tiroides. Puede deberse a distintos trastornos, pero es común cuando el consumo de yodo en la dieta es insuficiente. La disminución de las hormonas tiroideas en la sangre provoca una hipersecreción de TSH, lo que causa el aumento del tamaño de esta glándula.

Hiposecreción de hormonas tiroideas (hipotiroidismo)

Cretinismo

Trastorno producido por la hipersecreción de glucocorticoides, lo que produce una piel y tejidos subcutáneos delgados, músculos poco desarrollados, acumulación de grasa abdominal y dificultad en la cicatrización, lo que puede producir en algunos casos equimosis (manchas en la piel) y hematomas.

Mixedema

Cuando la hiposecreción se produce en la adultez, se originan trastornos como la acumulación de líquidos intersticiales (edema), especialmente en el rostro. Disminuye la frecuencia cardíaca y hay baja temperatura corporal. Existe la sensación de cansancio y debilidad. Como el sistema nervioso ya está desarrollado, no aparece retraso mental, pero puede haber alteraciones de algunas funciones mentales.

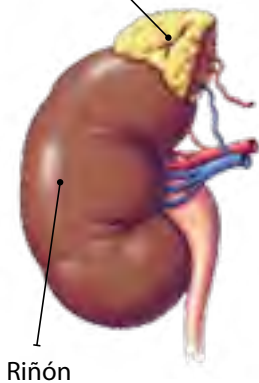
Hipersecreción de hormonas tiroideas (hipertiroidismo)

Enfermedad de Graves.

Es una enfermedad de origen autoinmune y es la forma más frecuente de hipertiroidismo. La mayor cantidad de hormonas tiroideas que se producen en este caso aumenta el metabolismo energético en las células, por lo que se incrementan la producción de calor y el consumo de alimentos. Los pacientes presentan sudoración excesiva, adelgazan a pesar de comer bastante, sufren de insomnio, nerviosismo y temblor al extender los dedos de las manos. En los casos más graves, se produce una prominencia anormal de uno o ambos ojos, ocasionada por un edema en su parte posterior, efecto denominado exoftalmia.

• Glándulas suprarrenales

Glándula suprarrenal



Riñón

Como sabes, las glándulas suprarrenales son pequeñas y se sitúan sobre los riñones.

Trastornos en las glándulas suprarrenales

Enfermedad de Addison

Trastorno producido por la **hiposecreción** de aldosterona y glucocorticoides. La pérdida de Na^+ y el aumento de K^+ en el plasma causan baja presión sanguínea, deshidratación, disminución del gasto cardíaco, además de letargo mental, anorexia, náuseas y vómitos, pérdida de peso y debilidad muscular.

Síndrome de Cushing

Trastorno producido por la **hipersecreción** de glucocorticoides, lo que produce una piel y tejidos subcutáneos delgados, músculos poco desarrollados, acumulación de grasa abdominal y dificultad en la cicatrización, lo que puede producir en algunos casos equimosis (manchas en la piel) y hematomas.

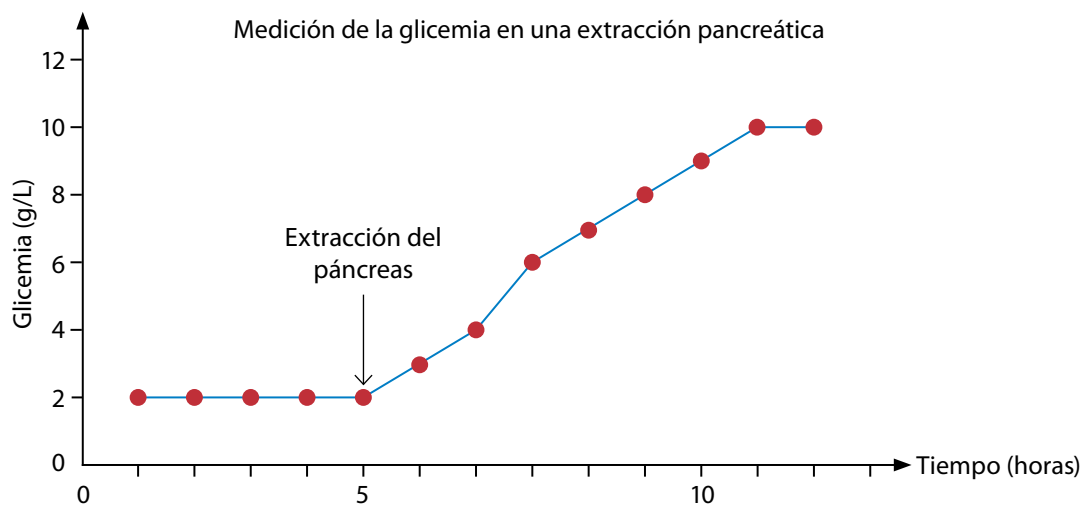
Actividad 6 Reflexión

1. Investiga sobre el tratamiento con la hormona del crecimiento que recibió el conocido futbolista argentino Lionel Messi. Comenta con tus compañeros acerca de los beneficios de utilizar correctamente esta hormona.
2. Busca información en diversas fuentes sobre los efectos negativos de utilizar la hormona del crecimiento en personas cuya concentración hormonal de GH es normal.

1. Completa la siguiente tabla resumen.

Glándulas endocrinas	Hormonas	Función
	Estrógeno	
Neurohipófisis		
	Insulina y glucagón	
Paratiroides		
	Tiroxina	
Glándula suprarrenal		
	Hormona antidiurética	
Adenohipófisis		
	Testosterona	

2. El siguiente gráfico muestra la concentración de glucosa en la sangre de un animal al que se le extrajo el páncreas. De acuerdo con la información que entrega, responde las preguntas.

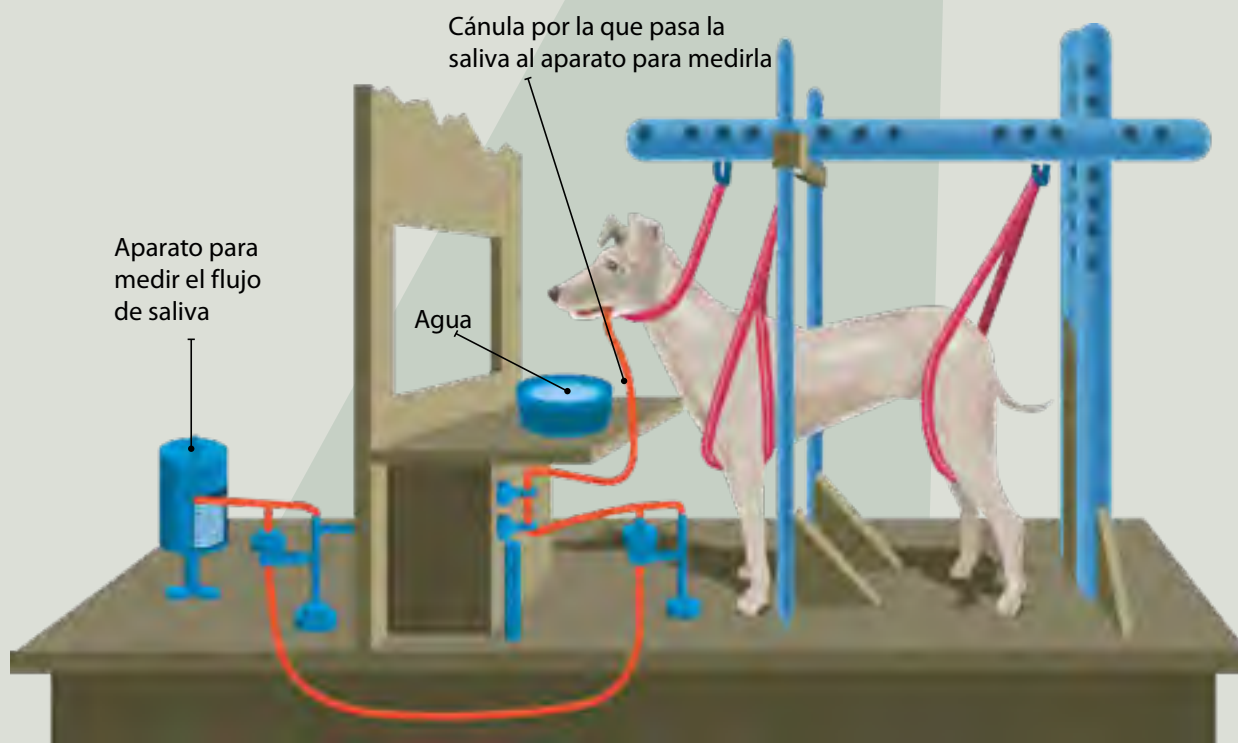


- Elabora** una tabla con los datos presentes en el gráfico. Identifica cuáles son las variables dependiente e independiente.
 - Explica** por qué la curva de resultados tiene la forma representada en el gráfico.
 - Interpreta** qué efecto tiene la extracción del páncreas.
 - Predice** si es posible o no restablecer la glicemia normal en este animal? Si lo es, ¿de qué manera se puede lograr?
3. Busca información en diferentes fuentes y responde las siguientes preguntas.
- ¿Cómo actúan los corticoides que se suministran a las personas que padecen enfermedades como el asma, la artritis y el lupus? ¿Por qué su consumo debe ser muy controlado?
 - Explica** cuál es el rol de la aldosterona en el control de la presión sanguínea.
 - Investiga** sobre los tratamientos para el síndrome de Cushing y la enfermedad de Addison.

Un experimento clásico: el mecanismo de la secreción del páncreas

Antecedentes

Ivan Petrovich Pavlov fue un médico ruso que vivió entre 1849 y 1936. Era un investigador curioso, y entre sus observaciones notó que los perros solían salivar apenas oían los pasos de su dueño. Ese estímulo era suficiente. ¿Cómo era eso posible, si para que las glándulas salivales produjeran saliva era necesario el contacto del alimento con la lengua? Entonces, el investigador se planteó si sería posible provocar la producción de la saliva en los perros con algún otro estímulo que no fuera la llegada de sus amos ni el contacto de la comida con la lengua. Es decir, ¿podría el perro aprender y responder a un estímulo diferente? Con esa idea, diseñó un experimento que consistía en los siguientes pasos:



1. Acostumbrar al perro a la situación experimental.

Para lograrlo, se lo colocó durante varios días en una sala cerrada y atado con un arnés. También se le realizó una pequeña abertura en la quijada, cerca de las glándulas salivales, las que se conectaban a un recipiente a través de una cánula.

3. Exponer al perro a dos estímulos simultáneos durante varios días.

Pavlov pensó en tocar una campana (a este estímulo lo denominó "neutral") al mismo tiempo que le presentaba la comida al animal (a este estímulo lo denominó "incondicionado"). Luego de repetirlo durante varios días, midió la producción de saliva del perro en cada ocasión.

2. Registrar la respuesta del perro ante la comida.

Midió la producción de saliva al darle de comer.

4. Exponer al perro únicamente al estímulo neutral.

Una vez transcurrido un tiempo de realizar el paso anterior, expuso al animal solo al sonido de la campana. Como resultado obtuvo producción de saliva, aun sin mostrarle la comida.

Los resultados obtenidos por Pavlov se resumen en la siguiente tabla:

	Estímulo	Respuesta
Antes del entrenamiento	Comida	Salivación
Durante el entrenamiento	Sonido de la campana	No hubo respuesta
Después del entrenamiento	Sonido de la campana + comida	Salivación

A comienzos del siglo XX, los fisiólogos ingleses William Bayliss y Ernest Starling investigaban el funcionamiento del páncreas y su acción en la digestión. En el caso de la producción de jugos pancreáticos, se pensaba que probablemente el ingreso de los alimentos en el intestino delgado estimulaba ciertas terminaciones nerviosas, las que retransmitían el mensaje al páncreas por medio del cerebro o de la médula.

Procedimientos y resultados

Para probar esa teoría, Bayliss y Starling cortaron todos los nervios que llegaban al páncreas del perro, y para su sorpresa, observaron que seguía secretando jugo pancreático en el momento en que el perro comenzaba a comer.

Bayliss y Starling continuaron investigando en busca de otro sistema de comunicación y finalmente lograron identificar una sustancia que al ser inyectada en la sangre estimulaba la secreción de jugos en el páncreas denervado de un animal, aunque este no estuviera comiendo.

Análisis e interpretación de evidencias

1. ¿Has observado alguna vez que cuando tienes ante ti una comida apetitosa, empiezas a salivar? ¿A qué crees que se debe esto?
2. ¿Cuál es el problema que da origen a la investigación de Pavlov?
3. ¿Cuál podría haber sido la hipótesis planteada por Pavlov en su experimento?
4. ¿Cuáles fueron las variables dependientes e independientes en los experimentos de Pavlov y de Starling y Bayliss?
5. ¿Cómo explicarías que el perro siguiera produciendo saliva incluso cuando no se le mostraba la comida?
6. ¿Infieres cuál es el mecanismo que estimula al páncreas y genera la liberación del jugo digestivo?
7. ¿Cómo explicarías que el páncreas continuara produciendo jugo pancreático incluso después de cortados todos los nervios que llegaban a él?
8. ¿Qué experimento permite explicar de mejor manera el control de las secreciones digestivas: el del científico ruso Ivan Pavlov o el de los ingleses Bayliss y Starling? Explica.
9. ¿Cuál crees que fue el aporte de las investigaciones realizadas por Pavlov, Bayliss y Starling?

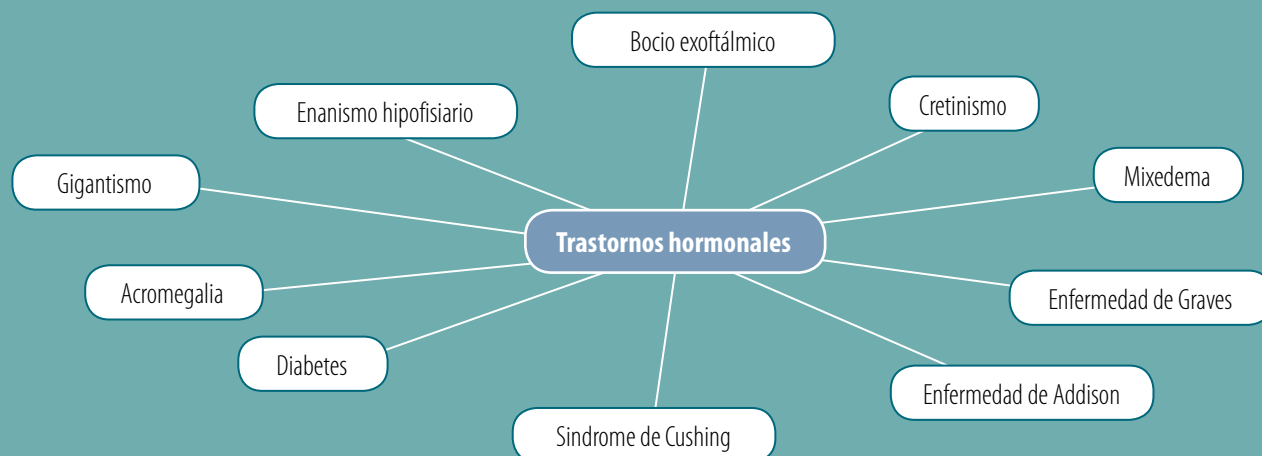
Comunicación de resultados y proyecciones

10. **Elabora un informe** de laboratorio utilizando un procesador de texto. Si necesitas ayuda, revisa el anexo 6 de la página 250 del texto. Luego, envía el informe por correo electrónico a tu profesor.

EVALUACIÓN INTERMEDIA

Organiza lo que sabes

Los mapas de ideas sirven para organizar la información y saber cómo esta se desglosa en diferentes subtemas. No representa jerarquías entre ellos.



Ahora construye un mapa de ideas utilizando los siguientes conceptos:

1. Sistema endocrino
2. Hormonas peptídicas
3. Glándulas endocrinas
4. Hormonas peptídicas
5. Retroalimentación positiva
6. Retroalimentación negativa
7. Hipotálamo
8. Hipófisis

Actividades

Realiza las siguientes actividades

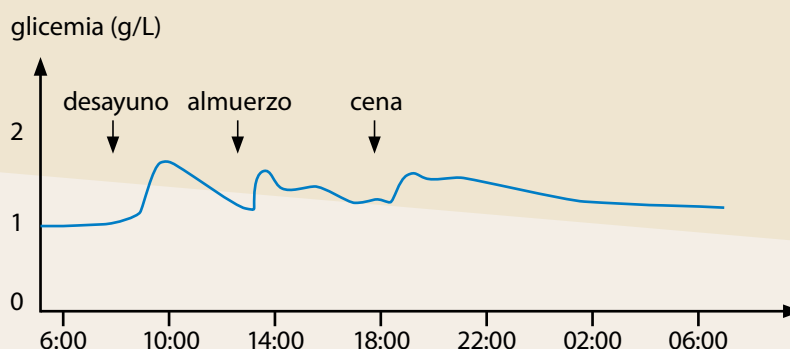
1. Con el fin de analizar el mecanismo regulador de la glicemia, unos estudiantes le inyectaron a una rata una sustancia que destruye las células beta del páncreas.
 - a. **Predice** los efectos que se podrían evidenciar luego de dos semanas.
 - b. **Identifica** las hormonas que intervienen en el control de la glicemia. Describe el mecanismo de regulación mediante un esquema.
 - c. **Explica** por qué los exámenes médicos de perfil glicémico requieren que el paciente esté en ayunas y que se le administre ciertas dosis de glucosa.
 - d. **Describe** lo que sucede con los niveles de glucosa de una persona que consume un almuerzo rico en carbohidratos. ¿Cómo responde el organismo? ¿Qué hormonas intervienen?

2. A dos personas se les dio a beber una solución azucarada, y se registraron los contenidos de glucosa en la sangre de ambas durante un lapso de tres horas. Los datos obtenidos fueron los siguientes:

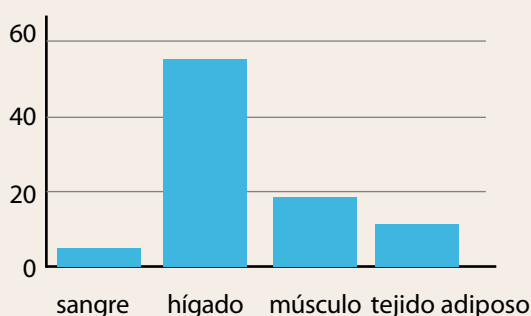
Tiempo	Glucosa (mg/100 mL)	
	Persona A	Persona B
0	98	145
30	142	190
60	130	188
90	120	185
120	115	180
180	100	176

- a. **Grafica** el comportamiento de los niveles de azúcar entre ambas personas.
- b. **Explica** a qué se podrían deber las diferencias en los niveles de azúcar.

3. El siguiente gráfico muestra los registros de glicemia en sujetos sanos obtenidos en forma continua durante 24 horas.



- a. **Describe y explica** la evolución de la glicemia durante las 24 horas (valor promedio, amplitud de las variaciones respecto de la media, influencia de las comidas, en reposo nocturno).
- b. **Relaciona** los niveles de insulina y glicemia a partir de los datos analizados.
4. El siguiente gráfico muestra el resultado de un experimento en el que se da a comer glucosa radiactiva a un ratón y luego se la rastrea en diferentes órganos. Los resultados muestran el porcentaje de glucosa radiactiva medido en distintos órganos 2 horas después de ingerirla.

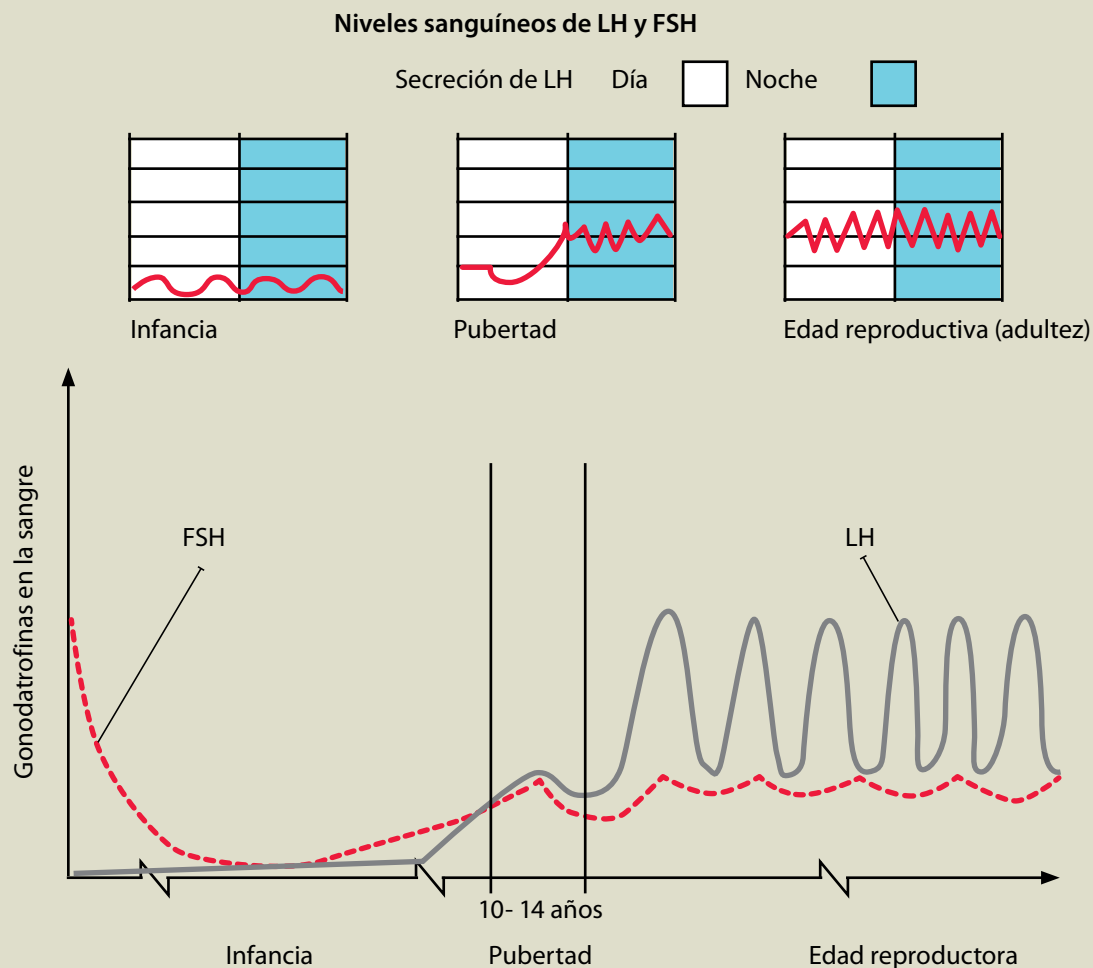


- a. A partir de la información de este gráfico, formula una hipótesis explicativa de la acción de la insulina después de una ingesta y durante un período de ayuno (antes de la ingesta).
- b. Explica en qué órganos se acumula mayor cantidad de glucosa y qué importancia tiene este mecanismo para mantener la glicemia en un rango normal.

• **Debes recordar:** factor liberador de gonadotrofinas (GnRH), función de las hormonas FSH y LH.

Trabaja con lo que sabes

1. Analiza el gráfico y responde en tu cuaderno las preguntas planteadas.



- ¿Cómo es el nivel de gonadotrofinas durante la infancia?
- ¿Qué cambios hormonales desencadenan la maduración sexual?
- ¿En qué etapa del día la secreción de gonadotrofinas es mayor durante la pubertad?
- ¿Cómo es la secreción de gonadotrofinas en la edad reproductiva (etapa adulta)?

Propósito de la lección

En esta lección aprenderás a explicar el rol de las hormonas en el funcionamiento del sistema reproductor humano y reconocerás la sexualidad humana y la reproducción como aspectos fundamentales de la vida.

Sexualidad y afectividad

La **sexualidad** es una dimensión fundamental del ser humano, puesto que somos seres sexuados, y está presente a lo largo de las diferentes etapas de desarrollo de la vida. La sexualidad también incluye factores individuales, tales como el desarrollo cognitivo y psicosocial, aspectos éticos y valóricos, así como también influencias sociales del medioambiente en que se desarrollan las personas.

De la coordinación armónica de todos estos factores depende el desarrollo de una sexualidad sana, que a su vez es fundamental para la mantención del estado de salud integral.

A nivel biológico, sabemos que el sexo del nuevo ser humano queda determinado genéticamente desde el momento de la fecundación. Luego, al completarse el desarrollo fetal, esta información genética se traduce en la formación del sistema reproductor característico de cada sexo (**caracteres sexuales primarios**). En la pubertad y adolescencia, este desarrollo biológico se complementa con el aumento en la producción de hormonas sexuales que desencadenan la aparición de los **caracteres sexuales secundarios** propios de cada sexo y la producción de gametos, lo que nos hace aptos para reproducirnos.



¿QUÉ OPINAS?

Si bien la reproducción humana requiere de un adecuado desarrollo biológico, tomar la decisión de tener hijos es un proceso complejo que no se limita solo a aspectos biológicos sino que involucra las demás dimensiones de la sexualidad.

Dimensiones de la sexualidad

Biológica

Corresponde a las características anatómicas y fisiológicas que diferencian a hombres y mujeres (caracteres sexuales primarios y secundarios, hormonas y gametos).

Psicológica

Se refiere a los factores de la personalidad, como el concepto de sí mismo, el carácter, las convicciones, los valores y lo que consideramos bueno o malo.

Social

Apunta a la influencia de factores externos, como la familia, los amigos, la educación, la religión y la cultura, sobre el modo en que las personas entienden y expresan su sexualidad.

◀ La sexualidad no solo comprende al individuo como un organismo biológico, sino que considera la forma en que este se relaciona con los demás; los sentimientos, las experiencias de vida y la cultura, entre otros.



¿QUÉ OPINAS?

En la adolescencia comienza la búsqueda y construcción de la identidad. En algunos casos, se experimenta la rebeldía, que tiene relación con el rechazo que nos puede provocar la autoridad de un adulto, por la experiencia con nuestros padres, provocándose así un distanciamiento con ellos, traducido finalmente en problemas de comunicación. Esto último genera, en algunos casos, que la confianza de tus problemas e inquietudes la traspasas a tu grupo de amigos. ¿Cómo es la comunicación que mantienes con tus padres?, ¿a qué se debe? ¿En quién (quiénes) confías más: en tus amigos o tu padres?, ¿por qué?

Desarrollo de la sexualidad en la adolescencia

A partir de su nacimiento, cada persona pasa por diferentes etapas: niñez, adolescencia, adultez y vejez. En cada una de ellas va madurando en los ámbitos biológico, psicológico y social.

Como parte del desarrollo sexual, alrededor de los doce años de edad se producen cambios físicos que desencadenan el crecimiento y la maduración funcional de los órganos reproductores y, con ello, la capacidad de una persona para reproducirse.

Esta etapa del desarrollo humano corresponde a la **pubertad**, es decir, al período en el cual un individuo llega a ser maduro desde un punto de vista reproductivo.

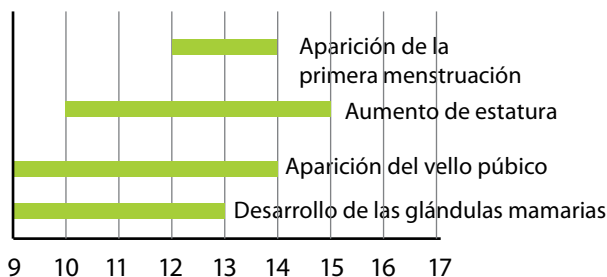
La adolescencia es el período de la vida que se extiende entre la pubertad y la edad adulta. La palabra adolescencia proviene del latín *adolescere*, que puede traducirse como criarse, estar creciendo o madurar. Este período se caracteriza por múltiples cambios que ocurren en distintos ámbitos de las personas. En el plano psicológico, vinculado a lo social, surge la necesidad de independencia y la búsqueda y construcción de una identidad; las relaciones con los adultos suelen hacerse más complejas que en la infancia, ya que los adolescentes tienden a apoyarse en sus pares.

A nivel biológico, durante la pubertad el hipotálamo aumenta la secreción de GnRH (hormona liberadora de gonadotropinas), lo que desencadena un aumento de los niveles sanguíneos de las hormonas gonadotróficas **LH** y **FSH** secretadas por la hipófisis. Como viste en la Lección 1, estas hormonas actúan sobre las gónadas (ovarios y testículos), las que responden a este estímulo secretando hormonas sexuales.

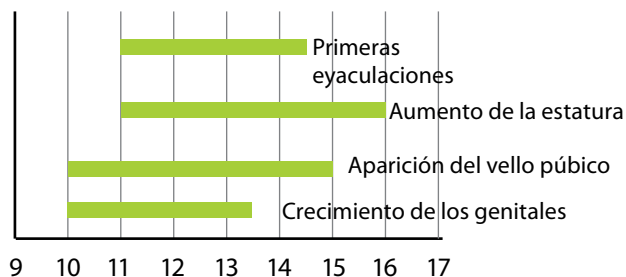
En las mujeres, los ovarios aumentan la producción de estrógenos y progesterona, que permiten desarrollar ovocitos capaces de ser fecundados y preparan al organismo femenino para el embarazo.

En los hombres, los testículos aumentan la producción de testosterona y producen espermatozoides.

Mujeres



Hombres



▲ Cronología de cambios durante la pubertad.

Cambios que se manifiestan en la pubertad

Cambios físicos

Durante la infancia, el nivel de las gonadotrofinas FSH y LH, y de las hormonas sexuales, como estrógenos, progesterona y testosterona, se mantiene bajo y constante. Al llegar la pubertad, se produce un aumento en la concentración de las hormonas sexuales que ejercen su acción en tejidos como huesos, músculos y sistema nervioso, lo que provoca el desarrollo de las características sexuales secundarias, que marcan diferencias entre hombres y mujeres, y se asocian a la maduración psicológica y emocional.

Cambios psicológicos y sociales

En esta etapa, los adolescentes están en busca de la propia identidad y de modelos a seguir para definir su comportamiento frente a distintas situaciones. Suele producirse un distanciamiento entre padres e hijos, pues los primeros ya no son sus únicos referentes, de modo que suelen confiar sus vivencias, problemas e inquietudes a sus amistades. También se hace mucho más fuerte el interés por jóvenes del sexo opuesto y por cuidar su cuerpo, además de respetar a los demás y de velar por su higiene, entre otros.

Características sexuales secundarias

Comparación de algunas características sexuales secundarias entre hombres y mujeres.

Mujeres	Hombres
Aumento de la estatura	Aumento de la estatura.
Desarrollo de las glándulas mamarias	Desarrollo de los genitales.
Aparición de vello en el pubis y las axilas	Aparición de vello en la cara, pubis y axilas.
Se agudiza la voz en comparación con los hombres.	El tono de voz es más grave.
Acumulación de grasa en caderas y muslos.	Aumento de la masa muscular.
Aparición de espinillas en la piel.	Aparición de espinillas en la piel.

Actividad 7 Análisis

- Lee y analiza la siguiente tabla. Luego desarrolla las actividades propuestas.

Concentración de hormonas sexuales durante la infancia y pubertad

Edad	Concentración de hormonas (ng/100 mL de sangre)	
	Hombre (testosterona)	Mujer (estrógeno)
7 años (prepuberal)	6,9	10
15 años (pospuberal)	260 a 1.400	65 a 710

- Compara y describe** cómo varían las concentraciones de testosterona y estrógenos en hombres y mujeres, respectivamente, entre la etapa prepuberal y pospuberal.
 - Explica** las funciones de la testosterona y de los estrógenos en el desarrollo de hombres y mujeres, respectivamente.
- Elabora** dos líneas de tiempo, para hombres y otra para mujeres, que indiquen los principales eventos que ocurren durante la pubertad. Luego identifica en cuál de los dos géneros la pubertad es más precoz.

Sistema reproductor femenino

El desarrollo físico producido durante la pubertad y la adolescencia permite que los sistemas reproductores se encuentren en condiciones de cumplir sus funciones. En la mujer, el sistema reproductor está formado por genitales internos y externos.

Los genitales internos corresponden a los ovarios, las trompas de Falopio u oviductos, el útero y la vagina. Los genitales externos reciben el nombre de vulva, están ubicados en la base de la cavidad pélvica e incluyen el monte pubiano o de Venus, los labios mayores y menores, el clítoris y el vestíbulo de la vagina. Los genitales externos constituyen una especie de barrera mecánica para proteger a las estructuras internas de agentes infecciosos y del daño físico. La región de la vulva es también muy importante para que la mujer reconozca los signos de fertilidad e infertilidad durante su ciclo menstrual.

1 Ovarios

Son dos órganos cuyo tamaño fluctúa entre 2 y 3 cm de largo, presentan forma almendrada y se ubican a cada lado del útero. Contienen los ovocitos, que corresponden a los gametos o células germinales femeninas. También cumplen una función endocrina debido a que producen estrógeno, progesterona y testosterona, entre otras hormonas.

2 Oviductos

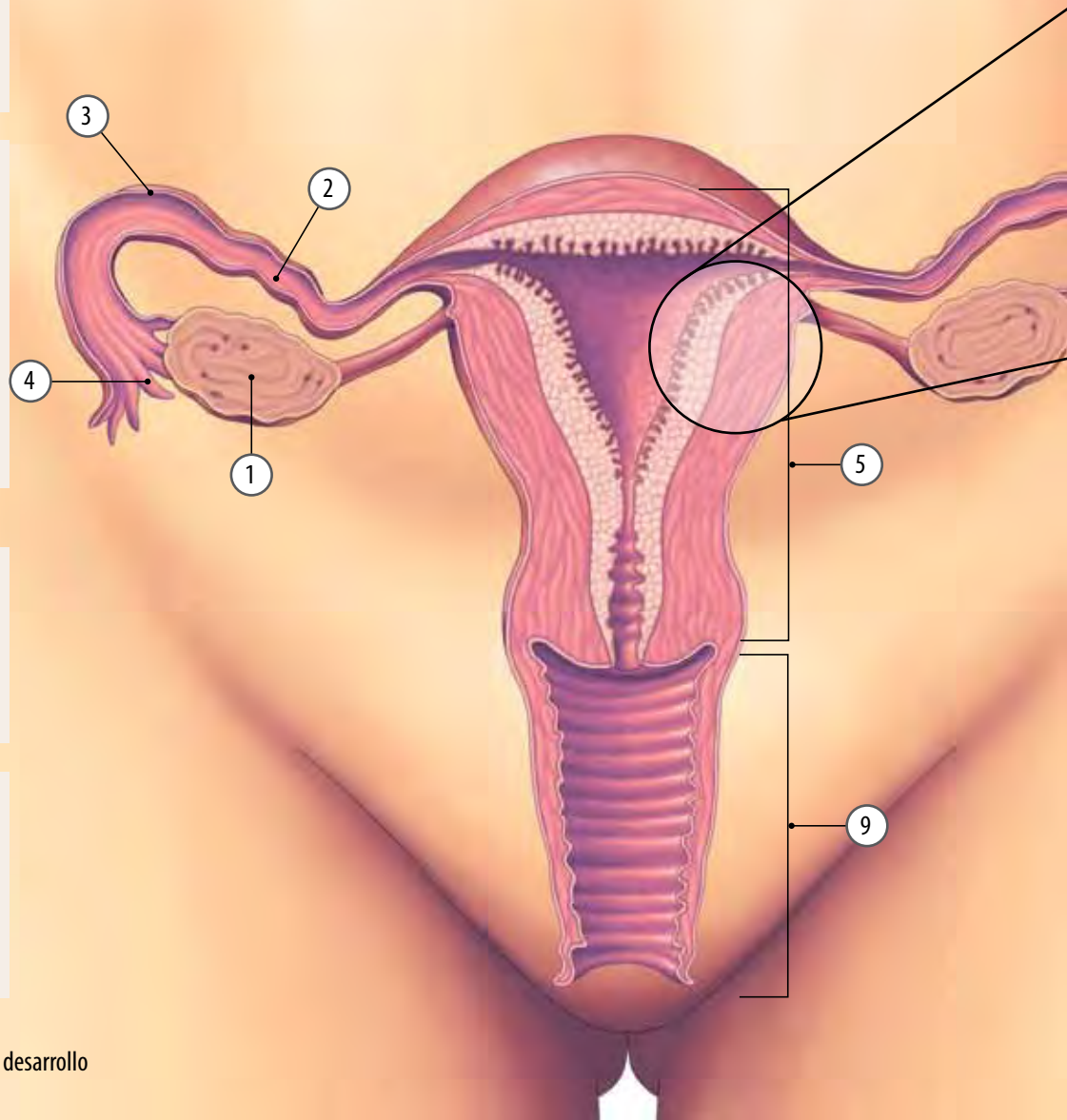
Conductos musculares, de aproximadamente 10 cm de longitud, que conectan los ovarios con el útero y permiten el transporte del ovocito para su encuentro con los espermatozoides. Cuando se produce la fecundación, el embrión es transportado al interior del oviducto, durante sus primeros seis días de vida.

3 Ámpula

Porción del oviducto constituida por grandes pliegues ramificados y formada por células ciliadas. En esta región se produce la fecundación.

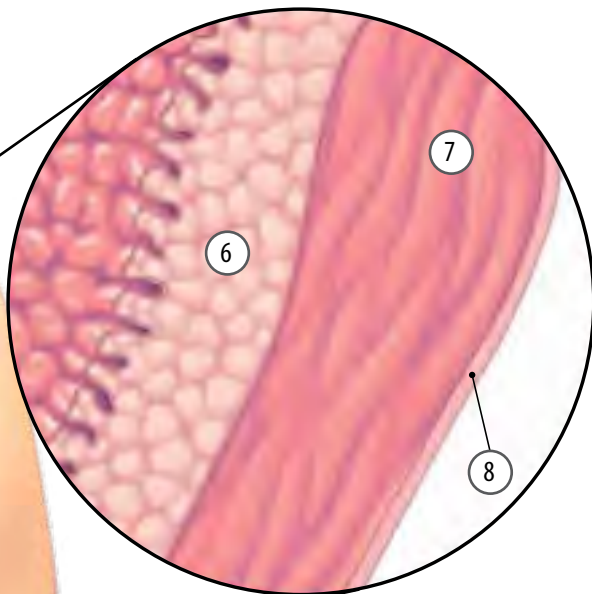
4 Infundíbulo

Zona del oviducto más próxima al ovario; presenta estructuras en forma de dedos, llamadas fimbrias, las que utiliza para captar al ovocito cuando es liberado del ovario durante la ovulación.



5 Útero

Este órgano mide aproximadamente 7 cm de largo y 5 cm de ancho. Durante el embarazo puede aumentar hasta seis veces su tamaño. Está formado por paredes gruesas de músculo liso y estriado. La región inferior, se denomina cuello o cérvix. La región superior está formada por tres capas: perimetrio (8), miometrio (7) y endometrio (6). En esta estructura se produce, generalmente, la recepción e implantación del embrión en el embarazo.



Para saber

El endometrio es altamente sensible a la acción de las hormonas esteroideas, como el estradiol y la progesterona: cada mes se modifica con el fin de recibir y nutrir al embrión durante su desarrollo. Estos cambios regulares del endometrio dan origen al ciclo menstrual, y cuando no ocurre la fecundación, parte del endometrio se desprende y se produce la menstruación.

6 Endometrio

Es la capa más interna del útero y está formada por células epiteliales y secretoras. Experimenta cambios regulares de grosor durante los ciclos reproductores femeninos.

7 Miometrio

Capa intermedia del útero, formada por músculo liso. Su capacidad de contracción es fundamental durante el parto.

8 Perimetrio

Es la zona más externa de la pared del útero.

9 Vagina

Órgano elástico de unos 7 cm de largo, que conecta el útero con el exterior y termina en una abertura llamada orificio vaginal. Durante la relación sexual, el pene se aloja en el canal vaginal y deposita los espermatozoides en su tercio superior, donde toman contacto con el moco cervical a través del cual ingresan al tracto genital femenino.

Sistema reproductor masculino

Al igual que el sistema reproductor femenino, el masculino participa en la formación de nuevos individuos, por medio de la formación de gametos masculinos (espermatozoides).

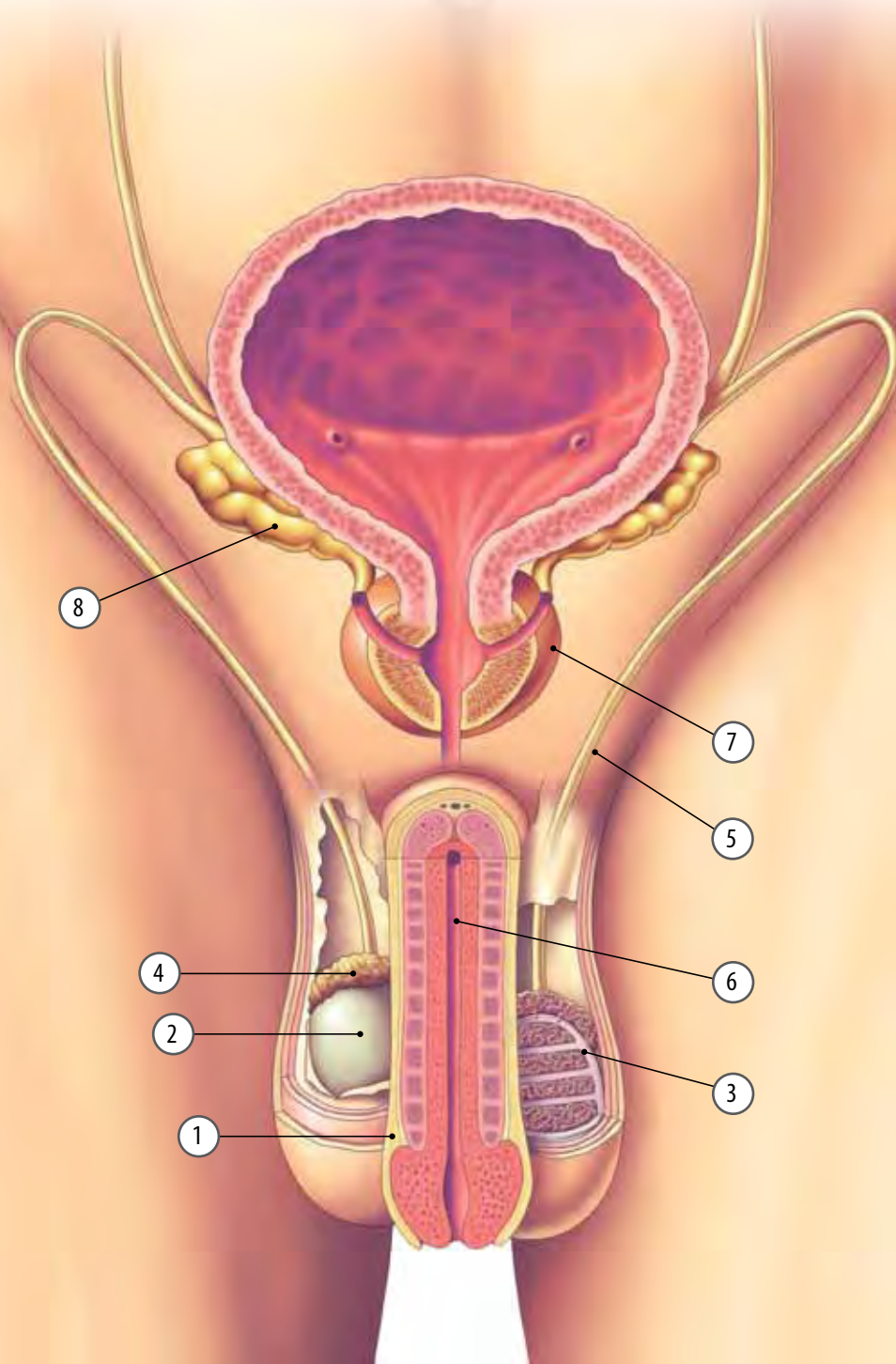
Se compone de una serie de órganos internos, como los testículos y el epidídimo. Además de órganos externos, como el pene y escroto.

1 Pene

Es el órgano copulador masculino. Está formado por dos cuerpos cavernosos y un cuerpo esponjoso, que se llena de sangre, lo que permite que se produzca la erección, la que puede ocurrir de manera independiente a la excitación. En su interior se encuentra la uretra, que desemboca en el meato urinario por donde se elimina la orina. Este orificio se encuentra en el glande, cabeza y región distal del pene. A través del meato urinario también sale el semen mediante un mecanismo reflejo llamado eyaculación.

2 Testículos

Son dos estructuras de forma ovoide que miden alrededor de 3,5 cm de largo y se ubican fuera de la cavidad pélvica, bajo el pene, dentro de una capa de piel denominada escroto. Este hecho favorece la existencia de una temperatura inferior a la abdominal, condición fundamental para la producción de espermatozoides. Además, los testículos cumplen una función endocrina, y producen testosterona.



Conexión con...

Medicina

La criptorquidia es una alteración que se caracteriza por el no descenso o descenso incompleto de uno o ambos testículos. En la mayoría de los casos de criptorquidia, el descenso de las gónadas ocurre de manera espontánea durante el primer año de vida. En el caso de que esto no suceda, se puede recurrir a tratamientos con hormonas gonadotróficas, que aceleran el descenso, o una intervención quirúrgica.

3 Túbulo seminífero

Los testículos están formados por lóbulos, cada uno de los cuales está constituido por uno a tres túbulos seminíferos enrollados. El conducto que parte desde los túbulos seminíferos del testículo y llega al epidídimo recibe el nombre de conducto eferente. Transporta los espermatozoides desde los testículos hasta el epidídimo.

4 Epidídimo

Órgano de unos 3,8 cm de longitud, formado por un túbulo plegado y enrollado, llamado conducto epididimario, que si se estirara, tendría una longitud aproximada de 6 m. Permite la maduración de los espermatozoides, es decir, que estos alcancen la capacidad de fecundar y adquieran movilidad.

Los espermatozoides permanecen en esta estructura alrededor de tres a cuatro semanas y en ella también se produce la reabsorción de los espermatozoides que no han sido eyaculados.

5 Conducto deferente

Se ubica inmediatamente a continuación del epidídimo, presenta un mayor diámetro que el conducto epididimario y mide alrededor de 45 cm de longitud. Está formado por tres capas musculares y revestido de epitelio cilíndrico. Transporta los espermatozoides desde el epidídimo hacia la uretra.

6 Uretra

Conducto común del sistema reproductor y del sistema renal, a través del cual se conducen los espermatozoides y la orina al exterior del cuerpo.

7 Próstata

Glándula ubicada en la parte baja de la vejiga y sobre la uretra. Produce una secreción lechosa, ligeramente ácida, que constituye alrededor del 25 % del volumen del semen, y que contribuye a la movilidad y viabilidad de los espermatozoides y a la coagulación del semen poco tiempo después de la eyaculación.

8 Vesículas seminales

Son dos glándulas ubicadas por detrás de la vejiga y frente al recto, que miden aproximadamente 5 cm de longitud. Secretan un líquido de pH alcalino, que constituye aproximadamente el 60 % del volumen del semen, compuesto por prostaglandinas, fibrinógeno y fructosa. Esta secreción cumple importantes funciones, como neutralizar la acidez vaginal y proporcionar a los espermatozoides energía, motilidad y favorecer su viabilidad para el ascenso a través del tracto femenino. Además, junto con la secreción de la próstata, permite la coagulación del semen después de ser eyaculado.

Actividad 8 Síntesis

Ingresa al siguiente sitio web y observa atentamente el video que ahí aparece.

<http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/anatomyvideos/000121.htm>

Elabora un esquema que resuma el recorrido que realizan los espermatozoides desde que se producen hasta que se expulsan.

--- Gametogénesis

La gametogénesis es el proceso de formación de los gametos femeninos y masculinos a partir de las células germinales primordiales que se originan durante el desarrollo embrionario. Este proceso ocurre en las gónadas (ovarios y testículos).

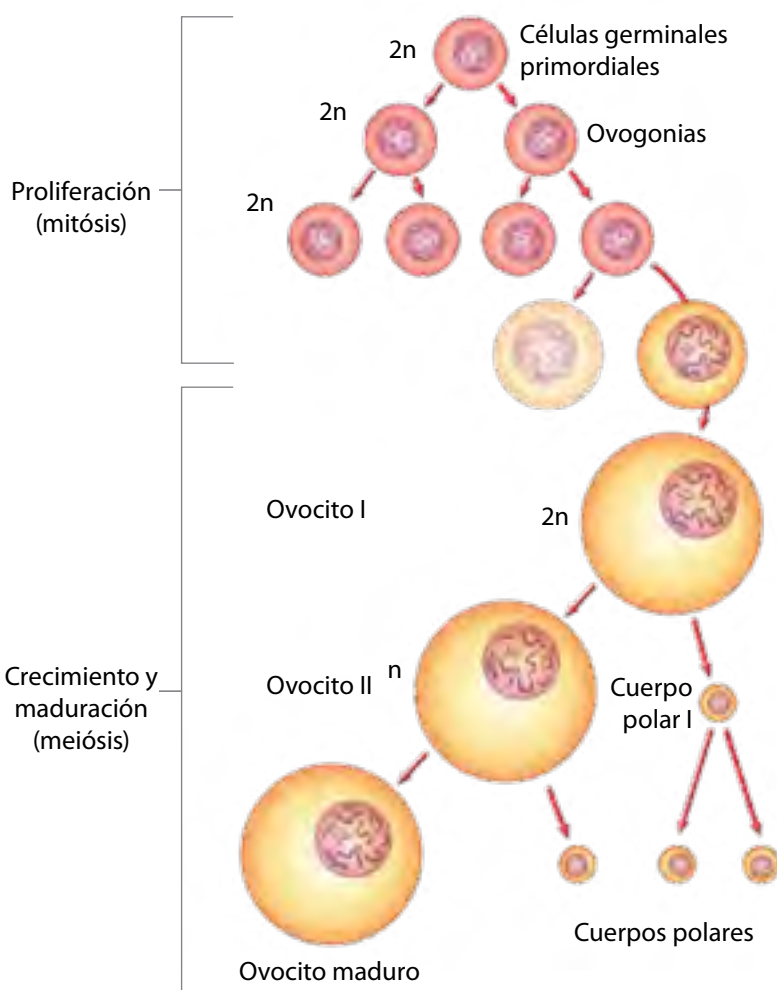
Ovogénesis

Se desarrolla en los ovarios y consiste en la formación de gametos femeninos haploides, denominados **ovocitos**. Comienza antes del nacimiento y dura toda la vida reproductiva de la mujer. En la ovogénesis se pueden distinguir tres etapas: multiplicación, crecimiento y maduración.

Proliferación. En esta etapa, que ocurre durante las **primeras fases del desarrollo fetal**, las células germinales primordiales femeninas se diferencian y dan origen a las ovogonias, células precursoras de los gametos femeninos. Luego, estas proliferan por divisiones mitóticas hasta el quinto o sexto mes de gestación, cuando se han formado unos siete millones de ovogonias en total.

Crecimiento y maduración. Se prolonga desde el segundo mes de gestación **hasta los seis meses después del nacimiento**, cuando cesan de proliferar las ovogonias, se inicia la fase de **maduración**, en la que estas llegan al ovario y se rodean de una capa de células que forman una estructura llamada folículo y se diferencian en los ovocitos primarios (ovocitos I). En esta etapa, entran en una división meiótica que se detiene en la profase I. Luego de la pubertad, en cada ciclo menstrual, un ovocito completará su desarrollo y será liberado desde el ovario (**ovulación**).

Aproximadamente cada 28 días se producirá la ovulación, proceso en el que termina la meiosis I y se generan dos células haploides de distinto tamaño: una pequeña, con escaso citoplasma, denominada **cuerpo polar I o polocito I**, y una de mayor tamaño, llamada **ovocito II**. Luego, la meiosis continúa hasta la metafase II, etapa en que es interrumpida nuevamente y se completará solo si ocurre la fecundación.



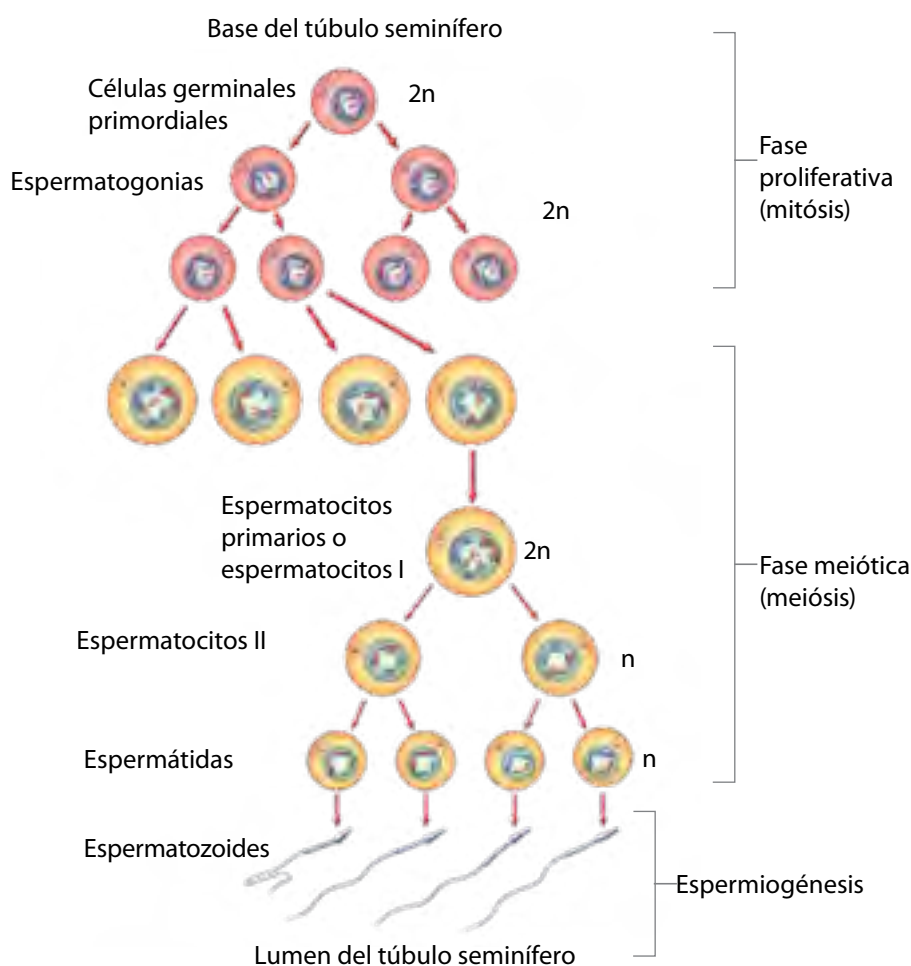
Para saber



El ovocito que termina su maduración durante un ciclo menstrual comenzó a desarrollarse aproximadamente tres meses antes de manera independiente de las hormonas. Durante el ciclo menstrual, un grupo de folículos llamado cohorte folicular es reclutado por la hormona FSH. Uno de estos folículos crecerá y madurará hasta convertirse en el llamado folículo dominante, y el ovocito contenido en su interior será expulsado desde el ovario en la ovulación.

Espermatogénesis

La espermatogénesis es el proceso de formación y diferenciación de los espermatozoides o gametos masculinos a partir de células germinales primordiales. Se lleva a cabo en los túbulos seminíferos y se divide en tres fases: proliferativa, meiótica y espermiogénesis o espermiogénesis.



Fase proliferativa. Durante el desarrollo del embrión, las células germinales primordiales masculinas se dividen por mitosis y dan origen a las **espermatogonias**. En la pubertad, algunas se mantienen en un estado indiferenciado y se renuevan para conservar células germinales indiferenciadas, mientras que otro grupo prolifera para generar espermatogonias más diferenciadas y, posteriormente, **espermatocitos primarios o espermatocitos I**.

Fase meiótica. Los espermatocitos primarios entran en meiosis y se transforman, luego de la primera división meiótica, en **espermatocitos II**. En la segunda división meiótica, estos últimos se dividen nuevamente y originan las **espermátidas**. Las **células de Sertoli**, células que se entremezclan con las espermátidas en desarrollo, las sostienen, protegen y nutren, controlando la liberación de los espermatozoides al lumen de los túbulos.

Fase de espermiogénesis. En esta etapa de la espermatogénesis se producen los mayores cambios morfológicos en las células germinales, llegando a la formación de células diferenciadas denominadas **espermatozoides**. La transformación final de las espermátidas involucra la condensación del núcleo, la contracción del citoplasma, el desarrollo del flagelo y la formación del **acrosoma**, organelo que contiene enzimas que una vez liberadas le permiten al espermatozoide atravesar las cubiertas del ovocito y así fecundarlo.

Para saber

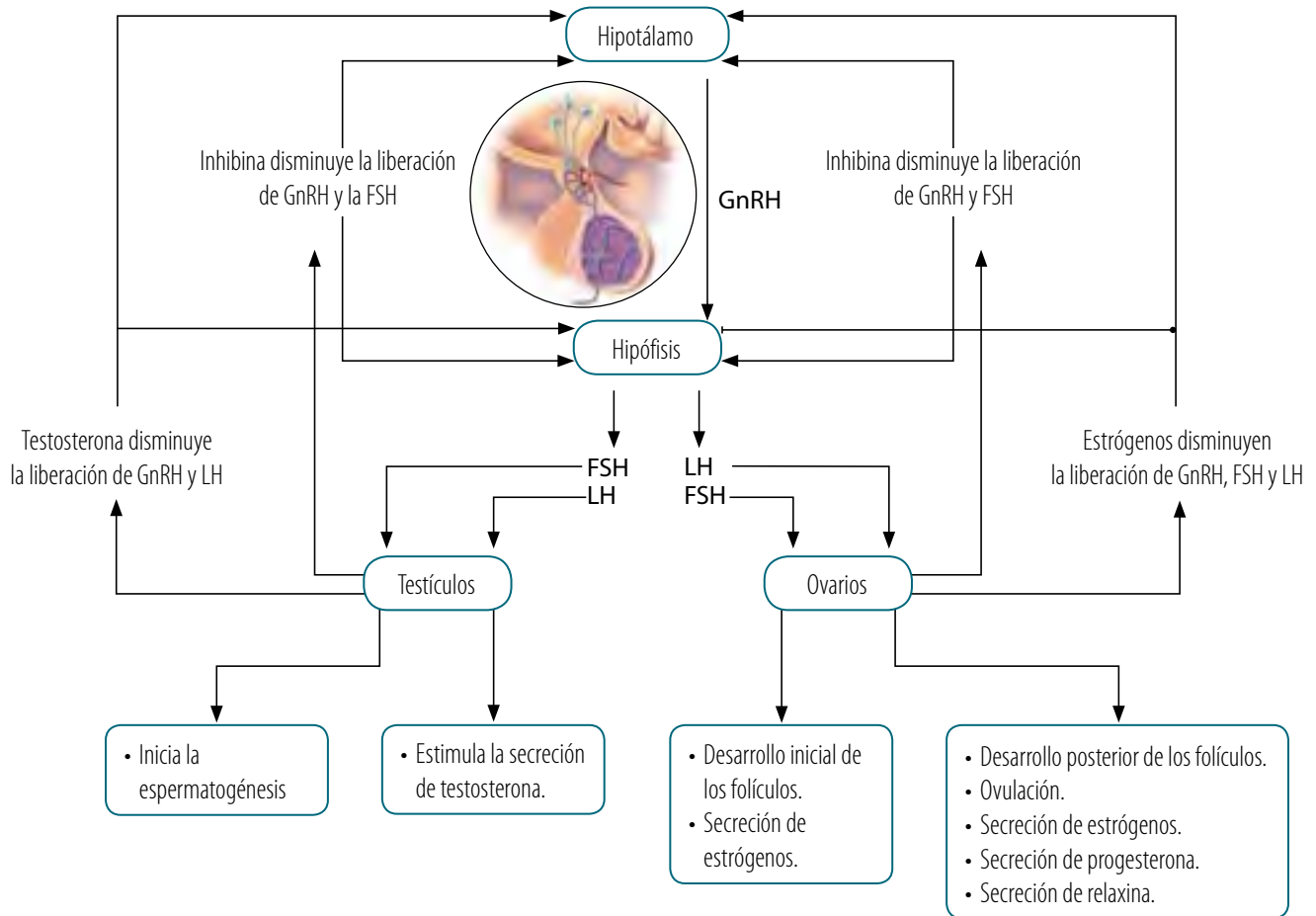
Luego de su formación, los espermatozoides son liberados al interior del lumen tubular y son conducidos al epidídimo, estructura donde terminan su maduración y adquieren la capacidad de moverse activamente para poder fecundar al ovocito. Además de ser el sitio de almacenamiento de los espermatozoides, en el epidídimo también se produce la reabsorción de aquellos que no han sido eyaculados.

Regulación de las hormonas sexuales

Ya sabes que las gónadas, además de contener las células germinales, tienen una función endocrina: producen hormonas sexuales fundamentales para sostener el proceso reproductivo.

Las hormonas sexuales son de tipo esteroidal y pueden actuar sobre numerosos tejidos, como el cerebro, huesos y músculos, y dirigir los cambios físicos y el desarrollo de las **características sexuales secundarias** masculinas y femeninas.

A continuación se describen los principales mecanismos de regulación de la función reproductiva por el eje hipotálamo-hipófisis.



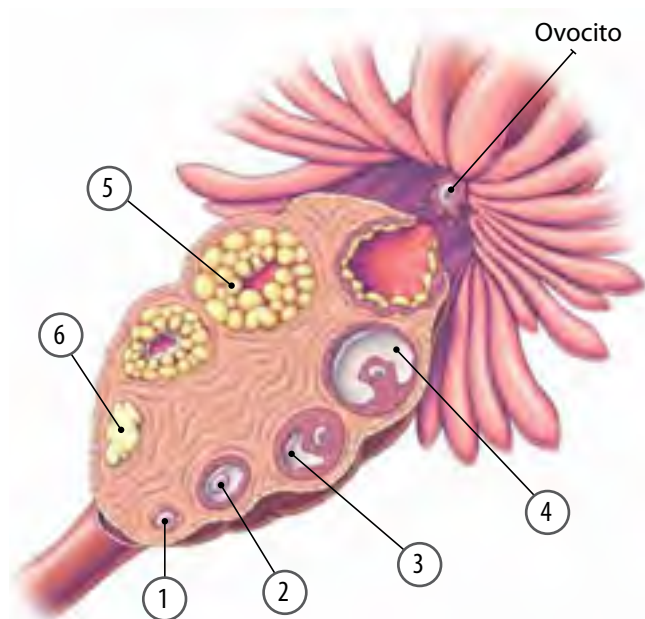
Actividad 9 Análisis

Analiza el esquema de esta página y responde en tu cuaderno las siguientes preguntas.

1. ¿Qué sucedería si la hipófisis no secretara LH en una mujer o en un hombre? **Explica.**
2. **Infiere** qué ocurriría con el ciclo reproductor en una mujer si se le administran continuamente estrógenos.
3. **Investiga** qué cambios observables ocurren en el organismo femenino al producirse el ciclo reproductor y que pueden ayudar a la mujer a reconocer la ovulación.

Desarrollo folicular

La **foliculogénesis** es el proceso por el cual un folículo crece y se desarrolla hasta alcanzar su madurez. Observemos en la ilustración de un corte transversal del ovario cómo ocurre este proceso.



1

Los folículos primordiales son pequeños e inmaduros. Están formados por el ovocito y una capa de células foliculares.

2

El ovocito comienza a crecer y se rodea por un halo translúcido compuesto por glicoproteínas llamado **zona pelúcida**. Las células foliculares se multiplican y adoptan una forma cúbica, formando los denominados **folículos primarios**.

3

El crecimiento continúa, debido a la proliferación de las células foliculares y al incremento del tamaño del ovocito, hasta llegar a un estado que recibe el nombre de **folículo secundario** o folículo antral. Comienza a formarse una cavidad denominada antro.

4

En los folículos de mayor tamaño, el ovocito es desplazado de la región central y se rodea por una corona de células foliculares llamada **corona radial**.

Justo antes de la ovulación, el ovocito se alista para terminar la meiosis I, en el llamado folículo preovulatorio o de Graaf.

5

Después de que el ovocito es liberado, las células foliculares remanentes en el ovario forman una nueva estructura llamada **cuerpo lúteo**. Este actúa como glándula endocrina al producir altos niveles de progesterona y estrógenos, necesarios para mantener el embarazo en las primeras semanas de gestación.

6

Si después de la ovulación no se produce el embarazo, el cuerpo lúteo degenera y un nuevo grupo de folículos comenzará su crecimiento.

Para saber

Al nacer, una mujer tiene alrededor de 7 millones de folículos en sus ovarios, que se forman durante el período embrionario. De estos, solo 400 000 están presentes en el ovario al llegar la pubertad, y de ellos, solo unos 400 completarán su desarrollo y serán ovulados durante la vida de una mujer. Esto ocurre debido a un proceso denominado atresia folicular, en el que la mayoría de los folículos mueren sin completar su desarrollo.

Actividad 10 Análisis

Busca información en diferentes fuentes sobre el proceso de menopausia que se produce en las mujeres y responde las siguientes preguntas.

1. ¿En qué consiste la menopausia? Relaciona este proceso con la acción hormonal.
2. ¿A qué edades es más probable que se produzca?
3. ¿Qué tratamientos se utilizan para aliviar sus síntomas?

Para saber

Se suele pensar que la ovulación siempre ocurre en la mitad del ciclo. Sin embargo, eso es un error, ya que la ovulación ocurre 14 días antes de la siguiente menstruación y por esta razón, en un ciclo de 24 días la ovulación ocurrirá en el día 10 del ciclo, mientras que en un ciclo de 36 días, la ovulación ocurrirá en el día 22.

1. El ciclo se inicia con la **menstruación**, que consiste en la expulsión de sangre y tejidos del endometrio a través de la vagina. Esta etapa se desencadena por la disminución de las hormonas FSH y LH producidas por la hipófisis y el descenso de los estrógenos y la progesterona secretada por los ovarios.

2. Fase folicular o preovulatoria.

La hipófisis libera FSH, hormona que estimula la secreción de estrógenos en el ovario y la maduración de varios folículos, pero solamente uno de ellos completa su desarrollo y forma un folículo maduro, el que se denomina folículo de Graaf.

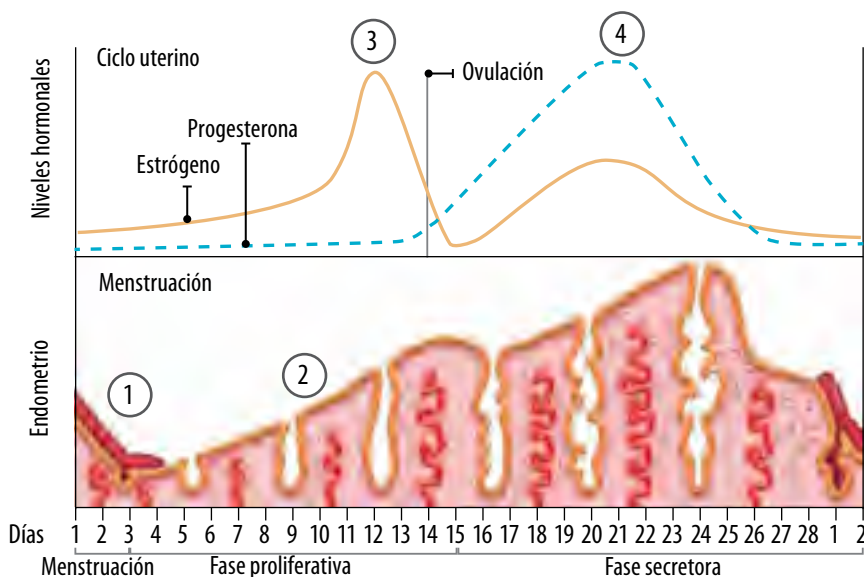
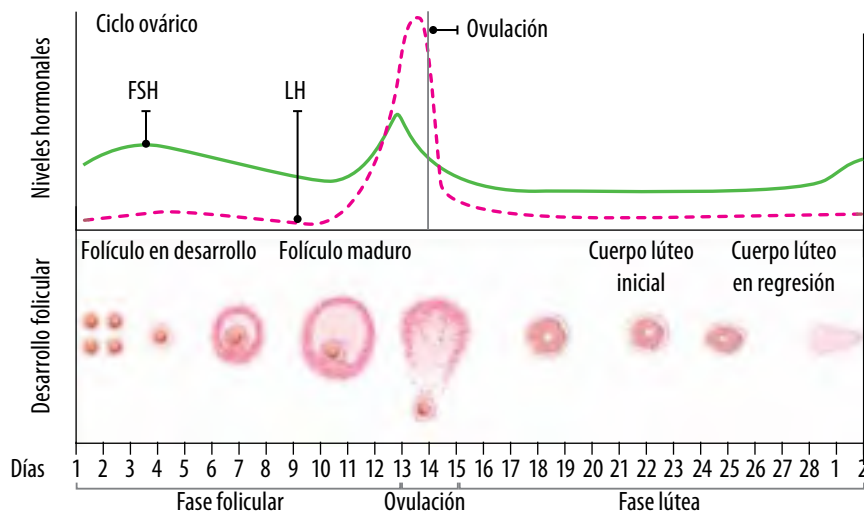
Mientras el folículo crece y madura, se producen estrógenos que estimulan la proliferación del endometrio. El aumento de la secreción de estrógenos induce el aumento de la secreción de FSH y LH por parte de la hipófisis.

3. Ovulación.

Aproximadamente del día 14 del ciclo, los niveles de LH, estrógenos y FSH alcanzan su máxima concentración, lo que produce que en el ovario se rompa el folículo y se libere el ovocito II. En esta etapa, el endometrio sigue aumentando de grosor y en irrigación para permitir que en caso de haber fecundación el embrión se implante.

Ciclo reproductor femenino

Es normal que después de la pubertad, y durante toda su vida reproductiva, una mujer ovule cada 28 días aproximadamente (con un rango entre 24 y 36 días). Cada mes, desde un folículo se libera un ovocito en la ovulación. La actividad endocrina del ovario dirige a su vez la preparación del endometrio para la implantación del embrión en el caso de que se produzca la fecundación. Este proceso es conducido por variaciones hormonales cíclicas y, por esta razón, se denomina **ciclo reproductor femenino**. Lo fundamental en este ciclo es la ocurrencia de la ovulación.

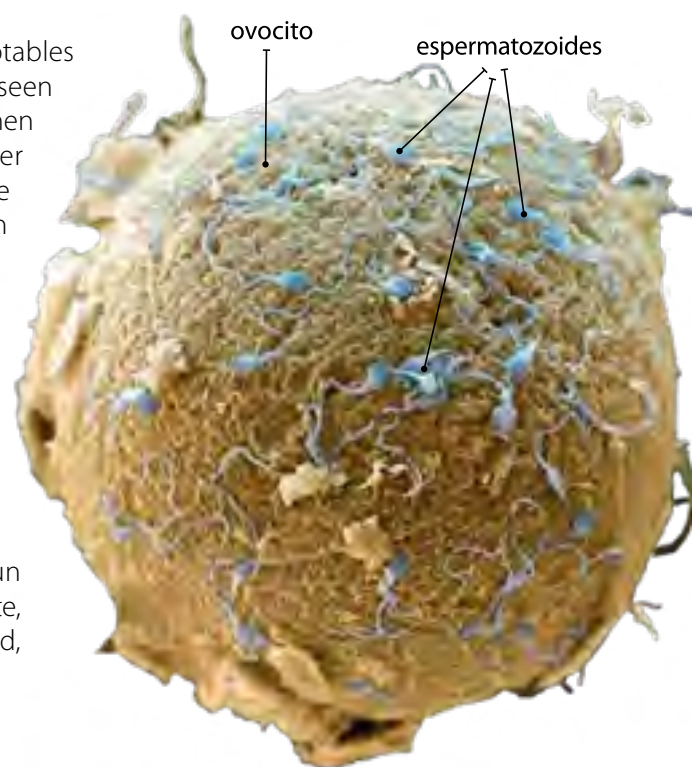


4. Fase lútea o posovulatoria.

En el ovario, el cuerpo lúteo (restos del folículo) empieza a secretar progesterona, que mantiene al endometrio engrosado y preparado para un posible embarazo. Si el ovocito II no es fecundado, el cuerpo lúteo degenera, lo que determina que los niveles de progesterona y estrógenos descendan drásticamente y que se produzca una nueva menstruación. Si el ovocito es fecundado, el cuerpo lúteo mantiene su actividad de secreción de progesterona, lo que favorece el crecimiento del endometrio. En este tejido se implanta entonces el huevo fecundado y se desarrolla un nuevo individuo.

Características de los gametos

En general, los gametos femeninos y masculinos presentan notables diferencias. Los espermatozoides son células alargadas que poseen un flagelo que les confiere movilidad. En la zona intermedia tienen un gran número de mitocondrias que les permiten obtener energía para su desplazamiento. En la región de la cabeza se encuentran contenidos el núcleo, portador de la información genética, y el acrosoma, que es una vesícula con enzimas que facilitan la penetración del espermatozoide en el ovocito. Un ovocito, en cambio, es una célula con forma esférica y unas 500 veces más grande que un espermatozoide. El ovocito se encuentra rodeado por un grupo de células foliculares y en su interior se almacenan sustancias de reserva que nutrirán al futuro embrión. A diferencia de los espermatozoides, no tiene la capacidad de desplazarse por sí mismo, sino que lo hace gracias a otras estructuras del sistema reproductor femenino. Desde el inicio de la pubertad, cada mes madura un ovocito y es liberado a los oviductos, en la ovulación. Por su parte, los espermatozoides son producidos desde el inicio de la pubertad, proceso que se prolonga durante toda la vida del hombre.



Al finalizar la lección...

- Analiza los gráficos de la página 146 y luego responde en tu cuaderno las siguientes preguntas.
 - ¿Qué hormonas participan en la regulación del ciclo reproductivo?
 - ¿Qué hormona tiene su *peak* cuando se produce la ovulación?
 - ¿Qué cambios experimenta el endometrio luego de la ovulación y con qué hormona se relaciona este proceso?
 - Describe qué sucede con la concentración de FSH, LH, estrógenos y progesterona durante la fase preovulatoria y la posovulatoria?
 - ¿En qué días del ciclo reproductivo existen más posibilidades de que la mujer quede embarazada?
- Investiga en diversas fuentes y elabora una tabla comparativa entre espermatozoides y ovocitos considerando los siguientes aspectos: lugar de formación, morfología, movilidad y tiempo de vida.
- Investiga y explica por qué son falsas las siguientes aseveraciones:
 - En los hombres, la hormona LH actúa en las células de Sertoli lo que estimula la producción de espermatozoides, y la FSH, en las células de Leydig, lo que provoca la secreción de testosterona.
 - En las mujeres, durante la primera fase del ciclo reproductor, la hormona LH actúa sobre las células foliculares y conduce al desarrollo del folículo de Graaf.
 - Las células precursoras de la espermatogénesis y la ovogénesis son, respectivamente, los espermatocitos y los ovocitos primarios.

• **Debes recordar:** sexualidad, reproducción, responsabilidad

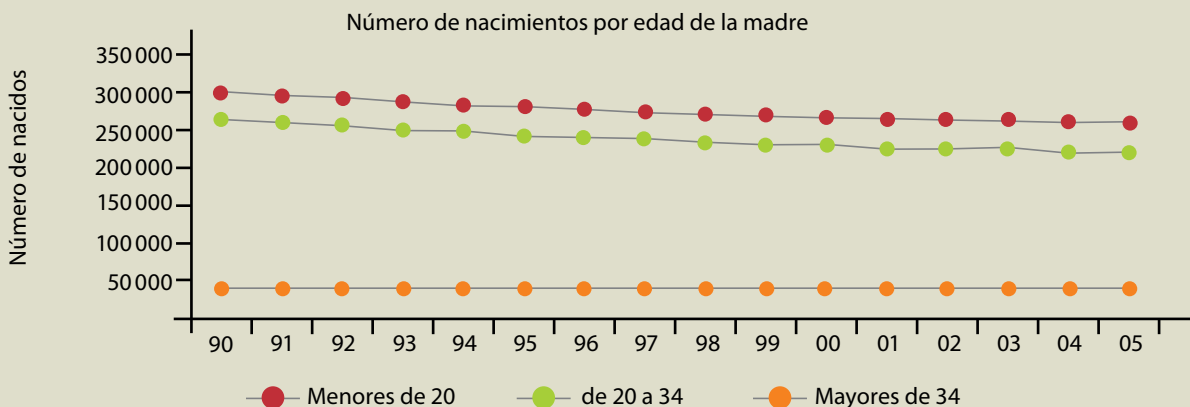
Trabaja con lo que sabes

Analiza la siguiente información y responde en tu cuaderno las preguntas planteadas.

El embarazo adolescente

La adolescencia es la etapa de la vida en que un ser humano experimenta importantes cambios que van determinando su forma de ver, sentir y vivir la sexualidad. En nuestro país, a esta edad, muchos jóvenes comienzan a tener relaciones sexuales. Más aún, algunos estudios señalan que en comparación con décadas pasadas, hombres y mujeres inician su actividad sexual en forma más precoz. Es importante considerar que el inicio de la actividad sexual implica asumir responsabilidades relacionadas con la posibilidad de un embarazo y el nacimiento de un nuevo ser humano.

El gráfico ilustra la cantidad de nacimientos en nuestro país según distintos tramos de edad de la madre, entre 1990 y 2005.



1. ¿Qué responsabilidades deben asumirse al decidir comenzar una vida sexual activa?
2. Según la información que entrega el gráfico, ¿qué ha ocurrido con el número total de nacimientos entre 1990 y 2005?
3. ¿En qué tramo de edad de la madre se producen más nacimientos por año?
4. ¿Qué consecuencias puede tener el embarazo para una mujer menor de 20 años?, ¿para una mujer mayor de 40 años?
5. ¿Qué aspectos compromete responsabilizarse de un hijo o hija en gestación?. ¿Crees que un adolescente está preparado para afrontarlos?

Propósito de la lección

En esta lección comprenderás la importancia de la reproducción humana y el funcionamiento de los principales mecanismos de control de la natalidad. Además, serás capaz de evaluar el impacto del control de la natalidad en la sociedad.

--- Maternidad y paternidad responsables

En la especie humana, las características que permiten la fecundación y el desarrollo de un nuevo ser humano se inician alrededor de los 12 años. Sin embargo, resulta evidente que en este período de la vida las personas no están preparadas para asumir la paternidad o maternidad, pues aún no se han desarrollado completamente otras dimensiones de su personalidad.

Ser padres es un proceso consciente y constante, que implica velar por el desarrollo integral de los hijos e hijas, proporcionarles el afecto que necesitan, los cuidados apropiados, la formación y educación necesarias para que crezcan y se desenvuelvan en la sociedad como personas íntegras. La pareja debe ser capaz de generar las condiciones necesarias y apropiadas para que sus hijos o hijas se desarrollen en un ambiente sano y beneficioso en todos los aspectos de su salud.

El inicio de la actividad sexual representa el comienzo de una etapa llena de responsabilidades, pues implica la posibilidad de embarazo y nacimiento de un nuevo ser. Entre los aspectos que es necesario evaluar antes de iniciar la vida sexual activa están, entre otros, las convicciones religiosas, la madurez psicológica, tener una pareja estable y las metas y planes a concretar antes de ser padres y construir una familia.



• Actividad 11 Reflexión

En parejas, lean y discutan en torno a las siguientes preguntas.

1. ¿Por qué el matrimonio es una institución tan importante en las sociedades humanas?
2. ¿Qué aspecto, aparte de los mencionados en esta página, deberían ser considerados antes de iniciar la actividad sexual de pareja?
3. Si en la pubertad se produce la maduración del sistema reproductor, ¿por qué el ser humano, en general, se reproduce a una edad más tardía?

--- Métodos de control de la natalidad





Para saber







Algunos de estos métodos no solamente ayudan a las parejas a decidir el momento del nacimiento de sus hijos, sino también a prevenir y evitar enfermedades de transmisión sexual (ETS).

La decisión de tener hijos e hijas obedece al anhelo de la mayoría de las personas por formar una familia y experimentar la enriquecedora tarea de ser padres. En la actualidad, las parejas tienen la posibilidad de decidir el número de hijos que desean tener y cuándo quieren tenerlos. Esta acción voluntaria se denomina **planificación familiar**, y es apoyada por diversos métodos de control de la natalidad. En su concepto más amplio, comprende:

- Ayudar a las parejas a evitar embarazos no deseados, o espaciar los embarazos deseados. Esto se logra mediante uno o varios métodos anticonceptivos.

A continuación se resumen las principales características de los métodos anticonceptivos más conocidos.

Clasificación	Nombre	Modo de acción	
Métodos naturales	Método de Ogino-Knaus	También conocido como método del ritmo o método del calendario. Consiste en determinar los días fértiles del ciclo menstrual. Para una mujer cuyo ciclo menstrual se extiende entre 25 y 32 días, se estima que son infértiles los primeros siete días de su ciclo, es fértil entre los días 8 y 20 y vuelve a ser infértil el día 21. Requiere del previo registro de al menos seis meses del ciclo para determinar con certeza los días de inicio y término de este. Tiene una eficacia entre el 60 % y el 86 %	
	Método de Billings o del moco cervical	Se basa en la observación de las características del flujo de secreción vaginal o moco cervical en cantidad y consistencia en el transcurso del ciclo. En general, este flujo se vuelve transparente y viscoso, como clara de huevo, al aproximarse la ovulación, y espeso y opaco en los periodos no fértiles. Tiene una eficacia entre el 60 % y el 99 %	
	Método de la temperatura basal	Consiste en registrar la temperatura corporal a lo largo del ciclo menstrual. De este modo se advierte el <i>peak</i> de temperatura producto de la ovulación (unos 0,5 °C sobre la temperatura normal). El período fértil abarca unos días antes y después de dicho <i>peak</i> . Tiene una eficacia entre el 94 % y el 99 %	
	Método sintotérmico	Combina diferentes métodos, principalmente el método de la temperatura basal y el Billings. Tiene una eficacia del 99,7 %	

Clasificación	Nombre	Modo de acción	
Métodos químicos y hormonales	Píldora anticonceptiva	Consiste en la administración de sustancias sintéticas similares a las hormonas femeninas (estrógenos y progesterona). Son dosis hormonales bajas, con un balance suave y escalonado, que imita el ciclo fisiológico de la mujer, en forma secuencial y progresiva, y brinda control del ciclo. Este método puede suprimir la ovulación por un mecanismo de <i>feedback</i> negativo sobre las gonadotrofinas. Si las dosis son correctas, es altamente efectivo. Tiene una eficacia del 99 %.	
	Dispositivo intrauterino (DIU)	Es una vara de plástico, cobre o acero inoxidable en forma de T. Se inserta en la cavidad uterina, lo que dificulta el movimiento de los espermatozoides y altera las características del moco cervical. Puede permanecer de 2 a 3 años en el útero, pero su uso debe ser estrictamente controlado por un profesional de la salud, ya que en algunos casos puede producir complicaciones como hemorragias o infecciones. Tiene una eficacia del 97 %.	
Métodos de barrera	Preservativo masculino	Recubrimientos delgados de caucho, vinilo o productos naturales que se colocan sobre el pene erecto. Pueden ser tratados con espermicidas, para ofrecer mayor protección e impedir que los espermatozoides tengan acceso al aparato reproductor femenino. Tiene una eficacia entre 93 % y 99 %.	
	Diafragma	Recubrimiento delgado de plástico poliuretano, con aros de poliuretano en los extremos opuestos, que se introduce en la vagina y actúa de la misma forma que el preservativo masculino. Tiene una eficacia entre el 75 % y 82 %.	
Métodos irreversibles o parcialmente reversibles	Ligadura de oviductos	Cirugía que consiste en cortar y/o ligar los oviductos, lo que evita de este modo el encuentro de los espermatozoides con el ovocito. Tiene una eficacia del 99 %.	
	Vasectomía	Intervención quirúrgica en la que se seccionan los conductos deferentes. Una vez realizada, los espermatozoides, que se producen a diario, son reabsorbidos por el organismo. Puesto que el líquido seminal es segregado por la próstata, la vasectomía no impide la eyaculación. Tiene una eficacia del 99 %.	

Actividad 12 Comprensión

Discute con tus compañeros.

1. ¿Qué método recomendarías, a quién y por qué?
2. ¿Qué método no recomendarías, a quién y por qué?

Infertilidad y reproducción asistida

La infertilidad es la incapacidad de una pareja para conseguir el embarazo después de un año de relaciones sexuales regulares sin protección. Afecta entre el 10 y el 15 % de las parejas y, a diferencia de la esterilidad, la infertilidad es una condición temporal.

La infertilidad puede producirse por enfermedades de transmisión sexual, por problemas congénitos, por obesidad u otras enfermedades, así como también por el retraso de la maternidad, pues la edad óptima en la que el organismo está mejor preparado para la reproducción fluctúa entre los 22 y 26 años. También pueden existir causas externas que provocan infertilidad, como el consumo de drogas, de alcohol, o que el hombre haya sufrido fiebres altas.

Técnicas de reproducción asistida

La reproducción asistida puede ser llevada a cabo empleando diferentes técnicas y procedimientos médicos. La más adecuada en cada caso dependerá de las circunstancias y problemas particulares de cada pareja.

Técnica	Descripción
Inseminación artificial	A través de un procedimiento médico se depositan espermatozoides en la vagina de la futura madre.
Fecundación <i>in vitro</i> (FIV)	Máquinas de ultrasonido que pueden reconocer folículos inmaduros en los ovarios, los cuales son llevados a la madurez en el laboratorio. Una vez que los ovocitos recolectados han madurado, se ponen en contacto con una muestra concentrada de espermatozoides del progenitor. Después de aproximadamente dos a cuatro días, los embriones están listos para ser transferidos al útero de la mujer, quien se encuentra en la fase secretora de su ciclo uterino. Solo aquellos que parezcan estar completamente sanos se utilizarán. Cuando la implantación tiene éxito, el desarrollo embrionario y fetal es normal y continúa hasta su término.
Inyección intracitoplasmática de espermatozoides.	En este procedimiento, altamente sofisticado, se inyecta un solo espermatozoide en un ovocito. Se da de manera efectiva cuando un hombre tiene problemas de infertilidad graves.
Transferencia intrafalopiana de gametos.	Este método fue diseñado para superar la baja probabilidad de éxito (15 a 20 %) de la fecundación <i>in vitro</i> . El procedimiento es exactamente el mismo que el de una fecundación <i>in vitro</i> , excepto que los ovocitos y los espermatozoides son colocados en los oviductos inmediatamente después de ser obtenidos. Esta técnica tiene la ventaja de ser un procedimiento de un solo paso para la mujer, ya que los ovocitos son retirados y reintroducidos en el mismo período.

Actividad 13 Comprensión

Discute con tus compañeros las ventajas y problemas de la fecundación "in vitro"

Impacto del control de la natalidad en la población

En la actualidad se puede reconocer una serie de tendencias relacionadas con la natalidad y la composición de la población por edades en la población mundial, dentro de las cuales destacan:

- **Baja fecundidad.**

La tasa de natalidad, es decir, el número de hijos nacidos vivos por cada mujer ha ido reduciéndose. En 1950, una familia chilena tenía en promedio cinco hijos. Sin embargo, el promedio de hijos que tiene la mujer en Chile ha sufrido cambios drásticos pasando de tres en 1980 a dos en 1997 y a uno en 2007. Si esto se mantiene, muy prontamente la población chilena comenzará a reducirse y las consecuencias de esto son complejas. Por ejemplo, aumentaría la tasa o número de adultos mayores desocupados, disminuyendo la fuerza laboral y una desaceleración de la economía.

- **Aumento en la esperanza de vida.**

En los últimos años, el promedio de edad que alcanza a vivir una persona ha aumentado, pasando de 58 años en el período 1970-1975, a 67 años entre los años 2005-2010. Para el año 2025, un tercio de la población mundial tendrá más de 65 años, es decir, representa un fuerte incremento de la tercera edad, de casi 216 millones a cerca de 475 millones de ancianos en tan solo 25 años. En Chile, los resultados del Censo 2012 revelan un aumento de la esperanza de vida a 78 años.

Para saber

La tasa de fecundidad de una pareja sana que intenta tener hijos es de 25 % al mes, 60 % a los 6 meses, 75 % a los 9 meses y finalmente 80 a 90 % al año.

Al finalizar la lección...

Lee el siguiente documento y luego responde las preguntas.

En Chile, desde la incorporación de los métodos anticonceptivos, junto con el efecto del mayor desarrollo económico, social, educacional y sanitario, la natalidad ha presentado una sostenida reducción, especialmente entre los años 1990 y 2004. La mujer chilena tiene actualmente mayores posibilidades de desarrollo educacional, laboral, académico y profesional, que sumado al fácil acceso para el control de su fertilidad, hace que la tasa global de fecundidad en 2004 fuese de 1,9 hijos por mujer. Lo preocupante es que esta cifra es inferior a la tasa de recambio poblacional que es de 2,1 hijos por mujer, concepto que significa que los hijos nacidos por cada mujer no alcanzarían para renovar la población al momento del fallecimiento de sus progenitores.

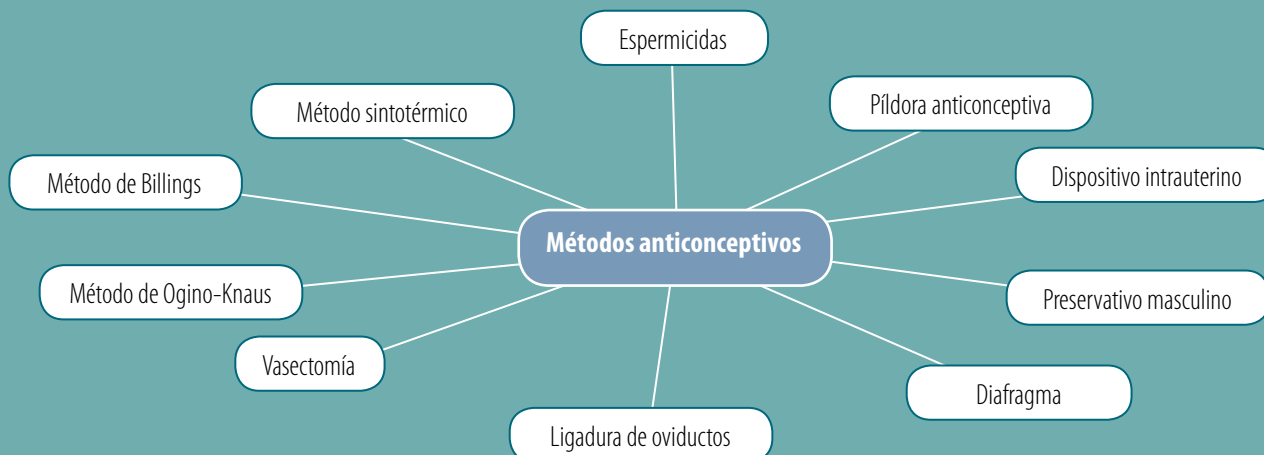
Fuente: http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-75262007000200001&script=sci_arttext

1. ¿Qué piensas de la disminución de la natalidad en Chile? ¿El ingreso de la mujer al mercado laboral podría influir en la disminución o el aumento de la natalidad en nuestro país?
2. ¿Es conveniente fomentar la natalidad en los países?, En el caso de Chile, ¿Qué medidas se podrían tomar para aumentar la natalidad? ¿Por qué?
3. Si aumentara la expectativa de vida y continuaría bajando el número de nacimientos, ¿qué efectos se pueden producir en la sociedad?

EVALUACIÓN INTERMEDIA

Organiza lo que sabes

Los mapas de ideas sirven para organizar la información y saber cómo esta se desglosa en diferentes subtemas. No representa jerarquías entre ellos.

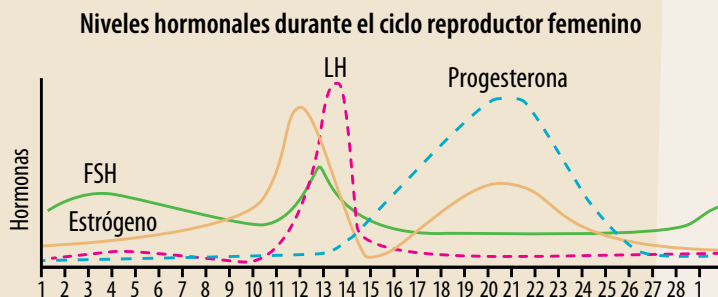


Ahora construye un mapa de ideas utilizando los siguientes conceptos:

1. Sexualidad humana
2. Reproducción
3. Pubertad
4. Características sexuales secundarias
5. Sistema reproductor femenino
6. Sistema reproductor masculino
7. Espermatogénesis
8. Ovogénesis

Evaluación de proceso

1. Analiza el siguiente gráfico y responde en tu cuaderno las preguntas planteadas.



- a. ¿Qué hormona tiene una elevada concentración inmediatamente antes de la ovulación?, ¿a qué se debe esto?
- b. ¿En qué momento del ciclo menstrual está mejor preparado el endometrio para que se implante el embrión en caso de haber una fecundación?
- c. ¿Qué hormonas estimulan el engrosamiento del endometrio?
- d. ¿Qué pasaría si se produce la ovulación, pero no se desarrolla el cuerpo lúteo?

2. Lee el siguiente texto y responde.

Durante el parto, las contracciones de las paredes musculares del útero provocan que la glándula hipófisis libere la hormona oxitocina. Uno de los tejidos blanco de esta hormona es, precisamente, el mismo útero, sobre el que provoca contracciones más fuertes. A su vez, estas enérgicas contracciones estimulan una mayor producción de oxitocina por parte de la hipófisis.

- ¿A qué tipo de mecanismo de control hace referencia este ejemplo?
- Dibuja un esquema que represente el mecanismo de control que se ejerce sobre la producción de oxitocina.

3. Completa la siguiente tabla con una posible conclusión para cada experimento.

Experiencia	Resultado	Conclusión
Extirpación de ovarios en rata adulta	Disminución de las tasas sanguíneas de estrógenos y progesterona. Aumento de tamaño de la hipófisis y producción de LH y FSH.	
Extirpación de hipófisis en rata impúber.	Los ovarios no se desarrollan y no hay hormonas ováricas en la sangre	
Estimulación eléctrica del hipotálamo en rata adulta normal.	Elevación de las tasas sanguíneas de FSH y de LH. Ovulación.	
Injectar FSH y LH a una rata adulta impúber.	Desarrollo de ovarios y ciclo ovárico	

4. Analiza la siguiente situación y responde las preguntas planteadas.

Dos compañeras de trabajo tienen ciclos menstruales regulares de 26 y 32 días, respectivamente. Si ambas mujeres comenzaron el nuevo ciclo menstrual el día 8 de febrero:

Enero 2014							Febrero 2014							Marzo 2014						
Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Do	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Do	Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Do
30	31	01	02	03	04	05						01	02						01	02
06	07	08	09	10	11	12	03	04	05	06	07	08	09	03	04	05	06	07	08	09
13	14	15	16	17	18	19	10	11	12	13	14	15	16	10	11	12	13	14	15	16
20	21	22	23	24	25	26	17	18	19	20	21	22	23	17	18	19	20	21	22	23
27	28	29	30	31			24	25	26	27	28			24 31	25	26	27	28	29	30

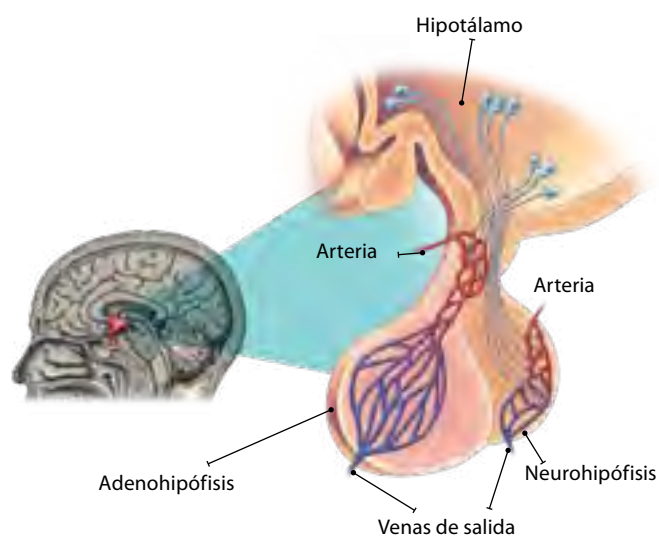
- ¿En qué día de enero ocurrió la ovulación del ciclo anterior en ambas mujeres?
- ¿En qué día de febrero ocurrirá la ovulación del ciclo que ambas mujeres acaban de comenzar?

SÍNTESIS DE LA UNIDAD

Lección 1

El sistema endocrino está formado por glándulas endocrinas, órganos que liberan a la sangre sustancias de naturaleza proteica o lipídica, llamadas **hormonas**. Estas viajan hasta el tejido blanco, lugar del organismo donde actuarán.

Las hormonas regulan el metabolismo, las condiciones del medio interno, los procesos de desarrollo, crecimiento y reproductivos, el funcionamiento del sistema inmunológico y la homeostasis.



La hipófisis es una glándula endocrina fundamental en la coordinación entre los sistemas nervioso y endocrino debido a su comunicación con el hipotálamo y con el resto de las glándulas endocrinas. Principalmente, existen dos mecanismos de regulación hormonal: la retroalimentación negativa y la retroalimentación positiva.

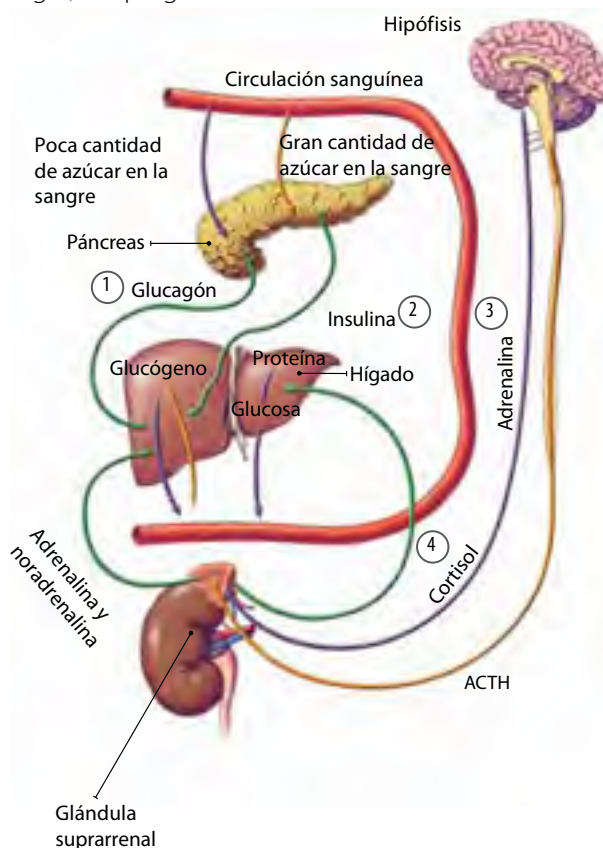
La **retroalimentación negativa**, que consiste en que la respuesta de la célula blanco a una señal hormonal inhibe la secreción de hormonas por parte de la glándula endocrina.

La **retroalimentación positiva**, en que la respuesta de la célula blanco a la señal hormonal aumenta la secreción de hormona por parte de la glándula endocrina.

Lección 2

Al no haber una adecuada regulación del sistema endocrino sobre la actividad fisiológica del organismo, se altera la homeostasis y se desarrollan trastornos hormonales que pueden deberse a una hipo o a una hipersecreción hormonal. Con la hormona del crecimiento se vinculan enfermedades como el enanismo, el gigantismo y la acromegalia; con las hormonas de la tiroides, el bocio, el cretinismo, el mixedema y la enfermedad de Graves, y con las hormonas producidas en las glándulas suprarrenales, la enfermedad de Addison y el síndrome de Cushing.

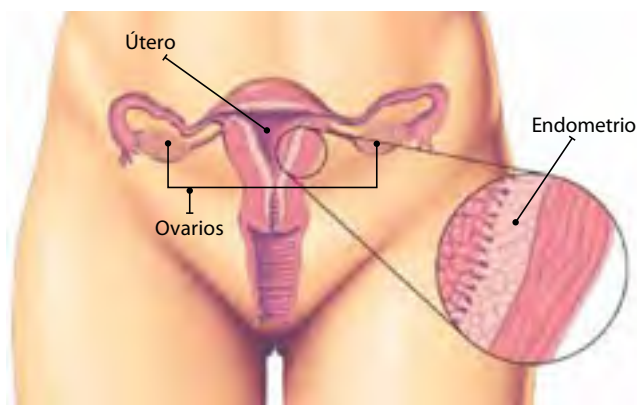
Entre los trastornos relacionados con las hormonas producidas por el páncreas, donde se produce el control de la glicemia, el más frecuente es la diabetes mellitus, caracterizada por un aumento del nivel de glucosa en la sangre, o hiperglicemia.



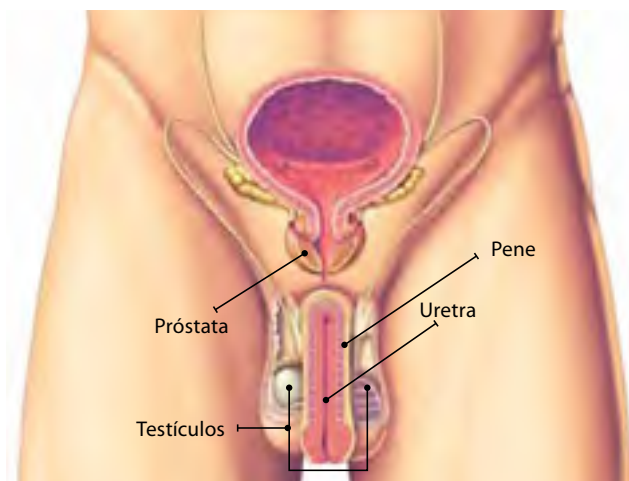
Se reconocen dos tipos de diabetes mellitus: tipo I o insulino dependiente, en la que no se produce insulina, y tipo II, más común que la anterior, debida a una alimentación desequilibrada y a la poca actividad física, en la que se produce insulina, pero es deficientemente utilizada para controlar la glicemia.

Lección 3

La sexualidad es un aspecto muy importante de los seres humanos. Implica tanto el sexo de cada persona como los vínculos afectivos, los valores personales, la espiritualidad y las condiciones culturales que determinan cómo los seres humanos nos relacionamos con las otras personas. Comprende un conjunto de fenómenos biológicos, psicológicos y sociales. Como parte de su desarrollo, durante la pubertad se producen cambios físicos y psicológicos importantes.



El sistema reproductor femenino está formado por los genitales internos: ovarios, oviductos, útero y vagina, y los genitales externos o vulva: labios mayores y menores, clitoris y vestíbulo de la vagina.



El sistema reproductor masculino está constituido por órganos: testículos y pene; conductos: deferentes y uretra, y glándulas: bulbouretrales, próstata y vesículas seminales. Las glándulas accesorias producen secreciones que en conjunto con los espermatozoides constituyen el semen.

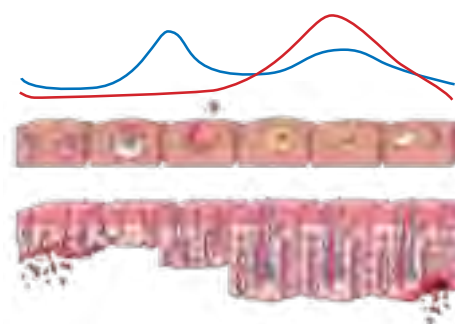
La gametogénesis es el proceso de formación de los gametos femeninos y masculinos a partir de células que se originan durante el desarrollo embrionario.

En las mujeres, la gametogénesis ocurre en los ovarios, y se denomina ovogénesis, y en los hombres ocurre en los testículos, y recibe el nombre de espermatogénesis. La regulación de las hormonas sexuales está controlada por la interacción entre el hipotálamo, la hipófisis y las gónadas. En la mujer, estas hormonas provocan cambios en los ovarios y útero y preparan al cuerpo para un posible embarazo, constituyendo el denominado ciclo reproductor femenino.

Niveles hormonales

Desarrollo folicular

Modificaciones en el endometrio



Lección 4

La infertilidad es una condición temporal que se puede producir por diferentes razones. Algunas causas de infertilidad en la mujer son los desórdenes endocrinos, obstrucción de los oviductos y diferentes disfunciones ovulatorias, como el síndrome de ovario poliquístico. En los hombres, puede producirse por alteraciones en la concentración, motilidad, viabilidad y morfología de los espermatozoides. Los métodos de planificación familiar son mecanismos que previenen el embarazo al impedir la fecundación. Pueden ser reversibles o irreversibles, hormonales o no hormonales y estar basados en el reconocimiento de los períodos de fertilidad e infertilidad (naturales) o utilizar métodos que impidan la fecundación con agentes externos (no naturales).

EVALUACIÓN FINAL

Lee las instrucciones y desarrolla las actividades planteadas. Puedes revisar tu texto para recordar y contestar correctamente cada ítem. Al finalizar, completa la sección *Me evalúo*.

Reconocer y comprender

1. Define los siguientes términos:

- | | | |
|---------------|-------------------|-----------------|
| a. Hipotálamo | c. Gonadotrofinas | e. Hipofunción |
| b. Hipófisis | d. Diabetes | f. Hiperfunción |

2. Lee y completa en tu cuaderno la siguiente tabla resumen. Luego responde las preguntas.

Método de control de la natalidad	Descripción
Píldora anticonceptiva	a.
Ligadura de oviductos	b.
Preservativo masculino	c.
Vasectomía	d.

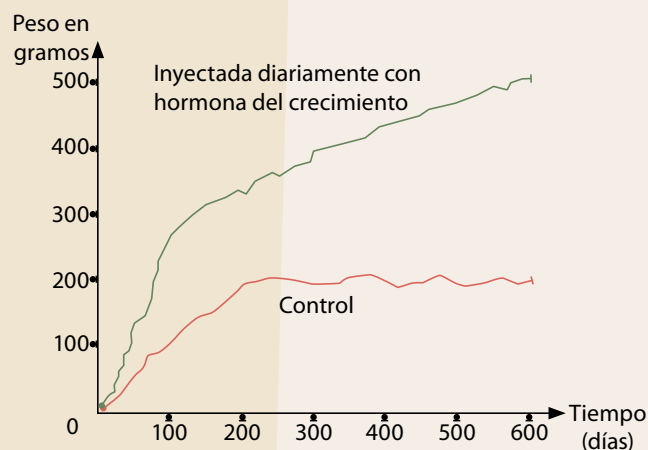
- e. ¿Cuál o cuáles de estos métodos es o son irreversibles? Fundamenta.
- f. ¿Por cuál de estos métodos crees que debería optar una pareja que desea tener hijos en el futuro? Explica.
- g. ¿Qué impacto crees que tiene para la sociedad la utilización de métodos anticonceptivos en la tasa de natalidad de la población?

Analizar

3. Analiza la siguiente situación y responde en tu cuaderno las preguntas planteadas.

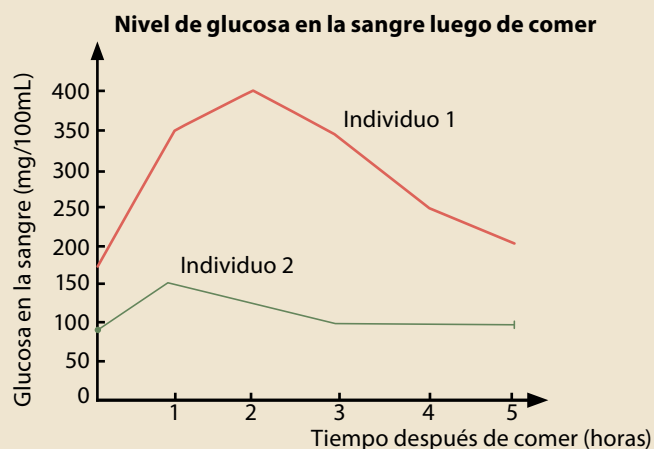
El gráfico, que muestra los resultados de un experimento realizado con ratas en etapa de crecimiento: una en condiciones normales (control) y otra a la que se le aplicaron dosis diarias de hormona del crecimiento.

- a. ¿Qué efecto tiene la hormona sobre las ratas? Explica.
- b. Si a una rata se le inyectara hormona del crecimiento, pero se le disminuyera la cantidad de alimento diario, ¿se obtendrían resultados similares a los del gráfico?, ¿por qué?
- c. ¿Qué problema de investigación crees que pretendían responder mediante este experimento?

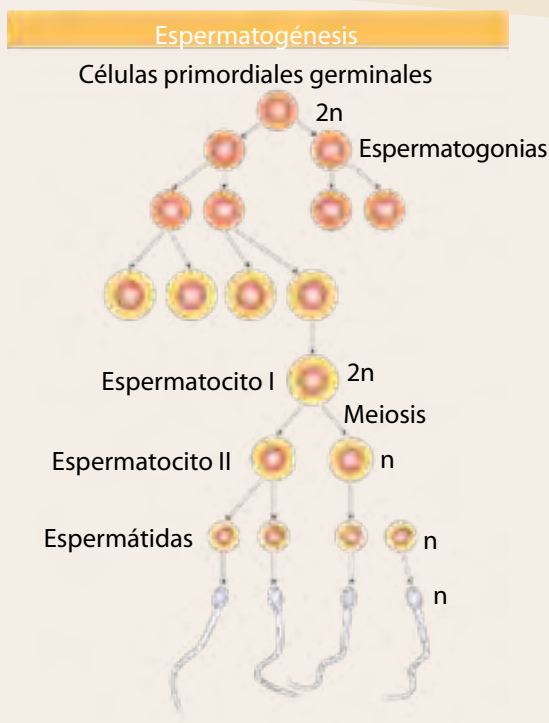
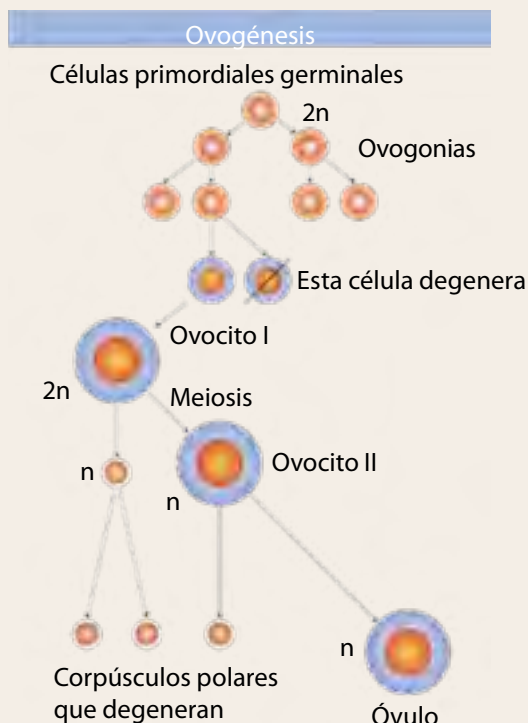


4. Lee y analiza la información del siguiente gráfico y luego responde en tu cuaderno las preguntas. El gráfico muestra la variación de glucosa en la sangre en dos personas, después de la ingesta de un alimento.

- ¿Qué ocurre con los niveles de glucosa en la sangre de ambos individuos al final de la primera hora? Fundamenta.
- ¿Cuál de los dos individuos padece diabetes?, ¿por qué?
- ¿Qué ocurriría si a las dos horas de haberle suministrado glucosa se le inyectara insulina a la persona diabética?, ¿cómo sería la curva? Grafícala en tu cuaderno.
- ¿Y si a las cuatro horas de haber suministrado glucosa se le inyectara nuevamente insulina a la persona?, ¿cómo sería la curva? Dibújala en tu cuaderno.



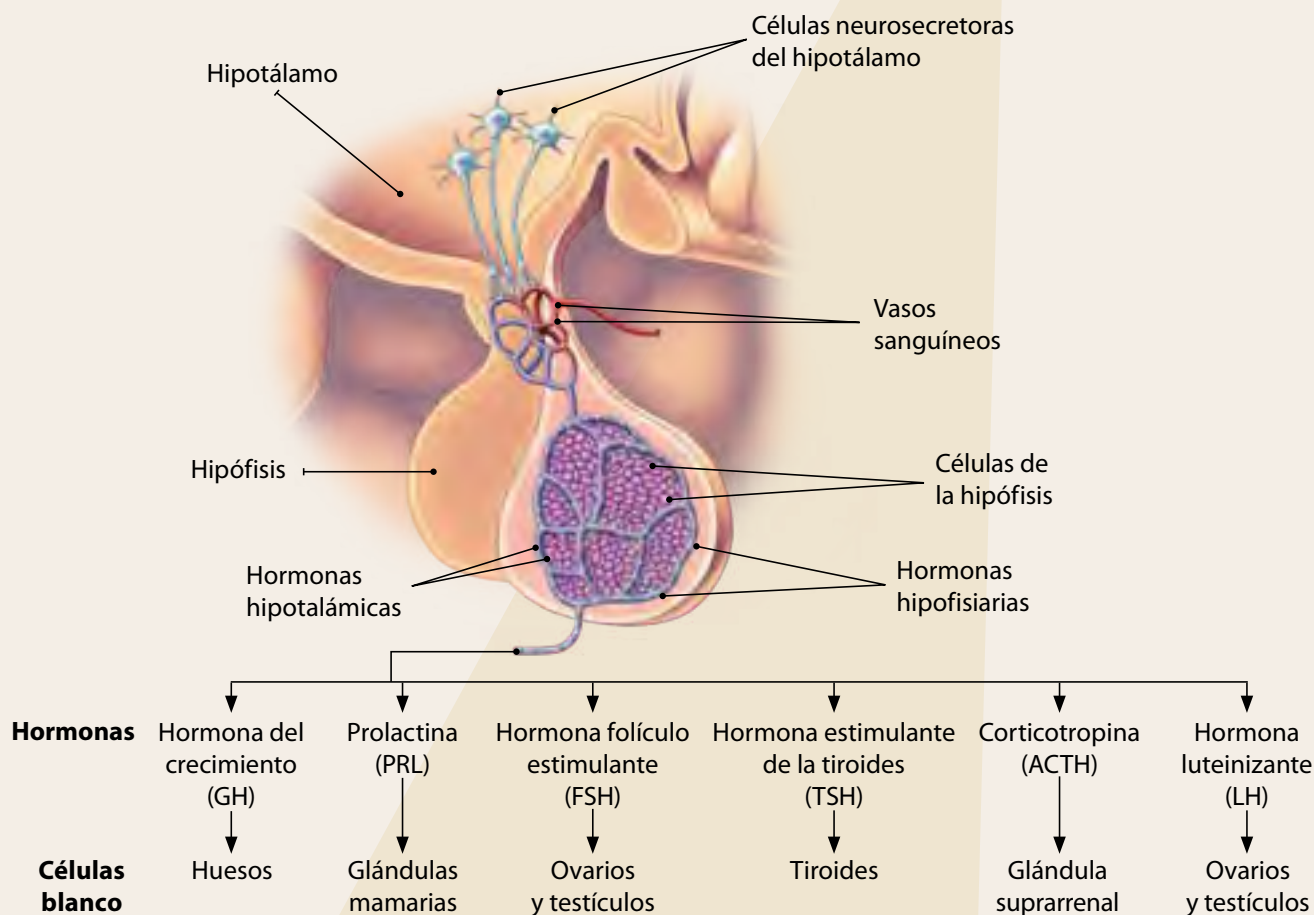
5. Analiza los siguientes esquemas y responde en tu cuaderno las preguntas.



- Escribe tres diferencias y tres similitudes en ambos procesos.
- ¿Qué ocurre con el número de cromosomas durante la gametogénesis?, ¿a qué se debe?
- ¿Qué hormonas controlan la ovogénesis y la espermatogénesis, respectivamente? Explica.

EVALUACIÓN FINAL

6. Analiza el siguiente esquema y responde en tu cuaderno las preguntas planteadas. .



- ¿Qué rol cumple el "eje hipotálamo-hipofisis" en el control hormonal?
- ¿Qué papel juega el sistema circulatorio en la liberación de las hormonas?
- ¿Qué ocurriría si, producto de una alteración, la adenohipófisis dejara de producir la hormona del crecimiento, o bien, secretara esta hormona en exceso? Explica ambas situaciones.
- Escribe la principal función de cada una de las hormonas mencionadas.

Revisa el **Solucionario** y luego escribe tu puntaje en el cuadro.

Descriptor:	Pregunta	Puntaje	¿Qué debes hacer?
Reconocer y explicar cómo están organizados el sistema endocrino y los diferentes mecanismos de acción hormonal en el funcionamiento de los sistemas del organismo.	1 (a, b, c) 6 (a, b, c)	___ / 9	Si obtienes entre 0 y 5 puntos, realiza la Actividad 1 . Si obtienes entre 6 y 7 puntos, realiza la Actividad 2 . Si obtuviste entre 8 y 9 puntos, realiza la Actividad 3.1 de la página 160.
Reconocer cómo la alteración de algunas hormonas puede producir problemas que afectan la salud. Interpretar datos sobre las variaciones de los niveles de glucosa en la sangre y explicar cómo afectan dichas variaciones al funcionamiento del organismo.	1 (d, e, f) 3 (a, b, c) 4 (a, b, c, d) 6 (c)	___ / 15	Si obtienes entre 0 y 8 puntos, realiza la Actividad 3 . Si obtienes entre 9 y 12 puntos, realiza la Actividad 4 . Si obtuviste entre 13 y 15 puntos, realiza la Actividad 3.2 de la página 160.
Explicar el rol de las hormonas en el funcionamiento del sistema reproductor humano y reconocer la sexualidad humana y la reproducción como aspectos fundamentales de la vida.	5 (a, b, c)	___ / 6	Si obtienes entre 0 y 3 puntos, realiza la Actividad 5 . Si obtienes entre 4 y 5 puntos, realiza la Actividad 6 . Si obtuviste 6 puntos, realiza la Actividad 3.3 de la página 161.
Comprender la importancia de la reproducción humana y el funcionamiento de los principales mecanismos de control de la natalidad. Evaluar el impacto del control de la natalidad en la sociedad.	2 (a, b, c, d, e, f, g)	___ / 7	Si obtienes entre 0 y 4 puntos, realiza la Actividad 7 . Si obtienes entre 5 y 6 puntos, realiza la Actividad 8 . Si obtuviste 7 puntos, realiza la Actividad 3.4 de la página 161.

---• Actividades

- Actividad 1.** Elabora un organizador gráfico con la composición y las funciones del sistema endocrino. Luego investiga acerca de los componentes básicos del sistema nervioso y su modo general de acción, y compáralo con el sistema endocrino.
- Actividad 2.** Investiga cómo se produce el control de la secreción de la hormona del crecimiento durante la infancia y realiza un esquema de su retroalimentación.
- Actividad 3.** Construye un organizador gráfico en el que relaciones las glándulas endocrinas con los trastornos provocados por su hipo e hiperactividad.
- Actividad 4.** Investiga y selecciona imágenes acerca de los trastornos hormonales revisados en la unidad y construye fichas de resumen con sus causas, consecuencias y tratamientos.
- Actividad 5.** Elabora un gráfico que muestre las variaciones hormonales producidas durante la gametogénesis. Combínalo con los cambios endometriales producidos en el ciclo reproductor femenino.
- Actividad 6.** Representa a través de un esquema el mecanismo de regulación hormonal del estrógeno, progesterona y testosterona. Considera todas las glándulas, factores liberadores y hormonas que intervienen. Además, indica a qué tipo de retroalimentación corresponden (*feedback* positivo o *feedback* negativo).
- Actividad 7.** Establece las diferencias y semejanzas que hay entre los cuatro métodos de control de natalidad señalados en tu Texto.
- Actividad 8.** Elabora una presentación sobre la píldora del día después. Luego de informar a tus pares, modela un debate en torno a quienes estén a favor de esta y los que están en contra.

● ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Actividad 3.1

Mariana dará hoy el examen de admisión en la Universidad. Esto le produce una mezcla de sensaciones: placer, por estar cerca de tan soñada aprobación; emoción, por la vivencia de haber escogido la carrera de medicina veterinaria, y miedo de cometer una equivocación al responder las preguntas de la prueba de selección universitaria (PSU). Como la mayoría de los postulantes, antes de empezar el examen siente taquicardia, su respiración se acelera, las manos le tiemblan y comienza a sudar.

- a. ¿Por qué crees que se producen cambios fisiológicos (taquicardia y aumento en la tasa respiratoria) cuando experimentamos situaciones similares a la descrita?
- b. Las hormonas participan para dar una respuesta ante situaciones de estrés. ¿Sabes cómo actúan en nuestro organismo?
- c. ¿Crees que el rendimiento en la prueba podría verse disminuido por no haber desayunado ese día? ¿Por qué?
- d. Y tú, ¿qué harías si te encontrases en la situación de Mariana? ¿Cómo podrías evitar estresarte cada vez que tengas un examen? Escribe algunas sugerencias.

Actividad 3.2




Una alimentación sana ayuda a mantener el azúcar de la sangre en un nivel adecuado. Esto es fundamental en el manejo de la diabetes, ya que controlando el azúcar en la sangre (glicemia) se pueden **prevenir las complicaciones de esta enfermedad**.

- a. Diseña un plan semanal de comidas para personas con diabetes, considerando los siguientes aspectos:
 - Contenido de azúcar de los alimentos.
 - Número de porciones durante el día y cantidad de cada porción.
 - Variedad de alimentos (fibras, frutas, vegetales, etc.)
 - Cantidad de sal de los alimentos.
- b. Investiga acerca de la importancia de considerar aspectos como el estilo de vida, la cantidad de ejercicio y el peso de cada persona, a la hora de diseñar un plan de comidas para diabéticos.
- c. Busca información sobre las complicaciones que puede tener una persona con diabetes y elabora un tríptico, un afiche o un panel que te permita comunicar, a la comunidad de tu colegio, cómo ayudar a una persona diabética que repentinamente sufre una urgencia médica debido a los niveles muy altos o muy bajos de azúcar en la sangre.

Actividad 3.3

Un grupo de investigadores, con el objetivo de analizar los factores que intervienen en la función ovárica y uterina de las mujeres, realizaron el experimento que se describe a continuación.

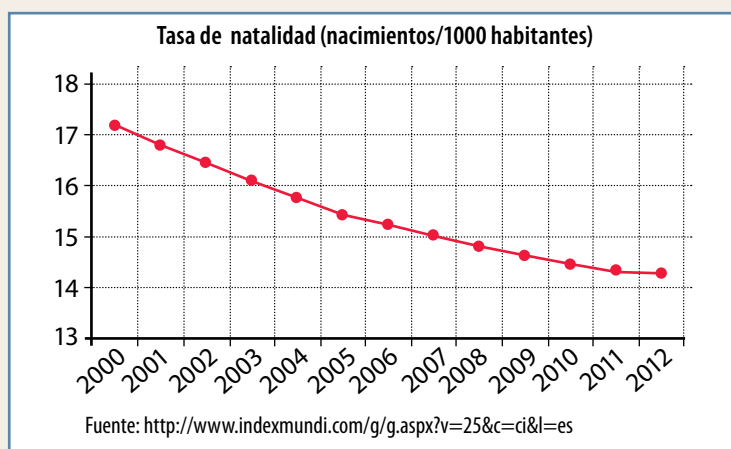
- Seleccionaron dos ratas hembras adultas, con la misma edad y masa corporal.
- A una de ellas le extirparon los ovarios y se le tomaron muestras de sangre para medir los niveles de hormonas sexuales. Seis semanas después, los ovarios fueron reimplantados en la rata experimental.
- La otra rata se mantuvo en condiciones normales (no hubo extirpación de las gónadas) y se le extrajeron muestras de sangre para medir los niveles de hormonas sexuales en los mismos tiempos que a la rata experimental.
- Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla.

	Rata control	Ratas experimentales	
Condición experimental	Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3
		 Ovarios extirpados	 Ovarios reimplantados, semanas después.
Efecto sobre el ciclo ovárico de la rata	Desarrollo normal del ciclo sexual ovárico	No hay desarrollo del ciclo ovárico	Desarrollo normal del ciclo ovárico

- Explica** qué problema de investigación crees que quiso responder este grupo de científicos mediante el experimento realizado.
- ¿Cuál es probablemente la hipótesis que postularon estos científicos? **Fundamenta**.
- Infiere** qué habría ocurrido si a la rata experimental no se le hubieran reimplantado los ovarios.

Actividad 3.4

En Chile, desde la incorporación de los métodos anticonceptivos, junto con el efecto del mayor desarrollo económico, social, educacional y sanitario, la tasa de natalidad ha presentado una sostenida reducción, entre los años 2000 y 2012, como se muestra en el siguiente gráfico.



- Infiere qué crees que pasará con la tasa de natalidad durante los próximos 5 años.
- Investiga el impacto que tiene el descenso de la tasa de natalidad en la sociedad.
- Ingresa a <http://www.scielo.cl/pdf/rchog/v72n2/art01.pdf> y, con la ayuda de un procesador de texto, elabora un resumen del documento que allí aparece.

Embarazo adolescente: Problemática individual y social



Uno de los problemas más complejos que actualmente enfrenta la salud reproductiva humana es el embarazo en la adolescencia, considerado como un problema biomédico con elevado riesgo de complicaciones durante el embarazo y parto, y que conlleva un incremento en las tasas de morbilidad y mortalidad materna, perinatal y neonatal. Tiene, además, implicancias socioculturales y psicológicas con elevado costo personal, educacional, familiar y social.

Desde la perspectiva sociocultural, la adolescente embarazada limita sus oportunidades de estudio y trabajo, puesto que la mayoría de ellas se ve obligada a desertar del sistema escolar, quedando con un nivel de escolaridad muy bajo, que no le permite acceder a un buen trabajo.

Las tablas que aparecen a continuación muestran la relación que existe entre el embarazo adolescente y la deserción escolar bajo diversas condiciones de subnivel socioeconómico (Tabla N° 1) y nivel de escolaridad (Tabla N° 2).

Tabla N° 1: Nivel socioeconómico de las adolescentes embarazadas

Nivel socioeconómico	Deserción escolar previo embarazo		Deserción escolar durante embarazo	
	n°	%	n°	%
Bajo	17	19.8	7	5.4
Bajo-medio	66	76.7	116	89.2
Bajo-alto	3	3.5	7	5.4
Total	86	100.0	130	100.0

Tabla N° 2: Nivel de escolaridad de las adolescentes embarazadas

Nivel de escolaridad	Deserción escolar previo embarazo		Deserción escolar durante embarazo	
	n°	%	n°	%
Básica	37	43	15	11.6
Media	49	57	115	88.4
Total	86	100	130	100.0

Biotecnología y obtención de la insulina humana

La insulina es una hormona que se produce en el páncreas, y su papel principal es disminuir los niveles de glucosa en la sangre, lo que hace aumentar la captación de glucosa al interior de las células de nuestro cuerpo. La persona cuyo páncreas no sintetiza insulina es diabética y necesita una administración externa mediante una, dos e incluso más inyecciones de insulina diarias para mantener la glicemia dentro de un rango normal. Las primeras hormonas utilizadas para el tratamiento de la diabetes mellitus fueron bovinas o porcinas. El problema era que esta insulina tenía algunas proteínas que la hacían ligeramente diferente a la insulina humana y en algunas personas hipersensibles producía alergias.

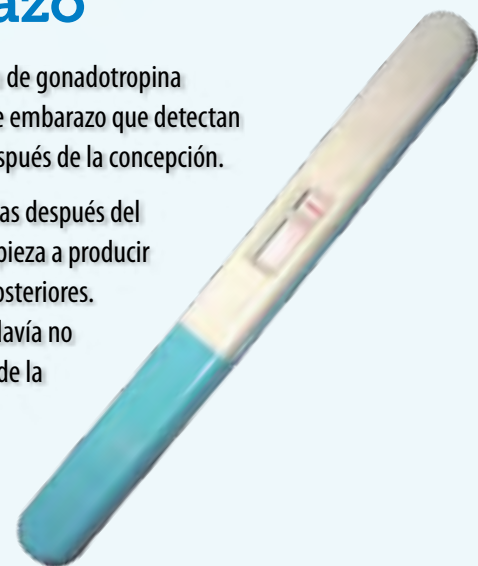
En la actualidad, gracias a la tecnología del ADN recombinante, los científicos lograron introducir los genes de ciertas proteínas humanas en microorganismos adecuados para su fabricación comercial. Un ejemplo típico es la producción de insulina que se obtiene a partir de la bacteria *Escherichia coli*, en la cual se clona el gen de la insulina en humanos.

La orina y la detección del embarazo

El método más seguro para saber si estás embarazada es el test de orina, que detecta la presencia de gonadotropina coriónica (HCG), la hormona producida por la placenta. En el mercado se pueden encontrar test de embarazo que detectan la gonadotropina coriónica muy rápidamente e indicar la presencia de un embarazo pocos días después de la concepción.

Sin embargo, salvo en algunos casos particulares, siempre es mejor esperar a hacer el test unos días después del retraso de la menstruación. De este modo, la prueba resultará más fiable. La hormona HCG se empieza a producir a partir del noveno día después de la concepción, pero aumenta sensiblemente en las semanas posteriores. Por tanto, si el test de embarazo se ha realizado demasiado pronto, es posible que la hormona todavía no sea identificada, sobre todo si el ciclo no es regular y no es posible calcular con exactitud la fecha de la ovulación.

El resultado de este test de embarazo es casi inmediato y bastante preciso. Si el test de embarazo da positivo se puede estar seguro del resultado; en cambio, si es negativo, se puede volver a intentarlo al cabo de unos días, o bien recurrir a otro tipo de examen.



REFLEXIONA Y OPINA

1. Según el análisis que has hecho de la información presentada, ¿cuál es tu opinión respecto del embarazo adolescente y sus consecuencias? Explica.
2. ¿De qué manera pueden contribuir a la prevención del embarazo adolescente? Fundamenta tu respuesta.
3. Interfiere qué ventajas crees que se obtienen al utilizar bacterias como la *Escherichia coli* en la producción de insulina para personas diabéticas.
4. ¿Qué tan eficiente crees que son las pruebas de embarazo que detectan la hormona HCG en la orina?

Dinámica de poblaciones y comunidades

Me preparo para la unidad

Cuando sales de vacaciones, ¿sientes que estás en contacto con la naturaleza?, ¿qué hallas en ella?, ¿te gusta visitar lugares que se encuentren menos intervenidos por el ser humano?, ¿por qué?

Busca en casa, con ayuda de tu familia o amigos, fotografías de paisajes en ambientes naturales. Luego investiga sobre aquellos lugares: ¿dónde quedan?, ¿cuáles son sus características?, ¿cómo es el clima?, ¿qué organismos se desarrollan ahí?, ¿es el mismo paisaje que observas en el lugar donde vives?, ¿es similar a la flora y fauna que existe cerca de tu casa?

Si es posible, lleva las fotos al colegio y junto con la información, compártelas, con tus compañeros.

Posteriormente, conversen: ¿qué ambientes naturales les gustaría conocer?, ¿dónde quedan?, ¿qué les llama la atención de ellos?, ¿cuáles son los seres vivos que se desarrollan en ese lugar?

Objetivos de la unidad

Lección 1: ¿Cuáles son las características de una población?

- Describir las características propias de una población, como la densidad y abundancia, tipos de crecimiento, tasas, curvas de sobrevivencia y factores que regulan el crecimiento.

Lección 2: ¿Cuáles son las características de una comunidad?

- Explicar las características propias de una comunidad y aquellas que emergen de la interacción con su ambiente.

Lección 3: ¿Cómo afectan los humanos a la biodiversidad y a los ecosistemas?

- Conocer algunas características de la población humana y su impacto sobre el medioambiente.



Para comenzar

¿Has escuchado hablar del desierto florido? Con tus conocimientos, ¿crees que pueda desarrollarse esta diversidad de flora con las características que tiene un desierto?, ¿por qué?

Observa la fotografía. ¿Qué organismos ves?, ¿son todos de la misma especie?, ¿se desarrollan en este ambiente durante todo el año?

Este fenómeno, ¿tendrá algo que ver con la presencia de lluvias en el desierto?, ¿por qué?

LECCIÓN 1: ¿Cuáles son las características de una población?

• **Debes recordar:** diversidad, ecosistemas, cadenas alimentarias y flujo de energía.

Trabaja con lo que sabes

1. Recuerda las características de un desierto e imagina que te encuentras ahí. Si alguien de tus compañeros ha visitado alguno, pídanle que les comente más detalles sobre el lugar, y luego respondan: ¿qué características tiene el paisaje?, ¿es cálido o frío?, ¿se ven organismos a simple vista?
2. Observa las fotografías y contesta las preguntas.



- a. ¿En qué lugares de Chile se habrán tomado estas fotografías?
- b. ¿A qué tipos de ecosistemas corresponden los paisajes que observas?
- c. ¿En cuál de los dos ecosistemas podrías encontrar mayor diversidad de organismos?, ¿qué te llevó a pensar esto?
- d. Imagina que existe la iniciativa de realizar un evento de *rally* de grandes camiones en uno de estos dos lugares. Tú eres parte de la comisión que otorga los permisos para efectuar la actividad y, responsablemente, pides un informe a un grupo de ecólogos. Los resultados son los siguientes:

Fotografía 1: Sur de Iquique. Existen más de 700 especies de hongos, bacterias y microalgas.

Fotografía 2: Costa de Chañaral. Posee alrededor de 150 especies entre plantas, animales y líquenes.

Debate. Forman grupos y discuten sobre el impacto de una carrera de rally de camiones. Por un lado la preservación de flora y fauna de la región. Por otro lado, los beneficios económicos, puestos de trabajos y la importancia de mejorar la economía regional con el turismo.

Propósito de la lección

Para poder proteger los ecosistemas naturales que existen en el planeta es importante identificar los organismos que viven allí y saber de qué manera interactúan entre ellos. En esta lección aprenderás qué factores influyen en la distribución de los seres vivos de una población en el espacio y el tiempo.

... ¿Qué conforma un ecosistema?



◀ Gaviota dominicana alimentándose de una estrella de mar.

¿Has observado en la playa o en algún puerto o caleta a las gaviotas sobrevolar el mar? ¿Qué crees que hacen?

Las gaviotas sobrevuelan el mar por diferentes razones; una de ellas es buscar su alimento. Sus presas son peces, cangrejos, estrellas de mar o, incluso, alimento desechado por otros organismos. Entonces, ¿podrían las gaviotas vivir de manera aislada, alejadas de otras **especies** de organismos? Con el objetivo de reproducirse, ¿podrían vivir distanciadas de los individuos de su misma especie?

Tal como has analizado, los organismos que viven en un lugar determinado interactúan con otros individuos de su misma u otras especies. También se relacionan con **factores abióticos** del medio para mantenerse (componentes físicos, como la luminosidad, la temperatura, y químicos, como el pH, el agua, el oxígeno, entre otros).

Esta variedad de interacciones es lo que reconocemos como **ecosistema**, que incluye las relaciones entre los denominados **factores bióticos** (organismos presentes) y los **factores abióticos**.

• Actividad 1 Análisis

1. En relación con la fotografía de las gaviotas, **rotula**:
 - a. Los factores abióticos.
 - b. Los factores bióticos (nombres comunes).
 - c. El flujo de energía entre la estrella de mar y la gaviota.
2. ¿Qué piensas que sucedería con las gaviotas si no interactuaran con los organismos de los cuales se alimentan?

¿Cómo se organizan los componentes en un ecosistema?

Al analizar los componentes bióticos de un ecosistema es posible reconocer niveles de organización e interacción entre las especies.

En la fotografía se observan varias poblaciones. ¿Cuáles identificas?

1. **Comunidad.** Es el conjunto de todas las poblaciones y sus interacciones presentes en una misma área y tiempo.

2. **Población.** Es un conjunto de organismos de la misma especie que viven en un espacio y tiempo comunes y que tienen la capacidad de reproducirse entre sí. La determinación del espacio puede ser una localidad geográfica u otra que esté determinada para su estudio.

3. **Individuo.** Es el nivel básico de organización de un ecosistema. Corresponde a un ser vivo.



▲ Alcatraces (*Morus bassanus*), lobos marinos y algunas gaviotas dominicanas.



◀ Las poblaciones, como esta de líquenes del género *Placopsis*, pueden estar distribuidas tanto en pequeñas (sobre una roca) como en grandes extensiones.

Recursos TIC



Visita la página del Ministerio del Medio Ambiente http://especies.mma.gob.cl/CNMWeb/Web/WebCiudadana/webCiudadana_Busqueda.aspx. Ingresa a la búsqueda regional y construye fichas con la información que obtengas de tres especies de tu zona. Comparte con el resto de tus compañeros.

Actividad 2 Aplicación

Organícense en grupos de tres integrantes y realicen un registro de las poblaciones que observen en un parque o plaza cercana a su colegio o en un ambiente natural. Indiquen el número de poblaciones y la cantidad de individuos que las componen. Compartan sus resultados con los de los otros grupos.

¿Qué determinan la abundancia y la distribución de las poblaciones?

Abundancia

Recuerda los datos que obtuviste en la actividad 2. Escoge una de las poblaciones que registraste. ¿Cuántos individuos la conforman?, ¿qué determina que sea ese número y no otro?

En Ecología, la **abundancia** corresponde al **número total de individuos** en una población. Ahora, imagina la misma cantidad de flamencos que observas en la fotografía en un espacio reducido a la mitad, ¿mantendrían las mismas condiciones?

Toda población está determinada, en parte, por su distribución en el espacio, y para ello es necesario entender la **relación** entre el número de individuos y la superficie en estudio ($K^2 \text{ cm}^2$, m^2 , entre otros.), indicador conocido como **densidad poblacional** (individuos/medida del área del estudio).



▲ ¿Qué definirá el tamaño de esta población de flamencos? ¿Variará en las estaciones frías o en las épocas reproductivas? ¿El número de individuos tendrá relación con la abundancia de una población?

Actividad 3 Análisis

- El gráfico 1 muestra la abundancia de tres especies de flamencos en el salar de Atacama entre los años 1995 y 2007.

- ¿Cómo puedes determinar que el gráfico no indica la densidad poblacional?
- ¿A qué crees que se deben las variaciones de abundancia?

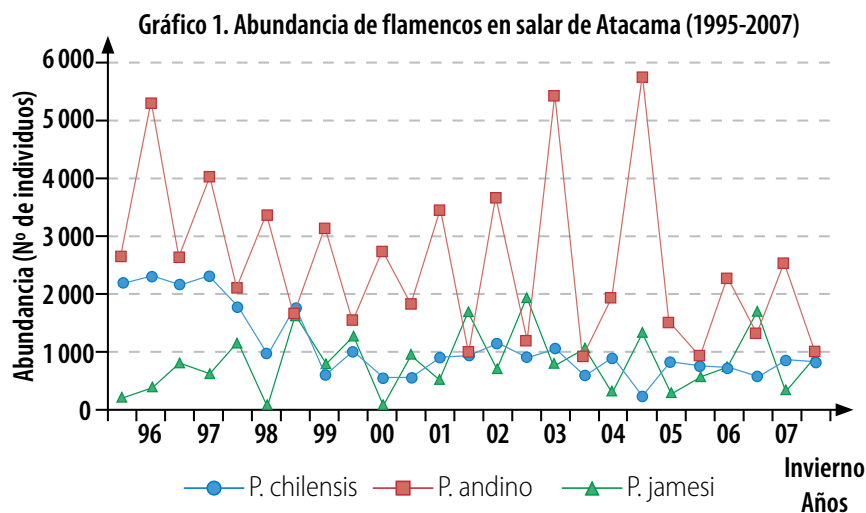
- Diferencia** los conceptos de abundancia y densidad poblacional.

- Sal al patio, a un parque o a un ambiente natural.

Observa los diferentes vegetales y animales que se desarrollan en aquel espacio. Luego **dibuja** en una hoja de bloc la distribución que tienen las diferentes especies en el espacio. Puede ser desde una vista superior. Pide ayuda a tu profesor si tienes dudas.

- Después **describe** de qué manera se distribuyen dos de las especies en el mapa construido y responde.

- ¿Se distribuyen así naturalmente o crees que el ser humano decidió cómo disponerlas?



Distribución

Tal como observaste en la actividad anterior, en un ecosistema las poblaciones se distribuyen de diferentes maneras utilizando el espacio disponible. Esta forma de distribución puede variar a lo largo del tiempo.

Esta variación puede obedecer a factores relacionados con el **ciclo de vida** de las especies, el clima, las épocas de **reproducción y crianza**, o con la **distribución de los recursos en el espacio** y la habilidad de las especies de llegar a ellos. En general, se reconocen tres modos de distribución de las poblaciones. Mira las fotografías.

Distribución uniforme u homogénea

Los organismos se ubican a distancias más o menos regulares unos de otros, tal como se observa en el caso de los olivillos del bosque que aparece en la fotografía. Para que una población se distribuya así, es requisito que el ambiente sea homogéneo y que los individuos compitan por los recursos del espacio. Es, por ejemplo, el caso de algunas especies de árboles que crecen a cierta distancia entre sí, pues estando muy juntos, no podrían sobrevivir.



▲ Bosque de olivillos (*Aextoxicon punctatum*) en la Reserva Nacional Isla Mocha.

Distribución agrupada y agregada

Los individuos de una población de este tipo forman grupos. Esta distribución puede darse cuando las características del medio son heterogéneas o discontinuas, es decir, cuando solo en ciertos lugares existen condiciones óptimas para los organismos; o bien, como ocurre en muchas ocasiones, cuando la presencia de un organismo en un lugar atrae a otros, pues resulta beneficioso para ellos. Este es el caso de animales sociales como algunas especies de aves e insectos, en donde el grupo tiene mayores probabilidades de mantenerse en el tiempo que el individuo aislado. Es la distribución más común en la naturaleza.



▲ *Viola sp.* en la alta cordillera. Chile.

Distribución azarosa o aleatoria

Los individuos de una población se disponen azarosamente en el ambiente, sin ningún patrón definido; así, la probabilidad de encontrar un individuo de la misma especie es igual en cualquier lugar del espacio. Ejemplos de esta distribución son poblaciones que habitan en ambientes ricos en nutrientes, como bosques lluviosos tropicales o templados; como es el caso del bosque valdiviano, en donde existe la misma probabilidad de hallar cualquier especie vegetal en cualquier punto de su área de distribución.

Chuca (*Scelorchilus rubecula*). Ave característica y endémica de los bosques templados del sur de Chile. Se distribuye azarosamente en el bosque, ya que encuentra refugio y alimento. ►



Actividad 4 Análisis

1. **Identifica** qué tipo de distribución presentan los organismos de las fotografías A y B.



▲ Flores de mostaza (*Sinapis alba*).



▲ Musgos en la isla Rey Jorge, Antártica.

2. **Infiere.** Durante el invierno, las especies de la alta cordillera sufren bajas temperaturas y, en algunos casos, pasan los meses de invierno cubiertas por la nieve. ¿De qué modo crees tú que se distribuyen?, ¿de qué forma podría favorecer la sobrevivencia de las especies el desarrollarse de la manera en que lo hacen?

Crecimiento poblacional

Actividad 5 Análisis

Observa las siguientes poblaciones.



Población 1.

Elefantes africanos (*Loxodonta africana*). Esta población tiene una abundancia de 34 individuos y se ubica al sur de Arusha (Tanzania, África). Estos son los animales terrestres más grandes del planeta y un adulto puede llegar a comer 135 kg de hierbas, frutas, raíces y corteza por día. Las hembras tienen una cría cada tres o cuatro años, pues el período de gestación tarda alrededor de 22 meses, es decir, casi dos años.



Población 2.

Moho de pan (*Rhizopus nigricans*). Esta es una población cuya abundancia alcanza los cientos de individuos. Su ambiente es un pan que presentó las condiciones favorables para su desarrollo. Cada individuo es capaz de generar miles de esporas que pueden dar origen a un nuevo organismo en un corto tiempo.

Ahora, compara las características de la población de elefantes con las de una población de hongos sobre un pan.

1. **Identifica** dos similitudes que presenten ambas poblaciones.
2. **Diferencia** cómo es su crecimiento en relación con el tiempo.
3. **Infiere**. ¿Qué sucedería si los elefantes se reprodujeran a la misma velocidad que los hongos?

Como acabas de observar, existen diferencias en las estrategias de reproducción de ambos organismos. Cada individuo de la población de *Rhizopus nigricans* se desarrolla rápidamente y se reproduce liberando una gran cantidad de esporas al ambiente, lo que incrementa la probabilidad de que algunas de ellas caigan en un ambiente propicio para su desarrollo, crezcan y vuelvan a reproducirse. Sin embargo, un elefante, cuyo costo de reproducción es tan alto, producirá una baja cantidad de crías durante su vida, a las cuales alimentará y cuidará, pues no tendrá muchas más posibilidades de generar otros individuos en al menos un par de años.

Estas diferencias en los ciclos determinan la **estrategia de crecimiento** de las poblaciones. Estas dependen fundamentalmente de la estabilidad del ambiente, la que determina, a su vez, la sobrevivencia del individuo. De este modo, especies que viven en ambientes cambiantes tienen estrategias diferentes a las que habitan en ambientes estables.

Luego de años de estudios de numerosas poblaciones naturales, el investigador inglés-estadounidense George E. Hutchinson (1903-1991) describió dos estrategias reproductivas, a las que denominó **pródigas** (muchas crías) y **prudentes** (pocas crías). Posteriormente, los investigadores estadounidenses Robert MacArthur y Edward O. Wilson denominaron a estos dos tipos de estrategias como **estrategia r** y **estrategia K**, considerando más factores, que estudiarás a continuación.

A. Estrategia r

Las poblaciones que tienen esta estrategia de crecimiento están en condiciones en que los recursos son ilimitados y no existen fronteras espaciales ni interacciones dañinas con otras especies o con el medio circundante. Al ser **condiciones óptimas**, se reproducen rápidamente y suelen ocupar todos los espacios disponibles. Sus ambientes suelen ser inestables y no existe un cuidado de los descendientes.

Estas poblaciones poseen un crecimiento que se denomina **geométrico o exponencial**, dado que su número aumenta exponencialmente a lo largo del tiempo, es decir, en cada ciclo reproductivo puede haber una duplicación del total de individuos.

Este tipo de ciclos de vida es típico de organismos de **pequeño tamaño**, como bacterias y eucariontes unicelulares.



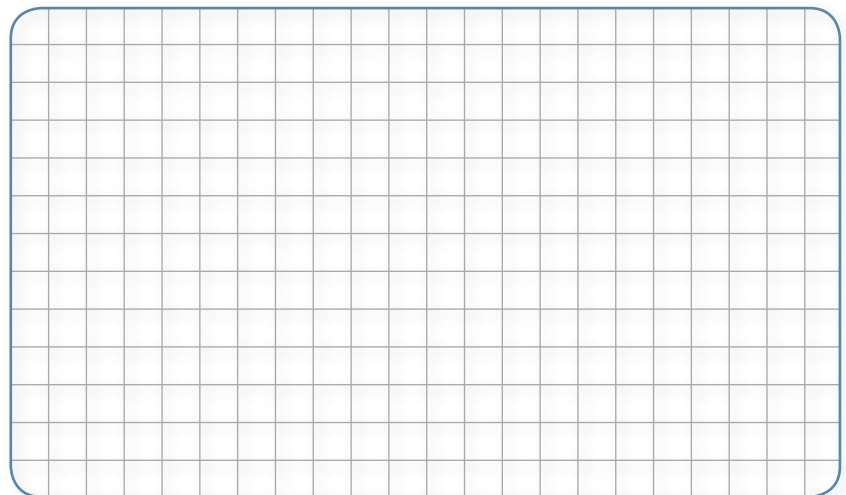
▲ Organismos que presentan estrategia r: Mariposa monarca (*Danaus plexippus*) y hierbas silvestres.

Actividad 6 Aplicación

Como has aprendido, los organismos procariontes se reproducen por bipartición, lo que, al término de cada ciclo de reproducción, implica la duplicación del número de individuos. En la siguiente tabla se indican los resultados del conteo de organismos de una población de bacterias a diferentes tiempos.

Tiempo (horas)	0	2	4	6	8	10	12	14	16
Número de individuos	12	24	48	96	192	384	768	1 536	3 072

- Con los datos de la tabla, **construye** un gráfico de puntos que represente el crecimiento de la población en el tiempo. Señala cuál es la variable dependiente y cuál la independiente.
- Calcula.** Si cada célula, en condiciones ideales, es capaz de duplicarse en un lapso de dos horas, indica cuál sería el tamaño poblacional al término de dos días.
- ¿Cuál sería el número aproximado de individuos a las siete horas?, ¿y a las quince?



▲ La figura resultante de un gráfico de este tipo se denomina curva de crecimiento, y representa el número de individuos en el tiempo.

B. Estrategia K

Apuntes:

Capacidad de carga (K): tamaño máximo de una población que pueden sostener los recursos disponibles de un ambiente determinado.

Algunos organismos tienen ciclos de vida de larga duración, como aprendiste en el ejemplo de los elefantes. En este caso, la población crece hasta un límite que es determinado por la disponibilidad de recursos. A este límite superior se le denomina capacidad de carga (K). Una vez que una población ha llegado a la capacidad de carga de un ambiente, su número oscila, manteniéndose cercano al límite impuesto por la disponibilidad de recursos. Por ejemplo, si la población de elefantes creciera desmedidamente, la cantidad de alimento no alcanzaría para todos sus individuos.

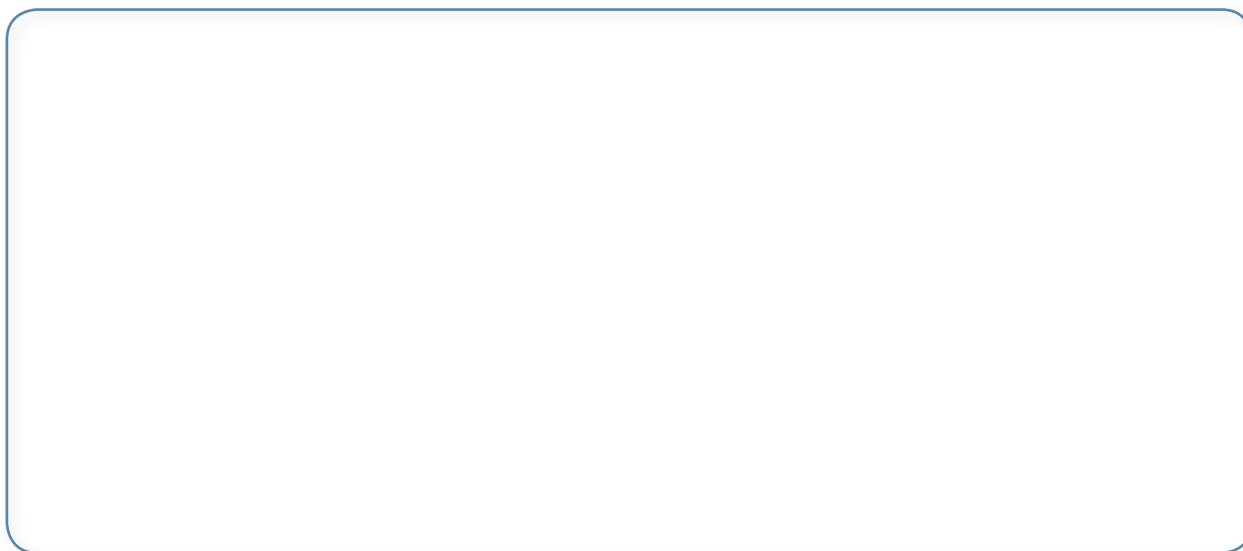
En general, los organismos con estrategia de tipo K suelen ser organismos de mayor tamaño que aquellos con estrategia r, son **más longevos** (viven más años), tienen un **número reducido de descendientes** a lo largo de su vida y presentan conductas de **cuidado de las crías**. Los hábitats de estas especies suelen mantenerse estables a lo largo del tiempo. Ejemplos de tales ambientes estables son los bosques lluviosos templados y tropicales.

Actividad 7 Aplicación

En la siguiente tabla se presenta el número de individuos de zorro culpeo (*Lycalopex culpaeus*) en una zona desértica del norte de Chile.

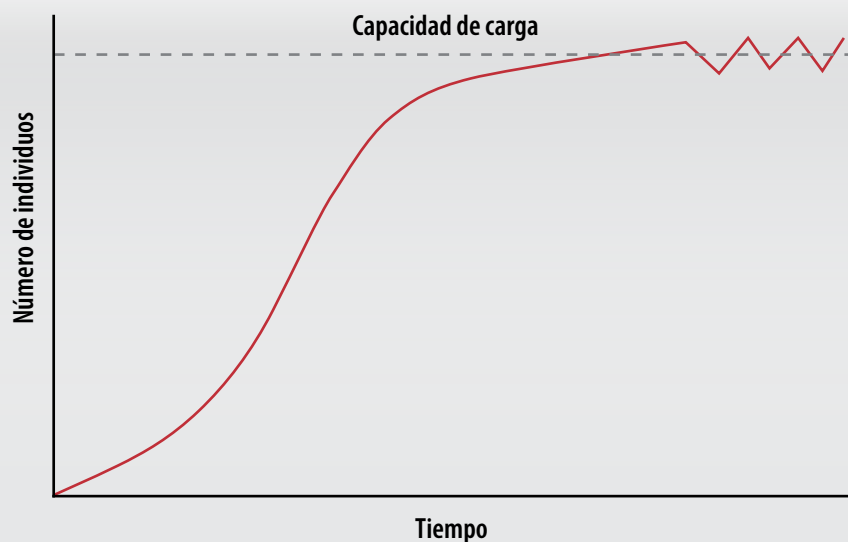
Tiempo (años)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Número de individuos	10	10	13	17	22	24	27	32	35	30	32	33	35	36	32	27	33	34	32	35	29

1. Con los datos de la tabla, **construye** un gráfico de puntos que represente el crecimiento de la población en el tiempo. Indica cuál es la variable dependiente y cuál la independiente.



2. ¿Qué diferencias observas con el gráfico que obtuviste en la actividad 6?

La abundancia de individuos en especies con estrategia K puede ser representada con gráficos como el obtenido en la actividad anterior, en el que la curva de crecimiento tiene una forma similar a una S (sigmoidea).



La curva debe llegar a un punto de estabilidad y luego variar alrededor de la capacidad de carga.

◀ Curva de crecimiento sigmoideo, donde se muestra el número de individuos en el eje y, y el tiempo en el eje x.

Organismos que presentan estrategia K



▲ Zorro chilla (*Lycalopex griseus*)



▲ Alerce (*Fitzroya cupressoides*)

Curvas de sobrevivencia

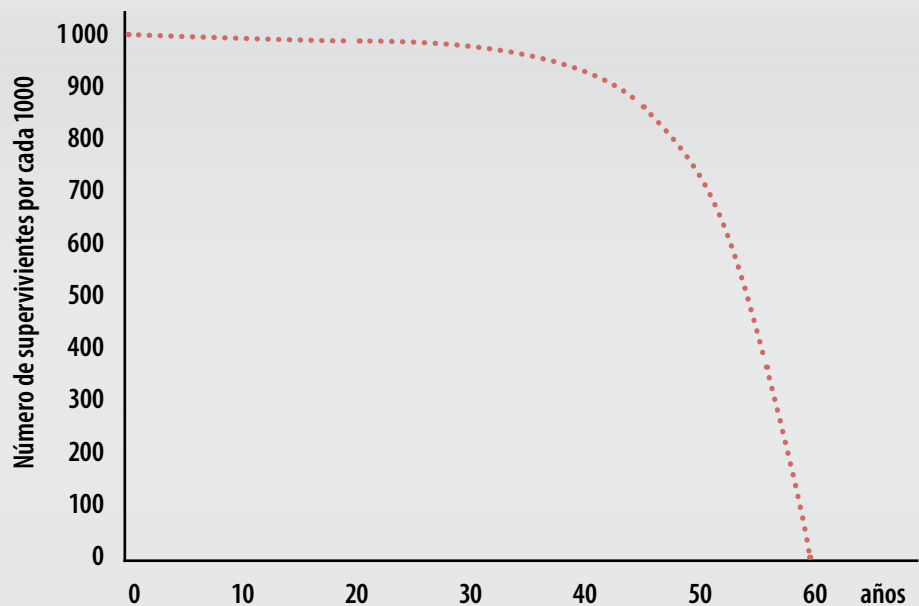
Has aprendido que las poblaciones se distribuyen de diferentes formas en el espacio (agrupada, uniforme o azarosa) y que presentan distintas estrategias de crecimiento (r y K), pero también puedes estudiarlas desde el punto de vista temporal, es decir, como se comportan en el tiempo.

Si se grafican los individuos que sobreviven en una población, según su edad (tiempo), se obtiene una **curva de sobrevivencia**.

Se han estudiado muchas especies y los resultados de las investigaciones plantean que cada especie tiene una curva de crecimiento particular.

Se han descrito tres tipos básicos de curvas, las que estudiarás a continuación.

Curva tipo I



Los individuos de poblaciones con este tipo de curva mueren a edades avanzadas, pues, por lo general, existe un cuidado parental en este tipo de individuos, disminuyendo los peligros de las crías, lo que permite su desarrollo.

¿Con qué tipo de crecimiento poblacional puedes relacionar esta curva de sobrevivencia?

Organismos con curva tipo I

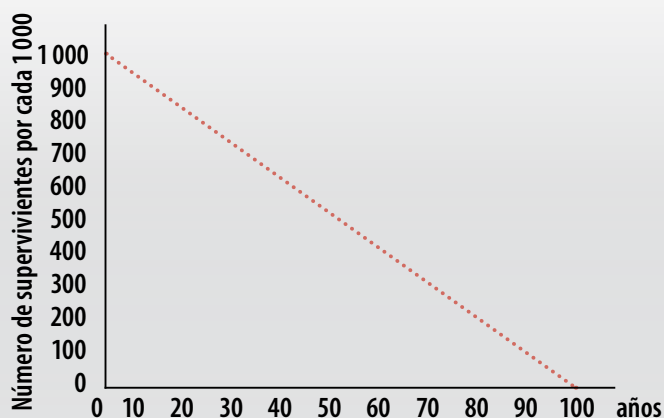


▲ Ovejas y todos los tipos de mamíferos de ganadería.



▲ Los seres humanos (*Homo sapiens*).

Curva tipo II



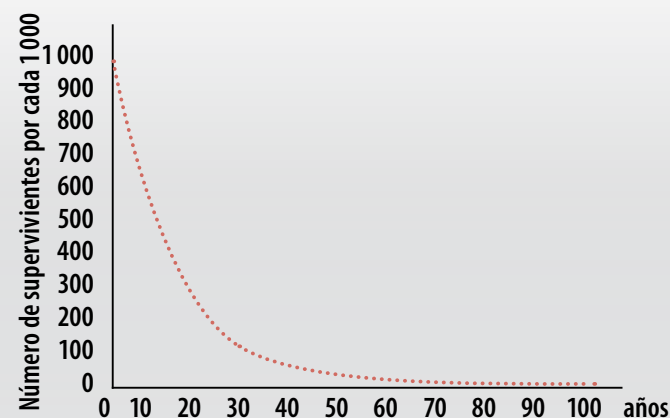
Las poblaciones con este tipo de curva presentan una mortalidad constante, independiente de la edad de los individuos.

Algunos pueden tener cuidado parental y otros no.

Algunos organismos con este tipo de curva son las aves y reptiles.



Curva tipo III



La curva tipo III es característica de las poblaciones de organismos con elevadas tasas de natalidad, pero que mueren a muy temprana edad y no alcanzan las categorías intermedias del desarrollo ni la madurez sexual.

Generalmente son individuos que no presentan ningún tipo de cuidado de las crías.

Algunos ejemplos son los peces, anfibios, invertebrados y plantas que liberan una gran cantidad de semillas muy pequeñas.

¿Con qué tipo de crecimiento poblacional puedes relacionar esta curva de sobrevivencia?



Recursos TIC

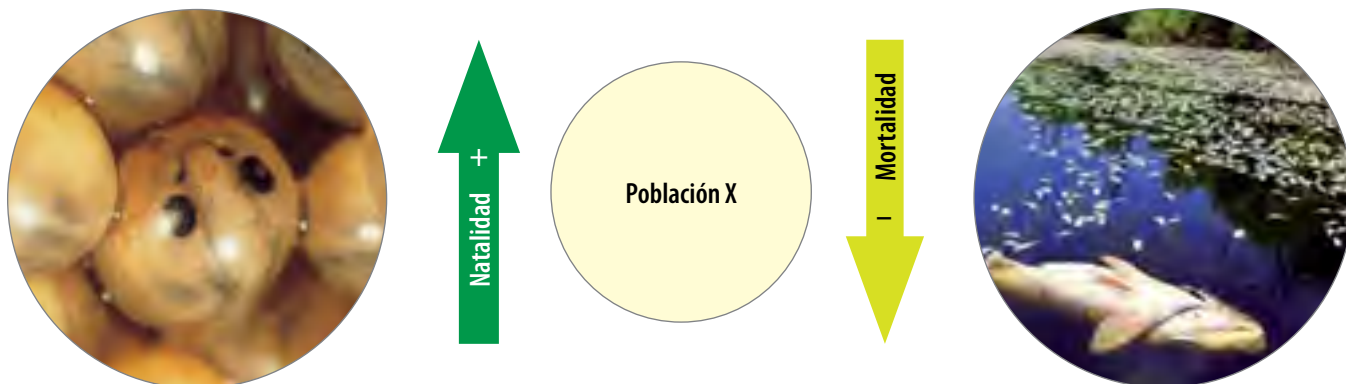
Ingresa a la siguiente página web http://deis.minsal.cl/vitales/anuarios/2009/Anuario_2009_vitales.pdf. Aquí podrás descargar el documento de Estadísticas de Natalidad y Mortalidad en Chile del Año 2009 (Departamento de Estadísticas e Información de Salud – DEIS Ministerio de Salud).

Dirígete a la tabla 26 (Mortalidad de los adultos, según grupos de edad y sexo, por Región y Comuna. Chile, 2009) en la página 274 del documento. Busca tu región y anota los datos. Suma los datos de hombres y mujeres según la edad, y construye un gráfico de barras que indique la diferencia de mortalidad entre los rangos 20 a 44 y 45 a 64. ¿En qué tipo de curva de crecimiento podrías clasificar el comportamiento que observas en la población?

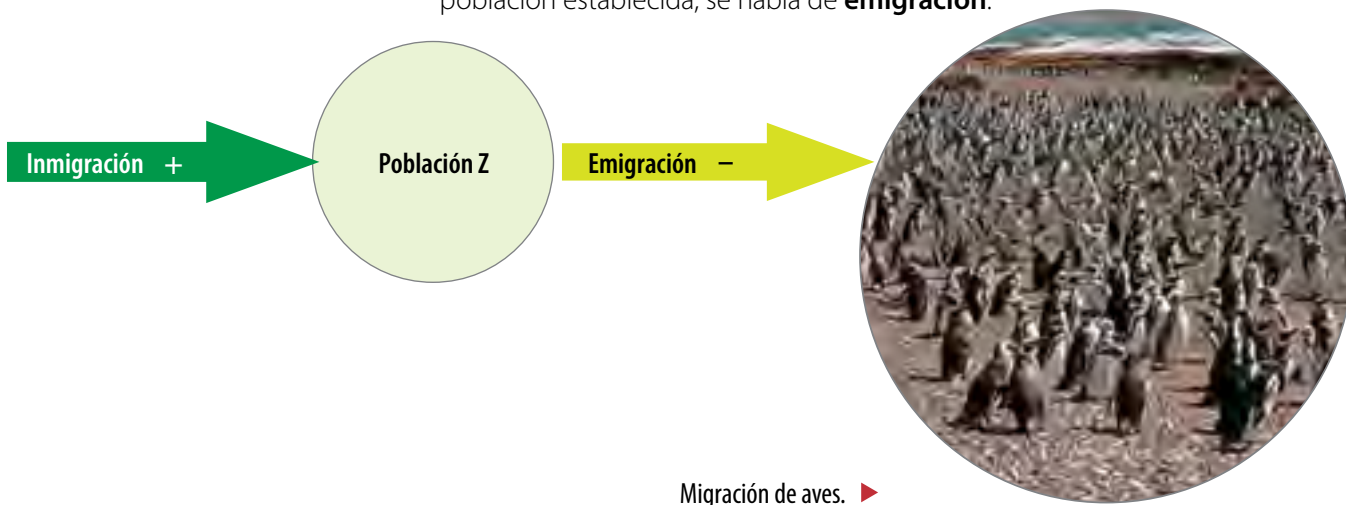
Tasas de crecimiento

Factores que influyen en la abundancia de una población

La abundancia poblacional (número de individuos) está determinada por tres factores: la **natalidad**, la **mortalidad** y las **migraciones**, donde los primeros, la natalidad y la mortalidad, son los que más influyen en el tamaño poblacional.



Por su parte, las migraciones corresponden al movimiento de individuos de una población a otra. Cuando nuevos individuos llegan a una población establecida desde otra, se habla de **inmigración**. Cuando individuos abandonan una población establecida, se habla de **emigración**.

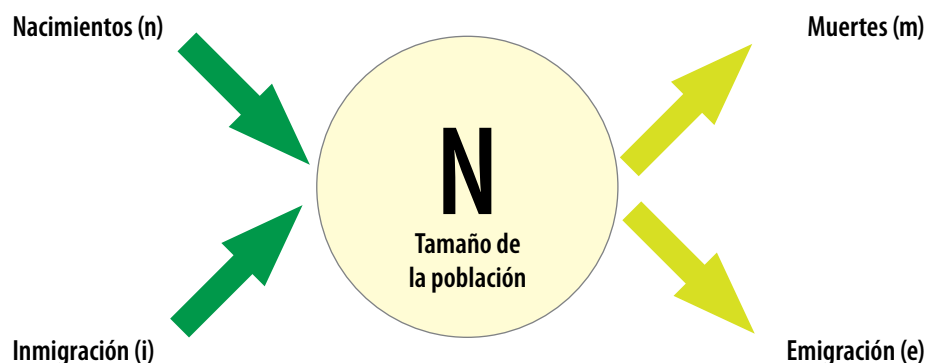


Actividad 8 Aplicación

Responde en tu cuaderno.

1. ¿En qué casos la población X podría incrementarse en abundancia?
2. ¿Qué factores provocarían una disminución de la abundancia en la población Z?
3. ¿Qué sucedería con la abundancia de la población X si un virus mortal afectara a gran parte de los individuos en edad reproductiva?

Como estos cuatro factores alteran el N (tamaño de la población) se puede resumir en el siguiente esquema:



Apuntes:

Tasa: es un coeficiente que expresa la relación entre una cantidad y la frecuencia del fenómeno o número de fenómenos en estudio. Normalmente se usan para ejemplificar un patrón que no es posible de ser medido de manera directa, como el crecimiento de una población.

Matemáticamente se representa con la ecuación:

$$N = (n - m) + (i - e)$$

Para poder determinar el **crecimiento de una población**, es necesario calcular la tasa de crecimiento poblacional (TCP). Para calcular esta tasa se toman en cuenta los números de nacimientos (natalidad), de individuos muertos (mortalidad) y las migraciones. Estas tasas expresan las frecuencias de estos tres factores en un año por cada 1 000 individuos, siendo una proporción de la cantidad total de miembros de la población.

Para calcular las tasas se utilizan las siguientes fórmulas.

Tasa de natalidad (TN) = (N.º de nacimientos/población total) x 1 000

Tasa de mortalidad (TM) = (N.º de muertes/población total) x 1 000

Tasa de migración (TMi) = (N.º de inmigraciones – N.º de emigraciones/población total) x 1 000

Tasa de crecimiento poblacional (TCP) = (TN – TM) + TMi

Actividad 9 Análisis

1. Durante un año, una población de Degús (*Octodon degus*) estuvo constituida por 32 individuos. En el siguiente año nacieron 12 crías, murieron 7 individuos, y llegaron 7 nuevos a la población, y 3 emigraron.
 - a. **Calcula** las tasas de natalidad, mortalidad y migración de la población en el segundo año.
 - b. ¿Cuál es la tasa de crecimiento poblacional?
 - c. ¿La población de degús creció o decreció?



Apuntes:

Potencial biótico: máxima tasa de crecimiento que puede alcanzar una población en un medio con las condiciones óptimas.

Resistencia ambiental: conjunto de factores que limitan el crecimiento de una población.



¿QUÉ OPINAS?

A fines del mes de mayo de 2013 comenzó la evacuación preventiva de las familias residentes en la zona aledaña al volcán Copahue, en la Región del Biobío, debido al inicio de la actividad volcánica. ¿Qué opinas de la aplicación de medidas preventivas?, ¿crees que es mejor esperar a que suceda un evento de esta magnitud antes de tomar precauciones? Si vives cerca de un volcán, ¿qué medidas tomarías con tu familia?

Las erupciones volcánicas son reguladores del crecimiento poblacional del tipo denso-independientes. En la fotografía, el volcán Chaitén.

Factores reguladores del crecimiento poblacional

Imagina que una población se desarrolla en un lugar óptimo, donde las condiciones son las ideales, es decir, todos los individuos tienen un refugio adecuado y alimento en abundancia, no existen otras poblaciones que amenacen su desarrollo, ni predadores ni agentes patógenos que puedan amenazar su salud. ¿Cómo crees que sería la tasa de crecimiento de esta población?

En estas condiciones, una población podría expresar todo su potencial biótico. ¿Qué sucedería si en la naturaleza todas las poblaciones alcanzaran este potencial?

En los ecosistemas, las poblaciones no expresan totalmente su máxima capacidad de crecimiento, puesto que no existen siempre las condiciones óptimas para ello. El impedimento de las poblaciones de expresar su potencial biótico está determinado por la resistencia ambiental. Los factores que determinan la resistencia ambiental se dividen en dos grupos: los factores denso-independientes y los factores denso-dependientes.

A. Factores denso-independientes

Si una población de araucarias se desarrolla en el cono de un volcán y ocurre una erupción, existirá una disminución del número de individuos, sea cual sea el número que componga la población. Esta reducción será independiente de la densidad de esta.

Este tipo de factores limitan el crecimiento de la población, cualquiera sea su densidad. Son en su mayoría abióticos y se relacionan con cambios climáticos periódicos; por ejemplo, la **estacionalidad anual**. También se asocian a factores ambientales aleatorios, como **huracanes** y **erupciones volcánicas**, cambios climáticos, **incendios forestales** o **derrames de petróleo**. Todos ellos disminuyen el tamaño poblacional, ya sea alterando las migraciones, provocando un decaimiento de la natalidad, un aumento de la mortalidad, o una combinación de estos.



¿Qué sucederá con el crecimiento de las poblaciones que se encuentran en los terrenos donde se desplaza un huracán?



¿QUÉ OPINAS?

Entre los factores densos e independientes se incluyen los causados por catástrofes naturales, pero ¿cómo pueden afectar a las poblaciones naturales desastres ecológicos causados por humanos como derrames de petróleo o incendios forestales intencionales?



En la fotografía se observa un terreno que fue afectado por un incendio forestal. ¿Qué sucedió con el crecimiento de la población de árboles?

Este tipo de factores reguladores operan generalmente en ambientes que presentan condiciones muy variables o irregulares.

Bajo estas condiciones ambientales, las poblaciones tienen de manera frecuente una baja densidad. Es por esto que existen organismos que presentan estrategias de supervivencia. Estas especies colonizan rápidamente los espacios disponibles y alcanzan su estado reproductivo a muy temprana edad, generando muchos descendientes y presentando una gran capacidad de propagación.

B. Factores denso-dependientes

Los factores denso-dependientes son aquellos que **dependen de la densidad** de las poblaciones para ejercer su efecto. De este modo, a medida que crecen las poblaciones, estos factores se expresan con fuerza creciente, es decir, a mayor densidad de la población, más individuos serán afectados.

Ballena franca austral (*Eubalaena australis*) alimentándose. ▶



Leona (*Panthera leo*) consumiendo su presa. ▶



Entre estos factores se encuentran las interacciones entre organismos de la misma especie (intraespecíficas) y entre organismos de distintas especies (interespecíficas).

Un ejemplo de factor denso-dependiente es la **disponibilidad de alimento** para las poblaciones. Una población que habita en ambientes con condiciones variables o en los que el alimento está en una cantidad determinada puede crecer solamente en tanto exista suficiente alimento para sostener a toda la población o, lo que es lo mismo, alcanzar la capacidad de carga del ambiente. Una vez alcanzada, la curva de crecimiento de las poblaciones se estabiliza o disminuye.

Otro ejemplo es la **obtención de un refugio**, pues si esta limitado, afectará a la población si el número de individuos es superior a los refugios disponibles.

Lirón careto (*Eliomys quercinus*) en su refugio junto a sus crías. ▶



Bajo estas condiciones, los organismos presentan una estrategia de tipo K, en la que las poblaciones crecen solo dentro de los límites de la capacidad de carga.

Novedades científicas

Poco se sabe de los efectos denso-dependientes que tienen las interacciones intraespecíficas en especies arbóreas de los bosques templados. Sin embargo, un estudio reciente ha señalado que las pequeñas plantas de olivillo (*Aextoxicon punctatum*) pueden ver limitado su crecimiento, ya que al encontrarse en abundancia, el número de individuos que llegan a la adultez se ve reducido. Los investigadores concluyen que dada la densidad de individuos, agentes externos como herbívoros y hongos patógenos pueden atacar a las plántulas para usarlas como fuentes de alimento para sus propios ciclos de vida.

Fuente: Parada, T. & Lusk, Christopher. 2011. *Patterns of tree seedling mortality in a temperate-mediterranean transition zone forest in Chile*. Gayana Botánica 68(2): 236-243.

Bosque de olivillos (*Aextoxicon punctatum*) en la Región de Los Ríos. Chile. ►

Al finalizar la lección...

Analiza y responde en tu cuaderno las siguientes preguntas.

1. **Diferencia** las estrategias r y K. Da al menos dos ejemplos de organismos para cada una de ellas.
2. **Reconoce** qué tipo de distribución presentan los olivillos que observas en la fotografía de la sección Novedades científicas.
3. **Calcula e identifica.** La densidad poblacional de este bosque de olivillos es de 1 453 individuos/km². Si ocurre un desprendimiento de rocas desde el cerro y muere la mitad de la población, ¿qué tipo de factor estaría regulando el crecimiento poblacional?, ¿cómo sería la densidad poblacional posterior al accidente, menor o mayor?
4. **Infiere.** Si consideras un grupo de organismos que vive en un ambiente cerrado con un aporte limitado de nutrientes, por ejemplo una colonia de bacterias en un medio de cultivo bajo en nutrientes, ¿cómo esperarías que fuera la curva de crecimiento?, ¿cómo clasificarías los factores que permiten o limitan el crecimiento de la población?
5. **Explica** las curvas de sobrevivencia de los tipos I, II y III. Da un ejemplo para cada una de ellas.

¿Cuáles son las características de una comunidad?

• **Debes recordar:** poblaciones, cadena alimentaria e interacciones ecológicas.

Trabaja con lo que sabes

Si observas detenidamente dos ambientes, por ejemplo uno de la Zona Central de Chile y un ambiente extremo como la Antártica, se hará evidente que existen diferencias en las poblaciones que habitan allí. Pero ¿qué ocurre en ambientes cercanos? Para averiguarlo, realiza el siguiente procedimiento en grupos de tres integrantes.

Procedimiento

1. Organicen una salida a terreno con su profesor, en la que puedan estudiar diferentes ambientes naturales.
2. Seleccionen dos ambientes cercanos entre sí que difieran por una característica principal. Por ejemplo, pueden hacer un cuadrante de 1 m x 1 m bajo un árbol muy húmedo y en un lugar soleado, o en las orillas de un curso de agua y alejado de un curso de agua.



3. Contabilicen las especies que sean capaces de distinguir. Si no conocen sus nombres, asígnenles números o algún código que facilite el manejo de la información.

Análisis

- a. ¿Hay especies en común entre ambos ambientes?
- b. Si ambos ambientes tienen especies en común, ¿se encuentran en la misma cantidad?
- c. ¿Hay alguna especie que solo se halle en uno de los cuadrantes? Intenta explicar su exclusividad.
- d. ¿En qué ambiente hay una mayor cantidad de organismos?
- e. ¿Qué factores del ambiente podrían estar influenciando el tipo de organismos y la cantidad en cada ambiente?
- f. **Identifica** una cadena alimentaria en el ambiente que estás observando.

Propósito de la lección

En esta lección conocerás cómo las comunidades poseen las características que les son propias y aquellas que surgen de las interacciones entre los miembros que las forman, y podrás comprender el porqué es tan importante el cuidado de todas las especies que conforman un ecosistema.

--- ¿Cómo se distribuyen las especies en una comunidad?

El hábitat es el lugar físico que ocupa una población. No es exclusivo de ella, dado que puede compartir el mismo espacio con otras poblaciones, como estas diferentes especies de algas.

Como has aprendido, las poblaciones requieren de una gran variedad de factores bióticos y abióticos que permitan su subsistencia. Todos estos factores pueden variar, determinando rangos de tolerancia para las especies que se relacionan con ellos.

Por ejemplo, algunas especies vegetales pueden vivir dentro de un rango de acidez de suelo o en un rango máximo y mínimo de precipitaciones, entre otros. De igual modo, la presencia de una especie facilita muchas veces la existencia de otras, por lo que la primera se vuelve un factor determinante en la presencia de la segunda.

A la suma de todos los rangos que permiten la existencia de una especie en un ambiente se le llama **nicho ecológico**.

Para saber

El nicho ecológico es una propiedad exclusiva de cada población. Aunque dos o más poblaciones compartan elementos de sus nichos ecológicos, nunca serán exactamente los mismos. Por ejemplo, puede que dos poblaciones de moluscos tengan la misma fuente de alimentos, pero sus depredadores pueden ser distintos, lo mismo que su tolerancia a la sequedad o a las mayores temperaturas cuando baja la marea.



¿Qué ambientes podemos encontrar en Chile?

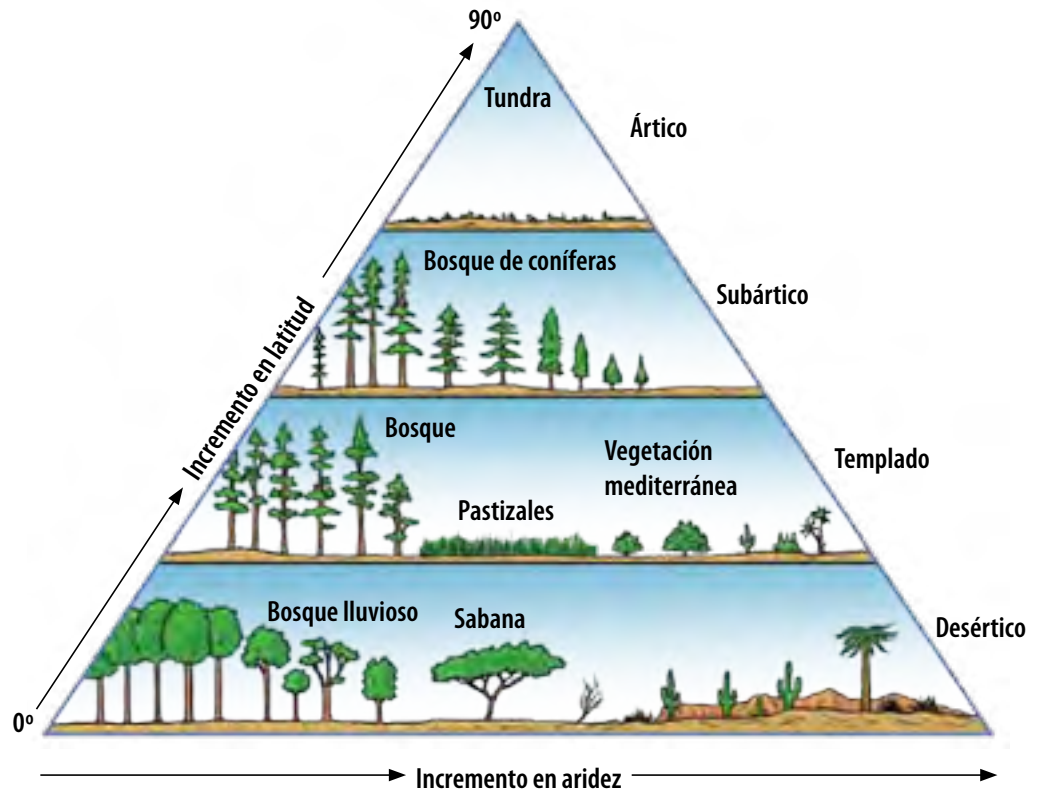
Chile, dadas sus características geográficas, tiene una enorme abundancia de ambientes, en los que diferentes especies cumplen sus ciclos de vida. Asimismo, la diversidad de relieves y climas permite la existencia de combinaciones de factores bióticos y abióticos que determinan la presencia y distribución de agrupaciones de poblaciones, las que forman diversas comunidades.

Estas comunidades se distribuyen en **biomas**, los que son caracterizados principalmente por el tipo de **vegetación** o de **organismos dominantes**, así como sus **condiciones climáticas**.

▲ Las diferentes algas que observas en la fotografía, comparten elementos de sus nichos ecológicos.

Biomos en Chile

En términos generales, en el país podemos encontrar cinco biomas diferentes; sin embargo, cada uno de ellos está representado por diversas formaciones vegetacionales, cuyas versiones más modernas llegan incluso a las 127 categorizaciones. A continuación, la descripción de los cinco biomas presentes en Chile.



Bioma del desierto

Corresponde a gran parte del territorio del extremo norte del país hasta la II Región de Antofagasta. El clima se caracteriza por las escasas precipitaciones y por la diferencia entre las temperaturas diurnas y nocturnas. En parte de este bioma no se desarrolla vida vegetal, pero en zonas costeras, bajo la influencia de la camanchaca, se forman los llamados oasis de neblina, donde se hallan diversas especies de cactáceas y arbustos como el tamarugo (*Prosopis tamarugo*). La vizcacha (*Lagidium viscacia*) y el zorro culpeo (*Lycalopex culpaeus*) son animales que se encuentran en este bioma.

◀ Oasis de neblina en el Parque Nacional Pan de Azúcar.

Bioma del matorral y bosque esclerófilo

Este bioma se caracteriza por tener pocas lluvias en el invierno y un promedio de temperaturas de alrededor de 20 °C, con una mínima en invierno de alrededor de 0 °C. Corresponde a zonas comprendidas entre la Región de Coquimbo y la del Biobío. Entre las especies más características están aquellas que forman el bosque esclerófilo, como el litre (*Lithraea caustica*), el peumo (*Cryptocarya alba*) y el quillay (*Quillaja saponaria*). Algunos animales que se encuentran son aves como diucas, tórtolas (*Zenaida articulata*), y mamíferos como zorros culpeos (*Lycalopex culpaeus*).

Recursos TIC

Descarga la siguiente presentación de diapositivas:

<http://www.educarchile.cl/Portal.Base/Web/VerContenido.aspx?GUID=b1ea71f7-ca50-497a-8570-6cf3486b831f&ID=%2091417>

Obsérvala y complementa la información con otras especies que se desarrollan en el bioma del desierto.

▲ Bosque esclerófilo.

Frutos de peumo (*Cryptocarya alba*) ►
en la Reserva Nacional Río Clarillo,
una especie típica del bosque esclerófilo.



Bioma de la selva

Presente desde la parte sur de la Región del Biobío hasta la Zona Austral de Chile. Está caracterizado por presentar constantes lluvias durante todo el año, con temperaturas máximas promedio de 10-15 °C. Esta zona está constituida por los bosques húmedos templados de la Región de Los Ríos y la Isla Grande de Chiloé. Entre las especies que destacan están el coihue (*Nothofagus dombeyi*), el canelo (*Drimys winteri*) y diferentes especies de helechos, como las costillas de vaca (*Blechnum sp.*). Algunos animales que se desarrollan en este bioma son anfibios, como la ranita de Darwin (*Rhinoderma darwinii*) y marsupiales como el monito del monte (*Dromiciops gliroides*).



▲ Los helechos película son la familia más abundante de helechos en el país, con especies endémicas como la sanguinaria (*Hymenoglossum cruentum*).

Parque Nacional Huerquehue, ► IX región. Chile.



Este bioma tiene una distribución muy reducida en las regiones de Aysén y Magallanes. Sus temperaturas medias máximas no superan los 6 °C y si bien tienen abundantes precipitaciones, son bastante menores a las presentes en el bioma de selva. Vegetacionalmente se caracteriza por la presencia de grandes pastizales formados por diferentes especies de gramíneas (plantas herbáceas) y arbustos achaparrados. Los animales que se encuentran son guanacos (*Lama guanicoe*), el quirquincho (*Zaedyus pichiy*) y algunas aves.



Los ambientes estepáricos están caracterizados por la presencia de grandes extensiones de pastizales.

▲ Pampa Magallánica

Bioma de la cordillera

Este bioma presenta muy diversos ecosistemas, pero todos ellos asociados a las diferentes altitudes y latitudes en las que están representadas la cordillera de los Andes y la cordillera de la Costa.

En sus zonas más altas se caracteriza por presentar una flora similar a la de estepa, con pastizales y con la particular presencia de plantas en cojín, como la llareta (*Laretia acaulis*), que se caracterizan por sobrevivir fácilmente el período invernal, inclusive cubiertas de varios metros de nieve.

Una especie característica del bioma de cordillera de las regiones del Biobío y de La Araucanía es el maihuén (*Maihuenia poeppigii*), que también adopta morfologías de cojín. Se encuentran animales como pumas (*puma concolor*) en las partes medias y altas y en las inmediaciones de la Región del Biobío, y desde la Región de Aysén hacia el sur, huemules (*Hippocamelus bisulcus*).



¿QUÉ OPINAS?

Durante la colonización de las regiones de Aysén y de Magallanes se despejaron grandes extensiones de territorio para permitir el desarrollo de la industria ganadera. Esto se llevó a cabo a través de incendios forestales masivos, cuyas secuelas aún son posibles de observar. ¿Qué efectos crees que ha traído para la flora y fauna local esta ocupación y alteración de su hábitat?



El maihuén o hierba del guanaco (*Maihuenia poeppigii*) es una especie endémica de la cordillera de los Andes. En esta fotografía se observan frutos de este cactus en los alrededores del volcán Antuco, en la Región del Biobío.



El cóndor (*Vultur gryphus*) es un ave que vive en el bioma de cordillera.

Como te habrás dado cuenta, en cada bioma conviven diferentes especies de organismos. Cada uno presenta su propia **biodiversidad**, que contempla la variedad de especies, sus relaciones y los genotipos que expresan.

Para saber

Visita la dirección http://www.mma.gob.cl/librobiodiversidad/1308/articles-45159_recurso_1.pdf, en la que podrás encontrar más información sobre los ecosistemas terrestres presentes en nuestro país. Extrae la información referente a uno de los ambientes que se encuentren cerca de tu localidad y trabájala en un procesador de texto.

¿Cómo influye una población en otras de la misma comunidad?

Como has aprendido, una población no se desarrolla de manera aislada, sino que establece diferentes tipos de relaciones con otras poblaciones de distintas especies.

Las relaciones entre los organismos influyen en la estructura que se conforma en una comunidad, y aquellas que más incidencia tienen en la abundancia y distribución son la **competencia** y la **depredación**.

Ahora estudiarás con detalle los diferentes tipos de relaciones que existen en la naturaleza.

A. Competencia

Cuando las personas mantienen el pasto de un jardín, con flores decorativas o un huerto donde cultivan alimentos, se preocupan de sacar la maleza que crece en el espacio dedicado para las especies cultivadas. ¿Por qué crees tú que es importante eliminar la maleza?

Si no se extrae la maleza del jardín, esta especie “invasora” utilizaría los recursos disponibles que también necesita la especie cultivada y entre ellas se generaría una **competencia interespecífica** (entre distintas especies). Como consecuencia de esta relación, ambas saldrían perjudicadas, pues los nutrientes, el espacio, la luz y el agua disponibles en el terreno tendrían que repartirlos entre ambos individuos. Este fenómeno descrito ocurre a una escala pequeña, pero en los ambientes naturales sucede constantemente y a mayor escala.

¿Por qué crees que compiten los diferentes moluscos de la roca?

La competencia se da cuando dos organismos necesitan el mismo recurso y se encuentran en el mismo espacio físico. Cuando esto sucede, y tal como viste en el ejemplo anterior, ambos salen perjudicados y se grafica con dos signos negativos (-,-).

Mientras más limitado sea el recurso, o más similar sea el nicho que comparten, más intensa será la competencia por él. Esta competencia también puede darse entre organismos de la misma especie (intraespecífica).

La competencia interespecífica puede ocurrir a cualquier escala. En la imagen, observa dos representantes del género de líquenes *Caloplaca* compitiendo por el sustrato. Si dos especies pueden competir sobre una roca, ¿a qué otra escala crees que es posible la aparición de competencia?



En 1932, el microbiólogo ruso Georgyi Gause (1910-1986) publicó sus trabajos sobre el efecto de la competencia en poblaciones de protozoos, cuyos resultados dieron origen al **principio de exclusión competitiva**. Según este principio, cuando dos poblaciones compiten por los mismos recursos, una resulta más eficiente que la otra, lo que tiene efectos en la reproducción y en el crecimiento poblacional (que es mayor en la más eficiente y menor en la menos eficiente). Si se llega a una situación extrema, la población menos eficiente puede desaparecer del ecosistema.

Para facilitar la comprensión de los fenómenos que ocurren en la naturaleza, en ecología se suelen utilizar modelos teóricos, como el postulado por Gause. Para entenderlo mejor, realiza la siguiente actividad.

Para saber

Muchas veces, los episodios competitivos determinan que las especies sufran un **desplazamiento de caracteres**. Esto consiste en que cada especie modifica la amplitud de su nicho, reduciendo o ampliándolo, para evitar los efectos negativos de la competencia y posibilitar la **coexistencia**.

Actividad 10 Análisis

Organícense en grupos de tres integrantes. Lean la información y luego desarrollen las preguntas.

Gause trabajó con diferentes especies de protozoos, entre ellos *Paramecium aurelia* (1) y *Paramecium caudatum* (2), a los cuales cultivó en ambientes separados y después, juntos. Los gráficos ilustran algunos de los resultados obtenidos.

- Identifiquen** cuál es la densidad relativa de cada población de *Paramecium* a los 10 días. ¿Qué tipo de estrategia de crecimiento demuestran?
- Infieran** qué sucede con la población de *P. caudatum* cuando se cultiva junto a *P. aurelia*. ¿Cómo explican este resultado considerando que estas especies no se depredan entre sí?
- Concluyan**. ¿Es correcto postular que una de las dos especies de *Paramecium* es mejor competidor que la otra? ¿Por qué podrían considerar este un ejemplo de competencia interespecífica? Fundamenten.
- Reconozcan** el problema de investigación que se planteó Gause para desarrollar este procedimiento.

Gráfico N° 2: Crecimiento de especie 1 sola

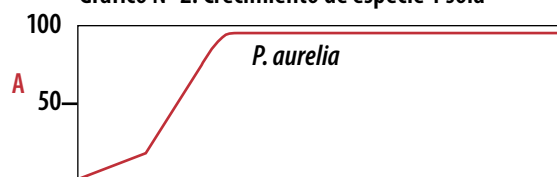


Gráfico N° 3: Crecimiento de especie 2 sola

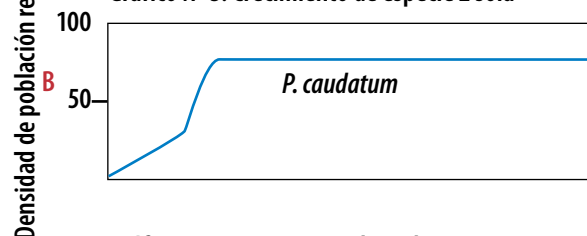
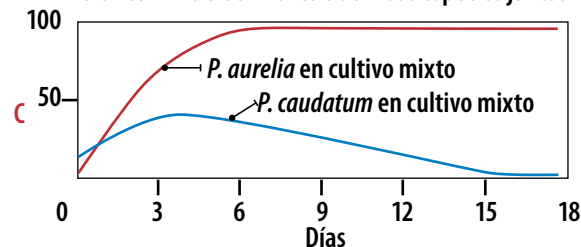


Gráfico N° 4: Crecimiento de ambas especies juntas



Cuando en una comunidad se introduce una nueva población, esta entrará en competencia con las poblaciones locales existentes, las que verán modificado su nicho ecológico, ya sea su hábitat o alguno de los recursos utilizados. Por ejemplo, la zarzamora (un arbusto común en Chile central) fue introducido en el archipiélago Juan Fernández, donde empezó a competir con la vegetación local, provocando un desequilibrio ecológico, lo que puso en riesgo la existencia de las poblaciones nativas.



▲ Jaguar alimentándose de un pequeño mamífero.

¿Cuál de los dos organismos salió beneficiado?, ¿qué beneficios obtuvo?

Si observas en tu entorno cercano, ¿qué organismos depredadores puedes identificar?

Vacas pastando. Organismo herbívoro. ►

B. Depredación

La depredación es un tipo de interacción entre poblaciones de carácter trófico o de consumo, que se establece entre especies consumidoras o predadores y las presas.

En este tipo de interacción, el predador se beneficia y la presa es perjudicada (+/-).

Una de las consecuencias de la depredación es su efecto regulatorio en el tamaño de las poblaciones de ambas especies que participan en la relación.

Por su parte, la **herbivoría** y el **parasitismo** se pueden considerar como tipos particulares de depredación, en los que la presa no es consumida en su totalidad, o el consumidor no mata inmediatamente a la presa y esta puede mantenerse durante el tiempo a pesar de ser dañada o consumida parcialmente.

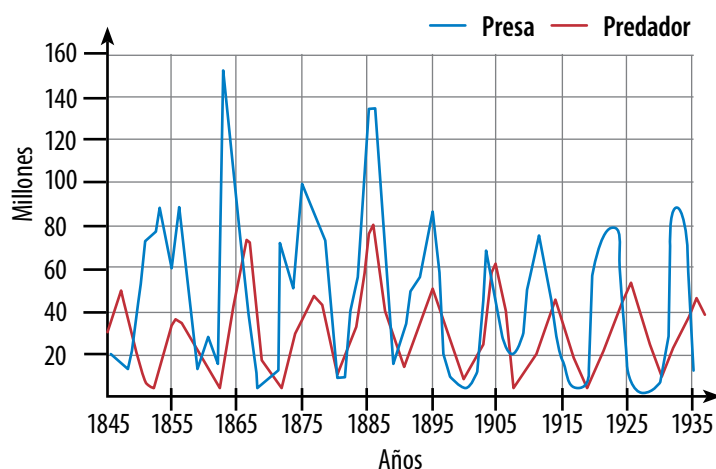


Actividad 11 Análisis

Observa y analiza el siguiente gráfico. En él se representan las oscilaciones que han experimentado las poblaciones de presas (herbívoros) y depredadores (carnívoros). Luego responde las preguntas planteadas.

1. **Explica** por qué los puntos más altos de ambas poblaciones son casi coincidentes.
2. **Calcula** cuál es la abundancia promedio de presas y depredadores.
3. **Infiere** qué ocurriría con la población de presas si, por alguna razón, desaparecieran los depredadores.
4. **Infiere.** ¿Qué sucedería con la población de los vegetales, de los cuales se alimentan las presas, si desaparecieran los depredadores?

Gráfico 3: Tamaño poblacional de dos poblaciones en interacción



C. Otras interacciones

Junto con la competencia y la depredación existen otros tipos de interacciones que ocurren entre las especies de una comunidad. Algunas pueden producir efectos positivos para ambas especies, como en el *mutualismo* y en la *simbiosis* (+/+). En otros casos, como en el **comensalismo**, una de las especies se ve beneficiada, en tanto que la segunda se mantiene neutra (+/0). En el **amensalismo**, una de las especies tiene efectos negativos, en tanto que la segunda permanece neutra (-/0).

Mutualismo

Es una interacción en la que ambas partes ven mejorada su capacidad de sobrevivir y tener descendencia. La **simbiosis** es un tipo de mutualismo, en el que una o ambas partes son dependientes de la otra.



◀ La anémona, con sus tentáculos venenosos, protege al pez payaso de los depredadores. El pez, por su parte, protege a la anémona de otros peces que la atacan y lleva alimento que esta puede aprovechar. ¿Qué sucedería con la población de peces payasos si las anémonas desaparecieran?

Comensalismo

Es un tipo de interacción en el que una especie utiliza y se ve beneficiada por los recursos que le sobran a otra población, la que no se ve afectada. Por ejemplo, carnívoros como tigres y jaguares, dejan abandonados restos de presas que son aprovechados por otros organismos.



¿QUÉ OPINAS?

El depredador terrestre de mayor envergadura en nuestro país es el puma (*Puma concolor*). Este animal de vida solitaria vive en sectores cordilleranos alejados de la actividad humana. En la actualidad, es considerado una especie vulnerable, pues quedan pocos ejemplares. Esto último se debe principalmente a la caza indiscriminada y a la destrucción de su hábitat por la invasión de la población humana que va creciendo en su entorno. Si el puma desapareciera, ¿cómo se vería afectado el ecosistema cordillerano?, ¿qué acciones se podrían realizar para evitar su extinción?



¿Cómo se forman las comunidades?

Los organismos se hallan en una continua interacción entre ellos y con el medioambiente. Como resultado de esta interacción, el ambiente cambia y los organismos se adaptan.

Asimismo, puede ocurrir que los cambios sean tan importantes que las especies migren o desaparezcan del territorio. Estos cambios implican que en algún momento debe existir una etapa inicial de formación de una comunidad, donde llegan ciertas especies colonizadoras que, con el tiempo, son remplazadas por otras, las que también pueden ser sustituidas posteriormente. Este proceso se denomina sucesión y sus características dependerán de factores abióticos, como el clima, la cantidad de luz, las precipitaciones, disponibilidad de nutrientes, entre otras.

Sucesión primaria

Cuando la sucesión ocurre en un ambiente nuevo, en el que no existe suelo formado, como una isla volcánica reciente o se descubre superficie por el retroceso de un glaciar, se denomina sucesión primaria. En este proceso aparecen especies resistentes a condiciones ambientales adversas, llamadas **colonizadoras**. Estas inician los primeros pasos hacia la formación de suelo facilitando el establecimiento de otras especies.

En 1916, F. E. Clements, botánico estadounidense, postuló el **modelo clímax**, que es el punto cúlmine de una sucesión, cuando las especies vegetales llegan a formar comunidades estables y maduras como un bosque.

1. Especies colonizadoras: bacterias, hongos, líquenes y musgos.

2. Debido a la acumulación de materia generada por parte de los colonizadores pueden aparecer especies como helechos y algunas hierbas.

3. En un bosque, las especies vegetales tolerantes a la sombra viven bajo el dosel, en tanto que las intolerantes compiten en el margen del bosque. En su clímax, estos ambientes generan multitud de microhábitats para organismos de todos los tipos.



Actividad 12 Aplicación

Organízate con tres compañeros y **construyan** una maqueta que explique el proceso de sucesión primaria.



Si observas con detención la fotografía, ya existe una colonización de especies, antes de la línea que demarca el año 1985. ¿Qué esperarías que sucediera más adelante, en el espacio que ha quedado descubierto desde ese año a la fecha?



Comunidad clímax en una de las laderas del volcán Llaima. Parque Nacional Conguillío. Chile.

Sucesión secundaria

Cuando la sucesión ocurre en un ambiente que ha sido perturbado, pero que tiene suelo previamente formado, se denomina sucesión ecológica secundaria, la que ocurre normalmente de manera mucho más rápida, y algunas de las especies colonizadoras no son necesarias. Producto de la sucesión, las comunidades usualmente aumentan su diversidad, tanto de especies como de interacciones.

Actividad 13 Análisis

En el año 2008, el volcán Chaitén, ubicado al noreste de la ciudad del mismo nombre, entró en erupción luego de haber permanecido inactivo durante siglos. Esto significó la evacuación de los pobladores de la ciudad, debido a los peligros a los que estaban expuestos, y la pérdida de biodiversidad presente en esta zona geográfica.

Si luego de un tiempo esta zona comienza a repoblarse de organismos:

1. **Explica** a qué tipo de sucesión correspondería la situación descrita.
2. **Identifica** qué organismos deberían colonizar primero este lugar para que se restableciera el ecosistema?, ¿qué sucedería después?
3. **Investiga** sobre algunas alteraciones de ambientes naturales que han ocurrido en el país, como erupciones volcánicas, aluviones, *tsunamis*, entre otros. ¿Qué zonas han modificado?, ¿de qué manera variaron las comunidades que desarrollaban?, ¿de qué forma se reconstituirán las comunidades?

Aún es posible observar los efectos de la erupción del volcán Chaitén en la ciudad y en los alrededores. ►



Especies clave



▲ El término surge como una analogía a la importancia de las piedras que cierran arcos, donde la piedra que mantiene el arco es la que sufre menos compresión, pero sin la cual el arco no se mantiene en pie.

Las especies clave son aquellas que, independiente de su abundancia o biomasa en un ecosistema determinado, son capaces de generar cambios drásticos en las relaciones que se generan dentro de un ambiente o nicho ecológico.

Un ejemplo de este tipo de especies son los elefantes, tanto africanos como asiáticos, que normalmente echan abajo árboles y arbustos a medida que avanzan por bosques y arboledas en zonas selváticas y que permiten el establecimiento de otras plantas en los lugares donde permanecían los árboles.

En el norte de Chile, en zonas altoandinas de la cordillera de los Andes, las llaretas actúan como especie clave en el establecimiento de comunidades vegetales a través del denominado efecto nodriza, en el que la sola presencia de un individuo modifica las condiciones microclimáticas del sitio donde está, entregando protección para la germinación y establecimiento de otras especies vegetales y animales bajo la cubierta de esta o en su cercanía.



Elefante asiático (*Elphas maximus*) ▲
derribando un árbol).



▲ La llareta (*Azorella compacta*) es una especie clave.

Al finalizar la lección...

Desarrolla las siguientes preguntas en relación con la información entregada.

1. **Identifica** qué bioma se desarrolla cerca de tu región. Busca fotografías en Internet y escribe el nombre de las especies características.
2. **Explica** de qué manera la depredación regula las densidades poblacionales de una comunidad.
3. **Reconoce** cuál habrá sido el problema de estudio que se planteó Gause; ¿cuáles fueron sus conclusiones?
4. **Explica** qué sucedería con dos poblaciones que se mantienen en constante competencia.
5. **Recuerda** qué tipo de perturbaciones ambientales podrían alterar el equilibrio de una comunidad clímax.
6. **Explica** qué ocurre con la cantidad de especies a medida que progresa la sucesión.
7. **Define** las especies clave.

La diversidad de los procedimientos y diseños científicos

La investigación científica está centrada en la explicación de los fenómenos observables en el universo, así como de la generación de explicaciones que nos permitan comprender algunas situaciones de las que no tenemos evidencias directas.

De este modo, existen líneas de investigación basadas en consideraciones empíricas (experiencia) y otras basadas en consideraciones teóricas (interpretaciones de uno o de varios hechos). Si bien ambas están sustentadas por una acumulación creciente de información, solo en el caso de las líneas empíricas podemos obtener datos directos que nos permitan medir y cuantificar un hecho o conjunto de hechos de manera directa.

Para el estudio de las relaciones entre organismos y su medio, muchas veces no podemos tener observaciones directas de las causas, pero sí de los efectos que tienen las modificaciones en su medio, tanto positiva como negativamente. Sin embargo, en reiteradas ocasiones no podemos evidenciar de forma clara los efectos de estas modificaciones, dado que a veces es muy complejo poder separar un factor de otro. Es por esto que en investigaciones empíricas se deben determinar variables que sean medibles y manejables por el investigador, de modo que se pueda comprobar que es ese factor manipulado, y no otro, el que genera los efectos observados.

Así, si se busca conocer qué variables determinan la presencia o ausencia de una especie en un lugar determinado, debemos aislar los posibles factores y medirlos de manera separada o en combinaciones que permitan analizar cada elemento de manera individual para poder evidenciar y cuantificar su efecto en el problema de estudio.

Por ejemplo, si queremos conocer qué factores determinan la velocidad de crecimiento de una planta, debemos considerar elementos como disponibilidad de agua, en términos de cantidad o de presencia y ausencia; condiciones de temperatura a la que vive, condiciones de luz, entre otros.

Ahora tú

Lee las siguientes afirmaciones y señala qué variables podrían estar relacionadas con cada situación y luego discute cómo podrías evaluar o medir cada una de las variables propuestas. Luego escoge una de las afirmaciones, plantea el problema de investigación y modela un procedimiento.

1. Las hojas de las plantas son más grandes cuando están a la sombra que cuando están a la luz.
2. Las vacas prefieren vegetales carnosos.
3. Las orejas de zorro (*Aristolochia chilensis*) son polinizadas solamente por moscas.
4. A los adolescentes chilenos no les gusta comer vegetales.
5. El pasto crece más mientras más se riega.



▲ Oreja de zorro (*Aristolochia chilensis*)

La fragmentación del bosque, ¿afecta el desarrollo del peumo y del maqui?

Antecedentes

Los organismos fotosintetizadores requieren estar expuestos a la luz solar, directa o indirectamente, para poder satisfacer sus demandas energéticas. En el caso de las plantas terrestres, las necesidades de exposición a la luz son variables en las diferentes especies. Algunas requieren estar continuamente expuestas a la luz solar para poder mantenerse a lo largo de su vida, a diferencia de otras que necesitan de una luz indirecta.

Estas necesidades variables determinan, además, la distribución que tiene una especie vegetal en una comunidad.

En los bosques de Chile existen especies tolerantes e intolerantes a la sombra. En este estudio analizarás el desarrollo de dos especies: peumo (*Cryptocarya alba*) y maqui (*Aristotelia chilensis*), las cuales conviven en bosques de forma natural, pero cuyo desarrollo se ha visto afectado por los cambios abióticos en el ambiente, como la fragmentación de los bosques por actividades humanas.

Problema de investigación

En este sentido surge el problema de investigación: ¿De qué modo afecta a la distribución y abundancia de estas especies la fragmentación del bosque?

Planteamiento de hipótesis

Plantea una hipótesis que les permita dar respuesta a la pregunta de investigación.

Diseño experimental

Para responder las preguntas, un grupo de investigadores diseñó un estudio en el que consideró a las especies mencionadas en dos terrenos diferentes: en un bosque protegido (sin alterar) y en fragmentos de bosque (bosques alterados). En ellos midieron el número de individuos de cada especie, dentro y al margen del bosque, y en los fragmentos de bosque. Luego, colectaron semillas de ambas especies y las germinaron e hicieron crecer en condiciones de laboratorio para probar su capacidad de germinar en relación con diferentes condiciones de luz.

Al margen del bosque

Dentro del bosque



Resultados

En condiciones naturales, los investigadores obtuvieron los siguientes resultados de densidad de plántulas por metro cuadrado de superficie de bosque.

	Bosque maduro		Bosque fragmentado	
	Dentro del bosque (sombra)	Margen del bosque (sol)	Dentro del bosque (sombra)	Margen del bosque (sol)
Maqui	0	3-4	3-4	12-15
Peumo	120-150	12-15	2-3	7-8

Para complementar la información obtenida, se realizó un experimento en el laboratorio, donde se sembraron 100 semillas de cada especie en ambientes artificiales de luz y de sombra que representaban condiciones dentro y al margen del bosque y se contaron aquellas que lograron germinar y que desarrollaron plantas con al menos dos hojas. Para todas las semillas se otorgó la misma cantidad de agua. El experimento se repitió tres veces, con los resultados que aparecen a continuación.

	Repetición 1		Repetición 2		Repetición 3	
	Dentro del bosque (sombra)	Margen del bosque (sol)	Dentro del bosque (sombra)	Margen del bosque (sol)	Dentro del bosque (sombra)	Margen del bosque (sol)
Maqui	1	7	2	13	1	12
Peumo	93	4	78	7	94	9

Análisis e interpretación de evidencias

1. Calcula, basándote en los datos entregados, el porcentaje de cada especie que germina en las diferentes condiciones en el laboratorio.
2. ¿Qué especie tiene una tasa de germinación más alta?
3. En relación con los resultados del laboratorio, ¿cuál de las especies puede soportar mejor las condiciones de luz y de sombra? Fundamenta.
4. Construye un gráfico de barras que te permita resumir los datos obtenidos en condiciones naturales.
5. ¿Cuáles son las dificultades de estudiar un fenómeno que sucede en su ambiente natural y que es complejo replicarlo en el laboratorio?
6. Asumiendo un aumento de la fragmentación de los bosques donde se encuentran estas especies, ¿qué efectos en la abundancia de cada una de ellas podría tener la disminución de los tamaños de los bosques donde habitan?
7. ¿Cuál creen ustedes que es la importancia de la creación de modelos teóricos para el estudio de las poblaciones y comunidades en ecología?

Comunicación de resultados y proyección

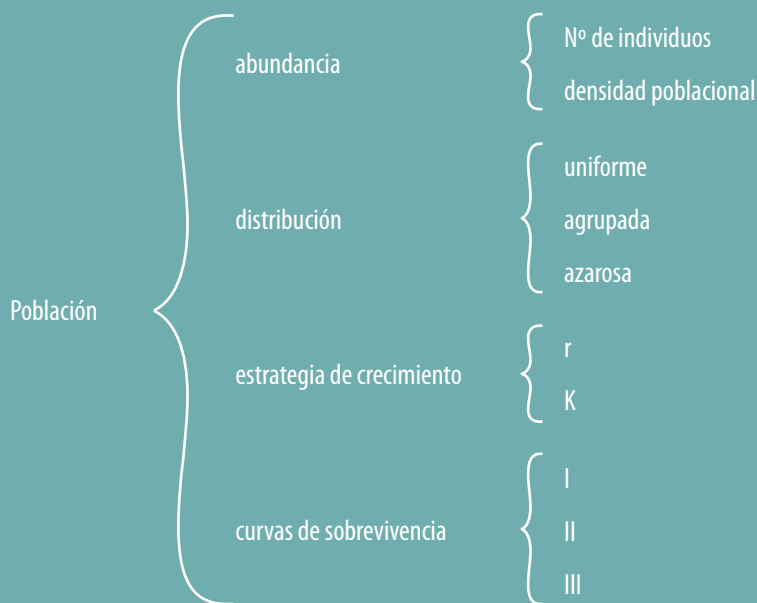
Compara y comenta con tus compañeros las diferencias entre los experimentos realizados en un laboratorio con variables más simples de cuantificar, y los estudios que deben efectuarse en un ambiente natural.

Envía a tu profesor, un correo electrónico con un resumen de este trabajo. Para hacerlo puedes revisar el Anexo 10 de la página 255.

EVALUACIÓN INTERMEDIA

Organiza lo que sabes

Los diagramas de llaves son organizadores gráficos que permiten representar las relaciones de jerarquía que existen en un grupo de términos o desglosar una idea en partes más específicas. Como ejemplo, lee el siguiente diagrama que explica los parámetros de una población.



Construye un diagrama de llaves con los siguientes conceptos. Puedes revisar el Anexo 7 de la página 252. Recuerda que puedes agregar otros términos.

1. Sucesión primaria.
2. Comunidad.
3. Biodiversidad.
4. Bioma.
5. Competencia.
6. Depredación.

Actividades

Realiza las siguientes actividades.

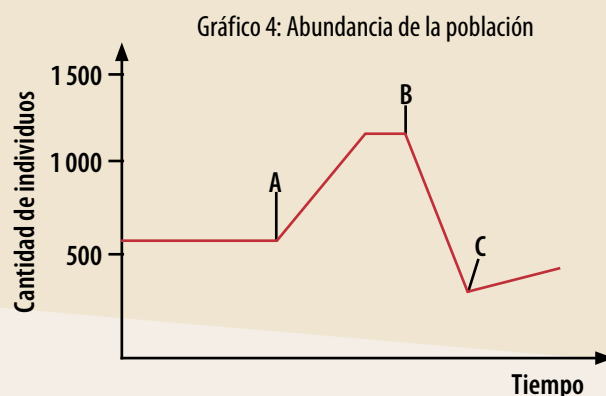
1. **Define.** Escribe el nivel de organización que corresponda en cada caso.
 - a. Nivel en que se organizan los seres vivos y que comprende todos los ecosistemas del planeta.
 - b. Grupo de canelos del bosque Fray Jorge en 2012.
 - c. Conjunto de todos los organismos del bosque del Parque Nacional Fray Jorge.
 - d. Poblaciones de organismos del bosque Fray Jorge junto con los factores abióticos que interactúan con ellos.

2. Realiza las siguientes actividades acerca de las poblaciones.

- Diferencia** una población con distribución azarosa de una con distribución agrupada. Dibuja un ejemplo de ambas.
- Recuerda.** ¿A qué corresponde la abundancia y qué factores influyen en ella?
- Explica** qué tipos de estrategia de supervivencia es posible encontrar en las poblaciones.

3. **Observa** y **analiza** la siguiente situación. Luego responde las preguntas planteadas.

En consecuencia de un aumento en las precipitaciones, que han afectado el último tiempo a la zona centro de nuestro país, se ha producido un incremento en la población de vegetales propios de esta zona geográfica. Esto ha ocasionado una mayor disponibilidad de alimentos para los organismos herbívoros.



- De acuerdo a lo descrito, identifica, ¿qué parámetro poblacional aumenta su valor con el incremento de las precipitaciones?
- ¿Qué ocurre con la abundancia a partir del punto A? Infiere y fundamenta.
- Infiere.** ¿Qué crees que pudo haber sucedido en el punto B?, ¿qué parámetros se ven afectados?
- ¿Qué pasa en el punto C?, ¿qué rol piensas que juegan la natalidad y la mortalidad en este cambio?, ¿por qué?

4. Lee y **analiza** la situación planteada. Luego responde las preguntas asociadas.

Los campesinos de nuestro país tienen por costumbre delimitar con cercos las zonas de sus plantaciones; estas últimas nunca se realizan en la misma área por más de dos años consecutivos. Ellos fundamentan que el tercer año es "para que la tierra descanse". Por esta razón, después del segundo año de cosecha, queman los restos de plantación de manera controlada y, de este modo, dejan que el suelo permanezca en reposo. Transcurrido un tiempo, en dicha zona comienzan a emerger plantas nativas, que aprovechan el espacio y los recursos disponibles.

- Identifica** qué tipo de sucesión representa el surgimiento de plantas nativas.
- Explica** por qué, luego del surgimiento de nuevas especies vegetales, aparecerían organismos heterótrofos.
- Reconoce** qué tipo de estrategia de vida representan las primeras especies que emergen en la zona de quema. **Fundamenta** tu respuesta.

¿Cómo afectan los humanos a la biodiversidad y a los ecosistemas?

• **Debes recordar:** sustancias contaminantes, bioacumulación, estrategias de prevención y remediación.

Trabaja con lo que sabes

Las fotografías muestran las ciudades de Santiago y Valparaíso.

Obsérvalas con detención e imagina cómo era el terreno expuesto en la fotografía hace 500 años. Averigua sobre la flora y fauna que era característica de la zona. Busca fotografías que apoyen esa información. Luego compara y contesta.



▲ Valparaíso



▲ Santiago

- ¿Cómo ha variado la biodiversidad en ambos lugares?
- Antes del asentamiento humano, ¿existían sustancias altamente tóxicas que contaminaran el mar y el aire?, ¿cómo ha cambiado esta situación con el pasar de los años?
- ¿Qué sucede con las cadenas tróficas cuando sustancias tóxicas se incorporan a los organismos?
- ¿Qué sustancias contaminantes conoces?
- ¿Cuáles son sus fuentes de emisión y sus efectos en los seres vivos?
- ¿Qué estrategias se utilizan para remediar el daño en las tramas tróficas?
- ¿Tiene alguna relación el ser humano con el daño en el ecosistema?

Propósito de la lección

Los seres humanos han explotado los recursos naturales para satisfacer sus necesidades, aumentando la capacidad de carga del ambiente. Como consecuencia de esto, se han modificado los ecosistemas, lo que ha alterado el equilibrio ecológico. De qué manera se han alterado y qué medidas se han tomado son los temas centrales de esta lección.

¿Cómo se mantiene la población humana?

¿Es posible aplicar a la población humana algunos de los conceptos ya estudiados sobre ecología de las poblaciones?, ¿qué crees tú?

Al analizar el crecimiento de la población humana utilizando parámetros ecológicos, podemos establecer que esta presenta un **crecimiento exponencial continuo** que se ha incrementado desde la década de 1650 hasta nuestros días. La disponibilidad de alimento y las enfermedades son factores ambientales que actúan como elementos clave de la resistencia ambiental, que afectan a cualquier población. Sin embargo, nuestra especie ha logrado aumentar la producción de alimentos y controlar muchas de las enfermedades que antes diezaban a la población.

Como no se conoce la capacidad de carga del ambiente para nuestra especie, no es posible predecir con exactitud cuánto crecerá y cuándo entrará en la fase de equilibrio.

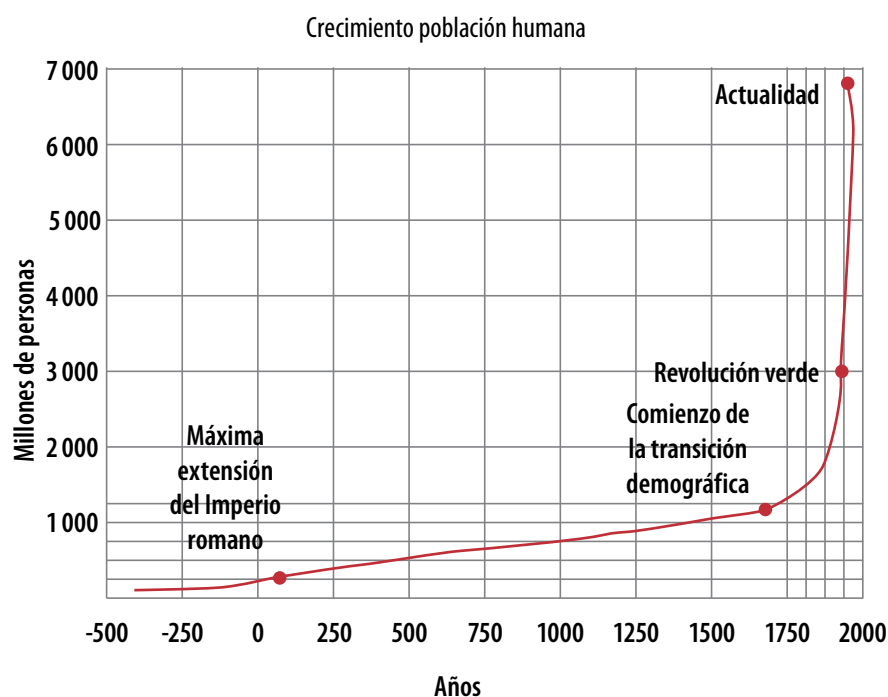


▲ Paseo Ahumada. Santiago.

Actividad 14 Análisis

Observa el siguiente gráfico y realiza las actividades.

- Identifica** a qué tipo de crecimiento corresponde.
- Relaciona** esta curva de crecimiento con el desconocimiento de la capacidad de carga de nuestro ambiente.
- Infiere.** ¿Qué sucederá con la población si el crecimiento se mantiene durante los próximos 100 años?





¿QUÉ OPINAS?

El cambio en el uso del suelo, de territorios antes ocupados por grandes extensiones de vegetación y ahora transformados en terrenos agrícolas, ha modificado la diversidad local, pero ha favorecido el establecimiento de mayores poblaciones humanas. Con la información que posees ¿crees tú que hemos llegado a un equilibrio con las condiciones naturales de nuestros ambientes?, ¿crees que concentrar toda la producción agrícola en un solo lugar es beneficioso?, ¿de qué forma lo harías tú?

A. Proyecciones de crecimiento de la población humana

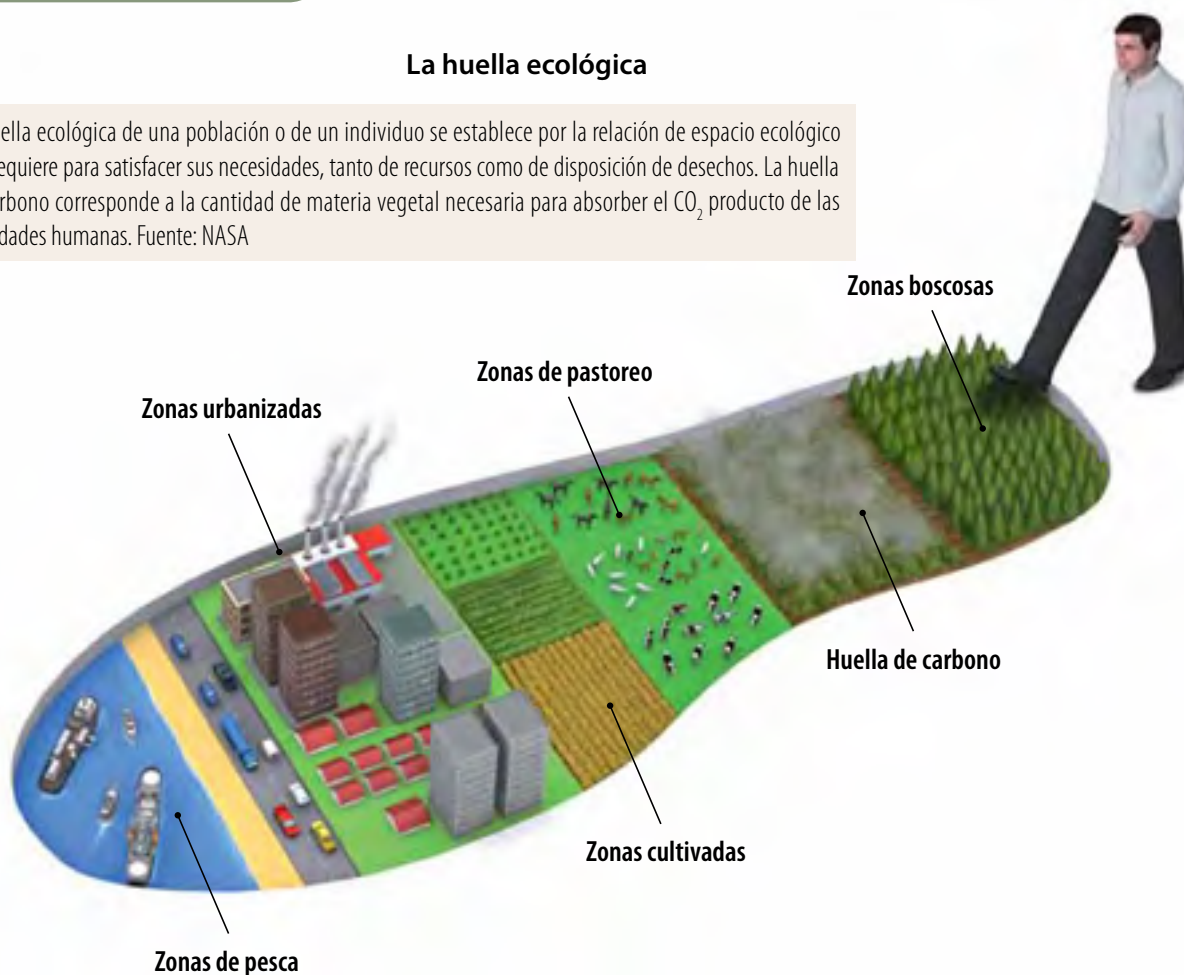
¿Cuánto crecerá la población humana en los próximos años?

Se observa que los países que más crecen son los que están en vías de desarrollo. A partir de otros cálculos, algunos científicos estiman una lenta disminución en la tasa de crecimiento de la población mundial, hasta que alcance un crecimiento igual a 0 ($r = 0$). Esto quiere decir que la tasa de mortalidad y la de natalidad llegarían a igualarse, con lo que la población mundial se estabilizaría. Evidentemente, estas proyecciones no son absolutas, ya que las cifras del tamaño poblacional global de estabilización y del tiempo en que suceda pueden sufrir variaciones que dependen del comportamiento de las personas y de las decisiones políticas de los países.

En años recientes se ha desarrollado el concepto de "huella ecológica", que corresponde a la cantidad de espacio ecológico que se requiere para mantener a una población humana, considerando el espacio ecológico indispensable para la producción de estos recursos y los espacios necesarios para la descomposición de los residuos producidos. Actualmente, sabemos que el 24% de la superficie terrestre, incluidos los océanos, son territorios ecológicamente productivos. Considerando esto, las proyecciones actuales indican que las poblaciones humanas, al año, consumen 1,5 veces la capacidad productiva del planeta.

La huella ecológica

La huella ecológica de una población o de un individuo se establece por la relación de espacio ecológico que requiere para satisfacer sus necesidades, tanto de recursos como de disposición de desechos. La huella de carbono corresponde a la cantidad de materia vegetal necesaria para absorber el CO_2 producto de las actividades humanas. Fuente: NASA



B. Estructura etaria de la población chilena

Una forma de realizar predicciones a largo plazo respecto del crecimiento de la población humana es conociendo su estructura etaria. Esta se subdivide en tres rangos: el **pre reproductivo**, que contempla a personas de 0 a 14 años; el **reproductivo**, que comprende a quienes se encuentran entre los 15 y 45 años, y, finalmente, el **pos reproductivo**, que incluye a todas las personas mayores de 45 años.

¿De qué manera relacionarías los rangos etarios con la tasa de natalidad de una población?

Para saber

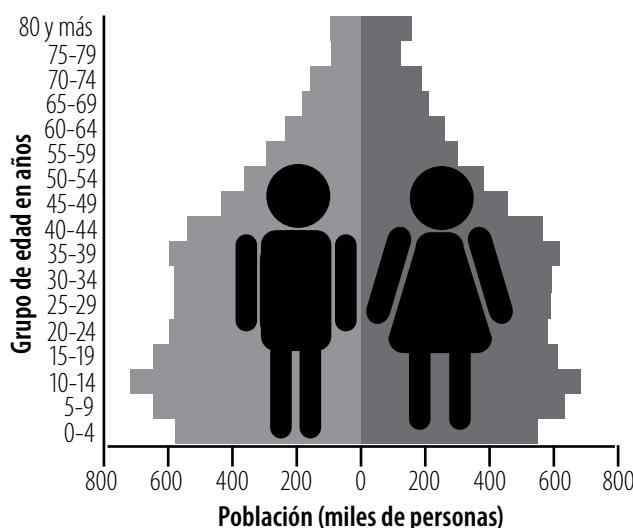
Los países menos desarrollados tienen mayor proporción de jóvenes (rango prerreproductivo) que los países altamente desarrollados, lo que permite proyectar un menor crecimiento poblacional de estos últimos.

Minitaller

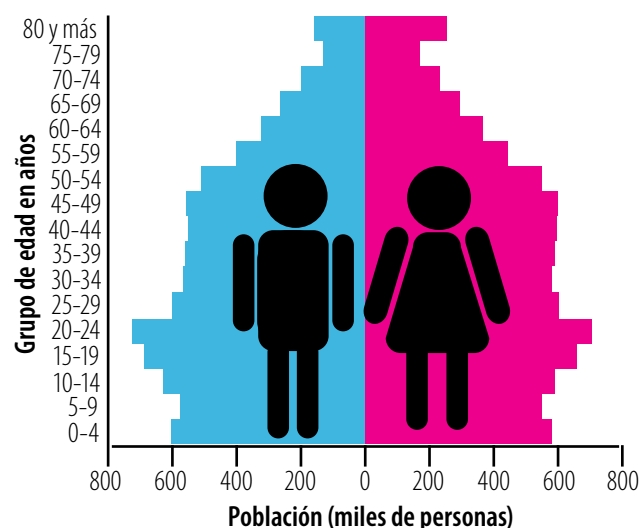
Los rangos etarios se representan mediante un diagrama de estructura de edades. El eje X representa el número de personas y el Y, el rango etario al que estas pertenecen. Las barras también pueden señalar el número de hombres y mujeres que se sitúan en cierto rango etario.

Analiza los gráficos de población chilena y luego responde las preguntas planteadas.

Chile, pirámide de población. Censo 2002



Chile, pirámide de población. Censo 2012



1. ¿Qué cantidad aproximada de la población chilena está en un rango pre reproductivo, reproductivo y pos reproductivo, de acuerdo a los resultados del censo del año 2012?
2. ¿Qué diferencias se observan en la proporción de hombres y mujeres en cada uno de los rangos estudiados?
3. ¿Qué diferencias se observan en la proporción de los distintos rangos en relación con los resultados del año 2002 y 2012? ¿Cómo proyectarías el crecimiento de la población chilena?
4. ¿Qué problema de investigación podrías plantear con esta información? Comenta con tus compañeros.
5. En grupos de tres integrantes, investiguen si existen modelos que expliquen el comportamiento de la población humana, en el pasado o como proyecciones para el futuro. Expongan al curso y luego opinen lo tratado.

Efectos de la población humana sobre el ecosistema

La elevada población mundial genera una fuerte presión sobre el ambiente, ya que son muchas las personas que requieren alimentos, materias primas o espacio donde vivir. Tanto los países en vías de desarrollo, donde se concentra la mayor parte de la población, como los países desarrollados, que son grandes demandantes de recursos naturales necesarios para mantener sus condiciones de vida, provocan efectos ambientales globales.

El uso indiscriminado de los recursos naturales ha ocasionado el agotamiento de ellos en muchas zonas. Como consecuencia, estos recursos no están disponibles para otros organismos que los requieran, llevándolos en muchos casos a la extinción y afectando enormemente la diversidad del ecosistema.

La extinción de especies altera el funcionamiento de los ecosistemas, lo que también puede perjudicar el bienestar de nuestra especie por ejemplo, si consideramos que muchos de los principios activos de las medicinas que empleamos se han descubierto en diferentes tipos de organismos, especialmente plantas.

La **extinción de las especies** es provocada fundamentalmente por la **destrucción** de sus **hábitats**, la **cacería excesiva**, la **introducción de nuevas especies** y la contaminación. Analizaremos cada uno de estos procesos con ejemplos ocurridos en algunos ecosistemas de nuestro país.



Actividad 16 Análisis

Lee y analiza la siguiente información. Luego responde las preguntas planteadas.

Los bosques cubren alrededor del 30 % del total de la superficie terrestre de nuestro planeta. En el año 2005, la superficie cubierta de bosques no excedía los cuatro mil millones de hectáreas, es decir, un tercio menos de lo que había antes del inicio de la actividad agrícola, hace unos diez mil años.

1. **Infiere.** ¿Qué crees que sucederá con los bosques a medida que transcurra el tiempo? Justifica.
2. **Relaciona.** La madera que se obtiene de los árboles es utilizada para múltiples actividades. ¿Qué relación se puede establecer entre esta actividad y el ritmo de crecimiento de la población humana? Explica.
3. **Infiere** qué ocurrirá con la biodiversidad que albergan estos ecosistemas.
4. **Propón** dos medidas que se deberían promover para evitar este tipo de situaciones.

Ejemplos de intervención humana

Existen algunas alteraciones en los ecosistemas que son provocadas por el ser humano. Estas generan una modificación del equilibrio ecológico que existe naturalmente entre los diferentes factores bióticos del ecosistema. ¿De qué forma el humano altera este equilibrio?

A. Destrucción de los hábitats

Por deforestación. El corte de árboles para la explotación maderera o para abrir espacio para nuevas tierras de cultivo destruye el hábitat de las poblaciones que viven en el bosque y provoca la erosión del suelo. El bosque valdiviano, por ejemplo, sufrió un gran daño durante la colonización del sur de Chile, pues fue incendiado con el propósito de obtener campos para el cultivo y la ganadería.

Por construcción de casas y caminos. Muchas veces, la construcción de grandes ciudades y su expansión provocan la utilización de suelos y el desplazamiento de ecosistemas, o su completa destrucción.

Por construcción de represas. En muchas ocasiones, la inundación de grandes extensiones de terreno destruye o altera el hábitat y el nicho ecológico de numerosas poblaciones.

En diferentes lugares de la Región de Aysén aún es posible observar los efectos de los extensos incendios forestales usados para abrir el territorio para permitir el establecimiento de actividades ganaderas.

Apuntes:

Equilibrio ecológico: relación entre los componentes bióticos de un ecosistema, cuando existe un número relativamente constante, manteniéndose estable.



B. Captura excesiva

Sobreexplotación. Consiste en la caza ilegal y excesiva de determinadas especies y constituye una amenaza tanto para los organismos explotados como para quienes interactúan con estos.

Mascotas. La captura de organismos de especies silvestres, como el loro trichahue, para venderlos como mascotas disminuye su abundancia.

Captura de depredadores. La eliminación de los depredadores de la comunidad puede producir desequilibrio en el ecosistema. Por ejemplo, algunas personas, por superstición, matan a búhos y lechuzas, animales que depredan y mantienen bajo control a las poblaciones de ratones, incluyendo a los ratones colilargos.



La captura de animales silvestres disminuye su abundancia en estado natural. ¿En qué oportunidades has observado animales en cautiverio?, ¿qué opinas de esta práctica?, ¿en qué ocasiones puede ser un aporte a su protección?



En el norte de Chile, particularmente en las cercanías de zonas urbanizadas, poblaciones de zorro culpeo (*Lycalopex culpaeus*) se han visto amenazadas por la caza y por la competencia que tienen con grupos de perros salvajes.

C. Contaminación

Eutrofización. Un exceso de nutrientes disponibles en un lago o laguna puede desencadenar el proceso de eutrofización, que provoca una disminución de la biodiversidad del lago. Muchos de los lagos del sur de nuestro país son oligotróficos, es decir, mantienen una baja concentración de nitrógeno y fósforo, lo cual permite la vida de su flora y fauna. Sin embargo, cuando sus aguas reciben contaminantes ricos en fósforo y nitrógeno, presentes en las aguas servidas o en los fertilizantes arrastrados por los ríos, estos elementos dejan de ser limitantes para el crecimiento de las microalgas del fitoplancton, y estas comienzan a proliferar, volviendo la superficie del agua verde y turbia. Al morir, el fitoplancton es descompuesto por bacterias aeróbicas del fondo; su gran utilización del oxígeno hace que el ambiente se vuelva anaeróbico. Debido a la falta de oxígeno, muchos animales empiezan a morir y las bacterias anaeróbicas realizan procesos fermentativos que liberan gases, como el ácido sulfhídrico y amoníaco, de olor desagradable. Finalmente, el lago puede quedar convertido en un pantano.



Laguna eutrofizada. ¿Conoces alguna masa de agua con este problema cerca del lugar donde vives?

Lluvia ácida. Cuando en la atmósfera se combina el vapor de agua con óxido de azufre y óxido de nitrógeno, provenientes de la quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo y sus derivados), se forma ácido sulfúrico y ácido nítrico; estos llegan al suelo con la lluvia, niebla, nieve o granizos, incluso en lugares muy alejados de las fuentes contaminantes, ya que el viento los arrastra. Esta lluvia ácida daña directamente la vegetación; también produce la acidificación de lagos y suelos, lo que altera el funcionamiento del ecosistema.

Contaminación del suelo. Cuando se usan pesticidas en los cultivos agrícolas, estos quedan en el suelo por varios años y se incorporan al mundo orgánico, causando la muerte de la fauna por envenenamiento. También, la basura acumulada, como bolsas y botellas plásticas, impide el normal crecimiento vegetal.

D. Introducción de nuevas especies

La alteración ecológica por la introducción de nuevas especies es especialmente severa en ambientes de islas. En el archipiélago Juan Fernández hay varios ejemplos de esto: la introducción de cabras y conejos ha puesto en peligro, o al borde de la desaparición, a varias especies vegetales únicas en el mundo; las ratas introducidas ocasionaron la muerte del último ejemplar del arbusto *Robinsonia berteroi* en 2004; el coatí ha amenazado a las aves, especialmente al picaflor rojo de la isla; la zarzamora ha provocado la destrucción de cerca del 80 % del bosque nativo, debido a su altísima reproducción.



▲ La contaminación ambiental generada por la quema de combustibles fósiles, como la que ocurre en la ciudad de Santiago, favorece la generación de las llamadas lluvias ácidas.



▲ Parque Nacional Juan Fernández.

Actividad 17 Síntesis

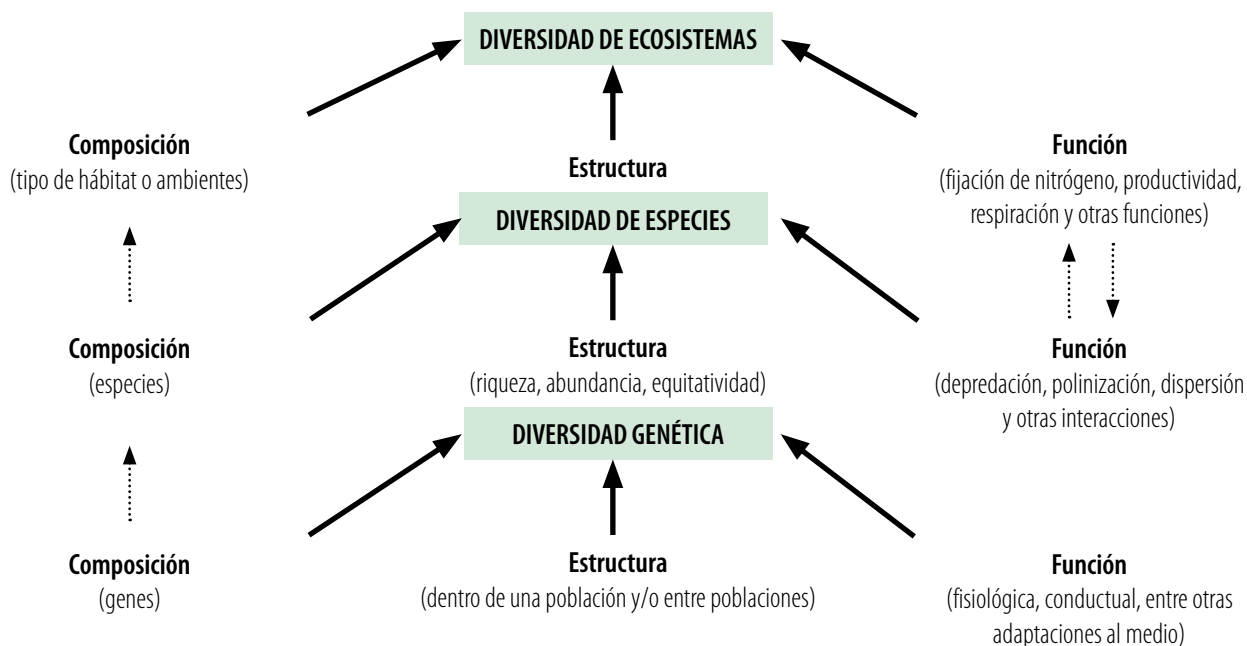
Redacta un resumen de las cuatro formas en que el ser humano ha intervenido los ecosistemas y su diversidad.

1. Destrucción de los hábitats.
2. Captura excesiva.
3. Contaminación.
4. Introducción de nuevas especies.
5. ¿Conoces alguna intervención en tu zona?, ¿cómo la describirías?

Biodiversidad de Chile

La biodiversidad es un concepto multidimensional que se refiere a la variedad y variabilidad de todos los organismos y sus hábitats, así como sus relaciones entre ellos. En este contexto, es una interpretación que tiene muchas escalas y considera desde la variabilidad de genes hasta los distintos tipos de ecosistemas.

Observa el esquema de diversidad producido por el Ministerio del Medio Ambiente.



▲ Representación de los diferentes niveles de biodiversidad y sus relaciones. Fuente: Ministerio del Medio Ambiente. (Adaptación)

Grupo	Nº Especies Conocidas	Nº Especies Estimadas	% Especies Conocidas
Bacterias	4 000	400 000	1 %
Hongos	70 000	1 000 000	7 %
Protozoos	40 000	200 000	20 %
Algas	40 000	200 000	20 %
Plantas	290 000	300 000	97 %
Invertebrados	1 200 000	9 600 000	13 %
Vertebrados	59 000	60 000	98 %
	1 703 000	11 760 000	15 %

Sin embargo, el principal elemento de la biodiversidad son los organismos vivos. En la actualidad, se estima que existen cerca de 14 millones de especies en la superficie de la Tierra, de las cuales solo tenemos conocimiento de cerca del 15 %.

◀ Fuente: Conama (Ministerio del Medio Ambiente). 2009. *Especies Amenazadas de Chile. Protejámoslas y evitemos su extinción.*

Nuestro país, dada su particular morfogeología, posee una gran cantidad de ambientes, desde desiertos hasta selvas templadas lluviosas. En Chile se conocen en la actualidad alrededor de 31 mil especies, aunque datos actualizados al año 2012 indican la presencia de cerca de 34 400 especies nativas. Si bien este es un número no menor, se considera que el extenso territorio debería albergar un número mayor de especies. Este número relativamente bajo de especies se debería en parte a la condición de aislamiento geográfico de nuestro país, en donde un importante número de las especies presentes son nativas o endémicas. En este sentido, en la actualidad se reconoce que entre el 22 y el 25 % de las especies descritas para Chile son endémicas.

Especies endémicas de Chile

Destacan por su alto endemismo grupos como los anfibios (sapos y ranas), en los que el 65 % de las especies son exclusivas de Chile; los reptiles, con un 63 % de endemismo; los peces de aguas continentales, con el 55 % de las especies endémicas, y las plantas, con la mitad de las especies exclusivas de nuestro país.

Otros grupos, en cambio, no poseen esta particularidad, especialmente en poblaciones con mayor movilidad como las aves, en los que solo poco más del 2 % de las especies registradas en Chile son endémicas. Los mamíferos son un grupo intermedio, que presenta cerca del 11 % de las especies como endémicas, destacando entre ellas dos mamíferos marinos que viven exclusivamente en nuestros mares: el delfín chileno (*Cephalorhynchus eutropia*) y el lobo fino de Juan Fernández (*Arctocephalus philippii*).

Apuntes:

Especie endémica: especie que se desarrolla y distribuye de manera natural en un área restringida.

Ranita de Darwin (*Rhinoderma darwini*), anfibio endémico de los bosques templados del sur de Chile y Argentina. ►



Categorizar para proteger

Con el fin de conocer el estado de conservación de las especies del mundo, la Unión Internacional para la Conservación de la naturaleza (UICN) se ha dado a la tarea de establecer categorías de conservación y de clasificar a las especies dentro de estas categorías con el objetivo de favorecer políticas estatales que permitan la protección de dichas especies.

Extinta: Es una especie para la cual no se han detectado individuos vivos en estado silvestre, a pesar de haber realizado búsquedas exhaustivas.

En peligro de extinción: Es una especie que enfrenta un riesgo muy alto de desaparecer.

Vulnerable: Es una especie que enfrenta un riesgo alto de extinción, pero que no puede ser clasificada como “en peligro de extinción”.

Insuficientemente conocida: Es una especie para la cual existe presunción fundada de riesgo, pero en la cual no existe información suficiente que permita clasificarla.

Fuera de peligro: Es una especie que en el pasado estuvo incluida en alguna de las categorías anteriores, y en la actualidad se la considera relativamente segura, gracias a la adopción de medidas efectivas de conservación.

Rara: Es una especie cuyas poblaciones ocupan un área geográfica pequeña o están restringidas a un hábitat muy específico y escaso. Esta categoría no es excluyente de las demás; es decir, una especie “Rara” también puede ser clasificada en otra de las categorías.

Recursos TIC

Ingresa al sitio web <http://www.anfibiosdechile.cl/index.html>. Luego escoge una de las especies endémicas de Chile y construye una presentación en diapositivas, utilizando las fotografías. Adjunta información y recuerda mencionar al autor de las imágenes.

Especies y conservación

A continuación se presenta información sobre algunas especies con problemas de conservación, indicando algunas de sus características y en qué categoría se encuentran.



Adiantum chilense. Conocido como palito negro, doradilla o culantrillo. Es un helecho que crece normalmente en zonas protegidas del sol, bajo el dosel del bosque o al margen de este, aunque incluso aparece en terrenos expuestos al sol. Está presente desde la IV a la XII Región, incluyendo el archipiélago Juan Fernández. En el territorio continental, esta especie es considerada “Fuera de peligro”, pero en preocupación menor, en tanto que en el Archipiélago Juan Fernández es categorizada como “Vulnerable” y “Casi Amenazada”.



Eriosyce heinrichiana: también conocido como quisquito de Elqui, es un cactus enano que pasa parte de su ciclo de vida a ras de suelo o parcialmente cubierto por este. Se encuentra en zonas interiores del norte de Chile, desde los alrededores de Copiapó hasta el Valle del Elqui, donde crece abundantemente formando poblaciones de varios cientos de individuos. Se estima que esta especie tiene una categoría de “Preocupación menor”.



Hippocamelus bisulcus: El huemul es el ciervo nativo de mayor tamaño. Se distribuye en Chile y Argentina. En el país se encuentra en la Región del Biobío de forma fragmentada en las cercanías de los llamados Nevados de Chillán, y entre las regiones de Aysén y Magallanes. Se estima que la población total no supera los 2 mil individuos en toda la extensión de su distribución. Su estado de conservación es “En Peligro”. Esta categoría de conservación también se aplica en la República Argentina.



Hydrurga leptonyx. La foca leopardo o leopardo marino es un mamífero pariente de las focas. Vive en las aguas frías y en las costas alrededor de la Antártica, pero durante el invierno migra a islas subantárticas y puede incluso ser vista en algunas ocasiones en las costas de la Región de Magallanes. Asimismo, debido a la presencia de la corriente fría de Humboldt, se ha reportado su presencia en las regiones de Valparaíso, del Biobío, y de Aysén y Magallanes. Se la conoce por ser habitualmente agresiva, solitaria y territorial, convirtiéndose en uno de los principales depredadores de poblaciones de pingüinos en la Antártica y en las colonias presentes a lo largo de la costa de Chile. Se considera “Insuficientemente conocida”.

Actividad 18 Reflexión

Organícense en grupos de tres integrantes y visiten los sitios web http://www.parquesparachile.cl/index.php?option=com_content&task=view&id=70&Itemid=97 y <http://www.chile365.cl/parques-nacionales-chile.php>. Averigüen sobre el sector natural protegido más cercano a su localidad y construyan un panel en el que divulguen la información sobre las especies protegidas y las medidas de protección del lugar. Luego comenten con sus compañeros sobre la importancia de mantener estos lugares para el equilibrio ecológico.

Al finalizar la lección...

- Visita el sitio web <http://especies.mma.gob.cl/CNMWeb/Web/WebCiudadana/pagina.aspx?id=85> del Ministerio del Medio Ambiente, donde se presentan listas actualizadas de la clasificación de especies, así como de la diversidad que existe en el país. Analiza la información.
 - ¿Qué porcentaje de las especies que hay en el país son endémicas de acuerdo a los datos presentados?
 - ¿Por qué nuestro país se destaca por la presencia de especies de hongos?
 - ¿Cómo altera al hábitat de las especies nativas endémicas la expansión de los centros urbanos? Fundamenta tu respuesta tomando en cuenta un ejemplo de especie endémica cuya distribución sea cercana al lugar donde vives.
- ¿Qué tipo de crecimiento presenta la población humana?
- ¿Cómo definirías la huella ecológica?
- ¿Qué actividades humanas alteran el equilibrio ecológico?, ¿qué especies han sido afectadas negativamente por esta alteración?
- Menciona dos formas de proteger los ecosistemas.

EVALUACIÓN INTERMEDIA

Organiza lo que sabes

Organiza los contenidos utilizando uno de los organizadores gráficos que has aprendido durante el año (araña, mapa conceptual, mapa de ideas o diagrama de llaves). Revisa cada uno de ellos y escoge el que mejor se adecúe. Utiliza al menos diez de los conceptos de esta lista. Luego compártelo con tus compañeros.

1. Huella ecológica.
2. Estructura etaria.
3. Población pre reproductiva.
4. Población reproductiva.
5. Población pos reproductiva.
6. Intervención humana.
7. Deforestación.
8. Construcción.
9. Especies introducidas.
10. Captura de depredadores.
11. Eutrofización.
12. Contaminación.
13. Biodiversidad.
14. Diversidad ecosistemas.
15. Categorías de conservación.

Actividades

Realiza las siguientes actividades.

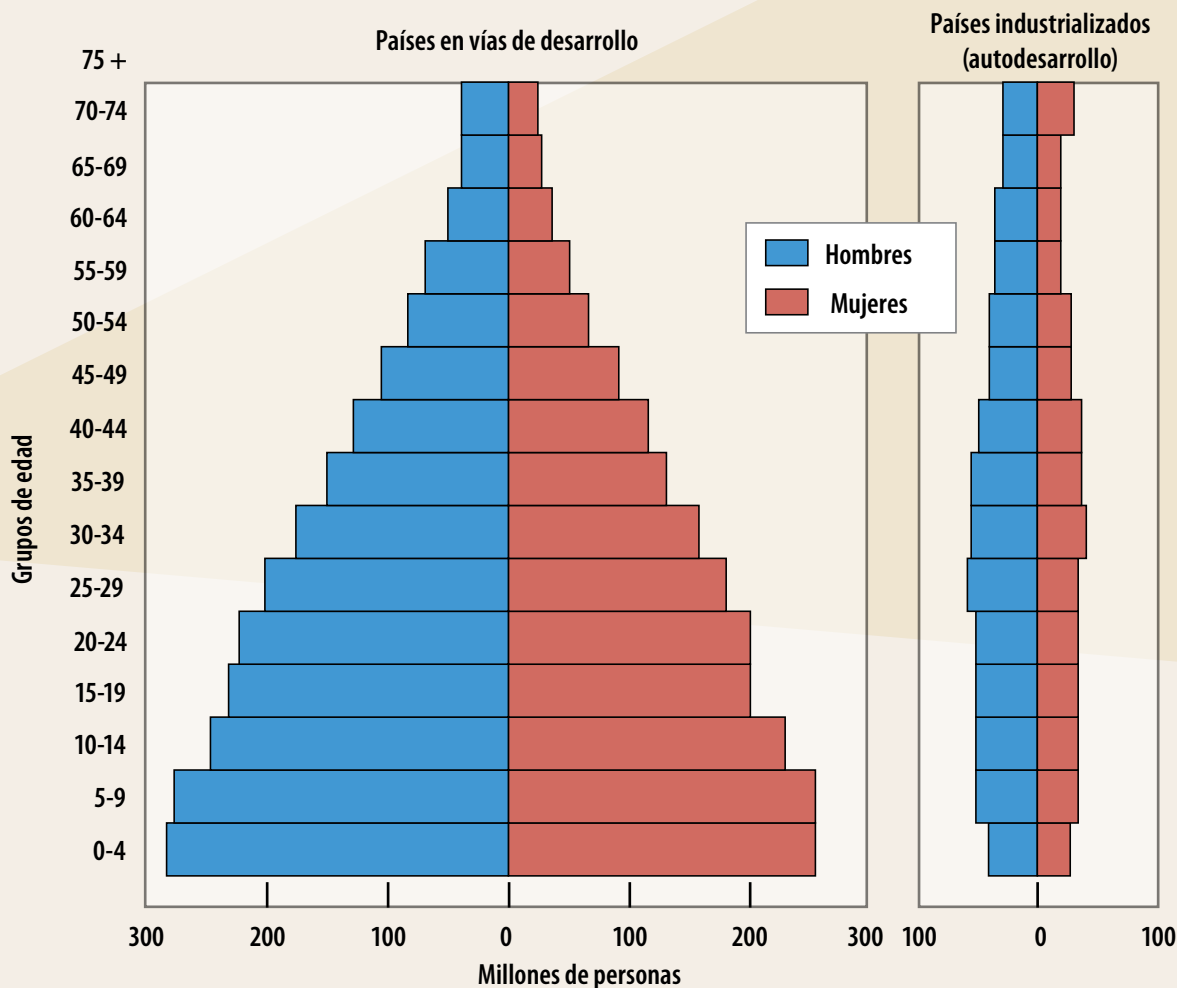
1. Lee y analiza la siguiente información. Luego responde las preguntas.

La cotorra argentina (*Myiopsitta monachus*) es un loro verde de pequeño tamaño que se alimenta de todo tipo de frutos, excepto de ciruelas. Es una especie que puede vivir en distintas condiciones climáticas, zonas tropicales, templadas o frías; es por ello que la podemos encontrar desde Iquique a Puerto Montt. El Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) la consideraba una especie dañina para el equilibrio ecológico y la conservación del patrimonio ambiental. Por esto, desde el año 1990 se restringió su ingreso a nuestro país.

- a. ¿Crees que se podrían ver afectadas las especies de aves nativas de nuestro país con la presencia de la cotorra argentina?, ¿por qué?
- b. Según la ley de caza, esta ave puede ser cazada en cualquier época del año y sin limitaciones en cuanto a la cantidad. ¿Qué efectos tendrá esto en aquellas especies de aves que consumen el mismo alimento que la cotorra? **Fundamenta.**
- c. ¿Cuál es la importancia de respetar las reglas de ingreso de plantas y animales propuestas por el SAG para proteger el equilibrio natural del país?
- d. ¿Qué otras especies se han ingresado al territorio nacional y han causado alteraciones en la dinámica de poblaciones y comunidades?



2. **Analiza** los siguientes gráficos que muestran cómo se distribuye la población humana en los países en desarrollo e industrializados. En el eje vertical está el rango de edad y en el eje horizontal, la cantidad de personas expresada en millones. La línea central separa hombres y mujeres. Luego responde las preguntas.



- Si las personas tienen su mayor capacidad reproductiva entre los 15 y los 45 años, ¿qué países presentarán un mayor crecimiento poblacional en los próximos años?
 - ¿En qué países la población se tiende a estabilizar?
 - ¿Es posible predecir si una población crecerá o se estabilizará conociendo la estructura etaria? Fundamenta.
 - ¿De qué manera se ha alterado el equilibrio ecológico con el crecimiento de la población humana?
 - ¿Qué sucede con la capacidad de carga en el ambiente para la población humana?
3. Describe en tu cuaderno los mecanismos mediante los cuales los ecosistemas se ven afectados en cada caso.
- Introducción de especies exóticas.
 - Destrucción de los hábitats.
 - Contaminación.
 - Captura excesiva.

SÍNTESIS DE LA UNIDAD

Lección 1

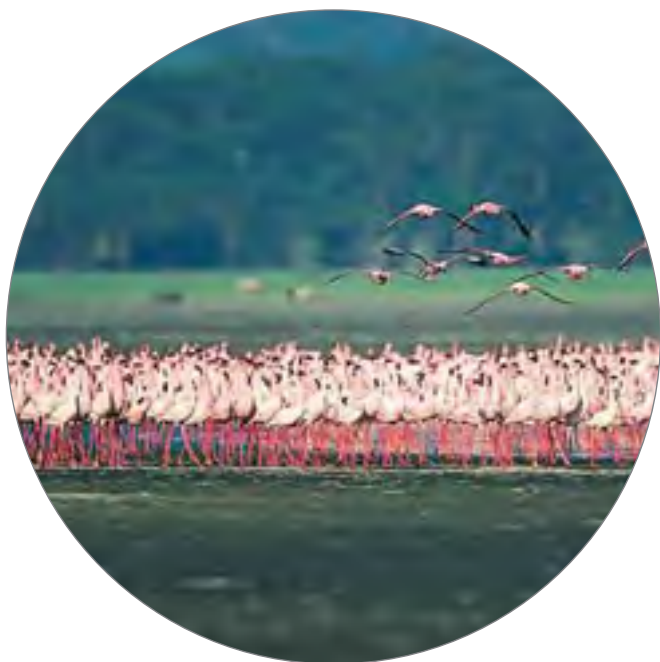
Las **poblaciones** corresponden a un conjunto de individuos de una misma especie que habitan en un espacio y tiempo común. Las poblaciones interactúan con organismos de la misma y de otras especies, y **factores abióticos**, que corresponden a factores físicos y con los químicos que modulan su distribución.

Los individuos en las poblaciones se distribuyen espacialmente de diferentes maneras en relación con la disponibilidad de recursos y con las necesidades de sobrevivencia de las distintas especies. Estas **distribuciones** pueden ser **azarosas**, **agrupadas** u **homogéneas**.

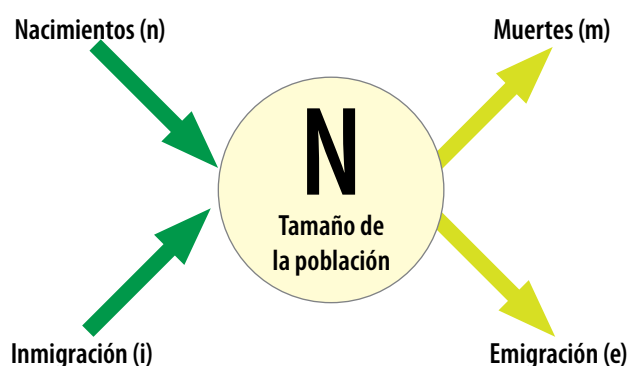
Las poblaciones presentan estrategias de crecimiento que están asociadas al estilo de vida de las especies y a su ciclo de vida. Entre estos están los **estrategas r**, que crecen de modo explosivo y continuo cuando existen las condiciones ideales, generando curvas de crecimiento de tipo geométrico. Por otro lado, existen los **estrategas K**, que crecen poblacionalmente hasta alcanzar la capacidad de carga. Estos organismos presentan curvas de crecimiento de tipo sigmoideo.

El número de individuos en una población (**abundancia**) puede ser estudiado considerando la **natalidad**, **mortalidad** y las **migraciones** de esa población. Para cuantificarlas matemáticamente se originan tasas que determinan la relación de natalidad, mortalidad y las migraciones respecto de una cantidad de tiempo. Estas tasas permiten caracterizar la densidad (Nº de individuos en un espacio determinado) de una población y cómo crece.

Las poblaciones en los ecosistemas no pueden expresar en su totalidad sus capacidades de crecimiento, dado que se ven limitadas por **factores denso-independientes**, como modificaciones abióticas bruscas en el medio donde habitan. Estas variaciones pueden ser periódicas, como cambios en las estaciones, o pueden ser aleatorias, como incendios, inundaciones, erupciones volcánicas, entre otras. Asimismo, factores **denso-dependientes** pueden evitar el crecimiento de las poblaciones, los que normalmente están asociados a factores bióticos, como interacciones con otros individuos o especies (**competencia**, **depredación**).



▲ Un grupo de individuos de la misma especie, en este caso flamencos, constituye una población en un lugar y tiempo determinados.



Lección 2

En Chile tenemos diferentes tipos de **biomas** en los que las especies interactúan, destacando el bioma del desierto, del matorral y bosque esclerófilo, la selva valdiviana, la estepa y el bioma cordillerano, cada uno con su biodiversidad característica.

En el uso del espacio, las poblaciones dentro de una comunidad interactúan de distintos modos. Una de estas formas es la **competencia** por los mismos recursos, de manera **interespecífica** como **intraespecífica**. Otra alternativa es la **depredación** de una población sobre otra, en donde una se ve beneficiada, en tanto que la otra se ve afectada.

Las comunidades para establecerse tienen **sucesiones** temporales hasta llegar al clímax. Estas sucesiones se denominan **primarias** cuando suceden posterior a eventos naturales, con un paso gradual desde microorganismos hasta el establecimiento de bosques maduros, y **secundarias** cuando emergen después de un evento de modificación del ambiente, pero que no implica la pérdida del suelo disponible.

1. Especies colonizadoras: bacterias, hongos, líquenes y musgos.

2. Producto de la acumulación de materia generada por parte de los colonizadores pueden aparecer especies como helechos y algunas hierbas.



3. En un bosque, las especies vegetales tolerantes a la sombra viven bajo el dosel, en tanto que las intolerantes compiten en el margen del bosque. En su clímax, estos ambientes generan multitud de microhábitats para organismos de todos los tipos.

Lección 3

Las poblaciones humanas también pueden ser estudiadas utilizando los conceptos aplicados en ecología, con la diferencia de que la humanidad ha modificado las condiciones naturales para facilitar su propia mantención.

Las poblaciones humanas crecen de manera acelerada, generando una huella ecológica superior a la capacidad del planeta Tierra de recuperarse. Aparentemente, la población humana ha superado la capacidad de carga de los ambientes que habita, pero esto es solo una propuesta.

En el caso de nuestro país, la población nacional ha envejecido parcialmente, considerando una disminución en las tasas de natalidad.

Las **poblaciones humanas** alteran los ambientes, de manera general, a través de la **destrucción de los hábitats**, la **captura excesiva** y **sobreexplotación** de las especies útiles y depredadores, la **contaminación** del medio abiótico y mediante la **introducción de especies** nuevas en ambientes en donde las interacciones de las comunidades se ven afectadas.

En Chile y en el mundo se han generado categorías de conservación de las especies, las que están orientadas a focalizar los esfuerzos de las naciones y los gobiernos en la conservación de la biodiversidad y en la preservación de sus condiciones naturales.



▲ Crecimiento población humana.

EVALUACIÓN FINAL

Lee las instrucciones y desarrolla las actividades planteadas. Puedes revisar tu texto para recordar y contestar correctamente cada ítem. Al finalizar, completa la sección *Me evalúo*.

Reconocer y comprender

1. Observa la fotografía, identifica, encerrando en un círculo, y luego define cada uno de los conceptos.



- a. Organismo.
- b. Dos poblaciones.
- c. Una comunidad.
- d. Factores abióticos.

2. Con respecto a la fotografía, responde.



- a. ¿Qué distribución presenta el pasto?
- b. ¿Qué tipo de distribución tienen las flores?
- c. **Esquematiza** en tu cuaderno la distribución que no se observa en la fotografía.
- d. ¿Qué tipo de estrategia de crecimiento tienen el pasto y las hierbas silvestres?, **define** y **gráfica** en tu cuaderno.
- e. Si sobre este prado se desploma una ladera de montaña, cubriéndola con barro y piedras destruyendo gran parte de la flora y fauna, ¿qué tipo de factor regulador del crecimiento poblacional estaría operando?

3. Marca con una **A** los datos que indiquen abundancia de una población, y con una **D** cuando corresponda a la densidad.

- _____ 0,38 habitantes/km² en la comuna de Putre el año 2002.
- _____ 364 llamas en el Parque Nacional Lauca durante el año 2012.
- _____ 89 individuos por km² de *Saguinus leucopus* (mono titi gris) al norte de Colombia.

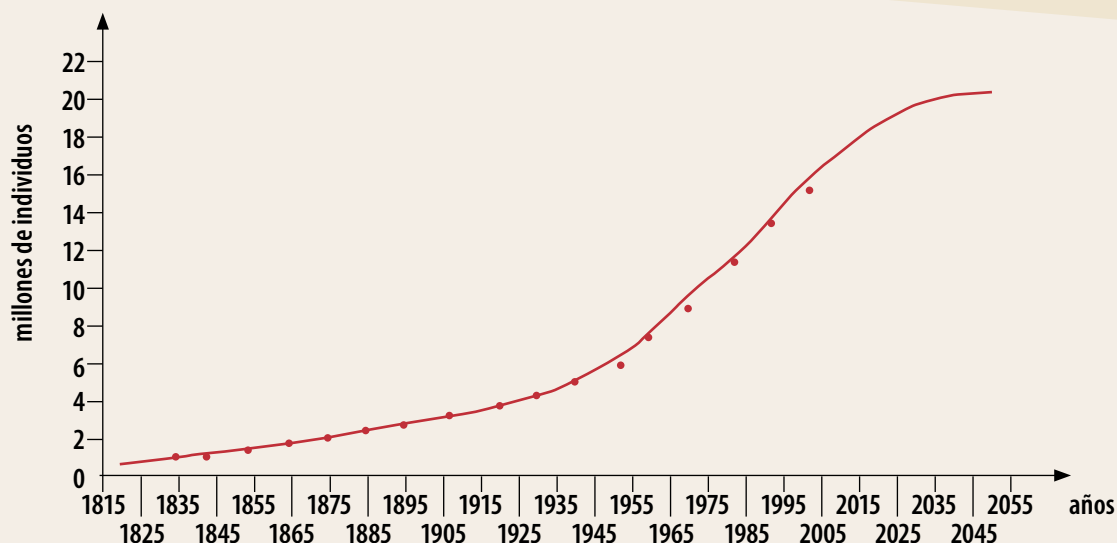
Explica. ¿Cuál es la diferencia entre estos conceptos?

4. Calcula la densidad poblacional con los siguientes datos.

- En Chile, durante el año 2012 se contabilizaron 16 634 603 habitantes en 756 096 km². _____
- En Chiloé se contabilizaron 1 250 alerces en 2 500 km². _____

5. Observa el gráfico referente al crecimiento poblacional de los seres humanos en Chile.

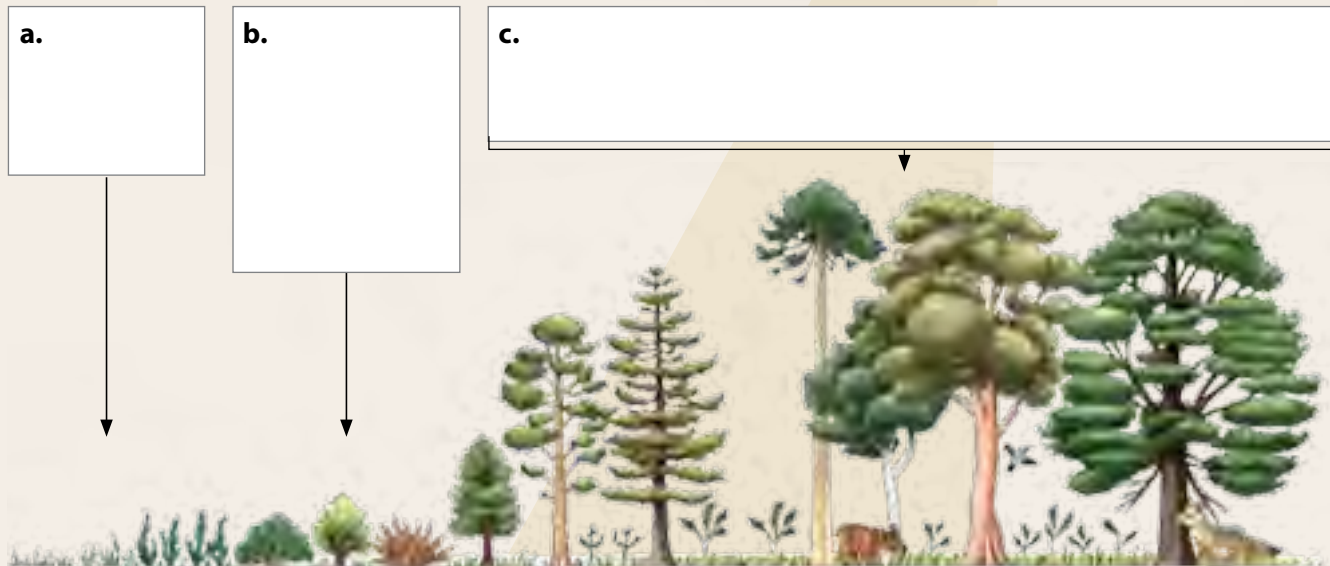
Población de Chile, 1820 - 2050



- ¿A qué tipo de crecimiento poblacional corresponde?
- ¿Qué estrategia de crecimiento presentan los seres humanos?
- Explica el fenómeno que ocurriría cuando la población se acerque a los 20 000 000 de habitantes.
- ¿Qué factores afectan al crecimiento poblacional?

EVALUACIÓN FINAL

6. Completa el siguiente esquema con los probables procesos que ocurren en esta sucesión.



7. Explica tres de las formas en que el ser humano ha alterado el equilibrio ecológico y menciona tres especies que han sido afectadas en su abundancia poblacional es debido a esta actividad. Luego señala dos formas de proteger los ecosistemas.

Analizar

8. Observa los siguientes diagramas y responde las preguntas que se hacen a continuación.

En un trabajo experimental, un grupo de científicos han examinado el crecimiento de dos especies de zooplácton, A y B, que tienen como fuente de alimento la misma microalga. Para conocer cómo ocurren las interacciones entre las especies de zooplácton y su fuente de alimento, se efectuaron cultivos donde se hizo crecer a las especies de zooplácton juntas y por separado en presencia de su fuente de alimento. En estos cultivos se cuantificó a lo largo del tiempo la densidad de las diferentes poblaciones, partiendo de un número igual de individuos. Los resultados de este experimento se muestran en el gráfico.



- ¿Qué tipo de interacción explica los resultados obtenidos?
- ¿Cuál de las dos especies es más eficiente?
- Explica** el principio de exclusión competitiva. ¿Quién postuló las bases de este principio?

Aplicar

9. Plantea una investigación, detallando los materiales y el procedimiento, para estudiar uno de los parámetros poblacionales o relaciones en una comunidad que hayan sido alterados por la acción humana. Pide ayuda a tu profesor para conocer la pauta de evaluación de este ítem.

Con ayuda de tu profesor, completa la siguiente tabla.

Descriptor:	Pregunta	Puntaje	¿Qué debes hacer?
Describir las características propias de una población, como la densidad y abundancia, tipos de crecimiento, tasas, curvas de sobrevivencia y factores que regulan el crecimiento.	1 (a, b), 2, 3, 4, 5	____ / 21	Si tienes entre 0 y 13 puntos, realiza la Actividad 1 . Si obtuviste entre 14 y 18, realiza la Actividad 2 . Si obtuviste entre 19 y 21, realiza la Actividad 4.1 de la página 224.
Explicar las características propias de una comunidad y aquellas que emergen de la interacción con su ambiente.	1 (c, d), 6, 8	____ / 16	Si tienes entre 0 y 9 puntos, realiza la Actividad 3 . Si obtuviste entre 10 y 13, realiza la Actividad 4 . Si obtuviste entre 14 y 16, realiza la Actividad 4.2 de la página 224.
Reconocer algunas características de la población humana y su impacto sobre el medioambiente.	7, 9	____ / 16	Si tienes entre 0 y 19 puntos, realiza la Actividad 5 . Si obtuviste entre 10 y 13, realiza la Actividad 6 . Si obtuviste entre 14 y 16, realiza la Actividad 4.3 de la página 225.

---• Actividades

- Actividad 1.** Haz un glosario en el que se definan los conceptos: densidad, abundancia, población y tasas de crecimiento.
- Actividad 2.** Describe las estrategias de crecimiento r y K. Da un ejemplo y diagrama el gráfico característico para cada una.
- Actividad 3.** Dibuja tres de los biomas presentes en Chile mencionando al menos dos especies características en cada uno. Luego define depredación y competencia intraespecífica.
- Actividad 4.** Dibuja dos de los biomas presentes en Chile mencionando al menos dos especies características en cada uno. Después explica de qué manera la depredación y la competencia interespecíficas regulan el crecimiento de la comunidad.
- Actividad 5.** Explica de qué modo la captura excesiva perjudica la abundancia poblacional y de qué forma esto puede afectar la biodiversidad.
- Actividad 6.** Relaciona la introducción de nuevas especies con las nuevas interacciones que pueden generarse y sus efectos en el equilibrio del ecosistema.

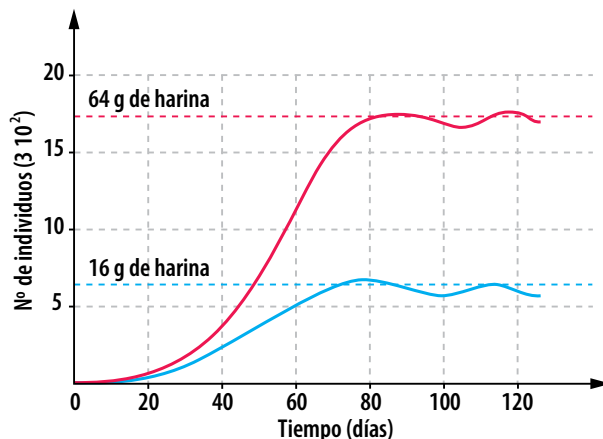
ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Actividad 4.1

Analiza atentamente el siguiente experimento y luego responde las preguntas

En la década de 1930, el científico ruso Georgyi Frantsevich Gause (1910-1986) puso algunos ejemplares del escarabajo *Tribolium confusum* en una caja con 16 g de alimento (harina) y contó periódicamente el número de individuos a lo largo de 150 días de experimento.

En otra caja, Gause puso el mismo número de escarabajos, pero añadió 64 g de harina, cuatro veces más que en la primera caja. Consecuentemente, el tamaño máximo alcanzado por la población de la primera caja fue menor (650 escarabajos) que en la segunda (1750 escarabajos).

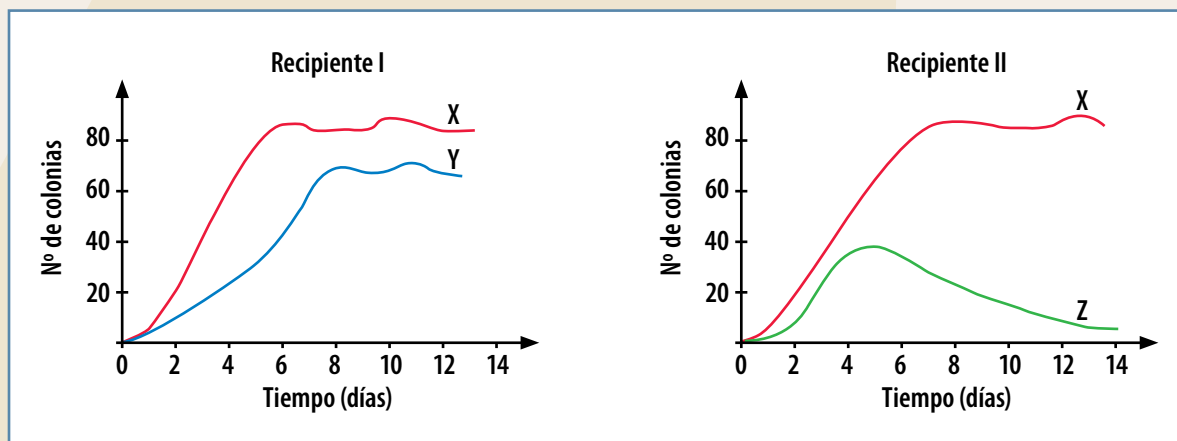


- Explica cuál es la curva de crecimiento experimentada por los escarabajos en este experimento?
- ¿Cuál podría haber sido la pregunta de investigación planteada por Gause en este experimento?
- ¿A qué conclusiones piensas que llegó Gause después de observar los resultados que se muestran en el gráfico? **Explica.**
- Deduce** cómo se pueden relacionar los resultados obtenidos por Gause con la curva de crecimiento de la especie humana. Coméntalo con tus compañeros.

Actividad 4.2

Analiza atentamente el siguiente experimento y luego responde las preguntas

X, Y y Z son especies de bacterias aeróbicas heterótrofas. X y Z solo logran vivir con alta luminosidad, próximas a la superficie del medio de cultivo, e Y vive con baja luminosidad, inmersa en el medio de cultivo. Un investigador realizó el siguiente experimento: en el recipiente I, inoculó una colonia de bacterias X en la superficie y una colonia de bacterias Y en el interior del medio de cultivo. En el recipiente II realizó el mismo procedimiento, esta vez con colonias de bacterias X y Z, ambas inoculadas en la superficie del medio de cultivo. Los resultados se muestran en los gráficos siguientes.



- A.** Deduce el tipo de interacción que existe entre las bacterias de la especie X y las bacterias de la especie Y.
- B.** Explica qué tipo de interacción se observa entre las bacterias de la especie X y las bacterias de la especie Z.
- C.** Infiere qué sucedería al inocular las bacterias de la especie Z con las bacterias de la especie Y?

Actividad 4.3

Lee atentamente el siguiente experimento y luego responde las preguntas

En nuestro país, las plantaciones del pino (*Pinus radiata*), originalmente introducido con fines ornamentales, representan la mayor superficie plantada de este árbol en el mundo: 1,24 millones de hectáreas. Se localizan entre las regiones de Valparaíso, Metropolitana y la Región de Los Lagos (33° y 42° de latitud sur, respectivamente), que corresponden a zonas habitadas por más del 50 % de la población y al 78 % del total de superficie reforestada. Los productos de este cultivo ocupan el tercer lugar en la exportación chilena, sustentando aproximadamente el 80 % del abastecimiento de madera industrial. Sin embargo, este enorme desarrollo ha ido en desmedro del bosque nativo, que ha sufrido una progresiva reducción y, sobre todo, fragmentación de su superficie.

El pino es una especie de árbol colonizador, intolerante a la sombra, cuyo polen y semillas son dispersados por el viento. Es una de las especies de coníferas más invasivas y agresivas, con efectos ecológicos que pueden afectar los distintos niveles de organización ecológica. Por ejemplo, las plantaciones de pino han provocado la fragmentación de los bosques nativos, vale decir, la transformación de un bosque en varios bosques de menor tamaño aislados entre sí. En las plantaciones de pino, la diversidad de aves en general es baja, en particular las aves insectívoras, ya que su abundancia depende de la cantidad de alimento disponible.

La riqueza de especies de insectos es menor que en los bosques nativos, lo que se explica porque en estos se desarrolla un abundante sotobosque nativo que permite albergar gran cantidad de insectos, como coleópteros, lo que no ocurre en las plantaciones de pino.



▲ Numerosos estudios señalan que los bosques invasores influyen directamente sobre la conservación de la biodiversidad. En nuestro país, este fenómeno puede afectar negativamente la sobrevivencia del copihue, por ejemplo, que sufre una disminución en su éxito reproductivo debido a la menor abundancia de sus polinizadores, como el picaflor y el abejorro.

- a.** ¿Cuáles son los principales efectos y consecuencias ecológicas de las plantaciones de pino sobre otras especies de vegetales y/o animales?
- b.** ¿Qué acciones humanas facilitan la invasión de especies tales como el pino o el aramo?
- c.** ¿Cómo piensas que podrían revertirse los efectos producidos sobre el bosque nativo por las plantaciones de pino?
- d.** Elabora un plan escolar, en el cual la comunidad de tu colegio pueda contribuir a reforestar el bosque nativo.

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

Conservación in situ y ex situ

Existen dos modalidades o estrategias para mantener la biodiversidad propia de las distintas áreas: estas son la conservación in situ y conservación ex situ.

La conservación in situ se refiere al cuidado y mantención de la diversidad en su hábitat natural a través de la conservación de los ecosistemas, con un interés particular en el cuidado y conservación de poblaciones o comunidades naturales, además de preservar las condiciones para el mantenimiento de estas a lo largo del tiempo. La principal forma de conservación in situ es la protección de estas áreas. En Chile, el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), perteneciente al Ministerio de Bienes Nacionales, es el principal encargado de la conservación in situ en el país, a través de la creación y mantención de parques nacionales, reservas nacionales y monumentos naturales. Estas áreas se encuentran en la actualidad administradas por la Corporación Nacional Forestal (Conaf). Junto con las áreas públicas protegidas, un sinnúmero de instituciones y actores privados favorecen la conservación de ambientes y los organismos que subsisten en ellos a través de la generación de reservas privadas.

Por otro lado, la conservación ex situ hace referencia al cuidado de los componentes de la diversidad biológica fuera de sus hábitats naturales. Esta conservación implica tanto el almacenamiento de los recursos genéticos en bancos de germoplasma como el establecimiento de colecciones de campo y manejo de especies en cautiverio. Esta manera de conservación apoya la supervivencia de especies o sus variedades e incluso sus genes para ser reintroducidos en sus hábitats naturales.

Este tipo de conservación se entiende como un complemento para la conservación de la diversidad in situ, principalmente cuando se trata de especies que se encuentran en categorías de conservación en peligro y vulnerables. Existen diferentes formas de conservación ex situ. En especial se consideran instituciones como jardines botánicos, como el Jardín Botánico Nacional, ubicado en la ciudad de Viña del Mar. Asimismo, los museos, como el Museo Nacional de Historia Natural de Chile y el Museo de Historia Natural de Valparaíso, cumplen la función de conservar parte de la diversidad biológica del país, ya sea de especies en peligro como aquellas cuya presencia en Chile es rara, a pesar de estar ampliamente distribuidas en el mundo.

Gloria Rojas Villegas, la curadora jefa del área botánica del MNHN

Es licenciada en Biología de la Universidad de Concepción, Chile, y magíster en Ciencias de la Universidad de Barcelona, España. Se desempeña como investigadora del área botánica del Museo de Historia Natural y como curadora jefa del herbario del Área de Botánica del Museo Nacional de Historia Natural (MNHN).

Sobre su trabajo en el museo, señala: “Un herbario es el referente de la flora de una región, y en este son numerosos los botánicos de renombre que se han preocupado de conservar y aumentar el número de especímenes de las distintas latitudes del país”.

“En nuestro herbario tenemos varias especies que hoy en día no se encuentran en la naturaleza porque se han extinguido, por ejemplo el sándalo de Juan Fernández (*Santalum fernandezianum*), el que fue sobreexplotado por la fragancia de su madera. La colección botánica del Museo Nacional de Historia Natural, además, posee una gramínea cultivada por el pueblo mapuche en épocas prehispánicas que se dejó de cultivar y desapareció. Se trata del mangu (*Bromus mango*), y solo se puede verificar su existencia en el pasado gracias a que hay un ejemplar herborizado en el herbario”.

“Existen otras especies que se encuentran en categoría de peligro crítico, como la avellanita (*Avellanita bustillosii*), que solo hay dos poblaciones en Chile, pero ahora hemos podido encontrar una tercera población con todas las posibilidades de salvaguardar la especie, en donde se hará un plan de conservación de esta población”.

El museo

El Museo Nacional de Historia Natural (MNHN) es uno de los más antiguos de América. Fue fundado el 14 de septiembre de 1830 por el estudioso y naturalista francés Claudio Gay, el que había sido contratado por el gobierno de Chile para realizar un completo estudio sobre el país y “formar un gabinete de Historia Natural, que contenga las principales producciones vegetales y minerales del territorio”. La principal misión del Museo Nacional de Historia Natural de Chile es generar conocimiento y promover la valoración del patrimonio natural y cultural del país para fomentar y fortalecer su comprensión en la sociedad. Un sinnúmero de connotados científicos y naturalistas ha trabajado en el museo, destacando por sus contribuciones al conocimiento de la biodiversidad nacional Filiberto Germain, Rudolph A. Philippi, su hijo Federico Philippi, Eduardo Moore, Ricardo E. Latcham, Enrique Gigoux, Humberto Fuenzalida V., Grete Mostny, Hans Niemeyer F., Luis Capurro S. y Alberto Carvacho.



REFLEXIONA Y OPINA

- ¿Has visitado algún Parque Nacional, Reserva Nacional o Monumento Natural de Chile?, ¿cuáles conoces?
- ¿Qué opinas de la importancia que tienen en el cuidado de nuestro patrimonio natural?
- ¿De qué manera crees que los gobiernos pueden potenciar la conservación in situ y ex situ en el país?

Unidad 1

Actividad 1 (página 9)

1. El material genético es la totalidad de ADN que presenta un ser vivo. Este se encuentra en los virus, células procariotas, en el núcleo de células eucariotas y en cloroplastos y mitocondrias. Se emplea para guardar la información genética de una forma de vida. Para todos los organismos conocidos actualmente, el material genético es casi exclusivamente ácido desoxirribonucleico (ADN) debido a que algunos virus poseen ácido ribonucleico (ARN) como material genético.

Actividad 2 (página 10)

1. El nucléolo está constituido por las regiones teloméricas de ciertos cromosomas. En ellas existe la información necesaria para la transcripción de tres de los cuatro tipos de ARN ribosomal que existen en las células eucariotas (el cuarto tipo es sintetizado en el nucleoplasma). En el nucléolo se ensamblan los ARN ribosomales con proteínas y se constituyen las subunidades, mayor y menor, de los ribosomas.

Pensamiento científico (página 11)

5.
 - d. Su uso ofrece ventajas como los siguientes: son fáciles de obtener, pues basta con frotar la parte interna de la boca y se consigue gran cantidad de células, además estas se tiñen con gran facilidad con colorantes básicos como el azul de metileno.

Actividad 4 (página 14)

Completa la tabla

Nº haploide (n)	Nº diploide (2n)
23	46
19	38
21	42
12	24
24	48
32	64
39	78

Al finalizar la lección (página 17)

1.
 - b. No hay ninguna relación directamente proporcional entre la cantidad de cromosomas y el número de genes que estos poseen. Los datos de la tabla confirman esta afirmación, ya que el trigo, con 42 cromosomas, solo tienen 2 637 genes, mientras

que el arroz, con 24 cromosomas, tiene más de 50 000 genes.

2.
 - a. Los cromosomas autosómicos se ordenan en pares homólogos atendiendo a su tamaño y forma. Luego los pares homólogos se ordenan de mayor a menor tamaño. Por ejemplo, en los grupos A y B se ubican los cromosomas de mayor tamaño.
 - b. Grupo A: tres pares de cromosomas metacéntricos; grupo B: dos pares submetacéntricos; grupo C: siete pares de cromosomas medianos submetacéntricos; grupo D: tres pares de cromosomas medianos acrocéntricos y con satélites; grupo E: tres pares de cromosomas pequeños submetacéntricos; grupo F: dos pares de cromosomas meta y submetacéntricos; grupo G: dos pares de cromosomas acrocéntricos y satelizados; el último grupo corresponde a los cromosomas sexuales.
 - c. La composición del par sexual, XX para las mujeres y XY para los hombres.

Al finalizar la lección (página 23)

1.
 - a. Fase S
 - b. Citocinesis
 - c. Fase S
 - d. Mitosis, durante profase
 - e. G1
 - f. Mitosis, durante anafase
2.
 - a) Profase: la membrana nuclear comienza a desaparecer y los centriolos migran a cada extremo de la célula.
 - b) Metafase: los cromosomas plenamente condensados se ubican en la placa ecuatorial de la célula, alineados por las fibras del huso mitótico.
 - c) Telofase: los cromosomas comienzan a descondensarse y los microtúbulos que conforman al huso mitótico a desorganizarse.
3. a = 6. b = 4. c = 3. d = 1. E = 5. F = 2.
 - a. Durante la metafase.
 - b. Una citocinesis de células animales. En células animales la formación de un surco de división implica una expansión de la membrana en esta zona y una contracción progresiva causada por un anillo periférico contráctil de actina asociada a miosina. Este anillo producirá la separación de las dos células hijas por estrangulación del citoplasma.

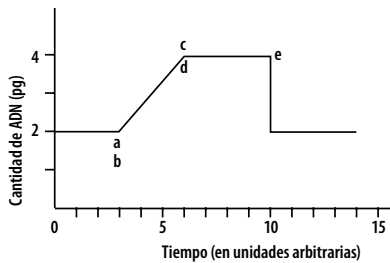
Taller de ciencias (página 25)

- Debido a que los tejidos meristemáticos se ocupan del crecimiento de la planta y que, por lo tanto, sus células se dividen continuamente.
- Para eliminar el exceso de agua, de esta manera se logra una mejor observación al disminuir la refracción que esta provoca.
- Una coloración (o tinción) es una técnica auxiliar utilizada en microscopía para mejorar el contraste en la imagen vista al microscopio. Los colorantes son sustancias que usualmente se utilizan para resaltar estructuras en tejidos biológicos que van a ser observados con la ayuda de algún microscopio. Los diferentes colorantes pueden ser utilizados para aumentar la definición y examinar tejidos y sus células.

Evaluación intermedia (página 26)

- A: base nitrogenada. B: pentosa. C: grupo fosfato. D: nucleosoma. E: cromatina. F: octámero de histonas, G: cromatina. H: centrómero. I: brazo de la cromátida.

2.



3.

- Hay 46 cromosomas y es una célula diploide ($2n$) debido a que presenta dos juegos cromosómicos.
- Es el cariotipo de un hombre por la presencia del cromosoma Y.
- Hay 44 cromosomas autosómicos y se reconocen por presentarse en pares homólogos idénticos, a diferencia del par homólogo sexual X e Y.
- En metafase, debido a que en esta etapa se encuentran en su máximo nivel de compactación.
- Un cromosoma metacéntrico es aquel cuyo centrómero se encuentra en la mitad del cromosoma, dando lugar a brazos de igual longitud. Ejemplos de cromosomas metacéntricos son el cromosoma 1 y 3.
- Aun cuando el concepto es ampliamente aceptado y distribuido entre la comunidad científica, realmente un cromosoma telocéntrico como tal no existe. Supuestamente en este tipo de cromosomas el centrómero está localizado en un extremo del mismo, pero la región telocéntrica no permite que molecularmente haya otra estructura finalizando al cromosoma.
- Dos cromátidas.
- Las células somáticas de este individuo al dividirse por mitosis generan células genéticamente iguales.
- Un gameto tendría 23 cromosomas.
- Los cromosomas se ordenan por tamaño y forma.

4.

G1	S	G2	M
	X		
X	X		
X			
	X		
		X	
X	X	X	
			X

Trabaja con lo que sabes (página 28)

- La interfase comprende las fases G1, S y G2.
- La citocinesis consiste en la repartición equitativa de citoplasma. Ocurre al final de la mitosis.
- Durante la fase M o mitosis ocurre: la profase, la metafase, la anafase y la telofase.
- La duplicación del material genético.

Al finalizar la lección (página 31)

- En diferentes momentos del ciclo celular (G1, M y G2) existen los denominados "puntos de control", en los que participan proteínas denominadas ciclinas (cdc) y quinasas dependientes de ciclinas (cdk). En cada uno de estos puntos de control la célula "verifica" que se cumplan normalmente determinadas condiciones antes de proseguir con el proceso. Por ejemplo, en el punto de control de G1, la célula verifica condiciones como tamaño, disponibilidad de alimento, señales de crecimiento y que el ADN no presente daños ni alteraciones.

Trabaja con lo que sabes (página 32)

- Su dotación debe ser haploide (n).
- Se denominan células primordiales germinales y generan a todo el linaje que posteriormente se transformarán en los gametos. Se ubican en las gónadas femeninas (ovarios) y masculinas (testículos).

Actividad 5 (página 36)

- Durante la profase I.
- Se producen en espermatocitos y ovocitos I.

Actividad 7 (página 39)

- La figura que corresponde al epitelio intestinal es la 1 y la que representa al ovario, la 2. Se debe a que se observa una disminución de las cadenas de ADN, que llega al punto tres, es decir pasa de $2n$ a n , típico de la meiosis. En el epitelio solo ocurre mitosis.
- El valor de c es 3.

Al finalizar la lección (página 41)

- G1, S, G2, Meiosis I, G1, Meiosis II.
 - En B es la duplicación del material cromosómico y tanto en D como en F ocurre la disminución del material genético.
 - De C a D.
- Tras la meiosis I se obtendrán espermatocitos II XY (ambos cromosomas duplicados) y O, si la meiosis II transcurre normalmente las espermátidas resultantes tendrán XY (cromosomas simples), XY (cromosomas simples), O y O.
 - XXY y XO.

Evaluación intermedia (páginas 42 y 43)

1.

Mitosis	Meiosis
Autosómicas	Germinales
Idénticas	Diferentes
2	4
$2n$	n
Reproductiva	No ocurre
Crecimiento, regeneración y reparación de estructuras	Formación de gametos y esporas.
1	2
Se separan las cromátidas y migran a los polos de la célula.	En la meiosis I los cromosomas duplicados migran a los polos de la célula. En la meiosis II se separan las cromátidas y migran a los polos de la célula.
Sí	Solo antes de la meiosis I.
No	Sí

2.

- Son proteínas que están involucradas en la regulación del ciclo celular, síntesis y expresión de ARNm. Las Cdk, se activan cuando se unen a ciclinas, donde son fosforiladas y regulan la velocidad de las etapas del ciclo. Gracias a su acción se producen los denominados puntos de control del ciclo celular.

- En organismos unicelulares la división celular permite la reproducción. En organismos pluricelulares la reproducción celular mitótica sirve para el crecimiento, regeneración y reparación de estructuras, y la reproducción celular meiótica forma parte del proceso de gametogénesis.

3.

- La variación de la cantidad de ADN de una célula durante el proceso de división.
- Meiosis.

Evaluación final (página 46)

1.

- Organismo haploide: son organismos cuyas células solo poseen un juego de cromosomas, se identifican con la denominación n .
- Organismo diploide: se refiere a organismos cuyas células tienen dos juegos de cromosomas, se identifican con la denominación $2n$.
- Célula somática: son las células que conforman el cuerpo de un organismo pluricelular, salvo en los gametos.
- Célula germinal: Son células precursoras de los gametos.
- Mitosis: proceso de división del núcleo, del cual se originan dos núcleos hijos idénticos.
- Meiosis: es un proceso de división celular en el cual una célula diploide experimenta dos divisiones sucesivas, originando 4 células hijas haploides y distintas a la célula original y entre sí.

2.

- | | |
|----------|----------------|
| a. En T3 | e. AT2 |
| b. En T2 | f. AT3 |
| c. En T3 | g. T4 |
| d. AT1 | h. T1, T2 y T3 |

6. Profase I (entrecruzamiento) y metafase I (permutación cromosómica).

8. 2-4-3-5-1

9.

- Células 4 y 5. Durante la interfase el material genético está descondensado (cromatina). Durante esta etapa, las células se preparan para la división, por lo tanto crecen, recuperan proteínas y organelos y se produce la replicación del ADN.
- Los cromosomas se encuentran próximos al ecuador de la célula. Esta etapa corresponde a la metafase.
- En la célula indicada como 9. En la citocinesis se produce una división relativamente equitativa del citoplasma.

11.

a.

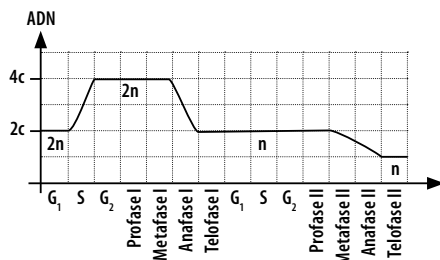
mitosis	meiosis
Ocurre en células somáticas	Ocurre en células sexuales
Dos células hijas iguales	Cuatro células hijas diferentes
Una división	Dos divisiones
2n	n

12.

a. A – K – J – C – D – H – E – F – G – I – B

b. En la anafase I no se divide el centrómero, por lo que los cromosomas migran duplicados hacia los polos, mientras que en la anafase II sí se rompe el centrómero y los cromosomas, de una sola cromátida, migran a los polos.

13.



15.

a. Significa que la célula cuenta con dos juegos de cromosomas y que cada cromosoma está duplicado (cuenta con dos cromátidas).

Unidad 2

Al finalizar la lección (página 61)

- Características heredables: color de ojos, forma de la nariz y color de la piel. Caracteres no heredables: los valores, la personalidad, correr más o menos rápido.
- Es fácil de cultivar. Existen muchas variedades. Su ciclo de vida es corto. Se poliniza con facilidad.
- Controló siete variables de la planta *Pisum sativum*.

Actividad 2 (página 63)

- 14 fenotipos.
- 120 semillas amarillas y 40 semillas verdes.

Actividad 4 (página 66)

- Pp y los fenotipos para plantas púrpuras PP y blancas Pp.
- Ambos progenitores deben ser heterocigotos.
- Uno de cuatro.

Al finalizar la lección (página 69)

- 100 % Aa y 100 % posición axial.
-

	N	n
N	NN	Nn
n	Nn	nn

- Primer cruzamiento: NN x nn, Segundo cruzamiento: Nn x nn.
-

	Gametos	Genotipo	Fenotipo
Individuo 1	3 N	NN	Color negro
	4 N		
Individuo 2	5 N	Nn	Color negro
	6 n		

Actividad 5 (página 72)

- TtGG (TG, Gt)
- TtGg (TG, Gt, Tg, gt)
- TTGg (TG, Tg)
- AABBcc (ABC, ABc)
- AaBbCc (ABC, Abc, aBc, AbC, abC, abc)
- aaBBccDd (aBCD, aBcd, aBCd)

Al finalizar la lección (página 75)

- Generación P: AALL x aall

Gametos: AL y al

Generación F₁: 100 % AaLlGeneración F₂:

	AL	Al	aL	al
AL	AALL	AALl	AaLL	AaLl
Al	AALl	AAll	AaLl	Aall
aL	AaLL	AaLl	aaLL	aaLl
al	AaLl	Aall	aaLl	aall

- El principio de distribución independiente.
- Cuatro pares de genes (AL, Al, aL, al).
- Las características dominantes son el color amarillo y la semilla lisa.
- 9:3:3:1

Evaluación intermedia (página 76)

- El cruzamiento de prueba de RrCc x rrc, produce la siguiente descendencia genotípica y fenotípica:
Genotípica: 4 RrCc, 4 Rrcc, 4 rrCc, 4 rrcc
Fenotípica: 4 aves plumas negras con cresta; 4 aves plumas negras sin cresta; 4 aves plumas rojas con cresta; 4 aves plumas rojas sin cresta.

3.
 - a. Genotipo padre: Aa y genotipo madre: Aa.

4. En el fenotipo.

8.

a.

	NL	NI	nL	nl
NL	NNLL	NNLI	NnLL	NnLI
NI	NNLI	NNII	NnLI	NnII
nL	NnLL	NnLI	nnLL	nnLI
nl	NnLI	NnII	nnLI	nnII

b. Se obtuvieron clases fenotípicas, en una proporción 9:3:3:1.

Actividad 6 (página 81)

1. Determinar el carácter dominante del color de ojos.
2. El 50 % será daltónico, el 25 % portador y el restante 25 % será sano.

Actividad 8 (página 84)

1.
 - a. El fenotipo F1 es 100% agutí.

Al finalizar la lección (página 85)

1.
 - a. Genotipo de los padres: AO y BO. Genotipo Hijo: OO. Otros genotipos esperables en los hijos: AB, AO, BO.

Actividad 9 (página 86)

- a. Cinco hombres y cinco mujeres.
- b. Dos hombres.
- c. La mayor probabilidad es de los hombres.

Actividad 11 (página 90)

Las hijas	Los hijos
Normales	Normales
Normales	50 % normales 50 % albinismo

Al finalizar la lección (página 91)

2.
 - a. Siete hombres y siete mujeres.
 - b. Dos hombres.
 - c. Los hombres son los más afectados.
3. Situación A: herencia dominante ligada al sexo. La mujer porta el gen. Las hijas son portadoras y los hombres padecen la enfermedad.
Situación B: herencia autosómica dominante. El rasgo afectado se transmite de forma continua y ambos sexos se ven afectados.

Evaluación intermedia (página 94)

2. Grupos A y B.
3. a. Siendo N, color ojos negro y n, color ojos azul, el genotipo del padre es Nn y de la madre nn. El genotipo de los hijos de ojos color negro es Nn y ojos color azules es nn.
4. c. El del padre es Pp y el de la madre es pp. Hijas color de ojos azules, pp. Hijo color de ojos pardos, Pp. Hijo color de ojos azules, pp.

Evaluación final (Páginas 98 a 101)

1.
 - a. Genotipo: se refiere a la información genética que posee un organismo en particular, en forma de ADN.
 - b. Fenotipo: es la expresión del genotipo en función de un determinado ambiente.
 - c. Alelo dominante: se refiere al miembro de un par alélico que se manifiesta en un fenotipo tanto si se encuentra en dosis doble, habiendo recibido una copia de cada padre como en dosis simple, en la cual uno solo de los padres aportó el alelo dominante en su gameto.
 - d. Alelo recesivo: aquél que queda oculto en el fenotipo del individuo heterocigoto para un carácter determinado, y que solo aparece en el individuo homocigoto.
 - e. Homocigoto: se es respecto a un gen cuando los dos alelos codifican la misma información para un carácter.
 - f. Heterocigoto: se es respecto a un gen cuando los dos alelos codifican distinta información para un carácter.
2.
 - a. Progenie: 100 % posición axial.
 - b. Progenie: 100 % posición axial.
 - c. Progenie: 50 % posición axial y 50 % posición terminal.
 - d. Progenie: 75 % posición axial y 25 % posición terminal.
3.
 - a. 100 % flores color púrpura.
 - b. 75 % flores color púrpura y 25 % flores color blancas.
6.
 - a. 50 % flores rojas y 50 % flores rosadas.
 - b. 25 % flores rojas, 50 % flores rosadas y 25 % flores blancas.
9.
 - a. 50 % grupo A y 50 % grupo O.
 - b. 25 % AB, 25 % A, 25 % B y 25 % O.
11.
 - a. El número 4.
 - b. En ambas generaciones el genotipo de los varones hemofílicos es X^{hY} .
 - c. Padre: X^{hY} y madre: X^{hX} .
15. Hijo 1: OO. Hijo 2: BO. Hijo 3: AB. Hijo 4: AO.

Unidad 3

Actividad 2 (página 111)

1. Las hormonas liposolubles, ya que atraviesan por difusión la membrana plasmática de las células diana.
2. Dicha hormona no podría desencadenar la cascada de señales en el citoplasma de la célula.

Al finalizar la lección (página 119)

3. a. Glándulas. b. Impulso nervioso. c. Mediante el sistema circular. d. Células de todo el cuerpo. e. Inmediata. f. Lenta.
4. a. Receptores sensoriales activados por la succión. b. Células contráctiles de la glándula mamaria. c. Células acinosas de la glándula mamaria.

Actividad 5 (página 122)

1. En la ovejas inyectadas con adrenalina, la concentración de glucosa se elevó drásticamente en las primeras dos horas.
3. La disminución se explica por los mecanismos de retroalimentación negativa que se activan para mantener la homeostasis del organismo.

Al finalizar la lección (página 127)

Glándulas endocrinas	Hormonas
Ovarios	Estrógeno
Neurohipófisis	Hormona antidiurética Oxitocina
Páncreas	Insulina y glucagón
Paratiroides	Paratohormona
Tiroides	Tiroxina
Glándula suprarrenal	Aldosterona, cortisol, adrenalina, noradrenalina y andrógenos.
Hipotálamo	Hormona antidiurética
Adenohipófisis	ACTH, TSH, GH, Prolactina, FSH, LH
Testículos	Testosterona

Evaluación intermedia (Páginas 130 y 131)

1.
 - a. Las células beta sintetizan insulina, por lo tanto se vería afectada la absorción de glucosa.
 - b. Las hormonas son la insulina y el glucagón.

Actividad 10 (página 143)

1. La menopausia se define como el cese permanente de la menstruación y tiene correlaciones fisiológicas, con la declinación de la secreción de estrógenos por pérdida de la función folicular.

2. La edad promedio de una mujer que está teniendo su último periodo, la menopausia, es 51,4 años.
3. En principio, cualquier mujer en edad menopáusica es candidata a recibir THS (tratamiento hormonal sustitutivo).

Al finalizar la lección (página 145)

1.
 - a. FSH, LH, progesterona y estrógeno.
 - b. La hormona luteinizante.
 - c. El endometrio crece por acción de la progesterona.
 - e. En aquellos días más próximos a la ovulación. En un ciclo de 28 días el rango aproximado está entre los días 12 al 16.

Evaluación intermedia (páginas 152 y 153)

1.
 - a. La hormona luteinizante.
 - b. En la etapa secretora del ciclo, específicamente en los 4 días posteriores a la ovulación.
 - c. La acción de la progesterona mantiene el engrosamiento del endometrio.
 - d. No habría secreción de progesterona, y por lo tanto, no habría desarrollo ni engrosamiento del endometrio.
- 2.
4.
 - a. Es un ejemplo de retroalimentación positiva.
 - b. Para ambas mujeres el día de ovulación es el 25 de enero.
 - b. Mujer con ciclo de 26 días ovulará aproximadamente el 20 de febrero. Mujer con ciclo de 32 días ovulará aproximadamente el 26 de febrero.

Evaluación final (páginas 156 a 158)

- a. Hipotálamo: es una región nuclear del cerebro que forma parte del diencefalo, y se sitúa por debajo del tálamo.
- b. Hipófisis: es una glándula endocrina que segrega hormonas encargadas de regular la homeostasis que se aloja en un espacio óseo llamado silla turca del hueso esfenoidal, situada en la base del cráneo.
- c. Gonadotropinas: son una serie de hormonas secretadas por la hipófisis, gracias a la hormona liberadora de gonadotropinas, y están implicadas en la regulación de la reproducción en los vertebrados.
- d. Diabetes (mellitus): es un conjunto de trastornos metabólicos que afecta a diferentes órganos y tejidos, dura toda la vida y se caracteriza por un aumento de los niveles de glucosa en la sangre. La causan varios trastornos, siendo el principal la baja producción de la hormona insulina.
- e. Hipofunción: función que desarrolla una glándula a un nivel inferior al que se considera normal.

f. Hiperfunción: función que desarrolla una glándula a un nivel superior al que se considera normal.

2.

- Es un método anticonceptivo que incluye la combinación de un estrógeno y una progestina. Cuando se toman por vía oral todos los días, estas pastillas inhiben la fertilidad femenina.
- Este método anticonceptivo, quirúrgico e irreversible, consiste en cerrar el oviducto, para así detener el paso de los espermatozoides hasta el óvulo y evitar su fecundación.
- Este método anticonceptivo es una funda fina y elástica para cubrir el pene durante el coito, a fin de evitar la fecundación y el posible contagio de enfermedades de transmisión sexual.
- Método de control natal que consiste en la sección y ligadura de los conductos deferentes.

4.

- El individuo 1, debido a su alta glicemia.

5.

- Diferencias: en ovogénesis hay células que degeneran. En espermatogénesis por cada célula primordial se obtienen 4 gametos, en cambio en ovogénesis se obtiene un gameto. El gameto femenino, óvulo, es más grande que el gameto masculino, espermatozoide.
Semejanzas: ambos procesos son meióticos. Ambos procesos se inician con células primordiales. En ambos procesos se obtienen gametos.

6.

- El eje hipotálamo hipofisiario juega un rol central en el sistema endocrino. Organiza las respuestas hormonales apropiadas a estímulos provenientes de centros neurológicos superiores. Desde el punto de vista fisiológico el hipotálamo tiene parte del control de la secreción de las hormonas de la adenohipófisis y es el responsable de la producción de hormona neurohipofisiarias como oxitocina y vasopresina.
- El sistema circulatorio es el responsable de transportar las hormonas a los diferentes órganos del cuerpo para que entren en contacto con su célula blanco.

Unidad 4

Actividad 1 (página 167)

1.

- Factores abióticos: aire, luz, suelo, agua.
- Factores bióticos: gaviotas, estrella de mar, algas.

Actividad 3 (página 169)

1.

- Porque la densidad se mide en n° de individuos en una área de estudio determinada.

b. A la disponibilidad de alimento. A la acción de depredadores. A la competencia entre la misma o diferente especies.

2. La abundancia es el número total de individuos, mientras que la densidad es el número de individuos en una superficie determinada.

Actividad 4 (página 171)

1. Flores de mostaza: distribución uniforme. Musgos en la isla Rey Jorge: distribución agrupada.

Actividad 5 (página 172)

1. Ambas poblaciones ocupan un lugar en el ecosistema. Ambas poblaciones dependen, para su crecimiento y desarrollo, de las condiciones del ambiente.
2. El crecimiento del elefante es más lento que el del moho del pan.

Actividad 6 (página 173)

2. El tamaño poblacional sería de 201 326 592 células
3. A las siete horas habrán 96 células. A las quince horas habrán 1 536 células.

Actividad 8 (página 178)

1. Puede ver incrementada su abundancia si aumenta su tasa de natalidad.
2. Puede ver disminuida su población si aumenta la tasa de emigración.
3. Disminuiría la tasa de natalidad, lo que provocaría una disminución de la abundancia poblacional.

Actividad 9 (página 179)

1.

- Tasa natalidad: $(12/32) \times 1\,000 = 375$ por cada mil individuos.
Tasa mortalidad: $(7/32) \times 1\,000 = 218,75$ por cada mil individuos.
Tasa de migración: $((7-3)/32) \times 1\,000 = 125$ por cada mil individuos.
- b. $TCP = (375 - 218,75) + 125 = 281,25$ por cada mil individuos.
- c. La población de degús creció en el periodo de estudio.

Al finalizar la lección (página 183)

1. Estrategas r: Recursos son ilimitados. Se reproducen rápidamente. Suelen ser de menor tamaño. Estrategas K: Determinado por la disponibilidad de recursos. Se reproducen lentamente. Suelen ser de mayor tamaño.
2. Distribución uniforme.

Actividad 10 (página 191)

1. *P. aurelia*: su densidad relativa es de 90 aproximadamente.
P. caudatum: su densidad relativa es de 70 aproximadamente.
Ambas poblaciones presentan un tipo de crecimiento sigmoideo.

Actividad 13 (página 195)

1. Correspondería a una sucesión de tipo secundaria debido a que este tipo de sucesión ocurre en un ambiente que ha sido perturbado.
2. En este tipo de sucesión, las especies colonizadoras no son necesarias, ya que las comunidades establecidas antes de la perturbación recolonizan.

Al finalizar la lección (página 196)

3. El problema de estudio de Gause es el siguiente: ¿qué consecuencias para la densidad poblacional tiene la competencia entre dos especies?
7. Produce un efecto desproporcionado sobre su medio ambiente en relación con su abundancia. Tales especies afectan a muchos otros organismos en un ecosistema y ayudan a determinar los tipos y números de otras varias especies en una comunidad.

Evaluación intermedia (páginas 200 a 201)

1. a. Biosfera b. Población c. Comunidad d. Ecosistema
2.
 - a. En la distribución agrupada los individuos de una población forman grupos, mientras que en la distribución azarosa los individuos se distribuyen al azar, sin ningún patrón definido.
 - b. La abundancia corresponde al número total de individuos en una población.
4. a. Corresponde a un tipo de sucesión secundaria.

Actividad 14 (página 203)

1. Es un tipo de crecimiento exponencial.

Al finalizar la lección (página 213)

1.
 - a. Entre el 22 y el 25 % de las especies descritas para Chile son endémicas.
 - b. Chile destaca por poseer el 20 % de las especies de hongos descritas en el mundo.
2. En la actualidad, la población humana posee un crecimiento exponencial.
3. La huella ecológica es un indicador del impacto ambiental generado por la demanda humana que se hace de los recursos existentes en los ecosistemas del planeta relacionándola con la capacidad ecológica de la Tierra de regenerar sus recursos.

Evaluación intermedia (página 214)

2. a. Los países en vías de desarrollo.
- b. En los países industrializados, el número de individuos por rango etáreo tiende a ser el mismo.

3.

- a. Las especies exóticas alteran las cadenas y tramas tróficas de un ecosistema en equilibrio.
- b. El hábitat es el ambiente que ocupa una población ecológica, si un hábitat es destruido, entonces la población se ve alterada.
- c. Altos niveles de contaminación alteran el equilibrio de los factores abióticos y bióticos que sustentan un ecosistema.
- d. La captura excesiva de una población, altera el equilibrio de las cadenas y tramas tróficas que conforman un ecosistema.

Evaluación final (página 218)

1.

- a. Organismo: Ser vivo capacitado para intercambiar materia y energía con el medio y para reproducirse.
- b. Población: conjunto de organismos o individuos de la misma especie que coexisten en un mismo espacio y tiempo, y que comparten ciertas propiedades biológicas, las cuales producen una alta cohesión reproductiva y ecológica del grupo.
- c. Comunidad: conjunto de poblaciones biológicas que comparten un área determinada y difieren en el tiempo.
- d. Factores abióticos: los distintos componentes que determinan el espacio físico en el cual habitan los seres vivos.

2.

- a. El pasto presenta una distribución uniforme.
- b. Las flores presentan una distribución grupal.

3. a. D b. A c. D

4.

- a. 22,0 habitantes/km²
- b. 0,5 alces/ km²

5.

- a. Presenta una curva de crecimiento sigmoideo.
- b. Los seres humanos son estrategas K.

6.

- a. Especies colonizadoras: bacterias, hongos, líquenes y musgos.
- b. Debido a la acumulación de materia generada por parte de los colonizadores pueden aparecer especies como helechos y algunas hierbas.
- c. En un bosque, las especies vegetales tolerantes a la sombra viven bajo el dosel, en tanto que las intolerantes compiten en el margen del bosque. En su clímax, estos ambientes generan multitud de microhábitats para organismos de todos los tipos.

A

Abundancia. Número total de individuos en una población.

Acrosoma. Vesículas ubicadas en la cabeza de los espermatozoides, cuyo contenido son enzimas que facilitan la llegada del espermatozoide al ovocito.

Adenohipófisis. Porción anterior de la glándula hipófisis. Interviene en procesos vitales a través de la secreción de sustancias químicas que tienen como blanco diferentes partes del cuerpo, en cuyas células se desencadenan procesos químicos relacionados con el crecimiento y la reproducción.

ADN. Molécula portadora de la información genética en las células, compuestos por dos cadenas complementarias de nucleótidos enrolladas en una doble hélice, capaz de autorreplicarse y de regular el metabolismo de la célula.

Agentes carcinógenos. Factores químicos, físicos o biológicos que pueden causar algún tipo de cáncer.

Alelos. Dos o más formas diferentes de un gen que ocupan la misma posición (locus) en los cromosomas homólogos y que se separan uno de otro en la meiosis.

Alelos dominantes. Gen que siempre se expresa en el fenotipo, ya sea en condición homocigota o heterocigota.

Alelos recesivos. Gen que se expresa en el fenotipo solo cuando se presenta en forma homocigota.

Anafase. Fase de la división celular durante la cual los cromosomas se dirigen hacia los polos opuestos de la célula. Ocurre después de la metafase y antes de la telofase.

Aneuploidías. Alteraciones en las que hay pérdida o aumento de uno o más cromosomas de la célula. Surgen por errores en la distribución de los cromosomas durante las divisiones celulares, tanto en la mitosis como en la meiosis y, por lo tanto, las células resultantes de la división anormal tienen exceso o falta de cromosomas.

Apoptosis. Secuencia de acontecimientos que termina con la muerte celular controlada por la propia célula. Ocurre en el período de formación de los órganos, cuando se requiere eliminar células; también cuando en un tejido hay sobrepoblación de células, o cuando el ADN de las células ha sido severamente dañado.

Autopolinización. Mecanismo de autofecundación artificial en que el polen de una planta se transfiere al estigma de la misma planta, con un pincel.

B

Biodiversidad. Término con el que se hace referencia a la amplia variedad de especies que habita en un determinado ecosistema.

Bioma. Conjunto de ecosistemas característicos de una zona geográfica que está definido tanto por su vegetación como por las especies animales que predominan en él.

C

Cáncer. Enfermedad genética, causada por genes defectuosos, que produce el crecimiento descontrolado de un grupo de células que destruye tejidos vecinos o distantes del lugar de aparición.

Caracteres adquiridos. Características fenotípicas que no se transmiten de generación en generación.

Caracteres heredables. Cada uno de los rasgos funcionales o anatómicos que se transmiten de una generación a otra.

Cariotipo. Conjunto de cromosomas metafásicos de una célula, ordenados por su forma, tamaño y ubicación respecto del centrómero. Como prueba de laboratorio, permite analizar, caracterizar y acreditar anomalías cromosómicas causantes de enfermedades.

Células diploides. Aquellas que poseen los dos cromosomas de cada par homólogo. Esta característica es propia de las células somáticas, es decir, de todas las que no darán origen a ovocitos o a espermatozoides.

Célula eucarionte. Son aquellas células que poseen un núcleo celular delimitado por una doble membrana lipídica, en cuyo interior se encuentra su material hereditario. Incluye a las células animales, vegetales, hongos y protistas.

Células haploides. Aquellas que poseen solo un cromosoma de cada par homólogo. Esta característica es propia de las células sexuales.

Células procariontes. Aquellas cuyo material hereditario se encuentra disperso en el citoplasma, sin un núcleo celular definido.

Células de Leydig. Células que se ubican en los testículos y son las que producen testosterona en respuesta a la acción de la hormona LH.

Células de Sertoli. Células ubicadas en los túbulos seminíferos que nutren a las células productoras de gametos y participan activamente en la diferenciación de las espermatidas en espermatozoides, proceso regulado por la acción de la hormona FSH.

Centrómero. Región del cromosoma que mantiene unidas las cromátidas hermanas e interacciona con las fibras del huso mitótico desde la profase hasta la telofase.

Ciclo celular. Secuencia regular de fenómenos del crecimiento y división celular a través de los cuales pasan las células para dividirse.

Cinetocoro. Estructura proteica en forma de disco asociada con el centrómero de los cromosomas, a la cual se unen las fibras del huso mitótico durante la mitosis o la meiosis.

Citocinesis. División del citoplasma de una célula después de haber ocurrido una división nuclear.

Codominancia. Interacción entre alelos homocigotos, donde el fenotipo del heterocigoto no es intermedio, sino que expresa simultáneamente ambos fenotipos.

Comensalismo (+/0). Interacción biológica entre dos especies, en donde una de ellas se ve beneficiada (+) y la otra no es dañada ni beneficiada (0).

Competencia (-/-). Interacción biológica entre dos individuos de igual o distinta especie, que intentan utilizar el mismo recurso limitado, de modo que ambos resultan perjudicados. Cuando este fenómeno ocurre entre individuos de distinta especie recibe el nombre de competencia interespecífica, y cuando se da entre individuos de la misma especie recibe el nombre de competencia intraespecífica.

Comunidad. Conjunto de todas las poblaciones y sus interacciones presentes en una misma área y tiempo.

Cromátidas. Una de las dos partes de un cromosoma duplicado; cada Cromátida está formada por uno o dos brazos.

Cromatina. Conjunto de ADN, histonas y proteínas que se encuentra en el núcleo de las células eucariontes y constituye el cromosoma de dichas células.

Cromosomas. Se refiere a cada una de las estructuras con forma de bastones de cromatina en su máximo grado de compactación, que aparecen durante las divisiones celulares (mitosis y meiosis).

Cromosomas autosómicos. Todos aquellos que no sean sexuales.

Cromosomas homólogos. Cromosomas que son similares tanto en su forma como en la posición que ocupa el centrómero y, además, poseen información genética para los mismos rasgos. Cada uno proviene del padre y de la madre.

Cromosomas sexuales. Cromosomas que son diferentes en los dos sexos y que contienen información genética que interviene en la determinación del sexo del individuo.

D

Densidad poblacional. Relación entre el número de individuos de una población y una superficie determinada.

Depredación (+/-). Interacción entre dos especies en la que una especie, el depredador, se alimenta de la otra especie, la presa. Ver herbivoría y parasitismo.

Diabetes mellitus. Trastorno hormonal que se caracteriza por una elevada concentración de glucosa en la sangre. Se produce por la incapacidad de las células beta del páncreas para producir suficiente insulina (diabetes mellitus tipo I), o bien porque las células pierden la capacidad de responder eficientemente a la acción de esta hormona (diabetes mellitus tipo II).

Dihibridismo. Cruzamientos entre dos seres vivos de una misma especie, que difieren en dos rasgos.

Dominancia incompleta. Término utilizado por los genetistas para describir situaciones en las que el fenotipo de los individuos heterocigotos es intermedio entre los fenotipos de dos homocigotos.

E

Ecosistema. Conjunto de seres vivos que habitan en un lugar determinado, las interacciones entre ellos y con el ambiente.

Emigración. Número de individuos que abandonan una población establecida.

Envoltura nuclear. Doble membrana, la externa y la interna, separadas por un espacio intermembranoso. Está perforada por diminutos canales, llamados poros, que permiten la comunicación y el paso de sustancias desde el citoplasma al núcleo, y viceversa.

Equilibrio ecológico. Estado de balance natural establecido en un ecosistema. Está determinado por la relación entre los individuos y su medioambiente.

Especie clave. Aquella que es capaz de generar cambios drásticos en las relaciones que se generan dentro de un ambiente o nicho ecológico.

Especie en peligro de extinción. La que enfrenta un riesgo muy alto de desaparecer completamente.

Especie endémica. Especie que se desarrolla y distribuye de manera natural en un área restringida.

Especie extinta. Especie para la cual no se han detectado individuos vivos en estado silvestre, a pesar de haber realizado prospecciones exhaustivas.

Especie fuera de peligro: Aquella que en la actualidad se considera relativamente segura, gracias a la adopción de medidas efectivas de conservación.

Especie insuficientemente conocida: Especie para la cual existe presunción fundada de riesgo, pero no información suficiente que permita clasificarla.

Especie rara: Aquella cuyas poblaciones ocupan un área geográfica pequeña o están restringidas a un hábitat muy específico y escaso. Esta categoría no excluye a las demás, es decir, una especie rara también puede ser clasificada en otra categoría.

Especie vulnerable: La que enfrenta un riesgo alto de extinción, pero no puede ser clasificada "en peligro de extinción".

Especie. Grupo de organismos reproductivamente homogéneos, capaces de aparearse y producir descendencia fértil.

Espermatogénesis. Proceso de formación y diferenciación de los espermatozoides, a partir de células germinales primordiales llamadas espermatogonias. Se lleva a cabo en los túbulos seminíferos de los testículos.

Estrategias de crecimiento k: En este tipo de estrategia, el crecimiento de la población está determinado por la disponibilidad de recursos. Los organismos que presentan este tipo de crecimiento, en comparación a aquellos con estrategia r, suelen ser de mayor tamaño, más longevos y tienen un número reducido de descendientes.

Estrategias de crecimiento r. Corresponde al crecimiento de una población donde los recursos son ilimitados. En este tipo de estrategia, los individuos se reproducen rápidamente, aumentando su número en forma exponencial, tales como las bacterias y los eucariontes unicelulares.

Eucromatina. Cromatina genéticamente activa, es decir, aquella en la que se está expresando la información del ADN, por lo que tiene un grado menor de compactación.

Euploidías. Alteraciones en las que hay aumento de lotes cromosómicos (genomas) completos. Surgen cuando los cromosomas se duplican y la célula no se divide.

F

Factores abióticos. Componentes físicos de un determinado ecosistema; por ejemplo, luminosidad, salinidad, pH y disponibilidad de oxígeno, entre otros.

Factores bióticos. Seres vivos que habitan en un determinado ecosistema y sus interacciones.

Fecundación. Proceso en el que un espermatozoide y un ovocito se fusionan, iniciando el desarrollo de un nuevo organismo.

Fenotipo dominante. Aquel que está determinado por un alelo dominante, y por lo tanto se expresa siempre que está presente.

Fenotipo. Conjunto de características biológicas observables de un individuo (físicas, conductuales, etc.)

G

Gametogénesis. Proceso que ocurre en las gónadas femeninas y masculinas, en el cual se originan los gametos (ovocitos y espermatozoides).

Gen. Concepto utilizado por Mendel para referirse a los factores de la herencia. Actualmente se sabe que un gen es un segmento corto de ADN, que contiene información para producir una proteína específica.

Genes supresores de tumores. Genes que inhiben la división celular, ya sea deteniendo el ciclo o bien produciendo la muerte programada de la célula (Ver apoptosis).

Genética. Rama de la ciencia que estudia los fenómenos de la herencia y la variación de los individuos en una población.

Genotipo. Conjunto de genes que posee un individuo y que ha heredado de sus progenitores.

Glándula. Célula o grupo de células que se especializa en producir sustancias químicas, las que pueden ser secretadas al torrente sanguíneo (células endocrinas) o a través de un conducto (células exocrinas).

Glándula endocrina. Órgano que secreta hormonas al torrente sanguíneo, que ejercen su acción en una célula blanco; por ejemplo, la tiroides, la hipófisis y las glándulas suprarrenales, entre otras.

Glándula exocrina. Glándula que libera su producto a través de un conducto que transporta su secreción al exterior del organismo, o bien, hacia canales como los túbulos renales o digestivos. Algunos ejemplos son las glándulas sebáceas, las glándulas salivales y las glándulas sudoríparas, entre otras.

Glándula mixta. La que presenta características de glándula exocrina y endocrina, por ejemplo, el páncreas.

Glicemia. Concentración de glucosa en la sangre.

H

Herbivoría (+/-). Tipo de depredación en la cual un organismo se alimenta de plantas u otros organismos fotosintéticos para obtener su alimento y energía. En el caso de algunas plantas, la depredación no las afecta significativamente (+/0), e incluso puede llegar a ser beneficioso para ellas (+/+), ya que puede ayudarlas a reproducirse, cuando el herbívoro excreta sus semillas, esparciéndolas y abonándolas en forma natural.

Heterocigotos. Individuo diploide que para un gen dado, tiene un alelo distinto en cada uno de los cromosomas homólogos.

Heterocromatina. Cromatina genéticamente inactiva, de modo que se encuentra muy compacta o condensada.

Híbridos. Descendencia de dos progenitores que son genéticamente distintos para un determinado rasgo.

Hiperglicemiante. Efecto que provoca el aumento de la concentración de glucosa en la sangre.

Hipersecreción. Trastorno hormonal que consiste en la liberación aumentada de la secreción hormonal normal.

Hipófisis. Pequeña glándula endocrina ubicada bajo el hipotálamo. Está formada por dos lóbulos principales: lóbulo anterior o adenohipófisis y lóbulo posterior o neurohipófisis. Es una glándula fundamental, pues regula la mayor parte de los procesos biológicos mediante las hormonas que secreta.

Hipoglicemiante. Efecto que provoca la disminución de la concentración de glucosa en la sangre.

Hiposecreción. Trastorno hormonal que consiste en una disminución de la secreción hormonal normal.

Hipotálamo. Estructura nerviosa ubicada en la base del cerebro, que se conecta con la hipófisis y controla la secreción de hormonas de esta glándula a través de neurohormonas.

Histonas. Grupo de proteínas que permiten el empaquetamiento del ADN para la formación de los cromosomas.

Homeostasis. Conservación de las condiciones internas normales, a través de mecanismos de autorregulación; por ejemplo, la regulación de la glicemia o de la temperatura corporal.

Homocigoto. Individuo diploide en el que para un gen dado los cromosomas homólogos tienen los mismos alelos.

Hormona. Mensajero químico que se produce en una glándula endocrina y controla la actividad de otras partes del cuerpo.

Hormona no trófica. Aquella que actúa directamente sobre las células blanco.

Hormona trófica. Aquella que estimula a otras glándulas para que secreten sus respectivas hormonas.

Huso mitótico. Conjunto de microtúbulos que se unen a los centrómeros de los cromosomas para conducirlos durante la división celular.

I

Individuo. Nivel básico de organización de un ecosistema. Corresponde a un ser vivo.

Información genética. Información biológica hereditaria contenida mayoritariamente en estructuras de ADN, como los cromosomas, excepto en el caso de algunos virus, que transportan información genética en el ARN.

Inmigración. Número de individuos que llega a una población establecida desde otra.

Interfase. Período del ciclo celular que ocurre antes de que comience la mitosis o la meiosis; incluye las fases G1, S y G2.

L

Líneas puras. Individuos o grupos de individuos en los que, cuando se autofecundan, toda su descendencia es de la misma variedad.

Locus. Lugar físico específico que un gen ocupa en un cromosoma.

M

Meiosis. Tipo de división celular exclusiva de los organismos que se reproducen sexualmente. Es el proceso mediante el cual se originan las células sexuales.

Metafase. Fase de la mitosis y de la meiosis que sucede después de la profase, en la cual los cromosomas se alinean en el plano ecuatorial de la célula, respecto de los centriolos. En la metafase I de la meiosis se produce la permutación cromosómica.

Metástasis. Diseminación del cáncer desde su lugar de origen a través del cuerpo. Es ocasionada por la capacidad de las células cancerígenas de emigrar e invadir tejidos.

Mitosis. División nuclear que se caracteriza por la formación de dos núcleos hijos con la misma información genética.

Monohibridismo. Cruzamientos entre dos seres vivos de una misma especie, que difieren en un solo rasgo.

Mortalidad. Número de individuos muertos por cada mil habitantes en un lugar específico.

Mutaciones. Cambios bruscos en el ADN, ya sea en los pares bases de nucleótidos en un gen, en la trasposición de genes dentro de un mismo cromosoma, o en los propios cromosomas.

Mutualismo (+/+). Interacción biológica entre dos especies, en la que ambas se ven beneficiadas.

N

Neurohormonas. Sustancias producidas por neuronas y que se vierten en la sangre para ejercer su acción sobre una célula blanco.

Nicho ecológico. Sumatoria de todos los factores bióticos y abióticos que permiten la presencia de una especie en un ambiente determinado.

Nucléolo. Corpúsculo esférico y carente de membrana que solo puede verse cuando la célula no está en división. Su principal función es la formación de los ribosomas.

Nucleoplasma. Medio interno acuoso donde se encuentran inmersos los demás componentes nucleares.

Nucleosomas. Unidad fundamental de la cromatina, es decir, el primer nivel de enrollamiento de ADN a las histonas.

O

Ovogénesis. Proceso que se lleva a cabo en los ovarios y que consiste en la formación de los gametos femeninos haploides, denominados ovocitos.

P

Parasitismo (+/-). Interacción entre dos especies, en la que una vive a expensas de otra y adquiere de esta sus nutrientes.

Permutación cromosómica. Ordenamiento al azar de los cromosomas homólogos durante la metafase I de la meiosis.

Población. Conjunto de organismos de la misma especie que viven en un espacio y tiempo comunes y que tienen la capacidad de reproducirse entre sí.

Polinización cruzada. Mecanismo artificial de fecundación que consiste en transferir el polen de una planta al estigma de otra planta, con un pincel.

Potencial biótico. Máxima tasa de crecimiento que puede alcanzar una población en un medio con las condiciones óptimas.

Profase. Etapa temprana de la división nuclear, caracterizada por la condensación de los cromosomas y su movimiento hacia el plano ecuatorial de la célula, respecto de los centriolos. Durante la profase meiótica se aparean los cromosomas homólogos y se produce el entrecruzamiento o *crossing over*.

Protooncogenes. Grupo de genes cuya función es estimular la división celular y que, cuando se produce una mutación en alguno de ellos, generan oncogenes o genes causantes de tumores, cuya expresión provoca un aumento descontrolado del crecimiento y la reproducción celular.

Pubertad. Etapa del desarrollo humano en la cual un individuo llega a ser maduro desde un punto de vista reproductivo.

R

Recesivo. Lo contrario a dominante. Los alelos que determinan el fenotipo recesivo necesitan estar solos para poder expresarse.

Recombinación (*crossing-over*). Intercambio de material genético entre los cromosomas homólogos.

Resistencia ambiental. Conjunto de factores que limitan el crecimiento de una población.

Retroalimentación negativa. Mecanismo que consiste en que la respuesta de la célula blanco a una señal hormonal inhibe la secreción de hormonas por parte de la glándula endocrina.

Retroalimentación positiva. Respuesta de la célula blanco a la señal hormonal que aumenta la secreción de hormonas por parte de la glándula endocrina.

Retrocruce. También conocido como cruzamiento de prueba, consiste en cruzar un individuo de fenotipo dominante, cuyo genotipo es desconocido, con uno de fenotipo recesivo para el rasgo en estudio.

S

Sexualidad. Dimensión fundamental del ser humano que involucra factores individuales, tales como el desarrollo cognitivo y psicosocial, aspectos éticos y valóricos, así como también influencias sociales del medioambiente en que se desarrollan las personas.

Simbiosis (+/+). Tipo de mutualismo en donde una o ambas especies es o son dependientes de la otra.

Sistema endocrino. Sistema de órganos implicado en la coordinación de las actividades corporales. Utiliza hormonas secretadas en el torrente sanguíneo como señales químicas.

Sucesión ecológica. Proceso gradual por el cual cambia la composición de especies de una comunidad.

Sucesión primaria. Aquella que se desarrolla en una zona que carece de una comunidad preexistente.

Sucesión secundaria. Sucesión desarrollada a partir del momento en que cesa un disturbio o una intervención humana.

T

Tasa de natalidad. Número de nacidos vivos por cada mil habitantes en un lugar específico.

Telofase. Última fase de la mitosis y de la meiosis, en la cual los cromosomas, que han alcanzado los polos de la célula, se descondensan y forman una membrana nuclear alrededor de cada grupo.

Telómeros. Extremos de los cromosomas, regiones en las que se encuentra una secuencia de ADN que no contiene información genética.

Tumor. Masa de tejido que crece de manera incontrolada, sea benigna o maligna.

V

Variabilidad genética. Variedad de los caracteres de una población, la cual se origina en procesos de recombinación .

1. Abundancia, 169, 178
2. Acrosoma, 141, 145
3. Adenohipófisis, 113, 115
4. ADN, 12, 13
5. Agentes carcinógenos, 30
6. Alelos
 - dominantes, 64
 - múltiples, 84
 - recesivos, 64
7. Anafase, 20, 21, 34, 35,
8. Aneuploidías, 40
9. Anticuerpos, 84, 85
10. Antígenos, 84, 85
11. Apoptosis, 30, 31
12. Autopolinización, 60, 62
13. Biodiversidad, 189, 202, 210
14. Bioma, 186, 187, 188
15. Cáncer, 30, 31, 52
16. Caracteres
 - adquiridos, 56, 57
 - heredables, 56, 57
17. Cariotipo, 15, 17
18. Células
 - diploides, 14, 38
 - eucariontes, 12, 13, 18
 - haploides, 14, 38
 - procariontes, 12, 13, 19
19. Centrómero, 13, 14, 16,
20. Ciclo celular, 18, 19, 29
21. Cinetocoro, 13, 20
22. Citocinesis, 20, 21, 22, 34,
23. Codominancia, 82, 83
24. Comensalismo, 193
25. Competencia, 190
26. Comunidad, 168, 185, 190, 191, 194
27. Cromátidas, 13
28. Cromatina, 13
29. Cromosomas
 - autosómicos, 15
 - homólogos, 14
 - sexuales, 15
30. Densidad poblacional, 169
31. Depredación, 190, 192
32. Diabetes mellitus, 122
33. Dihilbridismo, 71
34. Dominancia incompleta, 82, 83
35. Ecosistema, 167, 168
36. Emigración, 178
37. Envoltura nuclear, 34
38. Equilibrio ecológico, 207
39. Especie
 - clave, 196
 - en peligro de extinción, 211
 - endémica, 211
 - extinta, 211
 - fuera de peligro, 211
 - insuficientemente conocida, 211
 - rara, 211
 - vulnerable, 211
40. Espermatogénesis, 45, 143, 32
41. Estrategias de crecimiento k, 176
42. Estrategias de crecimiento r, 174
43. Eucromatina, 13
44. Euploidías, 40
45. Factores
 - abióticos, 167
 - bióticos, 167
46. Fecundación, 14, 32, 33, 65, 136, 144
47. Fenotipo, 15, 16, 57
48. Fenotipo dominante, 65, 67
49. Gametogénesis, 32, 33, 45, 140
50. Gen, 16, 65, 79, 92
51. Genes supresores de tumores, 30
52. Genética, 56, 58, 104, 135

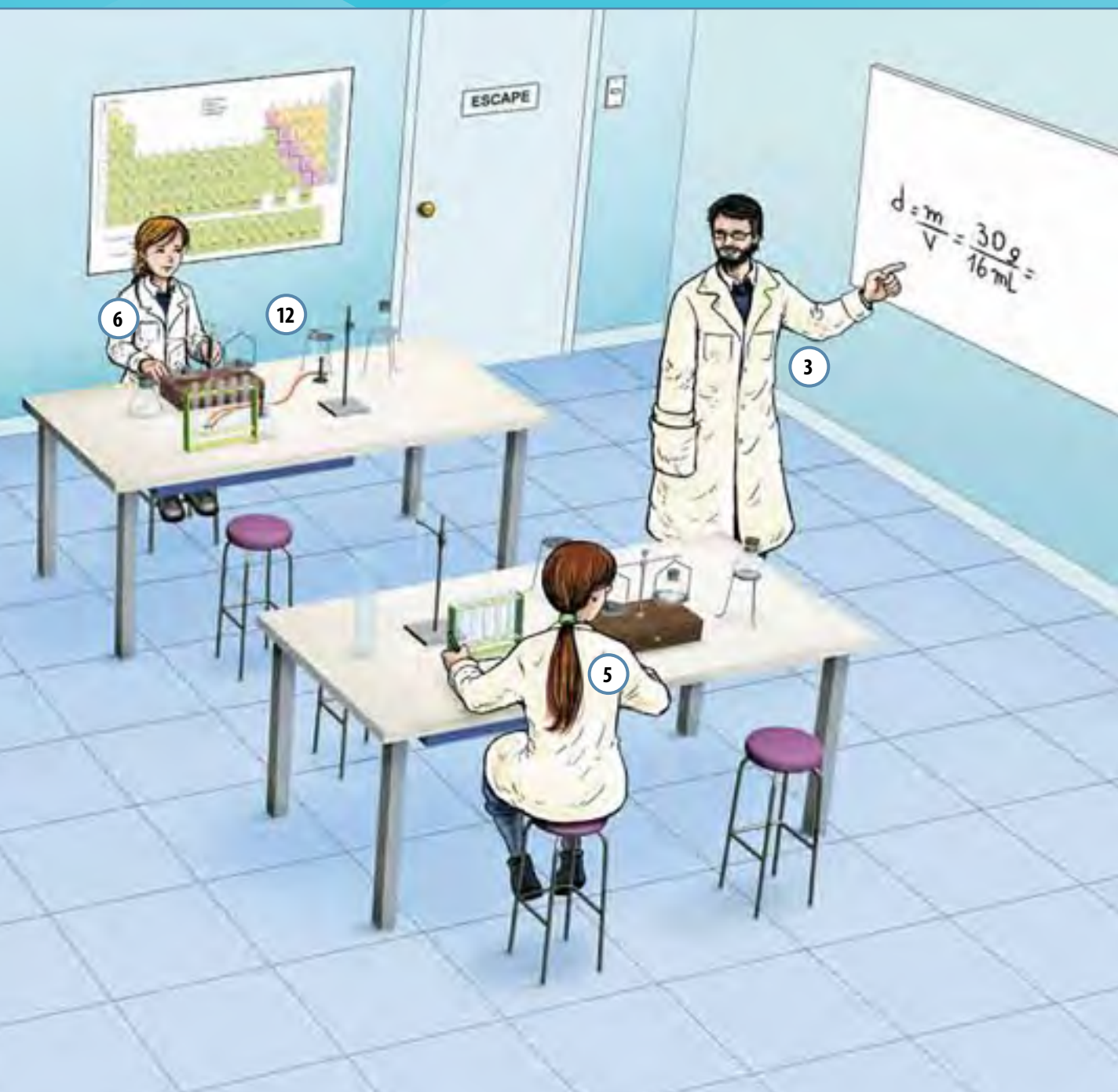
53. Genotipo, 16, 57
54. Glándula
 - endocrina, 109
 - exocrina, 109
 - mixta, 125
55. Glicemia, 120, 121, 123
56. Herbivoría, 192
57. Heterocigotos, 65, 66
58. Heterocromatina, 13
59. Híbridos, 62, 64
60. Hiperglicemiante, 121
61. Hipersecreción, 125, 126
62. Hipófisis, 113, 114, 115
63. Hipoglicemiante, 121
64. Hiposecreción, 125, 126
65. Hipotálamo, 113, 114, 118
66. Histonas, 13
67. Homeostasis, 110, 116, 125
68. Homocigoto, 67
69. Hormona, 109, 110
70. Huso mitótico, 20
71. Información genética, 9, 14, 16, 133, 145
72. Inmigración, 178
73. Interfase, 19, 35
74. Líneas puras, 59, 71
75. Locus, 16, 79
76. Meiosis, 32, 34, 35, 36, 38
77. Metafase, 20, 34, 35
78. Metástasis, 30
79. Mitosis, 19, 20, 22
80. Monohibridismo, 62, 71
81. Mortalidad, 178, 180
82. Mutaciones, 30, 36, 40, 41
83. Mutualismo, 195
84. Neurohormonas, 114, 118
85. Nicho ecológico, 185, 191, 196
86. Nucléolo, 10
87. Nucleoplasma, 10
88. Nucleosomas, 13
89. Ovogénesis, 32, 142
90. Parasitismo, 194
91. Permutación cromosómica, 34, 36, 37
92. Población, 16, 168
93. Polinización cruzada, 60
94. Potencial biótico, 180
95. Profase, 20, 34
96. Protooncogenes, 30
97. Pubertad, 135, 136, 137
98. Recesivo, 64, 65
99. Recombinación, 38, 56
100. Resistencia ambiental, 180
101. Retroalimentación
 - negativa, 116, 154
 - positiva 117, 154
102. Retrocruce, 67
103. Sexualidad 132, 134
104. Simbiosis, 193
105. Sistema endocrino, 109, 110, 112
106. Sucesión
 - ecológica, 195
 - primaria, 194
 - secundaria, 195
107. Tasa de natalidad, 151, 179
108. Telofase, 21, 34, 38
109. Telómeros, 13
110. Tumor, 30, 45
111. Variabilidad genética, 32, 36, 45, 56, 57

ANEXO 1: *Medidas de seguridad*

En un laboratorio se manipulan sustancias químicas, materiales de vidrio y se trabaja frecuentemente con fuego, lo que aumenta el riesgo de tener accidentes. Por esta razón debes trabajar muy concentrado, en forma cuidadosa y con conocimiento del material que estás manipulando. Conozcamos algunas normas elementales para evitar accidentes.



1. El laboratorio debe contar con un botiquín que contenga todos los elementos básicos, como vendas, cinta adhesiva, apósitos, desinfectantes y algodón.
2. El laboratorio debe tener señales de escape y extintor.
3. Siempre debes seguir las instrucciones de tu profesor(a).
4. Se debe usar delantal en todo momento.
5. Si tienes pelo largo debes llevarlo recogido.
6. Debes revisar que todo el material se encuentre en buen estado.
7. Prohibido comer, beber y/o fumar dentro del laboratorio.
8. No probar ni oler ningún reactivo.
9. No debes pipetear sustancias químicas, para ello utiliza una propipeta.



10. No tomar las sustancias químicas con las manos.
11. No mezclar reactivos sin indicación.
12. Cierra todas las llaves de agua y gas al finalizar una actividad.
13. El material de laboratorio debe guardarse limpio y seco, siempre en el mismo lugar.
14. Los reactivos deben guardarse rotulados, por ejemplo: inflamable, corrosivo, etc.
15. Si ocurre una quemadura con un ácido concentrado, nunca se debe lavar la zona con agua. Puedes usar bicarbonato de sodio para neutralizar.

ANEXO 2:
Materiales de laboratorio



El laboratorio de Biología está equipado con diferentes instrumentos y equipos con los que se realizan los experimentos de las investigaciones científicas.

1. Mechero de gas

Sirve para el calentamiento rápido de sustancias.

2. Balanza

Sirve para medir la masa.

3. Estereoscopio

Sirve para ver los objetos muy pequeños.

4. Luna de reloj

Recipiente de cristal sobre el que se depositan sustancias en pequeña cantidad.

5. Microscopio óptico

Provisto de un juego de lentes, permite ver objetos invisibles al ojo humano.

6. Pipeta

Tubo de vidrio que sirve para transferir o medir volúmenes.

7. Pinza de madera

Tiene forma de tenaza y sirve para sujetar los tubos de ensayo.

8. Autoclave

Recipiente hermético de acero inoxidable que alcanza altas presiones y temperaturas en un ambiente húmedo. Sirve para esterilizar el material biológico y los medios de cultivo.

9. Piceta

Frasco que suele contener agua destilada. Posee un tubo delgado que sirve para direccionar la salida del agua.

10. Gradilla

Soporte de madera, metal o plástico que sirve para colocar los tubos de ensayo.

11. Placa Petri

Doble platillo circular, de plástico o vidrio que sirve para preparar cultivos de hongos y bacterias.

12. Tubo de ensayo

Cilindro de vidrio cerrado por uno de sus extremos que sirve para calentar, disolver o hacer reaccionar pequeñas cantidades de sustancias.

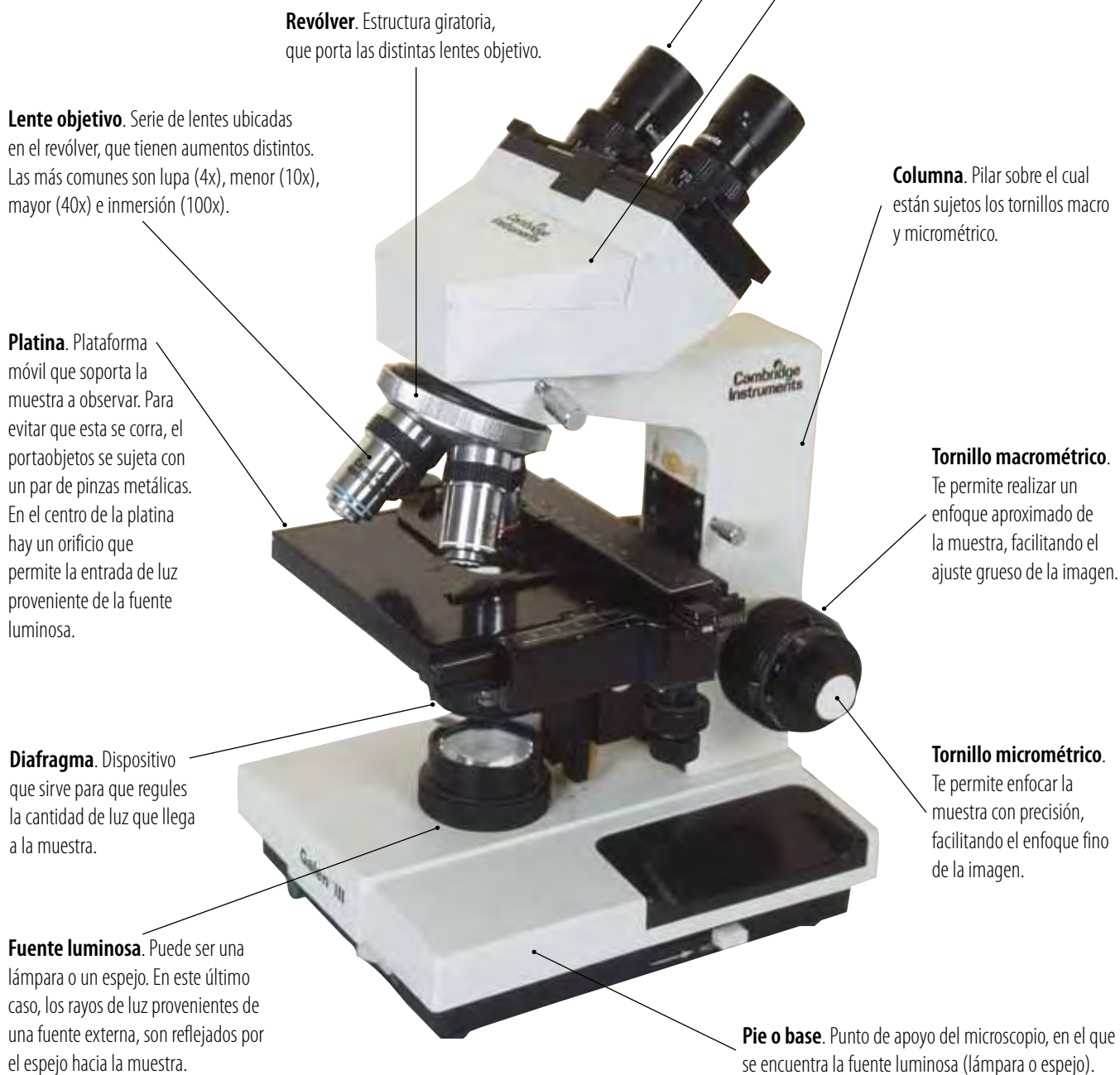
Medidas de seguridad con productos químicos

1. Antes de utilizar un compuesto se debe leer detenidamente la etiqueta para conocer los posibles riesgos de su manipulación.
2. Evitar el contacto de productos químicos con los ojos y la piel, con guantes de un solo uso.
3. Nunca se debe calentar un recipiente totalmente cerrado. La abertura del recipiente que se esté calentando debe estar en dirección contraria a las personas cercanas.
4. Para diluir un ácido, nunca se debe echar agua sobre él, sino al contrario, echar el ácido sobre el agua.
5. Las salpicaduras de sustancias básicas deben neutralizarse con un ácido débil (por ejemplo, ácido cítrico) y las de sustancias ácidas con una base débil (por ejemplo, bicarbonato de sodio).
6. No se deben oler directamente los vapores desprendidos en ningún proceso, ni probar ningún producto.
7. Los productos inflamables (gases, alcohol, éter, etc.) deben mantenerse alejados de la llama de los mecheros. Si hay que calentar tubos de ensayo con estos productos, se hará en baño María, nunca directamente a la llama.
8. Los frascos de los reactivos deben cerrarse inmediatamente después de usarlos. Durante su uso, los tapones deben depositarse siempre boca arriba sobre la mesa.
9. Para las reacciones en las que se prevé un desprendimiento de gases, se debe utilizar la vitrina de gases. Si se produjera una concentración excesiva de vapores en el laboratorio, se abrirán inmediatamente las ventanas y las puertas.



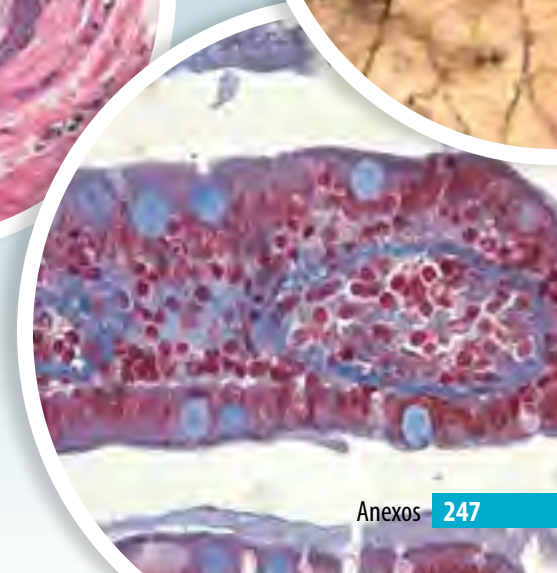
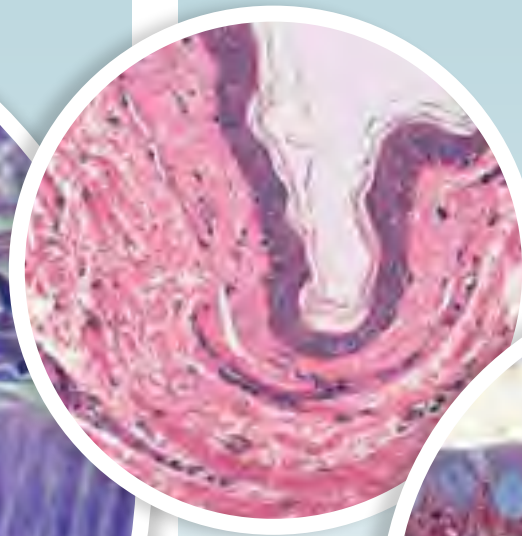
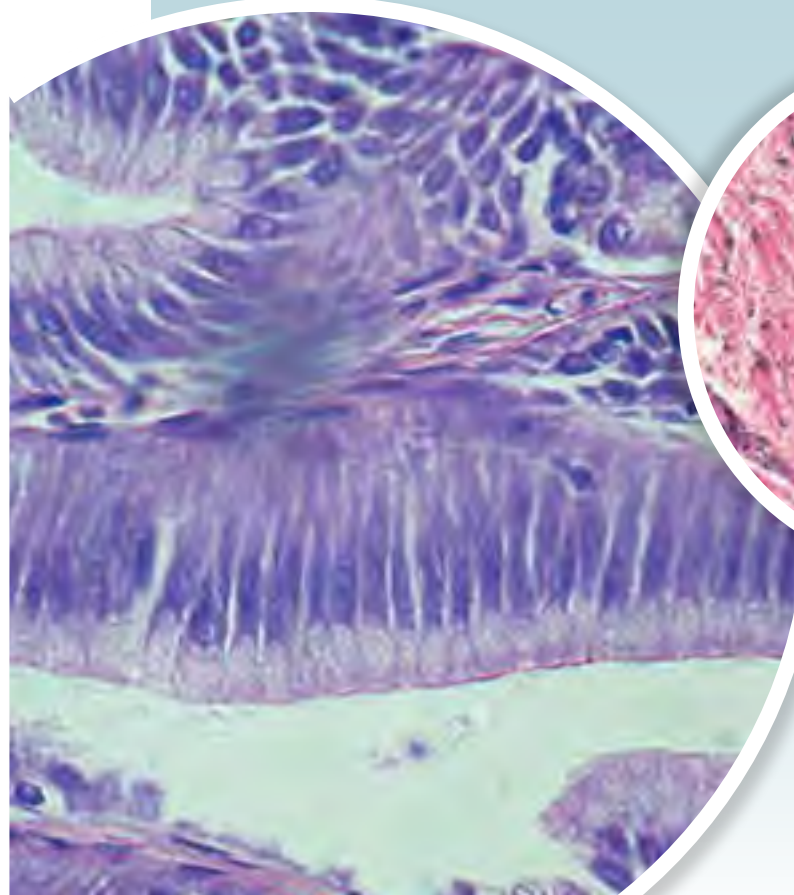
ANEXO 3: *Uso del microscopio*

El microscopio óptico es una herramienta de trabajo muy importante en ciencias, ya que le ha permitido al ser humano conocer el maravilloso mundo microscópico, y la estructura de las unidades funcionales y estructurales de todos los seres vivos: las células. Sin embargo, la utilización del microscopio requiere conocer sus partes y funcionamiento, además de cómo se usa. No olvides que es un instrumento delicado.



¿Cómo utilizar el microscopio óptico?

1. Coloca el microscopio sobre una superficie sólida y firme (mesa o mesón), de manera que quede estable. Nunca lo dejes al borde de tu mesa de trabajo. En lo posible, evita trasladarlo de un lugar a otro y, si tienes que hacerlo, con una mano tómallo de la columna y, con la otra, sostenlo del pie.
2. Enchufa el microscopio y enciende la fuente luminosa, si corresponde. Procura siempre dejar el cable de toma de poder a la vista. Abre el diafragma para permitir el paso de la luz, coloca la muestra sobre la platina y sujétala con la pinza, asegurándote de que quede bien puesta y sobre la abertura que permite el paso de la luz. Evita tocar las lentes o la muestra, ya que puedes dañarlas o ensuciarlas. Si las lentes o la muestra están sucias, pídele a tu profesora o profesor que te ayude a limpiarlas. No actúes por iniciativa propia.
3. Comienza enfocando con el objetivo de menor aumento, generalmente es la lupa (4x). Con el tornillo macrométrico sube lentamente la platina mientras observas por la(s) lente(s) ocular(es), hasta que logres enfocar la muestra. Esto lo debes hacer con mucho cuidado, para evitar que la lente rompa la muestra. Para lograr mayor nitidez, utiliza el tornillo micrométrico, girándolo lentamente. Para explorar la muestra, utiliza los tornillos que están debajo de la platina, los que permiten moverla.
4. Una vez observada la muestra con el objetivo de menor aumento, gira el revólver para cambiar al aumento que sigue (10x). Para hacer esto la imagen debe estar casi enfocada, de modo que con el tornillo micrométrico puedas lograr nuevamente la nitidez. Si al cambiar de objetivo se pierde por completo la imagen, tienes que volver al objetivo anterior y enfocar nuevamente tu muestra. Luego de esto puedes cambiar el aumento. Es importante que siempre gires el revólver en el mismo sentido, para ver la muestra de menor a mayor tamaño.
5. Es importante que lleves un registro de tus observaciones. Una forma de hacerlo es dibujar lo que observas y registrar anotaciones importantes, como el aumento, el tipo de muestra, los colorantes utilizados (si corresponde), o alguna observación que quieras añadir.
6. Cuando termines de usar el microscopio debes dejarlo en estado de reposo, es decir, de la forma en que quedará guardado para una próxima utilización. Para esto, retira la muestra de la platina, apaga la fuente luminosa, gira el revólver hasta el objetivo de menor aumento, baja la platina hasta el tope, desenchufa el microscopio y enrolla el cable en el pie, si corresponde, y ponle la funda de protección, si es que tiene.



Las células no presentan color, por lo que deben emplearse colorantes químicos que produzcan contraste y faciliten la observación. Aquí te presentamos algunas técnicas para observar muestras al microscopio:



Láminas de líquidos

Cuando la muestra es líquida, puede prepararse de dos maneras:

- **Gota en el centro.** Se coloca una gota del líquido en el centro del portaobjetos. En algunos casos, es necesario agregar una gota de colorante. Luego se tapa la muestra con el cubreobjetos y se deja secar por unos minutos.
- **Frotis.** Se coloca una gota del líquido en uno de los extremos del portaobjetos y luego se apoya otro portaobjetos sobre la gota, extendiéndola. Se deja secar al aire y se colorea de ser necesario.

Láminas “naturales”

Para algunos especímenes, basta con retirar una delgada lámina de su tejido, extenderla sobre el portaobjetos, añadir una gota de agua o colorante y taparla con el cubreobjetos.



Squash

Técnica usada cuando no se requiere observar la estructura intacta.

Se debe colocar una pequeña porción del material sobre el portaobjetos. Luego, con dos alfileres, se “desarma” el material para extenderlo y, en algunos casos, se colorea. Al apoyar el cubreobjetos sobre el material, se presiona con el pulgar, con cuidado de no quebrar el cubreobjetos.



Preparados difíciles

Algunas muestras requieren ser mantenidas intactas durante la observación; para ello, se deben seguir los siguientes pasos:

- **Fijación.** Se interrumpen los procesos celulares con sustancias químicas (como el formol) que conservan los tejidos como si estuvieran vivos.
- **Deshidratación.** La muestra fijada pasa por soluciones de alcohol, eliminando el agua y las grasas.
- **Aclaramiento.** Se sumerge la muestra en xilol.
- **Inclusión.** Se funde la parafina en baño María a 60 °C en una estufa. Luego se colocan la muestra y un poco de parafina fundida en un molde pequeño rectangular de papel manteca o metal, para que solidifique en bloque.
- **Corte.** El bloque se corta en secciones delgadas con una navaja o bisturí.
- **Montaje y coloración.** Cada corte se coloca sobre un portaobjetos y se tiñe con el colorante apropiado. Antes de colorear, se rehidrata con xilol y, luego, con una serie de soluciones con más agua que alcohol. Finalmente, se colorea y se observa al microscopio.



La experimentación en el laboratorio puede tener varios propósitos. Entre ellos:

- ejemplificar y comprender principios o leyes de las ciencias naturales;
- adquirir habilidades prácticas (manipular materiales de laboratorio, realizar mediciones, etcétera);
- observar y describir especímenes naturales;
- contrastar hipótesis de trabajo.

Y fundamentalmente para responder por qué ocurre lo que observas. ¿De qué factores depende? ¿Cuándo y cómo sucede?

Estas preguntas dirigen los experimentos, ya que a lo largo de su desarrollo, estos nos invitan a establecer relaciones entre las diferentes variables que influyen sobre un fenómeno determinado. En otras palabras, nos permiten conocer las causas y también los efectos de los hechos observados.

Al planificar y desarrollar un experimento, es necesario hacer un control de variables. Este consiste en descubrir cuáles son los factores (variables) que afectan el resultado del experimento y cómo se relacionan.

Variable

Es todo aquello que puede asumir diferentes valores, cuantitativos o cualitativos. Existen tres tipos de variables:

- Independientes. Se modifican a voluntad del experimentador (causa).
- Dependientes. Se modifican en respuesta al cambio de la variable independiente (efecto).
- Constante. No se modifica, para observar el efecto de la variable independiente sobre la dependiente.



A menor cantidad de plantas, mayor es la erosión del suelo.

¿Se erosiona más un campo con o sin plantas?



Variables:

- Independiente: cantidad de vegetación.
- Dependiente: agua y suelo retenidos.
- Constante: área y cantidad de tierra.



ANEXO 6: ¿Cómo elaborar un informe?

Las actividades experimentales representan una parte fundamental en el aprendizaje de las ciencias, especialmente de las ciencias biológicas. Un informe de laboratorio sirve para registrar y comunicar los resultados del trabajo realizado, y requiere de ciertas características para que cumpla su o sus objetivos.

A continuación te presentamos las partes que debes considerar al elaborar un informe de laboratorio. Si bien la mayoría de estas deben estar presentes, algunas de ellas pueden ser innecesarias, según las características del informe.

A. Portada

La portada del informe debe incluir:

- Título.** En el título del informe debe quedar claro lo que se pretende comunicar a través de él.
- Autores.** Son la o las personas que realizaron la actividad, y que se hacen responsables de toda la información presente en el informe. Sus nombres deben ir en orden alfabético, por apellidos.

Además, es importante señalar la institución a la que pertenecen los autores, en este caso, la escuela, y el nombre de la profesora o profesor. También se puede incluir la fecha y otros datos que se consideren pertinentes.

B. Desarrollo

Esta parte del informe debe considerar:

- Introducción.** Corresponde a una presentación de lo que se ha hecho. En ella, por lo general, se incluye una breve descripción general del trabajo realizado, su importancia y aplicaciones. Si es el caso, deben señalarse las reacciones químicas, fórmulas, y expresiones matemáticas inherentes a la actividad desarrollada.

En la introducción se deben establecer los objetivos generales de la actividad realizada. Los objetivos están relacionados con los resultados y las conclusiones. Al formularlos, es importante plantearse una o más preguntas que serán contestadas al realizar la actividad. Además, pueden incluirse objetivos procedimentales (*).

- Problema de investigación.** Es la pregunta a partir de la cual se orienta la actividad experimental. Un problema de investigación debe permitir su verificación mediante la experimentación, y expresar las relaciones existentes entre las variables que influyen en la ocurrencia del fenómeno.

Por ejemplo, para el problema: ¿Qué ocurre con la masa corporal de una rata si aumenta la secreción de hormona del crecimiento?, es posible distinguir las siguientes variables:

- **Variable independiente:** es aquella que puede ser modificada. En el ejemplo corresponde a la secreción (inyección) de hormona del crecimiento.
- **Variable dependiente:** es la que es observada o medida y, por tanto, no puede ser modificada. En el ejemplo es la masa de las ratas.

Escuela Antártica de Chile

Informe de laboratorio:
Relación entre la masa corporal
de una rata y la secreción de
hormona del crecimiento

Autores:

- Cristián Barahona G.
- Emilia Flores F.
- Vicente González O.
- Antonia Santander V.

Profesora: Andrea Vergara R.
Fecha: 12 de mayo de 2014.

Objetivos:

- Reconocer la relación existente entre la masa corporal y la secreción de hormona del crecimiento.
- Manipular correctamente material de laboratorio (*).

c. Hipótesis. Una hipótesis es una respuesta tentativa al problema planteado, es decir, una posible explicación a la relación existente entre las variables. Una hipótesis se formula ante una situación observada, basándose en investigaciones previas relacionadas con el problema a estudiar. Desde este punto de vista se puede establecer que las investigaciones científicas no surgen de la nada y tampoco parten de cero.

Para el ejemplo, una posible hipótesis es:

la masa corporal de una rata inyectada con hormona del crecimiento aumentará proporcionalmente al tiempo transcurrido.

d. Diseño experimental. Una vez formulada la hipótesis y delimitadas las variables, se debe contrastar la hipótesis por medio de la experimentación. La experimentación incluye:

- **Control de variables:** en una investigación el control de variables es fundamental, ya que permite descubrir los factores que afectan el resultado de un experimento. Por esto es necesario identificar las variables independientes y dependientes involucradas en el problema de investigación.

- **Materiales:** son todos los recursos necesarios para realizar la actividad experimental. Por ejemplo: dos ratas del mismo sexo, masa, edad, estado de salud; dos jeringas; suero fisiológico; hormona del crecimiento; balanza.

- **Procedimiento:** corresponde a los pasos que deben seguirse en el desarrollo de la actividad, los que tienen que estar descritos de manera clara y ordenada.

Por ejemplo:

1. Se consiguieron dos ratas de 20 g cada una. A una de ellas (rata experimental) se le inyectó, durante 500 días, 10 cc de hormona del crecimiento. A la otra (rata control), la misma cantidad de suero fisiológico.
2. Se midió la masa corporal de ambas ratas, cada 50 días.

- **Resultados:** es el detalle de las observaciones, mediciones y datos obtenidos a partir de la experimentación. Para ello se usan tablas, gráficos, esquemas, dibujos, entre otros.

e. Análisis de resultados y conclusiones. Un informe de laboratorio debe incluir, además de los resultados obtenidos, la correspondiente interpretación y discusión de estos, para poder elaborar las respectivas conclusiones.

A partir de los resultados obtenidos en la experimentación, se debe decidir si la hipótesis formulada al inicio de la investigación se acepta o se rechaza, y también se deben señalar, brevemente, los aspectos que permiten aceptarla o rechazarla.

f. Bibliografía. Es la referencia al material bibliográfico consultado. Se incluyen también las direcciones de los sitios webs visitados. Al señalar los textos empleados, deben incluirse, separados por comas:

- Nombre del o los autores (apellido separado de la inicial del nombre por una coma).
- Título del libro (en negrita o cursiva).
- Editorial.
- Número de la edición (si es la primera, puede omitirse).
- Ciudad (o país).
- Año.

Bibliografía

- Guyton, A. y Hall, J. (1997), *Tratado de Fisiología Médica*. Ciudad de México McGraw-Hill Interamericana.

Es importante considerar que las partes descritas para la elaboración de informes de laboratorio debe complementarse con una buena presentación. Por ejemplo: hojas ordenadas, limpias, letra clara y legible.

La cantidad de páginas que debe tener un informe de laboratorio es variable. Por lo general, en una va la portada; en otra página, la introducción e hipótesis; en otra, el diseño experimental; una o dos para los resultados y análisis de estos; una página para las conclusiones y bibliografía. En resumen, alrededor de seis o siete páginas.

¿Qué es un organizador gráfico y para qué sirve?

Los organizadores gráficos son técnicas de estudio que ayudan a comprender mejor un texto. Establecen relaciones visuales entre los conceptos claves de dicho texto y, por ello, permiten entender de manera más eficiente un contenido. Hay muchísimos tipos de organizadores gráficos y tú puedes crear muchos más.

Mapa conceptual

Es un esquema en el que se organizan los conceptos más importantes de un tema. Estos se organizan desde el más general hasta el más específico y se conectan entre sí mediante palabras de enlace para formar oraciones lógicas (conectores).

Para construir tu propio mapa conceptual, primero debes identificar los conceptos principales del texto. Luego, los conceptos se ordenan según su importancia, es decir, del más general al más particular. Para identificar él o los conceptos generales puedes centrarte en las siguientes ideas:

- Debes determinar cuál es el tema central del texto.
- Detectar los conceptos que aparecen en los títulos o subtítulos de las lecciones o de las unidades.

Posteriormente, debes anotar en una hoja el concepto más general o tema central en la parte superior, como inicial del mapa. En seguida, se escriben los demás conceptos que se relacionen con este. Cada concepto se encierra en un recuadro y se trazan líneas que los relacionan. Al final se colocan las palabras de enlace o conectores para formar oraciones con sentido, que se leen de arriba hacia abajo.

Observa a la derecha la estructura general de un mapa conceptual.

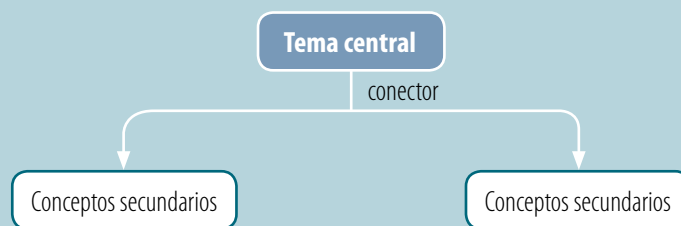


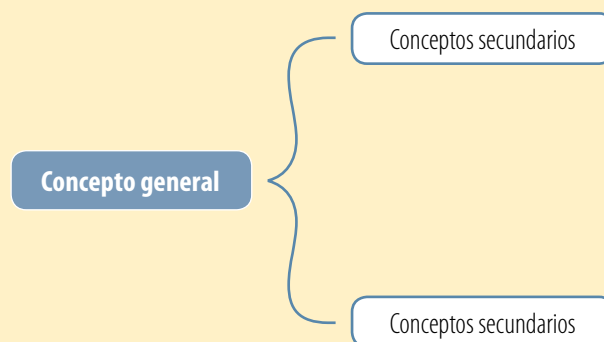
Diagrama de llaves

En él los conceptos se presentan ordenados de forma horizontal, adoptando una estructura lógica y fácil de visualizar. A continuación se detallan los pasos que debes seguir para elaborarlo.

Primero, debes identificar los conceptos principales del tema, lección o unidad para realizar el cuadro. Para organizar los conceptos, se escribe en el extremo izquierdo el concepto más general o importante. Luego se anotan, de arriba abajo, y separados del principal, los conceptos que siguen en importancia.

A continuación se escriben los conceptos secundarios, los que siguen en importancia o, si es el caso, los ejemplos. Para finalizar, se dibujan símbolos de llaves ({}) para unir los conceptos del mismo nivel.

Estructura general de un diagrama de llaves



Es una síntesis de la investigación. Presenta las ideas más relevantes de cada una de las etapas del trabajo realizado en una reseña que incluye los siguientes componentes:

- Objetivo de la investigación.
- Diseño o diseños experimentales.
- Resultados obtenidos.
- Interpretación de los resultados.

Al desarrollar el último elemento, el resumen debe contemplar información acerca de los antecedentes de la investigación, el método realizado, los resultados obtenidos, su respectivo análisis y las conclusiones que se desprenden de la interpretación de los resultados. El siguiente cuadro muestra un ejemplo de construcción de un resumen científico.

Título principal (14 de Times New Roman o Arial-negrita)

Nombre(s) Autor(es) (cursiva)

Institución a la que pertenecen. Dirección.

E-mail

Año de realización.

Debe explicar el problema a investigar, materiales y métodos, resultados, discusión y conclusiones, en 200 a 250 palabras como máximo en formatos de letra Arial o Times New Roman en tamaño 12. Mantener espaciado sencillo y texto justificado.

Palabras clave: se buscan palabras relacionadas con el tema de la investigación que puedan servir para una posible búsqueda o clasificación.

Bibliografía

- Alberts, B. (2010). *Biología molecular de la célula*. (5ª ed.). Barcelona: Ediciones Omega.
- Audesirk, T. (2008). *Biología. La vida en la Tierra*. (9ª ed.). Prentice Hall.
- Bock. (2012). *Biology of microorganisms*. (13ª ed.). San Francisco: Pearson.
- Campbell, N. A. y Reece, J. B. (2007). *Biología*. (7ª ed.). España: Editorial Médica Panamericana.
- Curtis, H. y Barnes, N. (2006). *Biología*. (6ª ed.). Buenos Aires: Médica Panamericana.
- Ganong, W. (2002). *Fisiología médica*. (18ª ed.). México: El Manual Moderno.
- Guyton, A., Hall, J. (2006). *Tratado de Fisiología médica*. (11ª ed.). Madrid: Elsevier.
- Junqueira, L., Carneiro, J. (2005). *Histología básica. Texto y atlas*. (6ª ed.). Barcelona: Masson.
- Lehninger. (2008). *Principios de Bioquímica*. (5ª ed.) New York: W. H. Freeman and Company.
- Manzur, M. (2005). *Situación de la biodiversidad en Chile. Desafíos para la sustentabilidad*. (1ª ed.) Santiago: LOM Ediciones.
- Margulis, L. (2002). *Planeta simbiótico, un nuevo punto de vista sobre evolución*. (1ª ed.). Madrid: Debate.
- Raven, P. (1992). *Biología de las plantas (tomos I y II)*. (4ª ed.). Barcelona: Editorial Reverté.
- Raven, P., Johnson, G. (2011). *Biology*. (9ª ed.). New York: Mc Graw Hill.
- Sadava, D. y otros. (2008). *Vida. La ciencia de la Biología*. (8ª ed.). Madrid: Médica Panamericana.

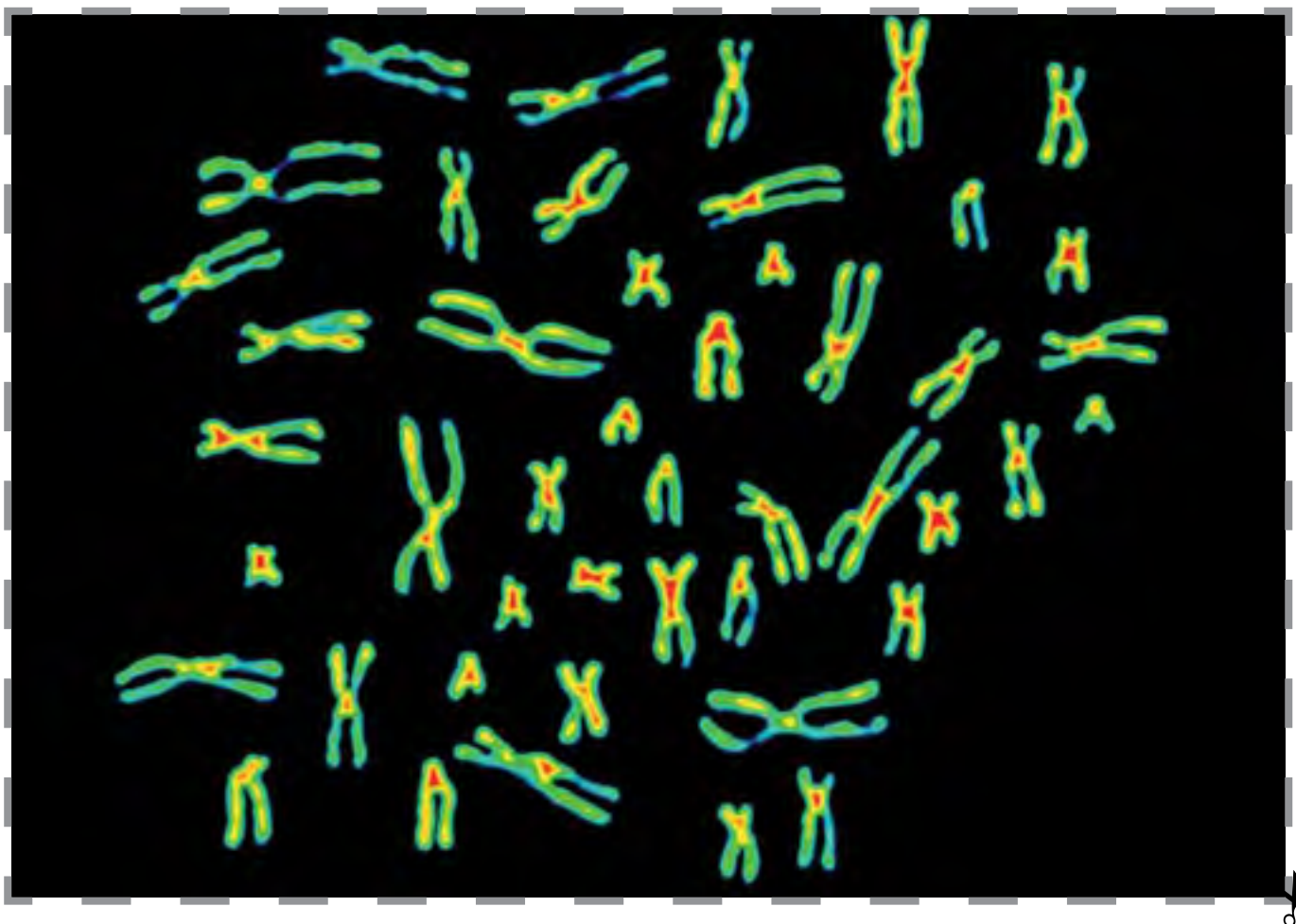
Confección de un cariógrama

Un cariógrama es un mapa de los cromosomas humanos, que sirve para detectar algunas anomalías. Básicamente es una fotografía de los cromosomas, ordenados y ubicados por grupos.

Los grupos que comprende el cariotipo humano son los siguientes:

- Cromosomas grandes
Grupo A, (cromosomas 1, 2 y 3), meta y submetacéntricos
Grupo B, (cromosomas 4 y 5), submetacéntricos
- Cromosomas medianos
Grupo C, (cromosomas 7, 8, 9, 10, 11, 12 y además los cromosomas X), submetacéntricos
Grupo D, (cromosomas 13, 14 y 15) acrocéntricos
- Cromosomas pequeños
Grupo E, (cromosomas 16, 17 y 18) submetacéntricos
Grupo F, (cromosomas 19 y 20) metacéntricos
Grupo G, (cromosomas 21 y 22) acrocéntricos

Y finalmente, los cromosomas sexuales, X e Y, se separan según su grupo y se colocan al final.





 **mifuturo.cl**
Infórmate antes de elegir



Gobierno
de Chile

www.gob.cl

Edición Especial para
el Ministerio de Educación
Prohibida su comercialización

 **SANTILLANA**