



www.mheducation.es

Biología y Geología

4.º ESO

Ma Ángeles Ramos García
Ángel Colodrón Bestuer
Belén Serrano San Román
Ester Tomé Fernández



SMARTBOOK®

... una nueva forma de aprender

BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA

4.º SECUNDARIA

María Ángeles Ramos García
Ángel Colodrón Bestuer
Belén Serrano San Román
Ester Tomé Fernández

www.mheducation.es



MADRID · BUENOS AIRES · CARACAS · GUATEMALA · LISBOA · MÉXICO
NUEVA YORK · PANAMÁ · SAN JUAN · BOGOTÁ · SÃO PAULO · AUCKLAND
HAMBURGO · LONDRES · MILÁN · MONTREAL · NUEVA DELHI · PARÍS
SAN FRANCISCO · SÍDNEY · SINGAPUR · SANT LOUIS · TOKIO · TORONTO

TABLA DE CONTENIDOS

BLOQUE 1: GENÉTICA

UNIDAD 1

La célula: estructura, funciones y evolución celular

1. La célula y la teoría celular.....	8	Mapa semántico.....	31
2. Evolución celular: la teoría endosimbiótica.....	18	Actividades finales	32
3. Ciclo celular.....	20	Aprender a aprender	34
		Mira a tu alrededor.....	35

UNIDAD 2

La herencia genética de los caracteres. Genética

1. Genética y transmisión de caracteres hereditarios	38	Mapa semántico.....	57
2. Genética mendeliana	40	Actividades finales	58
3. Base cromosómica de las leyes de Mendel	48	Aprender a aprender	60
4. Herencia y sexo.....	50	Mira a tu alrededor.....	61
5. Enfermedades hereditarias	54		

UNIDAD 3

La información genética y los ácidos nucleicos. Iniciación a la biología molecular

1. La biología molecular	64	Mapa semántico.....	83
2. Los ácidos nucleicos	65	Actividades finales	84
3. El mensaje genético. Dogma central de la biología molecular	68	Aprender a aprender	86
4. La replicación del ADN	70	Mira a tu alrededor.....	87
5. La expresión de la información genética.	72		
6. El código genético.....	74		
7. Mutaciones	76		
8. Ingeniería genética	78		
9. Biotecnología	81		
10. Bioética.....	82		

Proyecto de investigación: Genética	88
--	-----------

BLOQUE 2: ECOLOGÍA

UNIDAD 4

Origen y evolución de la vida en la Tierra

1. El origen de la vida.....	92	Mapa semántico.....	109
2. La evolución de los seres vivos.....	98	Actividades finales	110
3. Los mecanismos de la evolución	104	Aprender a aprender	112
4. La evolución humana	107	Mira a tu alrededor.....	113

UNIDAD 5

Biosfera y ecosistemas: estructura, dinámica y evolución

1. La Tierra: un sistema complejo	116	Mapa semántico	135
2. Estructura de los ecosistemas.....	120	Actividades finales	136
3. Dinámica de los ecosistemas	123	Aprender a aprender	138
4. Las adaptaciones de los organismos.....	128	Mira a tu alrededor	139
5. Los ecosistemas evolucionan	130		
6. El ciclo de la materia en la biosfera: ciclos biogeoquímicos.....	132		

UNIDAD 6

La actividad humana y el medio ambiente

1. La actividad humana y el medioambiente..	142	Mapa semántico	161
2. Los recursos naturales	146	Actividades finales	162
3. Consecuencias de la actividad humana sobre el medioambiente	150	Aprender a aprender	164
4. Los residuos y sus consecuencias.....	156	Mira a tu alrededor	165
5. Desarrollo sostenible	158		

Proyecto de investigación: Ecología

BLOQUE 3: GEOLOGÍA

UNIDAD 7

El planeta Tierra y su historia

1. La Tierra: nuestro hogar en el Universo ..	170	Mapa semántico	191
2. El origen de la Tierra	172	Actividades finales	192
3. Estudio de la historia de la Tierra.....	174	Aprender a aprender	194
4. Etapas de la Tierra.....	182	Mira a tu alrededor	195
5. Cambios en el clima en la Tierra	190		

UNIDAD 8

Dinámica interna terrestre

1. Estructura y composición de la geosfera..	198	Mapa semántico	213
2. Geodinámica interna	202	Actividades finales	214
3. Expansión del fondo oceánico	204	Aprender a aprender	216
4. Tectónica de placas.....	206	Mira a tu alrededor	217
5. Dinámica interna: manifestaciones.....	208		
6. Ciclo de Wilson	212		

UNIDAD 9

El relieve y otras manifestaciones de la dinámica terrestre

1. Relieve y paisaje	220	Mapa semántico	233
2. La formación del relieve terrestre.....	222	Actividades finales	234
3. Evolución del relieve terrestre.....	225	Aprender a aprender	236
4. El ciclo de las rocas	228	Mira a tu alrededor	237
5. El suelo: formación y evolución.....	232		

Proyecto de investigación: Geología

CÓMO SE UTILIZA ESTE LIBRO



Un interesante texto va a presentarte cada unidad, para que puedas ver la ciencia aplicada al mundo real.

Presentación de la unidad

7 EL PLANETA TIERRA Y SU HISTORIA

TE PROPONEMOS UN RETO
La Tierra es un planeta cambiante. A lo largo de su historia ha sufrido cambios en sus características geológicas, su clima y su biodiversidad. Para conocer más detalles, los científicos necesitan rocas y materiales que pertenecieron a épocas antiguas que les permitan deducir cómo era la Tierra en esos tiempos remotos. Los fósiles constituyen una de las mejores pruebas porque son restos de seres vivos congelados en el tiempo. Se han conservado y resguardado fósiles de muy distintos tipos de seres vivos y etapas de la historia geológica para en el futuro se pueda conocer un sorprendente hallazgo al final de un mesquite que contiene un esqueleto en su interior. ¿Crees que se descubra en este sitio sobre este descubrimiento y contéstalo a esta pregunta. [Intérganos!](#)

Sumario

1. La Tierra nuestro hogar
2. El origen de la Tierra
3. El origen de la vida
4. El Paleozoico
5. El Cenozoico

El resto de la fotografía es fotos extremas y se consideran que son las primeras fotos de seres vivos. Estas formadas por sedimentos procedentes de la actividad biológica de los organismos vivos en el momento. Las características, las primeras fotos de organismos en la Tierra. Estas fotos se forman durante el tiempo que los organismos vivos se congelan en las rocas que componen los estratos.

En el **Sumario**, te avanzamos los contenidos de la unidad.

Antes de empezar, **Te proponemos un reto**: una actividad para que conozcas qué sabes de los nuevos contenidos.

Desarrollo de contenidos

El texto está acompañado de imágenes reales e ilustradas que te van a ayudar a entender de una forma clara y concisa la teoría. Las infografías te van a mostrar lo que tienes que aprender de una forma fácil y visual.

3 Ciclo celular

SABÍAS QUE...
Algunos tipos celulares más diferenciados como las neuronas, pueden la capacidad de dividirse. Otras, como las células musculares, se dividen usando métodos al estado.

Y, otra, como las células de la médula ósea, se dividen constantemente para generar células sanguíneas.

TE PROPONEMOS UN RETO 3. El ciclo celular

Imagina que la célula del dibujo es un célula.

1. **Primer paso:** a las materializadas. Conforme esta célula se divide, ¿cómo se reparten los orgánulos?
2. **Segundo paso:** la célula se divide en dos células.
3. **¿Cómo se reparte la información genética?** ¿Cómo se reparte la información genética?

RECUERDA
Cuando una célula pierde su capacidad de dividirse, se convierte en una célula muerta. Este tipo de células se encuentran en los tejidos que se renuevan constantemente. En los tejidos que no se renuevan, las células muertas se acumulan y forman parte del tejido conectivo.

APRENDEMOS A SER CIENTÍFICOS

8. Ciclo celular

1. Observa el siguiente gráfico. Describe cómo varía la cantidad de ADN presente en la célula a lo largo de un ciclo celular.
2. Analiza el gráfico y describe qué sucede en la fase S con respecto a la cantidad de ADN. Justifica tu conclusión.
3. ¿Por qué se reduce a la mitad tras la mitosis? ¿Cómo se resuelve?

PIENSA Y REFLEXIONA

Por grupos, investiga cómo varían los siguientes aspectos a lo largo del ciclo celular y preséntalo en clase como el resto de la clase.

El estado de la cromatina / La síntesis de proteínas / El estado de la cromatina / La relación SV/L a lo largo del ciclo celular.

1. Indica el criterio por el que la célula se divide, haciendo referencia a la medida de la eficacia en el intercambio de sustancias entre la célula y el medio externo.

a) ¿Cuál referencia tiene este proceso para las células tipo?

4.2. El Paleozoico (540-245 Ma)

SABÍAS QUE...
Se han identificado fósiles de casi todo uno de los períodos de la historia de la vida. Este era un momento por una gran explosión de vida. Durante el Paleozoico aparecieron las plantas terrestres y los vertebrados, los peces y los anfíbios y se produjeron las tres primeras extinciones masivas.

ACTIVIDADES

10. Ordena cronológicamente los siguientes eventos del Paleozoico: edad de los anfíbios, formación del supercontinente Pangea, edad de los peces, edad de los vertebrados, aparición de Pangea, volcanismo y caída meteorítica y glaciación de Carfonia.
11. ¿Cuál es una extinción masiva? ¿Cuántas hay en el Paleozoico?
12. Indica cuáles son los fósiles que del Paleozoico. ¿Por qué reciben este nombre?
13. Investiga en la Red a otras fuentes de dónde proceden los nombres de los períodos del Paleozoico.
14. Indica los equivalentes modernos de los períodos del Paleozoico.
15. Investiga en la Red a otras fuentes de dónde proceden los nombres de las épocas del Paleozoico.
16. En el Paleozoico surgieron los invertebrados, peces, anfíbios y plantas terrestres.

Figura 19.3. Línea de tiempo del Paleozoico.

El Paleozoico es el primer período del Paleozoico y abarca desde hace 540 Ma hasta hace 245 Ma. Se subdivide en tres períodos que se agrupan en tres eras: **Carbonífero**, **Devónico** y **Permiano**. Los períodos son los siguientes: **Carbonífero**, **Devónico**, **Silúrico**, **Devónico**, **Carbonífero** y **Permiano**. Este era se caracteriza por una gran explosión de vida. Durante el Paleozoico aparecieron las plantas terrestres y los vertebrados, los peces y los anfíbios y se produjeron las tres primeras extinciones masivas.

En los invertebrados, surgieron todos los filos o divisiones que existen en la actualidad: poríferos, cnidarios, moluscos, artrópodos y artrópodos. En los peces, los primeros en aparecer fueron los peces sin mandíbulas y posteriormente, surgieron los peces cartilaginosos y los óseos. Los primeros anfíbios surgieron de un grupo de anfibios marinos. Surgieron en el Carbonífero y se extinguieron a finales del Permiano.

Vas a encontrar actividades de diferentes tipologías para desarrollar distintas aptitudes, y además información adicional al margen.

ACTIVIDADES
Para consolidar tus conocimientos.

TE PROPONEMOS UN RETO

Actividades para investigar más allá de los conocimientos que tienes.

ACTIVIDAD RESUELTA
Ejercicio resuelto que te enseñará contenidos importantes.

PIENSA Y REFLEXIONA
Actividades para aprender a razonar.

APRENDEMOS A SER CIENTÍFICOS

Experimentos científicos para aprender cómo se resuelve en la práctica lo estudiado.

Ayudas

1 La actividad humana y el medioambiente

SABIAS QUE?
El medioambiente es el conjunto de componentes físicos, químicos, biológicos y sociales capaces de causar efectos directos e indirectos sobre la vida y sobre las actividades humanas.
Las interacciones que se producen entre el ser humano y el medioambiente cumplen las siguientes funciones para el ser humano:
- Sirve de soporte para sus actividades.
- Proporciona recursos para su supervivencia.
- Sirve como soporte para sus actividades.
- Proporciona recursos para su supervivencia.

Ciencia 2.0
- Observa el planeta desde orbita y desde tierra.
- Realiza experimentos de laboratorio adaptados y optimizados en su tiempo.
- Construye conocimientos gracias a la sinergia de disciplinas científicas.

¿Sabías que?
- El medioambiente regula la liberación de las esteroideas sexuales como hormonas ligando el efecto al ritmo de respiración y al ritmo de los ritmos circadianos.
- El ambiente regula cualquier proceso fisiológico, lo que lo ha permitido utilizar todos los escenarios del planeta.

¿Pasa un gran verano? El hombre es capaz de modificar e inventar herramientas y tecnologías, y ha desarrollado complejas estructuras culturales y de conocimiento, como la agricultura, el arte, las ciencias y las ciencias.

PENSAR Y REFLEXIONAR
Las especies nativas muestran dos rasgos indígenas de la actualidad. Los insectos, habitantes de zonas críticas de biodiversidad, y los hongos, habitantes del desierto del Kalbari, en África.
Describe los ecosistemas en los que se desarrollan ambas culturas e identifica las funciones que cumplen el medioambiente para las comunidades mostradas.
Describe el medio en el que cada uno de los rasgos indígenas depende. ¿Qué puedes concluir sobre la capacidad de adaptación del ser humano?

Desde el inicio proponemos que el profesor abra un blog de clase en el que poder ir actualizando las entradas con los nuevos trabajos desarrollados en clase, para que se pueda acceder a esa información desde cualquier lugar.

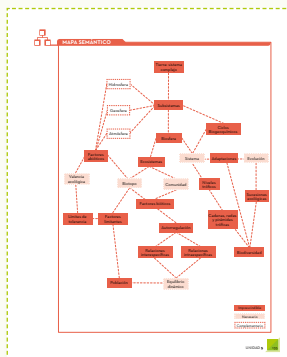
Además, tienes enlaces a interesantes páginas web en las cajas de Ciencia 2.0, así como otros recursos que tu profesor podrá proporcionarte.

Cierre de la unidad

La teoría se cierra con un **Mapa semántico** en el que podrás ver los contenidos vistos en la unidad clasificando su importancia por colores.

Las **Actividades finales** están planteadas para que alcances los conocimientos imprescindibles, además están distribuidas por conceptos y con colores de importancia como los del mapa semántico.

Para remarcar la unidad, encontrarás una actividad de **Aprender a aprender** para relacionar lo que has visto en la unidad con tu entorno, y en **Mira a tu alrededor**, se alternarán actividades para reforzar las competencias.



ACTIVIDADES FINALES

1. Tema: sistemas ecológicos

Describe los sistemas ecológicos

- ¿Qué son los sistemas ecológicos?
- ¿Qué son los sistemas ecológicos?
- ¿Qué son los sistemas ecológicos?
- ¿Qué son los sistemas ecológicos?
- ¿Qué son los sistemas ecológicos?
- ¿Qué son los sistemas ecológicos?
- ¿Qué son los sistemas ecológicos?

2. Tema: cambios climáticos

Describe los cambios climáticos

- ¿Qué son los cambios climáticos?
- ¿Qué son los cambios climáticos?
- ¿Qué son los cambios climáticos?
- ¿Qué son los cambios climáticos?
- ¿Qué son los cambios climáticos?
- ¿Qué son los cambios climáticos?
- ¿Qué son los cambios climáticos?

3. Tema: biodiversidad y conservación

Describe la biodiversidad y conservación

- ¿Qué es la biodiversidad?
- ¿Qué es la biodiversidad?
- ¿Qué es la biodiversidad?
- ¿Qué es la biodiversidad?
- ¿Qué es la biodiversidad?
- ¿Qué es la biodiversidad?
- ¿Qué es la biodiversidad?

ACTIVIDADES FINALES

4. Tema: actividad humana y medio ambiente

Describe la actividad humana y medio ambiente

- ¿Qué es la actividad humana?
- ¿Qué es la actividad humana?
- ¿Qué es la actividad humana?
- ¿Qué es la actividad humana?
- ¿Qué es la actividad humana?
- ¿Qué es la actividad humana?
- ¿Qué es la actividad humana?

5. Tema: el planeta habitado

Describe el planeta habitado

- ¿Qué es el planeta habitado?
- ¿Qué es el planeta habitado?
- ¿Qué es el planeta habitado?
- ¿Qué es el planeta habitado?
- ¿Qué es el planeta habitado?
- ¿Qué es el planeta habitado?
- ¿Qué es el planeta habitado?

Proyectos de investigación

Para cerrar cada uno de los bloques de contenido, os proponemos tres proyectos de investigación en cada uno de ellos: Genética, Ecología y Geología.

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: ECOLOGÍA

Descripción de la actividad: Desarrollar una ciudad sostenible. El reto de la actividad profesional es lograr un estilo de vida que sea respetuoso con nuestro planeta. Su objetivo es diseñar un sistema de ciudad sostenible que incluya un tipo de planta arquitectónica y un uso racional del agua que permita reducir el consumo de agua potable y el uso de energía en edificios con límites mínimos.

¿Cómo transformar nuestra ciudad en un lugar más sostenible?

Equipo Energía: Diseñar un sistema de energía sostenible que permita reducir el consumo de energía eléctrica y el uso de combustibles fósiles.

Equipo Agua: Diseñar un sistema de agua sostenible que permita reducir el consumo de agua potable y el uso de energía eléctrica.

Equipo Infraestructuras: Diseñar un sistema de infraestructuras sostenible que permita reducir el consumo de energía eléctrica y el uso de combustibles fósiles.

Equipo 4S: Diseñar un sistema de 4S sostenible que permita reducir el consumo de energía eléctrica y el uso de combustibles fósiles.

Equipo Ruido y Vibración: Diseñar un sistema de ruido y vibración sostenible que permita reducir el consumo de energía eléctrica y el uso de combustibles fósiles.

Equipo Vivienda: Diseñar un sistema de vivienda sostenible que permita reducir el consumo de energía eléctrica y el uso de combustibles fósiles.

Equipo Comercio y Espacio Verde: Diseñar un sistema de comercio y espacio verde sostenible que permita reducir el consumo de energía eléctrica y el uso de combustibles fósiles.

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: GEOLOGÍA

Descripción de la actividad: Desarrollar un planeta habitable. El reto de la actividad profesional es lograr un planeta habitable que permita reducir el consumo de energía eléctrica y el uso de combustibles fósiles.

¿Cómo transformar nuestra ciudad en un lugar más sostenible?

Equipo Agua: Diseñar un sistema de agua sostenible que permita reducir el consumo de agua potable y el uso de energía eléctrica.

Equipo 5T: Diseñar un sistema de 5T sostenible que permita reducir el consumo de energía eléctrica y el uso de combustibles fósiles.

Equipo 4S: Diseñar un sistema de 4S sostenible que permita reducir el consumo de energía eléctrica y el uso de combustibles fósiles.

Equipo Comercio y Espacio Verde: Diseñar un sistema de comercio y espacio verde sostenible que permita reducir el consumo de energía eléctrica y el uso de combustibles fósiles.

2

LA HERENCIA GENÉTICA DE LOS CARACTERES. GENÉTICA

¿Es el código genético el lenguaje del ADN?

Las características básicas que debe presentar un código de información para ser considerado un lenguaje son las siguientes:

- Ser un sistema de comunicación: el código genético lo es, transmite información.
- Estar compuesto por símbolos: los codones de nucleótidos del código genético funcionan como unidades de información con significado propio.
- Estar integrado por unidades discretas que se delimitan y aíslan: los codones y los nucleótidos funcionan como las palabras de un lenguaje.

Es paradójico que, con un pequeño número de símbolos, se puedan construir mensajes cada vez más elaborados, desde grandes textos, como una novela, a seres de gran complejidad, como un ser humano.

Sumario

- 1 ✓ Genética y transmisión de caracteres hereditarios.
- 2 ✓ Genética mendeliana.
- 3 ✓ Base cromosómica de las leyes de Mendel.
- 4 ✓ Herencia y sexo.
- 5 ✓ Enfermedades hereditarias.

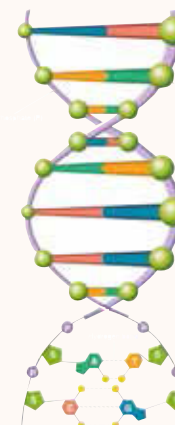


TE PROPONEMOS UN RETO

1. Archivar nuestra codificación genética

El núcleo de las células guarda información genética codificada en el material genético, de la misma forma que un MP4 guarda información musical codificada en un archivo informático. Continúa la siguiente analogía entre elementos musicales y elementos del material genético. ¡Sigue la pista que te ofrecen las imágenes!:

- Los álbumes de canciones son a la música como al material genético es el...
- Las canciones son a la música como al material genético son los...
- Las palabras de las canciones son a la música como al material genético son los...
- Las notas musicales son a la música como al material genético son los...



Copia tus respuestas en tu cuaderno. Compáralas con las de tus compañeros.

¿Qué sabemos sobre la herencia genética?

- a) ¿Dónde se encuentran los genes?
- b) ¿Qué es un carácter hereditario?
- c) ¿Con qué finalidad estudia el ADN la policía científica?

1 Genética y transmisión de caracteres hereditarios

¿Has oído la frase «lo lleva en los genes»? Piensa un momento en ella: ¿realmente tiene sentido? Lo tiene, considerando los caracteres hereditarios.

1.1. Los caracteres hereditarios

La **herencia genética** es el conjunto de mecanismos de transmisión de caracteres de un individuo a su descendencia regidos por las leyes del **código genético**.

Un **carácter hereditario** es una característica morfológica o fisiológica que se transmite a la descendencia, como el color de ojos, el color de pelo o la estatura.

Un gen es un fragmento de ADN que determina un **carácter hereditario**.

Las distintas variantes de un gen se denominan **genes alelos** o **alelos**.

Los **genes alelos** son las variantes de un gen que controlan las diversas expresiones para un determinado carácter.

Cada gen ocupa un lugar fijo en los cromosomas, denominado **locus**. Los genes alelos se sitúan en el **mismo locus** en los cromosomas homólogos.

Los **cromosomas homólogos** son aquellos que tienen los mismos genes, aunque pueden ser diferentes alelos.



VOCABULARIO

ADN: molécula que porta toda la información genética de cada especie.

Cromosomas: estructuras extremadamente organizadas en las que se compacta el ADN.

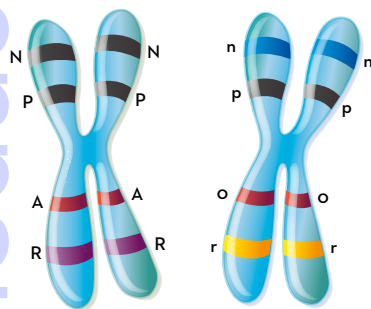


Figura 2.1. Locus y genes alelos.



APRENDEMOS A SER CIENTÍFICOS 1. Lengua y genes

La capacidad de poner la lengua en forma de U es un carácter que poseen algunas personas. Te proponemos investigar cómo se hereda este carácter. ¿Cuántas personas en tu clase pueden poner la lengua así?

- ¿Sois más los que tenéis la capacidad de colocar así la lengua?
- Si esta capacidad es un carácter que se da con cierta frecuencia entre tus compañeros, ¿podemos suponer que hay una influencia de nuestros genes que determina que un carácter sea más o menos común en las personas?

Los árboles genealógicos o pedigrís permiten estudiar la transmisión de un carácter (o una enfermedad) en varias generaciones de individuos emparentados.

Construye el árbol genealógico de tu familia, señalando quién puede poner la lengua en forma de U y quién no. Asegúrate de que concuerde el carácter de cada persona con los que presentan sus padres. Puedes utilizar el siguiente programa para generar tu árbol: <http://goo.gl/HSh7Xo>.



1.2. Genética: conceptos básicos

Los seres humanos somos organismos **diploides**, lo que significa que cada cromosoma tiene una pareja, su homólogo.

En nuestra especie, cada célula de nuestro cuerpo tiene 23 parejas de cromosomas, es decir, tenemos 46 cromosomas en total, de los cuales la mitad procede de la madre y la otra mitad del padre. Cada pareja de cromosomas está formada por dos cromosomas homólogos, que contienen información para los mismos caracteres o genes. Observa la ilustración de la derecha.

Nuestras células somáticas portan dos alelos para cada carácter, los cuales pueden ser iguales (**homocigosis: AA, aa**) o distintos (**heterocigosis: Aa, aA**). En la genética mendeliana o clásica, tener los dos caracteres iguales (es decir, en homocigosis), se denomina **raza pura**.

Un **individuo heterocigótico** o **híbrido** es aquel que tiene alelos distintos para un gen (Aa, aA). Un **individuo homocigótico** es aquel que tiene los alelos iguales para un gen (AA, aa).

Inicialmente, en la expresión de un gen determinado, Mendel consideró dos tipos de alelos:

El **alelo dominante** (A) es aquel que se manifiesta en el fenotipo siempre, tanto en homocigosis como en heterocigosis. El **alelo recesivo** (a) es el que se manifiesta en el fenotipo únicamente en homocigosis.

Los alelos recesivos se transmiten y permanecen «ocultos» en el genotipo de los descendientes.

El **genotipo** es el conjunto de genes que un organismo hereda de sus progenitores. Por ejemplo, una persona puede heredar los genes para los ojos azules y verdes. El **fenotipo** es el conjunto de caracteres que manifiesta un organismo, es decir, la apariencia externa del genotipo, como el color de ojos que presentamos en nuestro aspecto externo.

El **genotipo** permanece constante, mientras que el **fenotipo** varía por la acción de distintos factores ambientales.



ACTIVIDADES

1. Contesta a las siguientes preguntas:

Cuando observamos el parecido de un recién nacido con sus familiares y se dicen frases como «es la viva imagen de su abuelo», ¿se está haciendo referencia a su genotipo o a su fenotipo?

¿Es posible que dos personas tengan el mismo fenotipo y distinto genotipo?

RECUERDA



Los cromosomas son estructuras de ADN y proteínas que se forman en el núcleo de las células durante los procesos de división celular: mitosis y meiosis. Transportan fragmentos de ADN desde las células progenitoras a las células hijas.

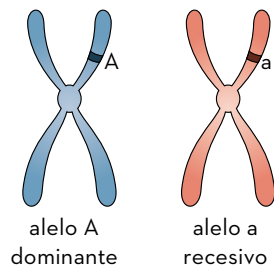


Figura 2.2. Cromosomas homólogos.

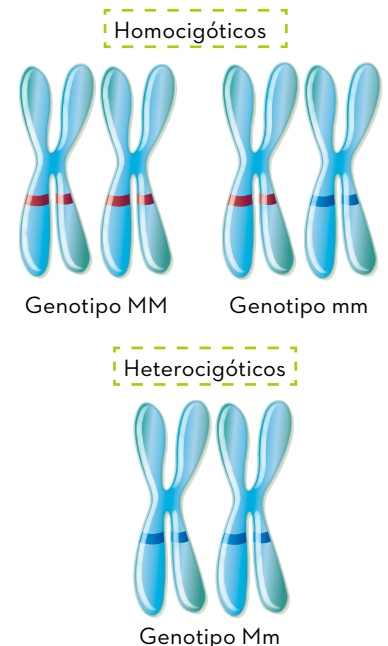


Figura 2.3. Homocigosis y heterocigosis

2 Genética mendeliana

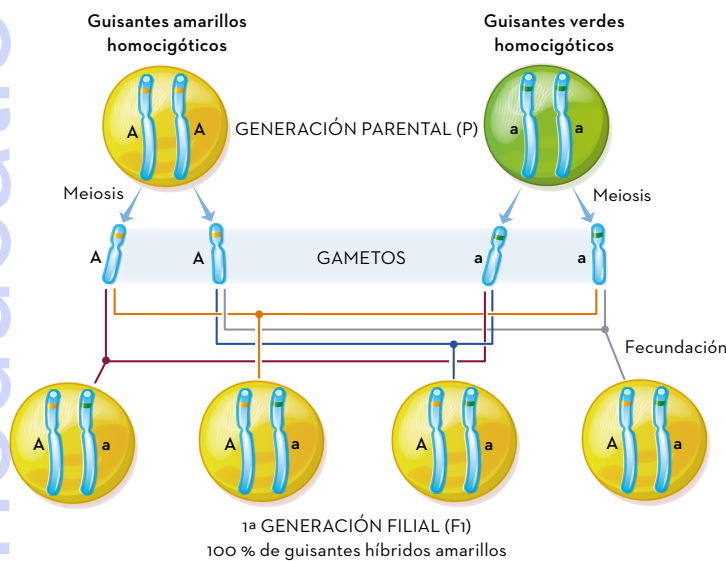
	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

Figura 2.4. Cuadro de Punnett.

Hace 150 años, el monje austriaco Gregor Mendel fue el primero en explicar las nociones básicas de la herencia genética. Mendel diseñó experimentos para descubrir cómo se transmitían los caracteres en unas plantas de guisante (*Pisum sativum*). A partir del análisis estadístico de sus resultados, enunció sus tres leyes:

2.1. Leyes de Mendel

A. Primera ley de Mendel: uniformidad de los híbridos de la primera generación filial



Primero, estudió la transmisión de un carácter, el color de la semilla. Para la primera generación, o **generación parental (P)**, cruzó dos plantas de raza pura, una de semillas amarillas (AA) con otra de semillas verdes (aa). Las plantas de la **primera generación filial (F1)** presentaron todas las semillas amarillas. El color de semilla amarillo dominaba sobre el verde.

Al cruzar dos variantes puras se origina descendencia uniforme, en genotipo y fenotipo.

Figura 2.5. Primera ley de Mendel.



ACTIVIDAD RESUELTA

1. En los perros de la raza pastor alemán, las orejas rectas son dominantes frente a las orejas caídas. Representa el cruzamiento de una hembra homocigótica de orejas rectas con un macho homocigótico de orejas caídas.

- Identificamos al carácter dominante (orejas rectas, «O») y al carácter recesivo (orejas caídas, «o»).
- Identificamos al homocigótico dominante (orejas rectas, «OO») y al homocigótico recesivo (orejas caídas, «oo»).
- Representamos el cruzamiento y las probabilidades en los genotipos resultantes en el cuadro de Punnett.

P: HEMBRA OO × MACHO oo

F1: Oo

H	M	O	O
o	o	Oo (1/4)	Oo (1/4)
o	o	Oo (1/4)	Oo (1/4)

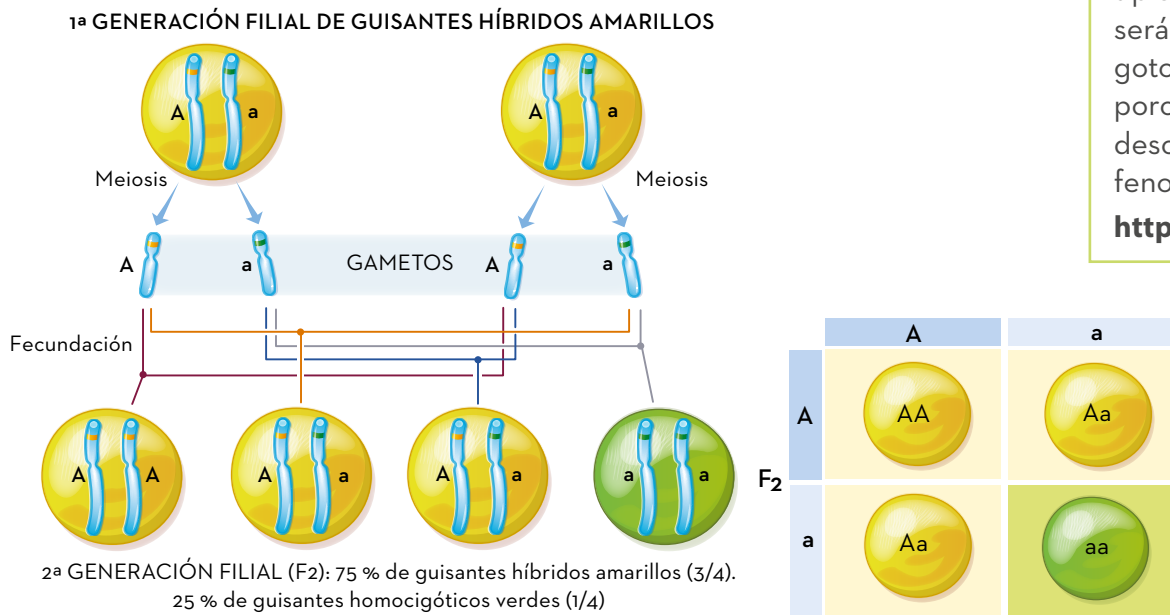
Todos los individuos de la F1, el 100 %, son heterocigóticos con el carácter dominante «orejas rectas». Este cruzamiento cumple la primera ley de Mendel, ya que de dos razas puras se ha obtenido descendencia uniforme.

B. Segunda ley de Mendel: segregación de caracteres antagónicos de la segunda generación filial

Mendel dejó autofecundarse las plantas de la F₁, ya que sus flores son hermafroditas, tienen estambre y pistilo. Obtuvo una **segunda generación filial (F₂)** de plantas con semillas amarillas y verdes, en **proporción 3:1**.

El carácter desaparecido en el fenotipo de F₁ volvía a aparecer en F₂; debía de estar «oculto», por tanto, en el genotipo de F₁. El descubrimiento reafirmó la idea de que un carácter domina (el carácter dominante) sobre el otro (el carácter recesivo).

Cada alelo se separa y se distribuye en los gametos de forma independiente.



SABÍAS QUE...

El cruzamiento prueba se realiza para conocer el genotipo de un individuo y saber si es heterocigoto u homocigoto y un homocigoto recesivo.

Si se trata de un heterocigoto, la proporción fenotípica de la descendencia será 50%. Si es homocigoto dominante la proporción fenotípica de la descendencia será 100% fenotipo dominante.

<http://goo.gl/7aQyda>

Figura 2.6. Segunda ley de Mendel.



ACTIVIDAD RESUELTA

2. En los perros, el carácter orejas rectas es dominante frente al carácter orejas caídas, recesivo. Se cruza una hembra y un macho heterocigóticos de orejas rectas. Representa el esquema de este cruzamiento, con las probabilidades y los porcentajes de los genotipos de la F₂.

- 1) Identificamos al carácter dominante (orejas rectas, «O») y al carácter recesivo (orejas caídas, «o»).
- 2) Identificamos al macho homocigótico recesivo como «oo».
- 3) Representamos el cruzamiento y el cuadro de Punnett. ¡Pedimos ayuda a las matemáticas!

F₁: HEMBRA Oo × MACHO Oo

F₂: OO Oo oo

H	M	O	o
O	Oo (1/4)	Oo (1/4)	
o	Oo (1/4)	oo (1/4)	

Los porcentajes de los genotipos de la descendencia serán 50 % de «Oo» y 25 % de «oo», lo que se reflejará fenotípicamente como el 75 % de la descendencia con las orejas rectas y el 25 % con las orejas caídas.



SABÍAS QUE...

Mendel tuvo mucha suerte, ya que los caracteres que eligió para sus experimentos eran caracteres independientes, es decir, no controlados por **genes ligados**, que no cumplen su tercera ley.

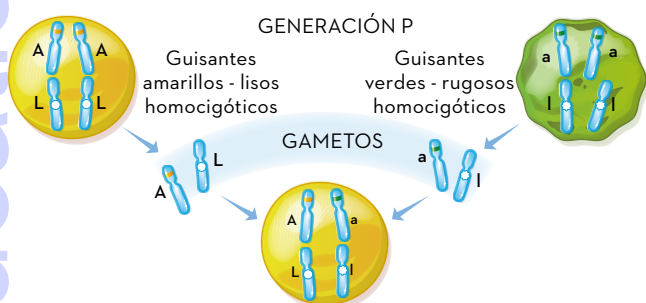


Figura 2.7. Tercera ley de Mendel.

C. Tercera ley de Mendel: independencia y libre combinación de factores hereditarios

Mendel investigó si sus conclusiones se cumplían también en la **transmisión de dos caracteres hereditarios**. Cruzó plantas de guisantes de líneas puras para dos caracteres de semilla, color y forma. Consideró lo siguiente: P, generación parental: plantas de semilla amarilla y lisa x plantas de semilla verde y rugosa, F1, generación filial: obtuvo todas las plantas con semillas amarillas y lisas. Dejó autofecundarse la F1, resultando las combinaciones indicadas en la F2 del cuadro.

Los alelos de un gen se heredan de forma independiente y se combinan al azar y de todas las formas posibles con otros alelos en la descendencia.

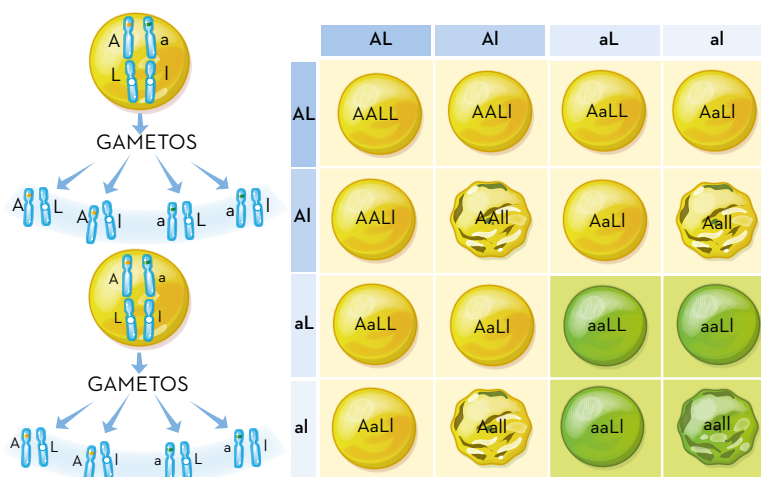


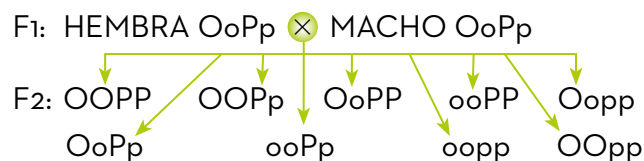
Figura 2.8. 2ª GENERACIÓN FILIAL, F2. Combinaciones en proporción 9:3:3:1.



ACTIVIDAD RESUELTA

3. Además de tener en cuenta el carácter «forma de las orejas» en la raza de perros pastor alemán, vamos a fijarnos en el pelaje, donde es dominante el pelo corto frente al pelo largo. Cruzamos la siguiente pareja: un macho y una hembra, ambos heterocigóticos dominantes de orejas rectas y pelo corto (OoPp), ¿qué probabilidades genéticas y fenotípicas tendrá su descendencia?

- 1) Identificamos los caracteres dominantes (orejas rectas, «O»; pelo corto, «P») y los caracteres recesivos (orejas caídas, «o»; pelo largo, «p»).
- 2) Identificamos al heterocigótico dominante (orejas rectas, «Oo»; pelo corto, «Pp»).
- 3) Representamos el esquema del cruzamiento y el cuadro de Punnett.



H	M	OP	Op	oP	op
OP	OOPP (1/16)	OOPp (1/16)	OoPP (1/16)	OoPp (1/16)	
Op	OOPp (1/16)	OOpp (1/16)	OoPp (1/16)	Oopp (1/16)	
oP	OoPP (1/16)	OoPp (1/16)	ooPP (1/16)	ooPp (1/16)	
op	OoPp (1/16)	Oopp (1/16)	ooPp (1/16)	oopp (1/16)	

La probabilidad de cada genotipo será: OOPP, 1/16; OOPp, 1/8; OoPP, 1/8; OoPp, 1/4; OOpp, 1/16; Oopp, 1/8; ooPP, 1/16; oopp, 1/16, ooPp, 1/8. Y de cada fenotipo: 9/16 orejas rectas y pelo corto; 3/16 orejas rectas y pelo largo; 3/16 orejas caídas y pelo corto; y 1/16 orejas caídas y pelo largo.

Mendel no solo experimentó con dos caracteres de dos variantes opuestas en plantas de guisante. Estudió siete caracteres, además de la forma y el color de la semilla: el color de las flores (púrpura o blanca), su posición (axial o terminal), la forma y el color de la vaina (lisa o estrangulada y verde o amarilla), y la talla de las plantas (normal o enana).

Acertó al seleccionar la planta de guisante como su modelo de estudio, ya que al utilizar una especie autógena se aseguraba de que las variedades eran líneas puras, constituidas por individuos idénticos y homocigóticos. Inició sus experimentos fijándose en un solo carácter, con lo que obtuvo proporciones numéricas fáciles de analizar e identificar. Así, a partir del número de individuos obtenidos propuso proporciones sencillas y utilizó relaciones estadísticas en varias generaciones sucesivas.



ACTIVIDADES

2. Imagina que trabajas en un invernadero y, por equivocación, has cruzado una planta homocigótica de tallo normal (TT) con una homocigótica de tallo enano (tt). Sabiendo que el tallo normal es un carácter dominante sobre el tallo enano, contesta a las siguientes preguntas:

 - ¿Cómo prevés que sean los genotipos y fenotipos de la generación F₁?
 - Si vuelves a cruzar los ejemplares de esa F₁, ¿cómo serán los genotipos y fenotipos de la F₂?
 - Representa tus resultados en cuadros de Punnett, indicando los porcentajes y probabilidades de las combinaciones.
3. El carácter relativo al color de piel de una especie de rana está determinado por dos genes alelos, uno dominante para el color verde («A») y uno recesivo para el color gris («a»). ¿Cuáles son los genotipos y fenotipos de la descendencia de los siguientes cruces? Indica en un cuadro de Punnett sus porcentajes y probabilidades.

 - Un macho homocigótico verde con una hembra homocigótica gris.
 - Un macho homocigótico gris con una hembra homocigótica verde.
 - ¿Te parece que el sexo tiene influencia en la transmisión de este carácter?
4. En los humanos, el pelo oscuro («O») es dominante sobre el pelo rojo («o»). Una mujer y un hombre de pelo oscuro tuvieron dos hijos, uno de pelo oscuro y otro de pelo rojo.

 - ¿Qué genotipos presentan los progenitores y su descendencia?
 - ¿Cuál es la probabilidad de que la descendencia de la pareja tenga el pelo oscuro o rojo?

Representa tus resultados en cuadros de Punnett, indicando los porcentajes y probabilidades de las combinaciones. ¡Pide ayuda a las matemáticas!
5. El alelo de ojos oscuros («A») es dominante frente al alelo de ojos claros («a»), que es recesivo. Basándote en las leyes de Mendel, y pensando en una pareja que desea tener un bebé, contesta a las siguientes preguntas:

 - ¿Existe la posibilidad de que el bebé tenga los ojos claros si ambos progenitores tienen los ojos oscuros? ¿Qué genotipos deberán presentar sus padres?
 - ¿Cuál es la probabilidad de que el bebé tenga los ojos claros si el padre los tiene oscuros y la madre también claros? ¿Y los ojos oscuros? Representa los porcentajes y probabilidades obtenidas en un cuadro de Punnett. ¡Pide ayuda a las matemáticas!

Puedes comprobar tus resultados en: <http://goo.gl/UMfFsB>.

CIENCIA 2.0



Para ampliar tus conocimientos sobre las leyes de Mendel, realiza los problemas propuestos, y comprueba tus resultados, en los siguientes enlaces:

<http://goo.gl/Htqdf>

<http://goo.gl/nbvJPc>

2.2. Herencia intermedia

Mendel descubrió en sus experimentos que entre los alelos de un mismo gen se producen interacciones. Así, definió las relaciones de dominancia y de recesividad, pero lo cierto es que existen otras. Uno de esos tipos de herencia es la denominada **herencia intermedia**.

El científico Carl Correns cruzó dos variedades opuestas de la planta dondiego de noche, una **homocigótica dominante con flores rojas («RR»)** y otra **homocigótica recesiva con flores blancas («rr»)**. De ahí surgió una F1 uniforme de híbridos con flores rosas («Rr») que cumplía la primera ley de Mendel. En la F2 cruzó híbridos («Rr») y obtuvo plantas de flores rojas, rosas y blancas, en **proporción 1:2:1**, respectivamente.

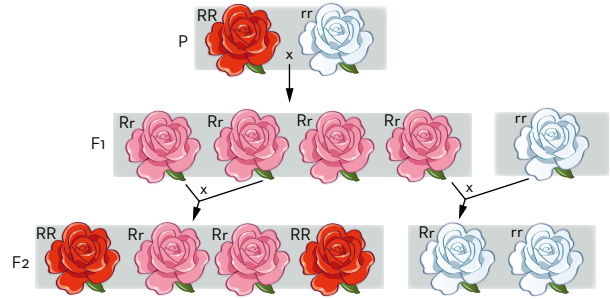


Figura 2.9. Herencia intermedia.

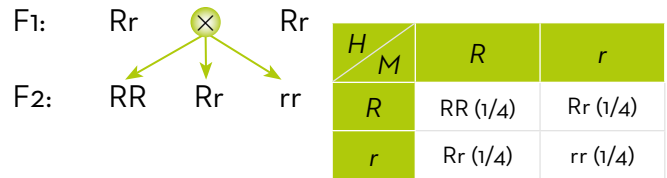
En la **herencia intermedia** los alelos se expresan por igual en el fenotipo. El **individuo heterocigótico o híbrido** resultante manifiesta un **nuevo carácter**, que **mezcla la información** de los dos alelos parentales.



ACTIVIDAD RESUELTA

4. Queremos obtener plantas de la especie dondiego de noche con flores rosas. Para ello cruzamos dos ejemplares con las flores rosadas. Sorprendentemente, al observar su descendencia vemos que hemos obtenido plantas de flores rojas («RR»), rosas («Rr») y blancas («rr»), en proporción 1:2:1.

¿Cuáles son los genotipos y fenotipos de F1 y F2? Indica sus respectivas probabilidades y porcentajes.



Todos los genotipos de F1 (el 100 %) serán «Rr», por lo que todas las flores (el 100 %) serán rosas. Los genotipos y fenotipos de la F2 serán 1/4 (25 %) rojas; 1/2 (50 %), rosas; y 1/4 (25 %), blancas.



ACTIVIDADES

6. Cruzamos plantas de flores rosas con plantas de flores rojas de la especie dondiego de noche. Sabemos que este carácter está determinado por dos alelos, rojo («R») y blanco («r»), con herencia

intermedia. ¿Cómo podrán ser las plantas descendientes? Haz el esquema del cruzamiento e indica los porcentajes y probabilidades de los genotipos.

2.3. Codominancia

Otro tipo de herencia es la denominada **codominancia**. En codominancia se expresan a la vez en el fenotipo del individuo ambos alelos, a diferencia de la herencia intermedia, donde se expresa un fenotipo intermedio nuevo.

En **codominancia**, ambos alelos (codominantes) se expresan simultáneamente en el fenotipo. El individuo heterocigoto resultante manifiesta los caracteres de los dos progenitores a la vez, pero **sin combinarse**.

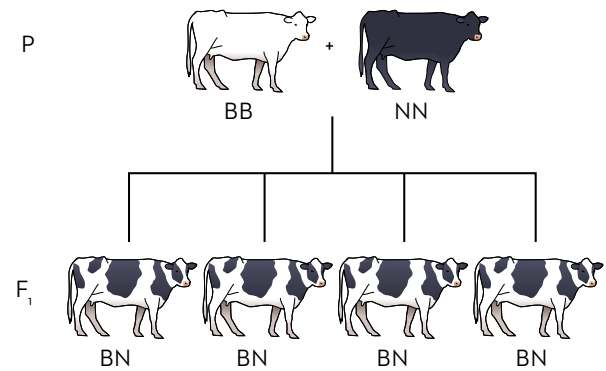


Figura 2.10. Codominancia.



ACTIVIDAD RESUELTA

5. Una especie de ganado vacuno puede presentar pelaje negro (N), blanco (B), o con manchas negras y blancas (NB). ¿Qué descendencia se obtendrá de cruzar un toro manchado:

- con una vaca manchada
- con una vaca blanca
- con una vaca negra

Razona los tres cruzamientos.

Los individuos manchados son heterocigóticos, manifestando a la vez el carácter los dos caracteres de pelaje negro (M) y blanco (B), que son codominantes.

El cruce entre un toro y una vaca manchados sería el siguiente:

F ₁ NB	⊗	NB		
			N	B
	N		NN (1/4)	NB (1/4)
	B		NB (1/4)	BB (1/4)

Se obtiene 1/4 (25%) de terneros negros, 1/2 (50%) de terneros manchados y 1/4 (25%) de terneros blancos.

Y los cruces entre un toro manchado y una vaca negra, y una vaca blanca serían los siguientes:

F ₂	NB	⊗	NN		
				N	B
	N			NN (1/2)	NB (1/2)
	B			NB (1/2)	BB (1/2)

En ambos cruces, obtenemos 1/2 (50%) de terneros manchados y 1/2 (50%) de terneros negros y blancos, respectivamente.



ACTIVIDADES

7. El cruzamiento de un tipo de flores A de color rojo dominante y un tipo de flores B de color blanco dominante produce un tipo de flor AB de color rojo con manchas blancas, presentando ambas características, ya que los dos caracteres codominantes A y B se expresan a la vez. ¿Qué genotipos y fenotipos presentará la descendencia de

los siguientes tres cruzamientos? Representa los cruzamientos e indica las probabilidades y porcentajes de tus resultados.

- Una flor manchada con una flor blanca.
- Una flor manchada con una flor roja.
- Dos flores manchadas.

2.4. Alelismo múltiple: grupos sanguíneos humanos

La transmisión genética de los distintos grupos sanguíneos en los seres humanos se rige por un tipo de herencia denominada **alelismo múltiple**.

En el **alelismo múltiple** un único carácter está determinado por más de un alelo.

El sistema sanguíneo ABO está determinado genéticamente por tres alelos distintos, A, B y O, con la particularidad de que los alelos A y B son codominantes entre ellos, pero dominantes sobre el alelo o.

RECUERDA

El grupo sanguíneo de una persona depende de la presencia o ausencia de determinadas proteínas en la membrana de los eritrocitos.

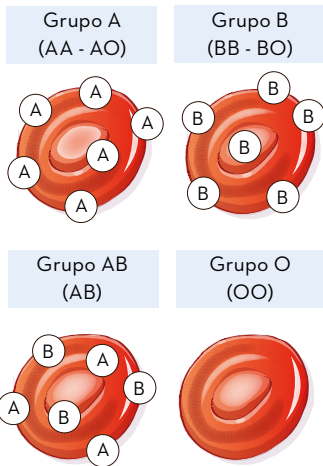
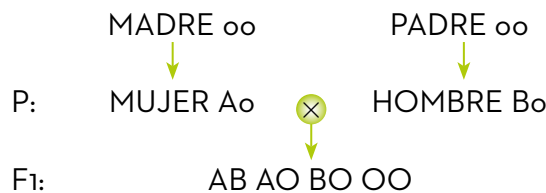


Figura 2.11. Herencia de los grupos sanguíneos.

ACTIVIDAD RESUELTA

6. ¿Cómo podrán ser los hijos de un hombre del grupo B cuya madre era del grupo O, y de una mujer de grupo A cuyo padre era del grupo O?



M	A	o
H		
B	AB (1/4)	Bo (1/4)
o	Ao (1/4)	oo (1/4)

Las probabilidades y los porcentajes de los genotipos y los fenotipos de su descendencia serán un 1/4 (25 %) del grupo sanguíneo AB (genotipo «AB»), un 1/4 (25 %) del grupo A (genotipo «Ao»), 1/4 (25 %) del grupo B (genotipo «Bo») y 1/4 (25 %) del grupo O (genotipo «oo»).

ACTIVIDADES

- ¿Es posible que un hombre del tipo sanguíneo B y una mujer del tipo AB tengan un hijo del tipo O?
- Los tres hijos de una pareja son de los tipos sanguíneos A, O y AB, ¿cuál es el genotipo de sus padres?
- Una pareja solo puede tener descendientes del grupo sanguíneo B heterocigóticos o del grupo O. Indica cuál es el genotipo y el fenotipo de la pareja, y la probabilidad de que su descendencia sea del grupo O y del grupo B. Razona las respuestas.
- Un hombre del grupo sanguíneo B es llevado a juicio por la supuesta paternidad de un niño de grupo sanguíneo O. La madre es del grupo sanguíneo A. Responde a las siguientes preguntas:
 - De acuerdo con esos datos, ¿es posible que este hombre sea el padre del niño?
 - Si lo fuera, ¿cuáles serían los genotipos de los progenitores?
 - ¿Qué genotipo debería tener el hombre para que se descartara su paternidad?



APRENDEMOS A SER CIENTÍFICOS 2. Donando sangre

Para que una transfusión de sangre entre dos personas sea posible se ha de tener en cuenta que sus grupos sanguíneos sean compatibles, es decir, que el plasma del receptor no contenga anticuerpos que aglutinen, formando coágulos, los glóbulos rojos del donante. La transfusión de sangre de una persona con Rh+ a otra con Rh- (es decir, de una persona que tiene este aglutinógeno a otra que no lo tiene) induce la formación de anticuerpos, los cuales pueden hacer que en sucesivas donaciones se aglutine la sangre. De ahí que en las donaciones de sangre y órganos se tenga en cuenta este factor. El **factor Rh** es un tipo de proteína que puede estar presente en la membrana plasmática de los glóbulos rojos. La herencia de este carácter es independiente de la de los grupos A, B, O.

El 85 % de las personas poseen el factor Rh, por lo que se clasifican en este caso como Rh positivas (Rh+).

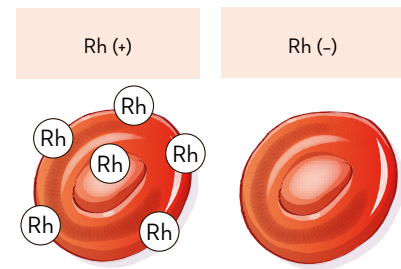
El 15 % restante corresponde a las personas Rh negativas (Rh-), ya que carecen de ese factor.

Al nacer, ni las personas Rh+ ni las Rh- tienen anticuerpos anti-Rh en el plasma sanguíneo. Estos anticuerpos solo se producen cuando un individuo Rh- recibe sangre Rh+ a través de una transfusión o un trasplante, por ejemplo, en el caso de una mujer Rh- embarazada de un feto Rh+.

Herencia del factor Rh:

El factor Rh se determina genéticamente mediante el **alelo D** para Rh+, que es dominante, y el **alelo d** para Rh-, que es recesivo. Así, los genotipos y fenotipos posibles para este carácter serán los siguientes:

Genotipo	Fenotipo
DD	Rh+
Dd	Rh+
dd	Rh-



1. Diagnostica si son posibles las siguientes donaciones, justificando tu respuesta:

Donante	Receptor
A+	AB+
O+	B+
AB-	O+
B-	A-
O-	AB+

- Uno de los hijos de una pareja donde la mujer es A+ y el hombre es B+ nace con grupo AB-. El padre no entiende cómo su hijo puede tener un grupo sanguíneo distinto al de él y al de su mujer. ¿Qué le dirías?
- Otra pareja, con grupos A- (ella) y B+ (él), tienen un hijo. Ella no entiende que su hijo sea B+, igual que su padre, y no tenga nada de su fenotipo. ¿Qué le dirías? ¿Podría alguno de los hijos de la pareja anterior tener descendencia con grupo O-?

3 Base cromosómica de las leyes de Mendel

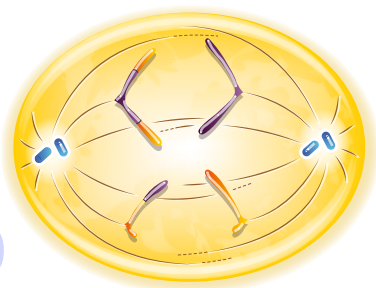


Figura 2.12. Base cromosómica de la primera ley de Mendel.

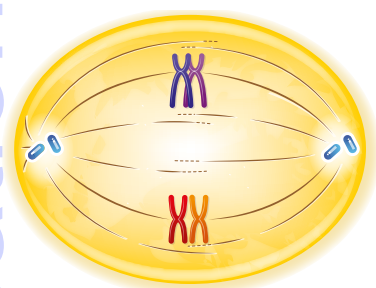


Figura 2.13. Base cromosómica de la segunda ley de Mendel.

Los dos genes alelos que codifican un carácter concreto se segregan durante la producción de gametos mediante una **división celular meiótica**. Así, cada gameto contiene un solo alelo para cada gen, lo que permite que los alelos materno y paterno se combinen en el descendiente y se asegure la **variabilidad genética**.

Las leyes de Mendel reflejan el comportamiento de los cromosomas durante la meiosis. La **primera ley** se explica por la migración aleatoria de los cromosomas homólogos a polos opuestos durante la anafase I de la meiosis. La **segunda ley** responde al alineamiento aleatorio de cada par de cromosomas homólogos durante la metafase I de la meiosis. De este modo, los caracteres hereditarios:

- a) Se distribuyen de modo aleatorio (1.ª ley de Mendel).
- b) Se distribuyen o segregan de modo independiente (2.ª ley de Mendel).

No obstante, no todos los caracteres hereditarios se transmiten de modo independiente. Cuando dos genes se ubican en el mismo par de cromosomas homólogos se denominan **genes ligados**, y su herencia puede no ser independiente e incumplir la segunda ley de Mendel.



RECUERDA

Los genes se ordenan en los cromosomas de manera lineal, como las estaciones de una línea en el plano de metro. Cada estación sería el locus del gen.



VOCABULARIO

Entrecruzamiento o recombinación genética: Intercambio de fragmentos de material genético entre cromosomas homólogos que se puede producir durante la meiosis.

3.1. Teoría cromosómica de la herencia

Los trabajos de Mendel fueron ignorados hasta que nuevos avances en el campo de la citología permitieron evidenciar la relación entre cromosomas y herencia genética.

La denominada **teoría cromosómica de la herencia**, debida a Thomas Morgan, establece esta relación. Morgan demostró esta teoría al descubrir los **genes ligados** gracias a sus estudios con la mosca de la fruta (*Drosophila melanogaster*). Estos son genes que se sitúan cercanos en el cromosoma, por lo que sus caracteres tienden a heredarse juntos.

Los postulados de esta teoría son los siguientes:

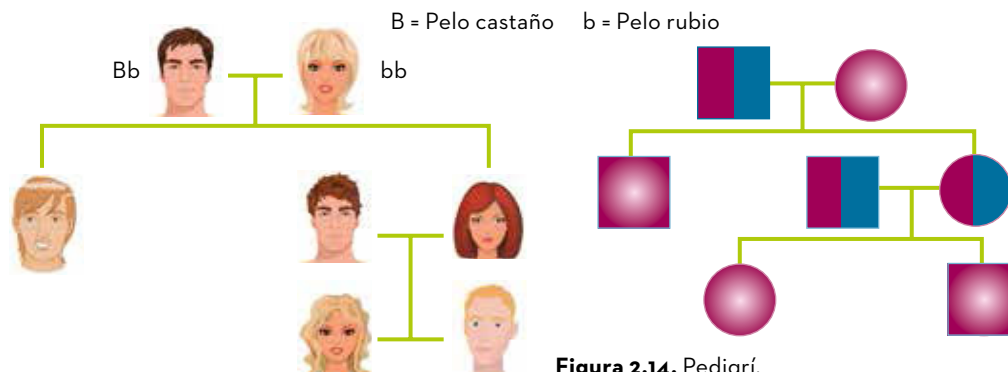
1. Los genes se sitúan en los cromosomas.
2. Los genes se ordenan linealmente en los cromosomas.
3. Los genes próximos tienden a heredarse juntos, por el proceso de **ligamiento**.
4. Los genes pueden heredarse separados, aun estando muy próximos en el cromosoma, gracias al proceso de **entrecruzamiento o recombinación genética**.

3.2. Aplicaciones de las leyes de Mendel

Aunque no todos los genes se heredan cumpliendo las tres leyes descritas por Mendel, los genes alelos se separan en la meiosis y cada gameto llevará solo un alelo.

Por lo tanto, podemos predecir los resultados de los cruzamientos posibles, lo que es de gran utilidad para la mejora genética de especies en sectores como la agricultura y la ganadería.

Además, a partir de los cruzamientos ya realizados se puede inferir, a través del análisis del pedigrí, si un rasgo determinado es una característica genética y por qué mecanismo de herencia se rige.



SABÍAS QUE...

Una aplicación actual de las leyes de Mendel es el uso de marcadores moleculares para la identificación de la paternidad y los lazos familiares.

VOCABULARIO

Pedigrí: Documento que analiza las relaciones genealógicas del organismo para determinar cómo se hereda y manifiesta un determinado carácter.



TE PROPONEMOS UN RETO 2. Las leyes de Mendel

Las leyes de Mendel se han aplicado de manera intuitiva durante siglos tanto en la agricultura como en la ganadería. Actualmente siguen siendo muy útiles en muchos proyectos de biotecnología, concretamente en las primeras fases de su desarrollo científico.

En un primer momento, para descubrir si una característica fenotípica de un organismo eucariota está dada por un único gen, se parte de dos individuos de la misma especie que sean opuestos para ese mismo carácter y se los cruza para analizar la descendencia de las generaciones F1 y F2 de acuerdo con las leyes de Mendel. Si el carácter de interés está determinado por un solo gen, entonces los científicos podrán aplicar técnicas de biología molecular e ingeniería genética para clonar ese gen de interés. Posteriormente, si se decide aplicar las técnicas de ingeniería genética, es decir, obtener un organismo genéticamente modificado, se deberá evaluar la estabilidad genética del organismo transgénico obtenido y su heredabilidad de acuerdo con las leyes de Mendel.

1. Imagina que eres un científico que pertenece a un grupo de investigación que trabaja en un proyecto de desarrollo de plantas de cultivo con gran resistencia a la sequía, algo que podría estar relacionado con la mayor preocupación por las sequías causadas por el cambio climático.
 - a) Elabora el esquema del diseño experimental para la obtención de la variedad natural de plantas de la especie *Agave lechuguilla*, conocida comúnmente como agave, resistente a condiciones de sequía típicas de ambientes semiáridos.
 - b) Explica los mecanismos de heredabilidad que debe cumplir una planta transgénica a la que se le hayan introducido los genes de resistencia a la sequía de la variedad de agave natural seleccionada por tu grupo de investigación, para que sea considerada genéticamente estable.

4 Herencia y sexo

Algunos caracteres no se heredan según los postulados de las leyes de Mendel. Además, hay caracteres que las cumplen, pero tienen distinta proporción en función del sexo.

Los cromosomas humanos se dividen en dos tipos: los autosomas o cromosomas somáticos y los heterocromosomas o cromosomas sexuales. En el ser humano, los cromosomas de los pares 1 al 22 son autosomas, y el par 23 corresponde a los cromosomas sexuales, X e Y.

Los **heterocromosomas** o **cromosomas sexuales** son los cromosomas que participan en la determinación del sexo.

Los **autosomas** o **cromosomas somáticos** son los cromosomas que no determinan el sexo.

Los rasgos o caracteres ligados a los autosomas presentan una **herencia autosómica**, y los rasgos o caracteres ligados a los heterocromosomas representan una **herencia ligada al sexo**, ya sea al cromosoma X o al cromosoma Y. Esto quiere decir que los caracteres ligados a los autosomas no están afectados por el sexo que se transmite a la descendencia, mientras que sí lo están los caracteres ligados a los heterocromosomas.

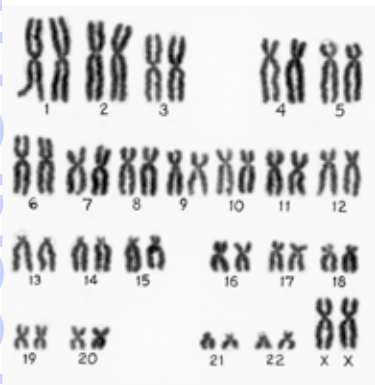
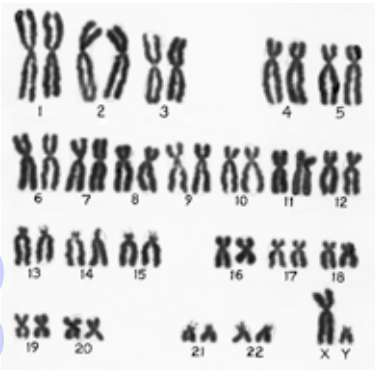


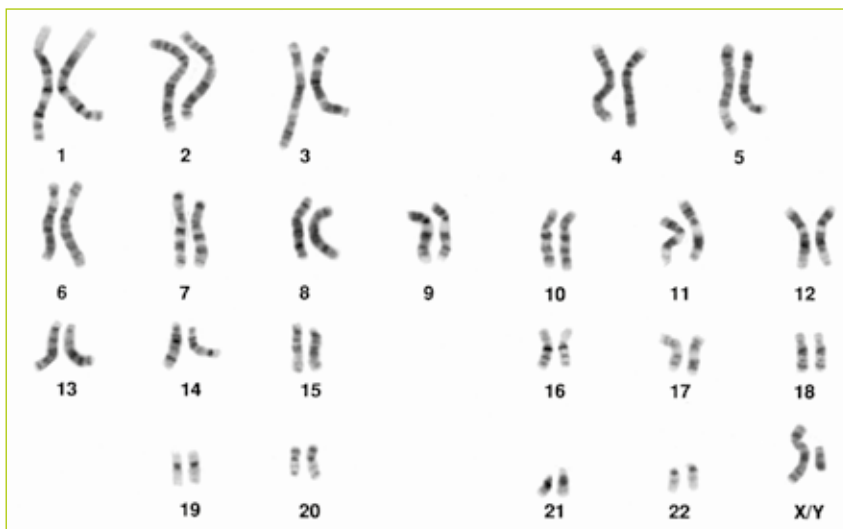
Figura 2.15. Cariotipo humano.



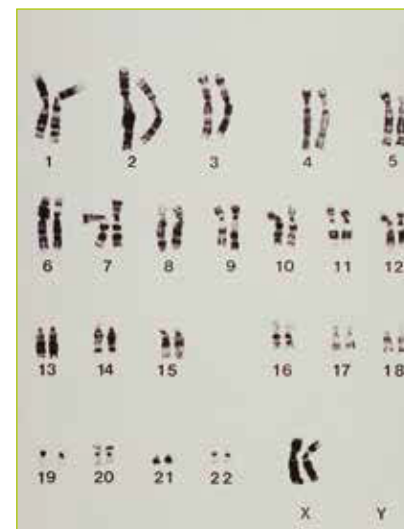
ACTIVIDADES

12. Observa las siguientes imágenes de cariotipos e indica cuáles de estos cromosomas son autosomas y cuáles son heterocromosomas sexuales. Un cariotipo pertenece al sexo femenino y el otro al sexo masculino, ¿cuál es cada uno de ellos?

A)



B)



4.1. La herencia del sexo

La **determinación genética del sexo** es el conjunto de factores y mecanismos genéticos que hacen que un individuo presente gónadas masculinas o femeninas. La diferenciación sexual es la expresión fenotípica de esa determinación.

En la naturaleza existen varias formas para la determinación genética del sexo:

	¿Qué determina el sexo?	Ejemplos
Génica	Un gen concreto	Algunas plantas
Cromosómica	Cromosomas sexuales	La mayoría de las especies, incluidos los seres humanos
Cariotípica	Número de cromosomas	Las abejas, las hormigas y las avispas

En la especie humana, los heterocromosomas X e Y tienen un contenido genético y una morfología que es diferente. El par XX corresponde al sexo femenino y el par XY al masculino. El sexo se hereda con una probabilidad del 50 %.

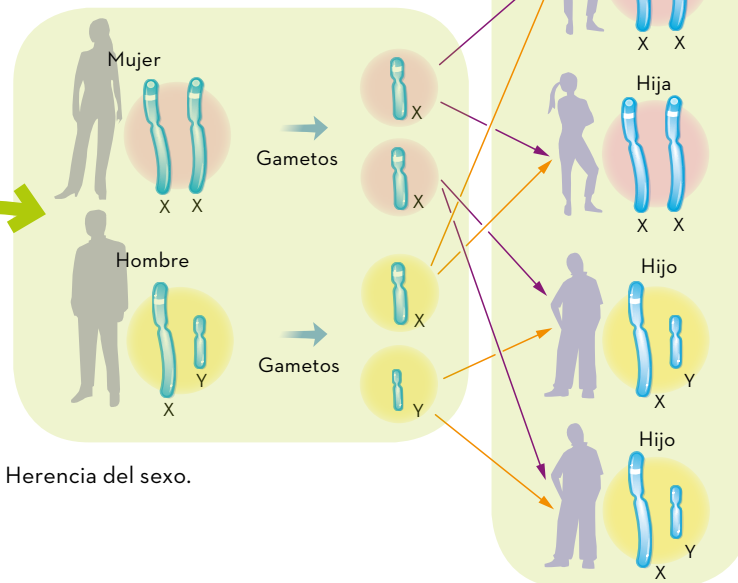


Figura 2.16. Herencia del sexo.

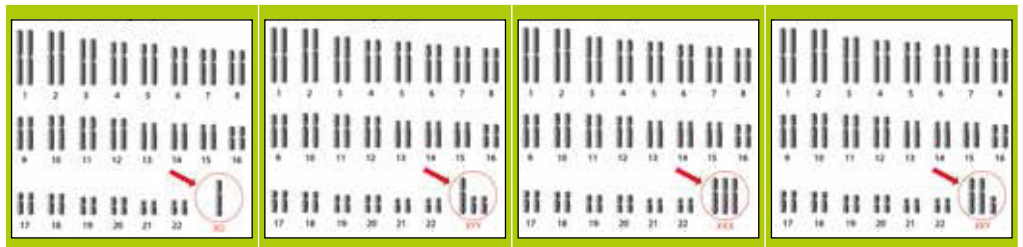
SABÍAS QUE...

El gen SRY, situado en el cromosoma Y humano, es el responsable de la aparición de los testículos durante el desarrollo embrionario. Su ausencia implica la formación de los ovarios.



TE PROPONEMOS UN RETO 3. Los síndromes de anomalía

Copia esta tabla en tu cuaderno e investiga a partir de estos cariotipos a qué síndromes de anomalía en los cromosomas sexuales pertenecen:



Dotación				
Síndrome				
Características fenotípicas				

4.2. La herencia ligada al sexo

Los **caracteres hereditarios ligados al sexo** son aquellos que vienen determinados por genes localizados en los cromosomas sexuales.



CIENCIA 2.0

El daltonismo es un trastorno que interfiere a la hora de distinguir colores, sobre todo el verde y el rojo. ¿Crees que es importante diferenciar entre estos dos colores cuando circulamos por la vía pública?

Revisa tu visión con este test de daltonismo: <https://goo.gl/iL6LfH>

Tipos de herencia ligada al sexo		
Ligada al cromosoma X	Genes situados en el cromosoma X. Recesiva: hijos enfermos, hijas portadoras.	Daltonismo y hemofilia
Ligada al cromosoma Y	Genes situados en el cromosoma Y. Pasa de padres a hijos.	Borde peludo de las orejas
Influida por el sexo	Genes situados en los autosomas influidos por la acción de las hormonas sexuales.	Calvicie en los humanos, cuernos en los ovinos

Tabla 2.1. Herencia ligada al sexo.



ACTIVIDAD RESUELTA

7. Un gen recesivo ligado al sexo produce daltonismo en los hombres. Un hombre con visión normal tiene hijos con una mujer heterocigota portadora de daltonismo:

a) ¿Cómo serán los genotipos de los hijos?

El planteamiento del problema es el siguiente:

Genotipo normal: $X^D X^D \times X^D$

Genotipo daltónico: X^d

P: Madre portadora \times Padre con visión normal

$X^D X^d$ \rightarrow $X^D Y$
 $X^D X^d$ \rightarrow $X^D Y$ $X^d Y$

F1

M \ H	X^D	Y
X^D	$X^D X^D$ (1/4)	$X^D Y$ (1/4)
X^d	$X^D X^d$ (1/4)	$X^d Y$ (1/4)

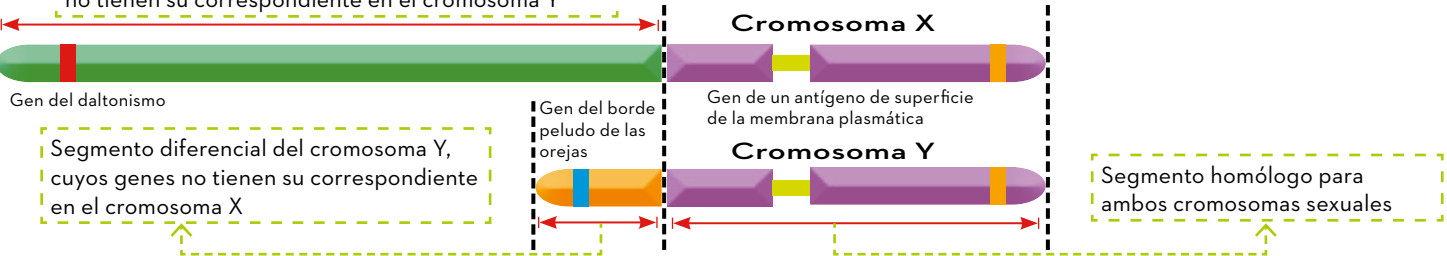
Los porcentajes y proporciones de los genotipos de la descendencia son los siguientes: 1/4 (25 %) de hijas normales, 1/4 (25 %) de hijas portadoras, 1/4 (25 %) de hijos daltónicos y 1/4 (25 %) de hijos normales.

- b) ¿Qué probabilidad hay de que tengan un varón daltónico? 1/4 (25 %).
 c) ¿Y de una hija portadora de daltonismo? 1/4 (25 %).

Los genes situados sobre el segmento diferencial del único cromosoma X y en el cromosoma Y de los varones humanos se encuentran en hemicigosis, por presentar un solo alelo, y se expresan siempre.

En el ser humano el cromosoma X es más grande que el cromosoma Y, por tanto, portador de más información genética

Segmento diferencial del cromosoma X, cuyos genes no tienen su correspondiente en el cromosoma Y

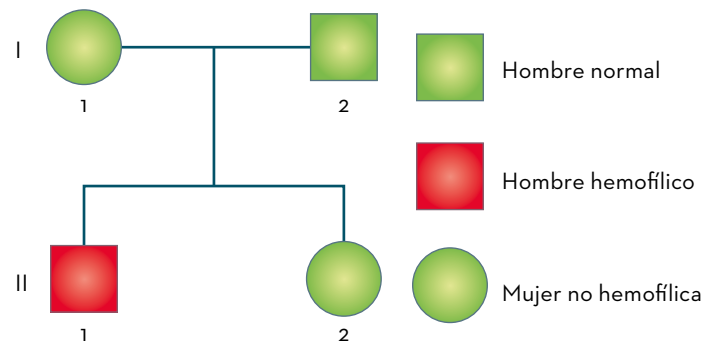


ACTIVIDADES

- Una pareja formada por una mujer y un hombre sanos siente cierta preocupación a la hora de tener hijos, ya que los padres varones de ambos son hemofílicos. ¿Cuál es la probabilidad de que sus descendientes padezcan hemofilia? Representa este emparejamiento con sus porcentajes.
- ¿Cómo será genotípica y fenotípicamente la posible descendencia de una mujer normal cuyo padre era hemofílico con un hombre hemofílico?
- ¿Por qué la calvicie es menos frecuente en mujeres que en hombres?
- ¿Cuál será la probabilidad de que una pareja que ha tenido cinco hijos tenga una hija en un nuevo nacimiento?
- Una mujer lleva en uno de sus cromosomas X un gen letal recesivo y en el otro el dominante normal. ¿Cuáles serán los genotipos de la descendencia de esta mujer con un hombre normal?
- A partir del siguiente árbol genealógico, contesta las siguientes preguntas:

Si el primer hijo de II2 con un hombre normal es hemofílico, ¿cuál es la probabilidad de tener un segundo hijo hemofílico?

Si II1 decide tener descendencia con una mujer normal, no portadora de hemofilia, ¿cuál es la probabilidad de que su primer hijo varón sea hemofílico?



- Una pareja formada por un hombre (A) daltónico y una mujer (B) portadora del daltonismo tiene tres hijos: un niño normal, un niño daltónico y una niña normal. La mujer (B) tiene dos hermanos varones (uno de ellos daltónico y el otro no) y una hermana que tiene visión normal para los colores. La hermana de la mujer (B) tiene tres hijos: dos niños daltónicos y una niña de visión normal. El padre de estos niños no es daltónico. Ni el padre ni la madre de la mujer (B) son daltónicos.

Construye el árbol genealógico.

Determina el genotipo de cada uno de los individuos que aparecen en el árbol genealógico.

5 Enfermedades hereditarias



CIENCIA 2.0

Elabora tu historia familiar de salud utilizando la siguiente aplicación web:

<https://goo.gl/WSS6dk>

Entrevista a tus familiares para obtener la información necesaria para completar al máximo tu retrato de salud familiar.

No todas nuestras enfermedades son producidas por agentes patógenos. Muchas tienen su origen en nuestro propio genoma. Es decir, que cuando nacemos venimos con ellas «de serie».

5.1. Enfermedades hereditarias en el ser humano

Las **enfermedades hereditarias** tienen su origen en el propio ADN del individuo que las porta. Son heredadas y se transmiten a la descendencia.

TIPOS DE ENFERMEDADES HEREDITARIAS			
Cromosómicas		Alterados los cromosomas: número, posición o parte	Síndrome de Down, síndrome de Turner
Génicas	Monogénicas	Alterado un único gen	Fibrosis quística
	Poligénicas	Alterados dos o más genes	Alzhéimer, esquizofrenia
Mitocondriales		Alterado el ADN mitocondrial	Migrañas, demencia

Tabla 2.2. Enfermedades hereditarias.

Nuestro entorno y estilo de vida tiene gran influencia en la aparición de las enfermedades poligénicas. Por ejemplo, los genes que provocan **diabetes tipo II** están muy influenciados por hábitos como la sobrealimentación y la falta de ejercicio físico.



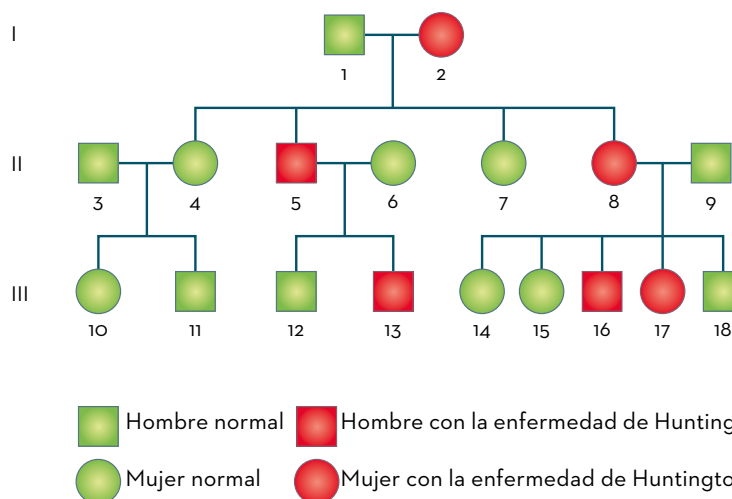
ACTIVIDADES

20. La enfermedad de Huntington es una enfermedad de herencia autosómica dominante. Observa el pedigrí de la imagen, correspondiente a una familia afectada por esta enfermedad:

¿Cuáles serán los posibles genotipos de todos los miembros?

Si la persona III15 tiene tres hijos varones, ¿qué probabilidad tienen sus hijos de desarrollar la enfermedad?

La persona III13 está pensando en tener un hijo, ¿qué probabilidad tiene su hijo de padecer esta enfermedad?





APRENDEMOS A SER CIENTÍFICOS 3. Analizamos árboles genealógicos

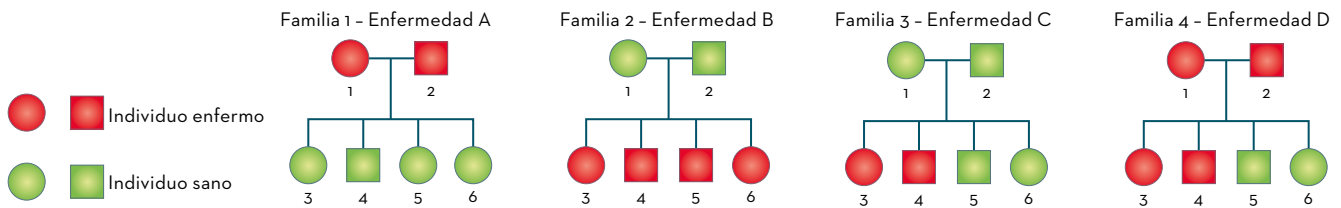
Para estudiar enfermedades hereditarias recurrimos a los árboles genealógicos. De su análisis podemos deducir el tipo de herencia de un determinado carácter, si es dominante o recesivo o si está ligado al sexo o no (y, si lo está, si es al cromosoma X o al cromosoma Y). En suma, averiguamos el genotipo y fenotipo posible de cada individuo.

A continuación se muestra un resumen de normas sencillas para saber el tipo de herencia de un carácter:

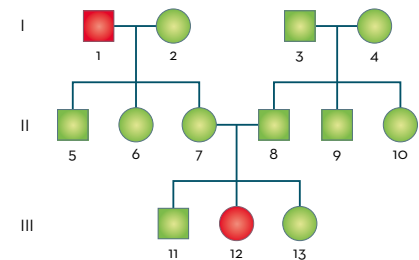
1. El gen no estará ligado al cromosoma Y si lo presenta un hijo varón, pero no lo tiene su padre.
2. Si el gen es recesivo, no estará ligado al cromosoma X si el padre no presenta ese carácter, pero sí aparece en una hija suya.
3. Si el gen es recesivo, no estará ligado al cromosoma X si una madre con el carácter tiene un hijo varón sin él.
4. Si el gen es dominante, no estará ligado al X si el padre presenta el carácter y no lo presentan todas sus hijas, independientemente de como sea la madre.

Te proponemos a continuación una serie de casos de enfermedades hereditarias, para que analices y deduzcas cuál es su tipo de herencia:

1. Del estudio de ciertas enfermedades heredables (A, B, C, D) en una serie de familias (1, 2, 3, 4) se obtienen los siguientes árboles genealógicos. Determina si el gen alelo responsable de la enfermedad es dominante o recesivo. Razona tu respuesta.



2. En el siguiente árbol genealógico se determina la aparición o no de una determinada enfermedad genética, representada en rojo, que depende de un gen con dos alelos: «T» y «t». Uno de ellos domina sobre el otro.



¿Cuáles de las siguientes afirmaciones son verdaderas? Razona tu respuesta.

1. El gen normal es recesivo («t»).
2. La enfermedad está en el cromosoma X.
3. El gen de la enfermedad es dominante («T»).
4. II7 y II8 son ambos heterocigóticos («Tt»).
5. I1 y III12 son «tt» y el resto «TT» o «Tt».
6. El origen de la enfermedad de III12 está en la madre.
7. El gen normal es dominante («T»).
8. III12 ha heredado un alelo de cada progenitor.
9. La origen de la enfermedad de III12 es el abuelo I1.
10. El gen de la enfermedad es recesivo («t»).
11. El hombre II8 alegaba que su abuelo tenía dicha enfermedad. ¿Este hombre estaba en lo cierto?

5.2. Investigación de enfermedades hereditarias

Algunas enfermedades hereditarias se determinan mediante pruebas genéticas que incluyen exámenes de sangre y otros tejidos para detectar trastornos en nuestro material genético. En la actualidad existen más de dos mil pruebas genéticas.

Un **asesor genético** puede darnos información acerca de las ventajas y las desventajas de las pruebas genéticas.



Figura 2.17. Amniocentesis.

Algunos motivos para hacer pruebas genéticas

1. Encontrar trastornos genéticos, como una anomalía cromosómica, en el feto.
2. Saber si se tiene el gen de una enfermedad que pueda transferirse a la descendencia.
3. Estudiar embriones para detectar enfermedades hereditarias e infecciosas.
4. Evaluar en adultos enfermedades genéticas antes de que se presenten los síntomas.
5. Hacer un diagnóstico en una persona que tiene síntomas de una enfermedad.
6. Determinar el tipo o dosis de medicamento que es mejor para una persona.

Un tipo de pruebas genéticas habituales son las **pruebas prenatales**, que proporcionan información acerca de la salud de los bebés antes de nacer.

Una de las pruebas prenatales más extendidas es la **amniocentesis**, utilizada para diagnosticar ciertos defectos de nacimiento y trastornos genéticos. Se realiza a través del análisis del **líquido amniótico** que rodea al bebé en la matriz y que contiene células de tejidos embrionarios. Su realización implica determinados riesgos para el embrión. Otra prueba que aporta información importante son las **ecografías**. Con ambas pruebas se puede determinar el sexo del nuevo individuo.

Las pruebas genéticas se estudiarán de manera mucho más pormenorizada en la siguiente unidad.



ACTIVIDADES

21. Copia este texto en tu cuaderno y complétalo con las siguientes palabras:

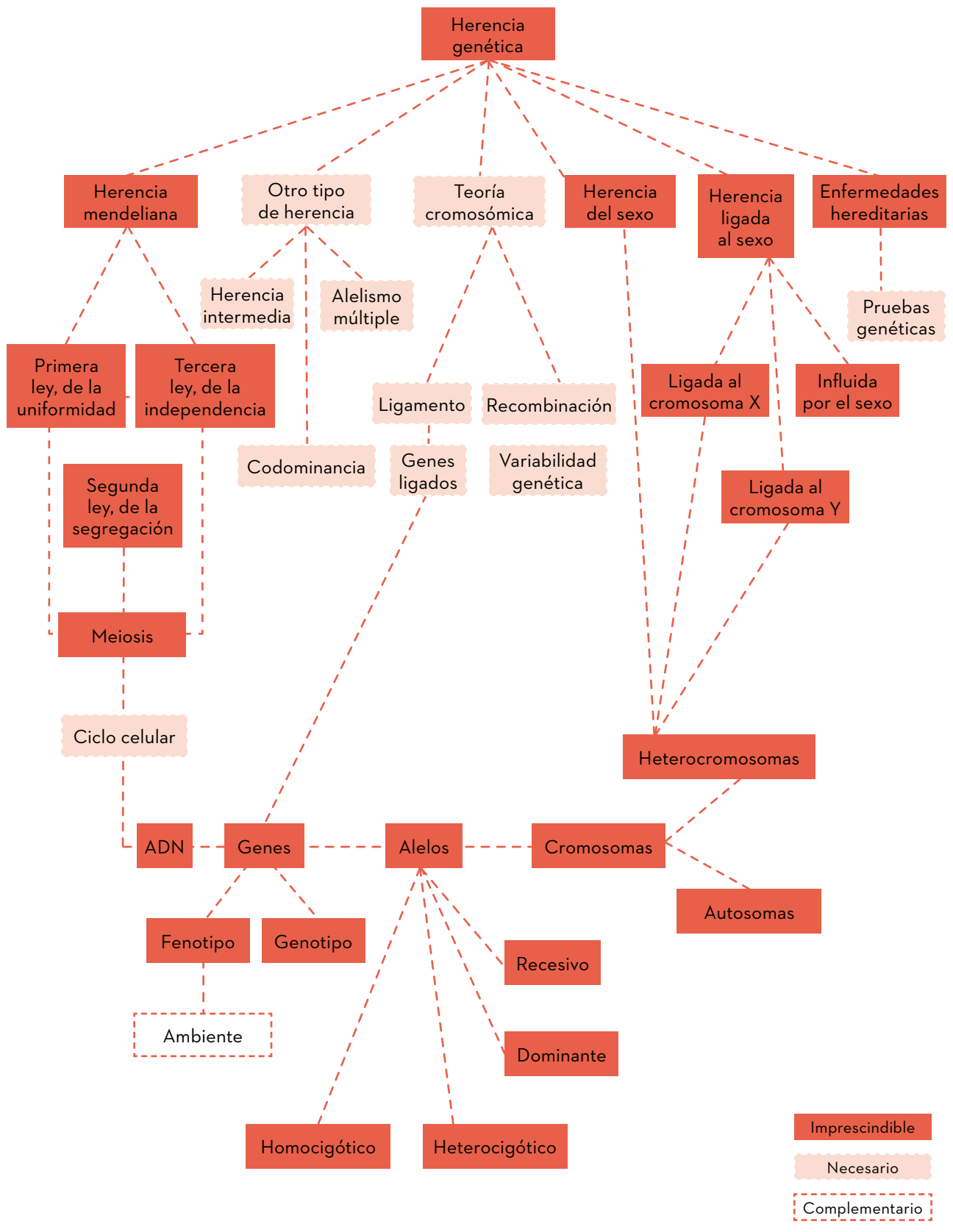
ADN / amniótico / amniocentesis / anomalía / desarrollo / diagnosticar / drogas / ecografía / malformaciones / prevenir / umbilical

Algunas enfermedades hereditarias se pueden [] en los bebés antes de nacer, mediante la técnica llamada []. Se realiza tomando una muestra del líquido [] para analizarlo y se cultivan las células fetales. En las células fetales cultivadas se puede estudiar una función

concreta o analizar su [] para detectar una [] congénita. También se puede obtener una muestra de sangre fetal del cordón []. Gracias a la [] se pueden visualizar embarazos múltiples, determinar el sexo del bebé y otra información de interés. Para [] la aparición de [] que dependen del ambiente durante el [] embrionario, las embarazadas deben cuidar su salud, evitando automedicarse y el consumo de alcohol, tabaco y [].



MAPA SEMÁNTICO



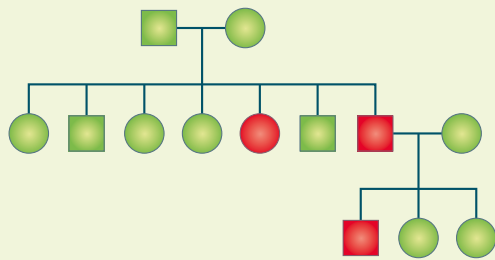


ACTIVIDADES FINALES

Herencia mendeliana: un carácter

1. El albinismo en los seres humanos es la ausencia de pigmento en el cabello, la piel y los ojos. En la genealogía, los símbolos en rojo son personas albinas. Explica y reflexiona:

- Si el gen del albinismo es dominante o recesivo.
- Si su herencia está ligada al sexo o no.



2. En relación con un tipo de anemia, se da la situación de que los individuos heterocigóticos la padecen, los homocigóticos dominantes no la presentan y los homocigóticos recesivos no llegan a nacer. ¿Cuáles serían los fenotipos y los genotipos, y sus proporciones, de la F1 de los siguientes cruces?

- Una pareja de heterocigóticos con anemia.
- Una persona con anemia con otra que no la padece.

3. En la especie humana el frente del pelo en pico depende de un gen dominante («P»), mientras que el gen que determina el pelo recto es recesivo («p»). ¿Cómo podrán ser los hijos y las hijas de un hombre homocigótico de pelo en pico y de una mujer homocigótica de pelo recto? Indica la probabilidad de los genotipos y fenotipos.

4. En el laboratorio, se han obtenido ratones negros homocigóticos («BB») a partir de ratones negros heterocigóticos («Bb»). Se sabe que el gen alelo «b» codifica el color blanco del ratón. ¿Por qué razón crees que no se ha

obtenido ningún ratón blanco? Razona tu respuesta.

Herencia mendeliana: dos caracteres

5. Para comprobar su tercera ley, Mendel cruzó plantas de flor de color púrpura («P») y tallo largo («L»), caracteres dominantes, frente a plantas de flor blanca («p») y tallo corto («l»), recesivos. Deduce el porcentaje de los genotipos de su descendencia.

6. En humanos, el gen que determina el color oscuro del pelo es dominante («P») frente al pelirrojo («p»), y el gen que determina el color pardo de los ojos («O») es dominante sobre el de los ojos azules («o»). Un hombre de ojos pardos y pelo oscuro y una mujer también de pelo oscuro, pero de ojos azules, tuvieron dos hijos, uno de ellos pelirrojo y con los ojos pardos, y el otro de pelo oscuro con los ojos azules. Representa este cruzamiento, indicando los genotipos y los fenotipos, así como las probabilidades de los genotipos de su descendencia.

Herencia intermedia

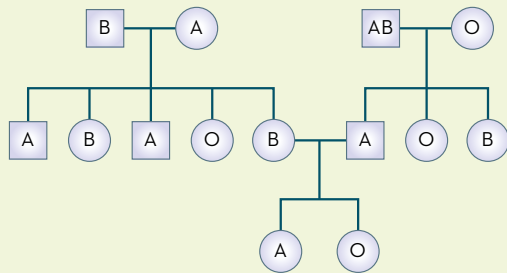
7. Se cruzan dos plantas de flores de color naranja y se obtiene una descendencia formada por 30 plantas de flores rojas, 60 de flores naranjas y 30 de flores amarillas. ¿Qué descendencia se obtendrá al cruzar las plantas de flores naranjas obtenidas con las de flores rojas y amarillas también obtenidas?

8. Una planta de jardín presenta dos variedades: una de flores rojas y hojas alargadas y otra de flores blancas y hojas pequeñas. El carácter color de las flores se transmite por herencia intermedia, y el carácter tamaño de la hoja presenta dominancia del carácter alargado. Si se cruzan ambas variedades, ¿qué probabilidad

des genotípicas y fenotípicas aparecerán en la F2? ¿Qué probabilidad de las plantas con flores rojas y hojas alargadas de la F2 será homocigóticas?

Alelismo múltiple

9. Observa en el pedigrí que uno de los individuos tiene un grupo sanguíneo que no concuerda con el tipo de herencia de este carácter.



- a) ¿Quién es esa persona?
b) ¿Es más probable que esta persona sea hijo o hija de la que aparece como su madre en la genealogía, pero no del padre, o un bebé cambiado por error en la clínica al nacer?

Herencia ligada al sexo

10. Un hombre que padece cierta enfermedad genética tiene dos hijas y dos hijos con una mujer sana. Las dos hijas padecen la enfermedad del padre; sin embargo, ninguno de los hijos la tiene. ¿A qué tipo de herencia te parece que responde la enfermedad del padre?
11. La calvicie se debe a un gen influido por el sexo, dominante en hombres y recesivo en mujeres. Un hombre heterocigótico calvo se empareja con una mujer con cabello, cuyo padre no era calvo, pero cuya madre sí. ¿Qué

fenotipos podrán presentar sus hijos e hijas y con qué probabilidad?

12. La atrofia óptica es una enfermedad determinada por un gen («a») ligado al cromosoma X. Una pareja en la que ambos tienen visión normal tiene una descendencia en la que el 50 % de los hijos varones padecen atrofia óptica.
- a) ¿Cuál es el genotipo de los progenitores?
b) ¿Por qué no nacen hijas con atrofia óptica?

Enfermedades hereditarias

13. ¿Cómo puede un error en la meiosis originar gametos con un número anómalo de cromosomas? Explícalo para el caso del síndrome de Down y de Turner.
14. La acondroplasia es una anomalía determinada por un gen autosómico que produce un tipo de enanismo. Una pareja en la que ambos miembros manifiestan la acondroplasia tiene dos hijos, uno que sufre esa anomalía y otro que no.
- a) Ante esta situación, ¿dirías que la acondroplasia es de herencia dominante o recesiva? ¿Por qué?
b) ¿Cuál es la probabilidad de que su próximo descendiente no sufra acondroplasia?
15. La aniridia, enfermedad humana que cursa con dificultades de visión, y la jaqueca son debidas a factores dominantes («A» y «J», respectivamente). Un hombre con aniridia cuya madre no la padecía se empareja con una mujer que sufre jaqueca, pero cuyo padre no manifestaba ese mal. ¿Qué porcentaje de su descendencia sufrirá probablemente ambas enfermedades?
16. Indica los genotipos probables de una pareja sana, uno de cuyos hijos varones padece daltonismo y el otro hemofilia.



APRENDER A APRENDER

Investigando sobre algunos caracteres hereditarios en el ser humano

Con este pequeño proyecto aprenderemos a reconocer las variaciones fenotípicas para una serie de caracteres en una población delimitada y, a partir de ellas, cuando sea posible, obtendremos su genotipo. ¡Recuerda, cuanto mayor sea la muestra, más fiables serán los resultados!

Te proponemos la siguiente tabla para anotar los datos personales de cada individuo de la muestra poblacional. Marca los cuadros correspondientes según los caracteres que presente:

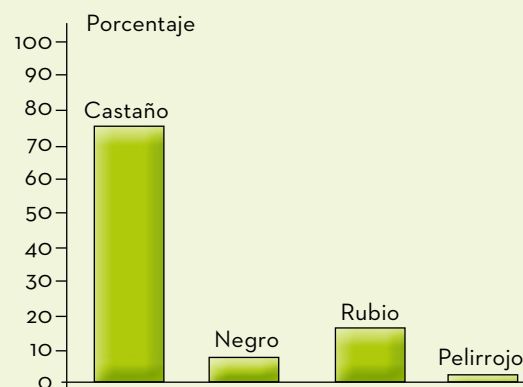
Tabla de toma de datos de un individuo				
Identificación del individuo:				
Carácter	Fenotipos			
Color de pelo	Castaño	Negro	Rubio	Pelirrojo
Forma de la línea frontal del pelo (pico de viuda)	Recta		Con pico	
Color de los ojos	Pardo oscuro	Pardo claro	Verde	Azul
Lóbulo de orejas	Pegado		Separado	
Hoyuelo en la mejilla	Presente		Ausente	
Enrollamiento de la lengua extendida	Puede		No puede	



Una vez recogidos los datos, elaboraremos una tabla resumen con todos ellos en la que podamos observar el grado de presencia de los caracteres estudiados en esa población. Después confeccionaremos algunos gráficos. Ten en cuenta que tendrás que cuantificar a los individuos que tengan cada carácter para realizar las gráficas.

Ejemplo de tabla de datos para un carácter				
Color de pelo	Castaño	Negro	Rubio	Pelirrojo
N.º indiv.	259	30	52	2
%	75	8,75	15,1	0,59

Ejemplo de gráfico



- Determinar, si es posible, cuál es el tipo de herencia de los caracteres analizados.
- De acuerdo con el tipo de herencia, nombrar los alelos adjudicados a cada carácter en la hoja de datos, usando una letra distinta para cada carácter, que irá en mayúsculas o minúsculas según sea dominante o recesivo, respectivamente.
- Indicar, cuando sea posible, los genotipos de todos los individuos para cada carácter.

Te proponemos, de manera complementaria, que construyas un árbol genealógico que represente los fenotipos de cada persona de tu familia.

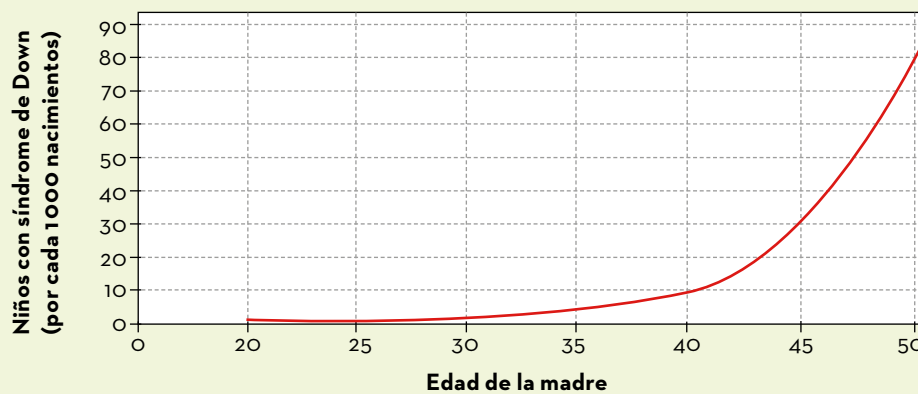
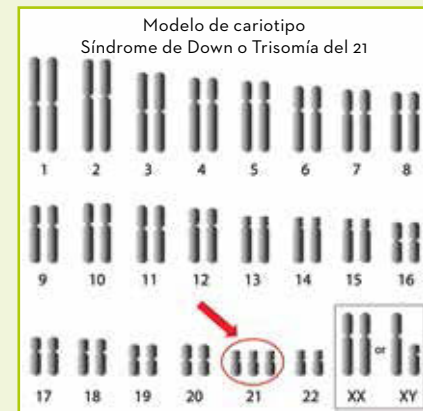


Analizamos gráficos

Al envejecer, el ADN de nuestras células va acumulando cada vez más mutaciones o anomalías, lo que aumenta la frecuencia de aparición de determinadas enfermedades con la edad. Como no solo las células somáticas de nuestro cuerpo contienen mutaciones en su ADN, sino que también nuestras células sexuales las acumulan, con la edad aumenta también la probabilidad de transmitir las enfermedades hereditarias a nuestra descendencia.

Algunas enfermedades hereditarias están causadas por anomalías en el número de cromosomas que poseen nuestras células, ya sea por exceso o por defecto, debidas a errores durante la meiosis. Una de las más frecuentes es el denominado **síndrome de Down** o **trisomía del 21**, producida por la presencia de un cromosoma extra en la pareja de cromosomas homólogos 21, como queda representado en el cariotipo de la imagen.

En el siguiente gráfico se indica la progresión en la aparición de descendencia con síndrome de Down en relación con la edad de la madre. Analiza detenidamente la información que se muestra y responde a las siguientes preguntas:



- ¿Cómo varía la frecuencia de nacimiento de bebés con síndrome de Down entre las madres de 35 y 50 años?
- ¿A partir de qué edad de la madre se dispara la probabilidad de tener descendencia con esta alteración?
- En el gráfico se indica la influencia del acúmulo de anomalías en los cromosomas sexuales femeninos, pero, ¿crees que también aumentará con la edad del padre la probabilidad de transmitir estos problemas hereditarios a través de la información genética masculina? Razona tu respuesta.
- ¿Qué conoces sobre este síndrome? Amplia tus conocimientos buscando información en diversas fuentes.

Para saber más sobre enfermedades de tipo cromosómico, visita este enlace y pincha en «Alteraciones cromosómicas»: <http://genmolecular.com/alteracionescromosomicas/>

Publicaciones personalizadas a tu medida



¡Elige el contenido y crea el manual que mejor se adapta a tus necesidades!

Create permite crear una obra personalizada a través de un proceso fácil e intuitivo seleccionando material del catálogo de McGraw-Hill. Además, se puede adaptar a las necesidades de cada docente ¡añadiendo material propio!

El deseo de todos los profesores ha sido siempre tener el libro que refleje fielmente los temas del curso y con el que los alumnos dispongan de todo el material que necesitan para seguir la clase y superar la asignatura. McGraw-Hill Education fiel a su misión de ayudar a los docentes y enseñar a los estudiantes, pone a disposición de cualquier profesor su oferta editorial y la diversidad de las soluciones de aprendizaje de las que dispone para lograr este objetivo.

Entra en nuestra web:

 <http://create.mheducation.com>

**¡Accede a todo el catálogo!
y crea tu libro a medida en 3 sencillos pasos**

Centro de Enseñanza Online (CEO)

www.mhe.es

El Centro de Enseñanza Online (CEO) es un espacio donde encontrará información práctica y todos los recursos didácticos necesarios para el desarrollo de cada disciplina. Este espacio es de gran utilidad para el alumnado y el profesorado, y una herramienta imprescindible para afrontar los retos que exige el mercado laboral, cada vez más competitivo y especializado.

Organizado en tres partes:

Centro de información

El centro de información ofrece información práctica del contenido de la obra: presentación, tabla de contenido, etc. Consulte los diferentes apartados dependiendo de la información que necesite.

Centro del estudiante

El centro del estudiante está especialmente creado para que los alumnos accedan a información práctica que pueden utilizar para afianzar conocimientos y auto-evaluarse en cada disciplina.

Centro del profesor

El centro del profesor pone a su disposición material de apoyo que puede utilizar en sus clases. Rellene el formulario de registro y solicite la clave de acceso para poder consultar todos los apartados.





Una nueva forma de leer...
Una nueva forma de aprender

¿Te imaginas un libro de texto adaptado a las necesidades individuales de cada estudiante?



SmartBook® es la primera y única experiencia de lectura y aprendizaje adaptativo diseñada para cambiar la forma en la que los estudiantes leen y aprenden, rompiendo con el camino lineal de los libros de texto tradicionales y adaptándose a las necesidades y al ritmo de cada estudiante.

¿Qué es?

SmartBook® es una herramienta de aprendizaje adaptativo que combina una revolucionaria tecnología desarrollada por McGraw-Hill Education con un libro digital interactivo. **SmartBook®** analiza la forma en la que lee y aprende el estudiante y, en función de sus respuestas a preguntas sobre lo estudiado y la seguridad sobre sus conocimientos, le va guiando a través de los contenidos del libro, de una manera personalizada y adaptada a su propio ritmo de aprendizaje, para que cada minuto que pasa el alumno estudiando sea lo más efectivo posible.

¿Cómo funciona?

SmartBook® consta de varias fases:



Lee

En la fase de lectura, el estudiante es guiado a través del texto para que lea de una manera adaptada a sus necesidades. En **SmartBook®** el estudiante tiene acceso al texto completo, pero se le mostrarán áreas resaltadas en **amarillo** que indican el contenido en el que debería centrar su estudio en ese momento concreto. Las áreas resaltadas del texto van variando en función de sus respuestas en la parte práctica, subrayando nuevos temas y conceptos de más nivel, una vez que el estudiante ha demostrado el dominio de los conceptos esenciales del tema.





Practica



En la fase de práctica, los estudiantes afianzan lo aprendido hasta el momento realizando una serie de actividades de diversa tipología.

Antes de responder, se pedirá al estudiante que evalúe el grado de seguridad sobre sus conocimientos:

Sé la respuesta

Eso creo

No estoy seguro

Ni idea

En función de las respuestas a esas preguntas, el grado de seguridad que establezcan y otros datos que va recogiendo el sistema mientras los estudiantes trabajan, **SmartBook®** irá ajustando el camino de aprendizaje de cada estudiante adaptándolo a su ritmo y necesidades y determinando cuál será la siguiente pregunta.



Lee



Practica

De vuelta en la fase **Lee**, el estudiante se encontrará con nuevas partes del texto resaltadas en **amarillo**, que indican el nuevo contenido a estudiar, y otras resaltadas en **verde**, que son los temas o conceptos que el estudiante ha demostrado que domina al responder correctamente a las preguntas en la fase de práctica.

Subrayado amarillo: muestra el contenido que es importante para el estudiante en este momento.

Subrayado verde: muestra el contenido que el estudiante ha demostrado que domina realizando preguntas en la fase de práctica.

La mejor manera de estudiar con **SmartBook®** es ir pasando de una fase a otra hasta completar la unidad. La propia herramienta ayudará al estudiante a identificar cuándo ha llegado el momento de cambiar de fase.



Repasa

Para asegurar el dominio de los temas y la retención a largo plazo de los conceptos aprendidos, en esta fase el estudiante repasa en forma de actividades el contenido importante que el sistema ha identificado que es más probable que olvide.



Informes completos sobre el progreso del curso



Profesor

Los informes del profesor le permiten conocer en tiempo real las fortalezas y las debilidades de sus alumnos de manera individual y a nivel global, y adaptar así sus clases y tutorías.

Estudiante

Los informes del estudiante proporcionan detalles sobre su progreso, sobre los temas que domina y los que necesita estudiar más, para que pueda maximizar su tiempo de estudio.



Beneficios

Todo son ventajas

Para el profesor:

- Mejora la calidad y la productividad de las clases.
- Facilita la adaptación de las clases al nivel y necesidades de los alumnos.
- Ayuda a prevenir el posible fracaso escolar y a remediarlo antes de que ocurra.
- Mejora el rendimiento de los alumnos y su nivel de notas.

Para el estudiante:

- Ofrece el contenido adecuado para cada estudiante en el momento preciso para maximizar el tiempo de estudio.
- Excelente preparación para clase y para los exámenes.
- Ayuda a retener conceptos clave a largo plazo.
- Ayuda a conseguir mejores notas.
- Herramienta *online*: sin descargas, sin necesidad de grabar el progreso.
- Acceso en cualquier momento a través de una conexión a Internet y desde múltiples dispositivos.
- Interfaz intuitiva y atractiva.
- Es divertido, porque permite competir con otros usuarios.



La mejor manera de sacar el máximo provecho a las ventajas de **SmartBook®** es crear una clase a la que se apuntarán tus alumnos. Los estudiantes pueden trabajar independientemente o asociados a tu clase, pero la experiencia es mucho más positiva y productiva si se integra **SmartBook®** como una parte más de la asignatura. Te damos algunas opciones o ideas:



SMARTBOOK® ...

... antes de ir a clase

Puedes decir a tus alumnos que estudien con **SmartBook®** antes de ir a clase. Así, podrás basar tus clases en los datos que obtengas con la herramienta.

... como deberes

Puedes presentar el contenido en clase y después, a modo de deberes, decirles que estudien el tema con **SmartBook®**. Posteriormente, en función de los datos que obtengas sobre el progreso, las fortalezas y las debilidades de tus alumnos, podrás reforzar ciertos contenidos y hacer un seguimiento general e individual de lo que realmente se ha aprendido.

... antes del examen

Puedes dar la unidad completa y recomendar a tus alumnos que utilicen **SmartBook®** para preparar el examen. Si tienen examen de final de curso, recuerda a tus alumnos que utilicen regularmente la fase **Repasa** para estar preparados cuando llegue el gran día.



Si tus alumnos tienen dificultades para acceder a Internet, una buena solución puede ser dedicar periódicamente tiempo de clase a **SmartBook®** en el aula de informática.

McGraw-Hill Education

una editorial global a tu servicio

www.mheducation.es

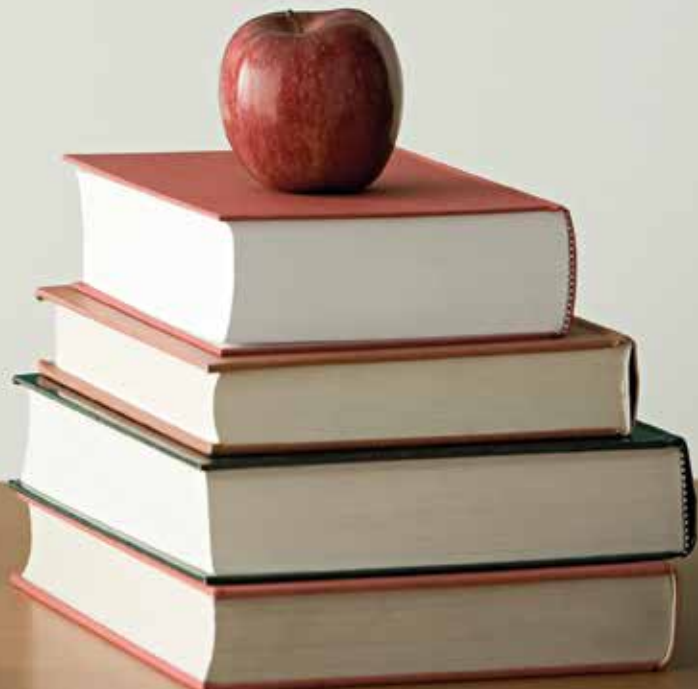


Para más información: Tel. 902 289 888

educador@mheducation.com

www.mheducation.es / www.mhe.es

La tienda de **McGraw-Hill Education** te ofrece las **mejores ventajas**



Envío GRATIS

a partir
de 25€

Consigue tus Gastos de Envío GRATIS

Ahora en McGraw-Hill Education te regalamos los gastos de envío. Si el importe de tu pedido es superior a 25€, los gastos de envío valorados en 5€ serán descontados de tu compra.

Tus libros de texto
con un
**20% de
descuento**

¡Ahórrate un 20% en los libros de tus hijos cada curso!

Compra cualquiera de nuestros títulos para Primaria y ESO y disfruta de un **descuento inmediato** del 20% en el precio de tus libros.

**5% de descuento
en todo nuestro
fondo
editorial**

5% de descuento en todo nuestro fondo editorial

Todos los productos McGraw-Hill Education más económicos en nuestra tienda online. Selecciona tu producto y benefíciate de un **5% de descuento** comprando cualquiera de nuestros títulos.

Nuestro proceso de compra es muy sencillo 🛒



- 1 Localiza todos nuestros productos en el apartado **TIENDA** en el menú principal.
- 2 Encuentra tu producto navegando por nuestro catálogo o en el buscador.
- 3 Añade a la **CESTA** lo que quieres adquirir e inicia el proceso de compra, pinchando en **REALIZAR PEDIDO**.

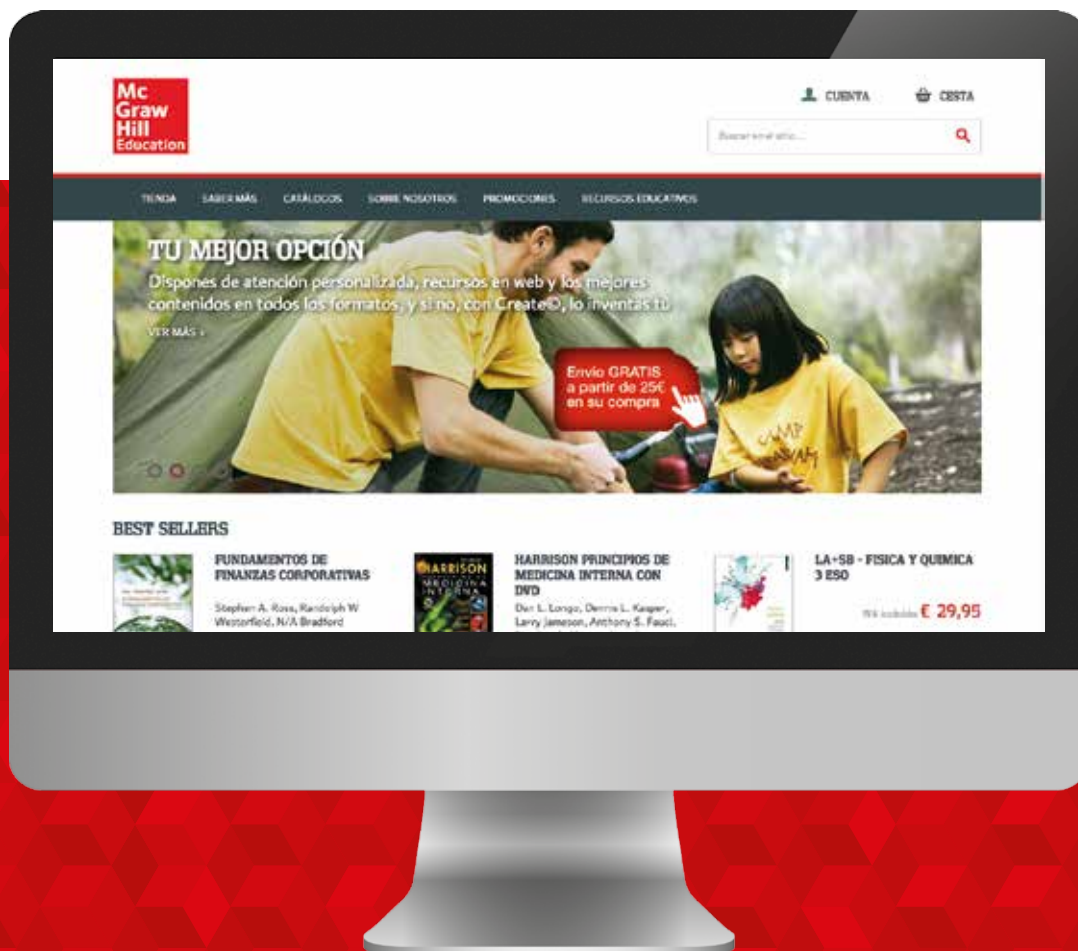
Regístrate como cliente y visualiza siempre que quieras el contenido de tu cesta o las compras realizadas

**¡Todo el fondo de McGraw-Hill Education
en papel o formato digital ahora más fácil y económico!**

www.mheducation.es

 Porque el aprendizaje lo cambia todo

Porque el aprendizaje lo cambia todo



¡La tienda *online* de McGraw-Hill Education!

www.mheducation.es

Toda la información | Todos los productos | Sencillo y rápido



Atención al profesorado:

902 929 008 • 902 289 888
educador@mheducation.com

McGraw-Hill Education
Basauri, 17 - Edificio Valrealty - Planta 1ª
28023 Aravaca (Madrid)
Teléfono: 91 180 30 00 • Fax: 91 180 31 00
www.mheducation.es