



I.E.D. ESCUELA NORMAL SÚPERIOR

TERCER PERIODO ACADÉMICO 2021

GUÍA PEDAGÓGICA

ASIGNATURA/AS: Ciencias Naturales Artes

NOMBRE DEL DOCENTE(S):

- Javier Leonardo Cifuentes
Edwin David Roa
Kenier Iván Téllez López
Aida Sastoque

GRADO:

Octavo
801, 802, 803, 804

FECHA INICIO:

19 de Julio del 2021.

FECHAS DE ENTREGA DE TRABAJOS Y FINALIZACIÓN DE PERIODO:

FECHA DE FINALIZACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS:

1 AVANCE SEMANA DEL 26 AL 30 DE JULIO
2 AVANCE SEMANA DEL 2 AL 6 DE AGOSTO

3 AVANCE SEMANA DEL 16 AL 20 DE AGOSTO

ENTREGAS FINALES SEMANA DEL 30 DE AGOSTO AL 3 DE SEPTIEMBRE 2021

Las fechas de entrega de actividades estarán sujetas a las indicaciones de cada docente de las diferentes áreas y dependen de la organización institucional.

ESTANDAR BÁSICO DE COMPETENCIA:

Identifico aplicaciones de algunos conocimientos sobre la herencia y la reproducción al mejoramiento y la calidad de vida de las poblaciones

NÚCLEO PROBLÉMICO:

¿Como se transmiten las características de padres a hijos?

_ El núcleo celular y la reproducción; los ácidos nucleicos: ADN, ARN; gen y cromosoma; mitosis, meiosis y gametogénesis (espermatogénesis, ovogénesis; leyes de Mendel.

HABILIDADES ESPECÍFICAS QUE VA A DESARROLLAR EL ESTUDIANTE:

Interpreto y analizo estructuras celulares para comprender procesos genéticos.

Recojo y organizo información relevante para comprender y comparar estructuras y procesos genéticos.

Pregunto y respondo sobre el porque me parezco a mis padres, reconociéndome como fruto y gestor del proceso reproductivo.

INTEGRALIDAD, ACORDE AL MODELO PEDAGÓGICO INTEGRADOR CON ENFOQUE SOCIO CRÍTICO:

Artes. Trabajo con plastilina para diseñar el proceso de mitosis y meiosis

NÚCLEOS TEMÁTICOS

El núcleo celular y la reproducción; ciclo celular; los ácidos nucleicos: ADN, ARN; gen y cromosoma; mitosis, meiosis y gametogénesis (espermatogénesis, ovogénesis; leyes de Mendel.

RECURSOS

- Colores.
- Cartulina.

- PC.
- Cuaderno.
- Programa Word.
- Correo electrónico Gmail.
- Plataforma Google Classroom para los estudiantes que tienen acceso a internet.
- Programa Word.
- Correo electrónico (Gmail)
- Plataforma Classroom (para aquellos que cuentan con acceso a internet)
- WhatsApp.
- Cuadros según la actividad.

RUTA METODOLÓGICA

1. DIALOGO DE SABERES (Saberes previos del estudiante y su familia):

Actividad 1: Observa el video de la odisea de la vida (<https://www.youtube.com/watch?v=yvr5UCDM9QI>), y teniendo en cuenta el núcleo problémico y los núcleos temáticos, realiza la siguiente rutina de pensamiento:

¿Qué veo? Recuerdas que según el método científico, debemos observar lo que vemos	¿Qué pienso? Con respecto a la imagen temas y subtemas.	¿Qué preguntas tengo teniendo en cuenta la relación entre el video, el tema y los subtemas?	¿Qué se del tema?

1 AVANCE SEMANA DEL 26 AL 30 DE JULIO

2. ESTRUCTURACIÓN DEL NUEVO CONOCIMIENTO:

2.1 Elabore cuadros comparativos y sus respectivos dibujos para mejorar la comprensión, entre, para realizar las siguientes actividades tenga en cuenta el anexo 1.

- ADN y ARN
- Gen y Cromosoma
- Espermatogénesis y Ovogénesis

2 AVANCE SEMANA DEL 2 AL 6 DE AGOSTO

2.2 Diseñe un mapa conceptual sobre las leyes de Mendel. **3 AVANCE SEMANA DEL 16 AL 20 DE AGOSTO**

2.3 Desarrolle el taller del anexo 2. **3 AVANCE SEMANA DEL 16 AL 20 DE AGOSTO**

3. APLICACIÓN DE SABERES.

3.1. Utilizando plastilina haga el proceso de Mitosis y Meiosis, indicando sus nombres y partes, (tenga cuidado de tener letra clara) luego fotografíe y envíe en formato pdf.

ENTREGAS FINALES SEMANA DEL 30 DE AGOSTO AL 3 DE SEPTIEMBRE 2021

NIVELES DE DESEMPEÑO

BAJO: BAJO (1.0 - 2.9)

Se le dificulta comprender y entregar oportunamente las actividades asignadas incumpliendo con los requerimientos y el desarrollo de las habilidades propuestas para las diferentes asignaturas.

No se prepara ni participa en clase y/o no entrega actividades.

BÁSICO: BÁSICO (3.0 - 3.9)

Pocas veces de documenta para formular y responder preguntas y por consiguiente presenta dificultades en los niveles de interpretación, argumentación y proposición. Debe ser mas puntual, organizado (a) y comprometido (a) con su proceso formativo.

ALTO: ALTO (4.0 - 4.5)

Comprende y entrega oportunamente las actividades asignadas cumpliendo con los requerimientos y el desarrollo de la habilidades propuestas para las asignaturas.

SUPERIOR SÚPERIOR (4.6 - 5.0)

Comprende y entrega las actividades asignadas con un excelente compromiso y nivel de responsabilidad, cumpliendo los requerimientos con calidad, puntualidad y honestidad, desarrollando las habilidades propuestas en la asignatura.

AJUSTES RAZONABLES PARA ESTUDIANTES ATENDIDOS POR INCLUSIÓN: Para estudiantes de inclusión se propone realizar las siguientes actividades propuestas de la planeación general.

El maestro dará las indicaciones de manera individual de acuerdo con los casos que se tengan para ajustes razonables desde el PIAR y con apoyo de las familias.

MODALIDAD DE PRESENTACIÓN Y ENTREGA DE TRABAJOS:

1. Los trabajos se realizan en el cuaderno a mano, de manera organizada, letra legible, correcta ortografía, marcando con su nombre cada hoja del cuaderno, se fotografía con correcto enfoque cada hoja del cuaderno y envía como documento en PDF al correo electrónico institucional o al class room según indicaciones específicas de cada maestro.

2. Para los casos que por fuerza mayor no puedan ser enviados por correo electrónico (Previo acuerdo con el maestro) se enviaran las imágenes por WhatsApp previamente organizadas, y con un adecuado enfoque para que puedan ser leídas. (Preferiblemente en formato Pdf)

3. Los avances de la guía se revisarán en las clases correspondientes conforme a las fechas, es necesario aclarar que se tendrá toda la semana asignada para la entrega de avances y constituirá un aspecto muy importante para evaluar su puntualidad y entrega.

4. Recuerde que los canales oficiales de comunicación con el maestro son:

kenier.tellez@ensubate.edu.co profesor Iván Téllez (802)

aida.sastoque@ensubate.edu.co profesora Aida sastoque (803-804)

Javier.cifuentes@ensubate.edu.co profesor Javier Cifuentes (801, 802, 803, 804)

edwin.roa@ensubate.edu.co profesor Edwin David Roa (801)

Nota: En ningún caso es pertinente la comunicación por WhatsApp o de manera telefónica después del horario escolar 1:40 pm de la tarde Ni los fines de semana o festivos.

HETEROEVALUACIÓN : Se tendrá en cuenta: cumplimiento de las habilidades, niveles de desempeño, puntualidad en la entrega, calidad del trabajo, pensamiento crítico, profundidad, creatividad, interés, respeto, responsabilidad, participación, etc.

AUTOEVALUACIÓN:

1. ¿Cómo me he sentido con el desarrollo de la guía? Bien ____ Regular ____ Mal ____ ¿Por qué razón? _____
2. ¿Logré el objetivo propuesto? ¿Cómo?
3. ¿Qué dificultades se me presentaron y cómo las superé?

4. ¿Qué nuevos aprendizajes he adquirido?

5. Mi valoración en escala de 1.0 a 5.0 es _____

COEVALUACIÓN:

1. La comunicación con mis profesores ha sido: Excelente ____ Buena ____ No hay comunicación ____ ¿Por qué razón? _____
2. La comunicación con mis compañeros ha sido: Excelente ____ Buena ____ No hay comunicación ____ ¿Por qué razón? _____
3. El apoyo de mi familia ha sido: Excelente ____ Bueno ____ No hay apoyo ____ ¿Por qué razón? _____
4. Ante mis inquietudes y dudas recibí respuesta de (familiares, compañeros, docentes, otros quiénes y cómo) _____
5. Las acompañantes, acudientes o tutores deben dar su concepto de desempeño del/la estudiante(s).

Vo.Bo DEL COORDINADOR ACADÉMICO Y OBSERVACIONES:

Lyda Yajaira Hernández F.
Coordinadora
Escuela Normal Superior Ubaté

La estructura del ADN

En la actualidad existe un **modelo** que explica la estructura de la molécula de ADN. El aislamiento de los ácidos nucleicos se llevó a cabo en 1869 por Friedrich Miescher (1844-1895), quien halló su ubicación y naturaleza ácida. Luego, entre 1885 y 1920 se lograron aislar las bases nitrogenadas que la componían y confirmar sus componentes. El modelo actual del ADN es el resultado del trabajo de científicos como Erwin Chargaff (1905-2002), Maurice Wilkins (1916-2004), Rosalind Franklin (1920-1958), James Watson (1928) y Francis Crick (1916-2004).

Vocabulario académico

De forma común, un modelo puede ser una persona que exhibe diseños que están de moda o un esquema que explica de forma sencilla el comportamiento de un fenómeno complejo. En ciencias, un **modelo** es una representación de un mecanismo o de una estructura como el ADN.

- Escribe una semejanza entre el uso común y el uso en ciencias de la palabra modelo.

Los aportes de Chargaff

Erwin Chargaff extrajo ácidos nucleicos y utilizó la cromatografía de papel para separar sus bases nitrogenadas, las cuales analizó y cuantificó. Su análisis no se limitó a humanos, desarrolló las pruebas en diversos organismos entre bacterias, plantas y animales. En sus resultados concluyó que cada especie tiene un número diferente de bases nitrogenadas y que el número de purinas y pirimidinas está relacionado en cada célula. Por tanto, el porcentaje de adenina y timina es similar, así como el de guanina y citosina, lo que sugiere un complemento en las bases.

Composición porcentual de ADN en varias especies				
Origen	Purinas		Pirimidinas	
	Adenina (%)	Guanina (%)	Citosina (%)	Timina (%)
Humanos	30,4	19,6	19,9	30,1
Buey	29,0	21,2	21,2	28,7
<i>E. Coli</i> (bacterias)	24,7	26,0	25,7	23,6
Erizo de mar	32,8	17,7	17,3	32,1
<i>Mycobacterium</i>	15,1	34,9	35,4	14,6

El trabajo de Chargaff llevó a plantear los siguientes principios.

- La proporción de adenina (A) es igual a la de timina (T), por tanto, $A=T$. A su vez, la relación entre adenina y timina es igual a la unidad, es decir, que $\frac{A}{T}=1$.

- La proporción de guanina (G) es igual a la de citosina (C), por tanto, $G=C$. A su vez, la relación entre guanina y citosina es igual a la unidad, es decir, que $\frac{G}{C}=1$.
- La proporción de bases púricas (A+G) es igual a la de bases pirimidínicas (T+C), por tanto, $(A+G) = (T+C)$. A su vez, la relación entre (A+G) y (T+C) es igual a la unidad, es decir, que $\left(\frac{A+G}{T+C}\right)=1$.

Los aportes de Wilkins y Franklin

Maurice Wilkins trabajó en una técnica llamada difracción de rayos X, en la que apuntaba rayos X a moléculas de ADN. Como parte del equipo de Wilkins, **Rosalind Franklin** tomó una fotografía en la que se observaba que el ADN tenía forma de doble hélice, como la que tiene una escalera de caracol.

Tu compromiso personal y social

Rosalind Franklin fue una científica que a través de sus estudios demostró que el ADN tenía estructura de doble hélice. Su trabajo, que fue tomado sin su autorización, no fue reconocido sino hasta años después de su muerte. El machismo que predominaba en el mundo científico de la época no le concedió los créditos que merecía.

- Propón algunas acciones que puedan hacer que la ciencia sea un espacio incluyente.

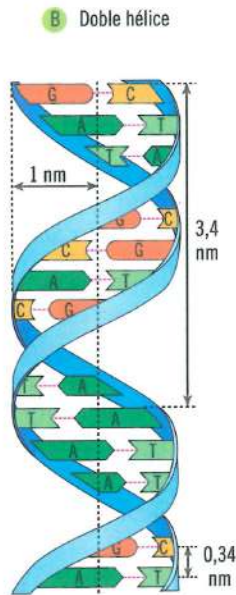
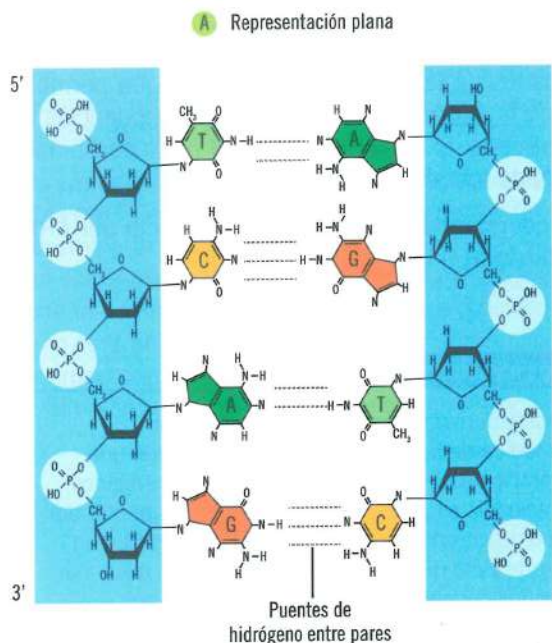
Los aportes de Watson y Crick

James Watson y **Francis Crick** realizaron un modelo de ADN basado en datos de sus colegas. La idea de doble hélice surgió del trabajo de reflexión de rayos hecho por Rosalind Franklin y la complementariedad de bases se fundamentaba en las proporciones halladas por Chargaff.

Con esta información, Watson y Crick emitieron las siguientes conclusiones.

1. La molécula de ADN consta de dos cadenas formadas por desoxirribosas y grupos fosfatos.
2. Las bases nitrogenadas solo encajan si las pirimidinas se unen a las purinas. Por tanto, las citosinas se unen a las guaninas mientras que las timinas y adeninas se unen entre sí.
3. Las cadenas se disponen de forma opuesta, es decir, son antiparalelas. De este modo, las bases quedan enfrentadas hacia el centro.

En la actualidad, el ADN puede representarse en forma plana, en doble hélice y en modelo de átomos por esferas [4].



[4] **A.** En la representación plana de la molécula de ADN puede evidenciarse la estructura molecular de las diferentes sustancias que conforman este ácido nucleico. **B.** Cada par de bases se separan 0,34 nm y en cada vuelta hay 10 pares de bases; por ello, la longitud de cada vuelta es de 3,4 nm. **C.** Compara la representación en doble hélice con la de átomos por esferas.

El ADN en eucariotas y procariontas

El ADN contenido en los cromosomas de los seres vivos constituye su **genoma**. El genoma de los organismos procariontas no es igual al de los eucariotas. Por ejemplo, en los eucariotas hay mayor cantidad de ADN, entre otras características que los diferencian. Sin embargo, la función de la molécula es igual en los dos grupos de seres vivos.

- Los **organismos procariontas** tienen una molécula de ADN de forma circular que se encuentra ligada a proteínas diferentes de las histonas y no está rodeada por membranas. La zona que ocupa en la célula se denomina **nucleoide**.

La función del ADN en los procariontas es la misma que en otros organismos: conservar y transmitir la información que determina la estructura y función de los individuos de la especie.

Algunas bacterias tienen fragmentos de ADN circulares adicionales llamados **plásmidos**. Se han identificado plásmidos llamados F que se relacionan con un tipo de reproducción bacteriana llamada conjugación y plásmidos denominados R que pueden codificar enzimas que generan resistencia a los antibióticos y pueden ser transferidos mediante conjugación a otras bacterias.

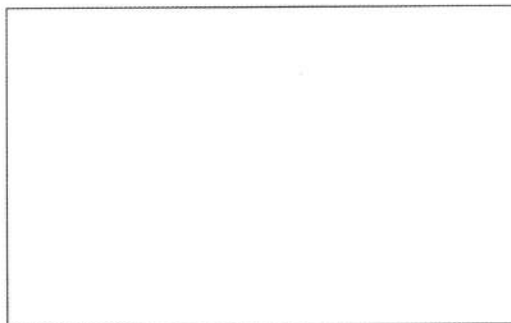
Para comprender. Si las bacterias suelen presentar una sola molécula de ADN circular, ¿cuántos cromosomas pueden encontrarse en una bacteria? **Respuesta al final del libro.**

- Los **organismos eucariotas** tienen el ADN contenido en estructuras denominadas cromosomas que se encuentran en el núcleo de las células. Por tanto, los cromosomas están rodeados por una membrana denominada membrana nuclear.
- En los eucariotas, el núcleo no es la única estructura en la que se encuentra ADN. Organelos como las mitocondrias y los cloroplastos también contienen este ácido nucleico. En las mitocondrias, el ADN es circular, de doble cadena y cerrado.

Actividades de aprendizaje

- Explica por qué no es posible encontrar la siguiente proporción de nucleótidos en un ser vivo. Ten en cuenta los principios de Chargaff y argumenta tu respuesta con los cálculos correspondientes.

Adenina = 30,2; Citosina = 30,3; Guanina = 19,9; Timina = 19,6



La estructura del ARN

Cuando Friedrich Meischer aisló los ácidos nucleicos no se había diferenciado el ADN del ARN. Después de varias décadas y gracias a pruebas químicas y de aislamiento, fue posible deducir que los ácidos nucleicos tienen diferencias en su estructura como la presencia de una pentosa distinta en el ARN respecto al ADN, llamada ribosa.

Sin embargo, faltaba comparar las funciones de estas dos biomoléculas. Aunque se sabía que el ADN portaba la información genética, no era claro cómo se expresaba. Entonces, Francis Crick planteó que los genes se expresan a través de secuencias de aminoácidos que forman proteínas. Este planteamiento implica que en los seres vivos el ADN codifica el ARN, que luego sirve como guía para la formación de proteínas.

Para comprobar la hipótesis sobre el ARN propuesta por Crick, experimentos como los desarrollados por Severo Ochoa (1905-1933) fueron la base para demostrar el papel del ARN como intermediario en el proceso de la síntesis de proteínas.

A su vez, otras investigaciones realizadas por diferentes científicos permitieron establecer que son tres variedades de la molécula de ARN las que permiten traducir la información de los genes a secuencias de aminoácidos: el ARN mensajero, el ARN ribosomal y el ARN de transferencia.

Para comprender. ¿Cuál es la importancia del ARN? **Respuesta al final del libro.**

Ciencia y salud

Investigadores del Instituto de Investigación Biomédica de Bellvitge, España, encontraron una molécula capaz de bloquear tumores cancerígenos. La molécula es un tipo de ARN clasificado dentro del grupo de los antioncogenes. Un antioncogen es un gen que evita que los genes que producen el cáncer, llamados oncogenes, se expresen.

- ¿Que impacto crees que puede tener este descubrimiento para los tratamientos contra el cáncer?

ARN mensajero	ARN ribosomal	ARN de transferencia										
<p>Complementariedad de bases</p> <table border="0"> <tr> <td>ADN</td> <td>ARNm</td> </tr> <tr> <td>Adenina</td> <td>Uracilo</td> </tr> <tr> <td>Citosina</td> <td>Guanina</td> </tr> <tr> <td>Guanina</td> <td>Citosina</td> </tr> <tr> <td>Timina</td> <td>Adenina</td> </tr> </table>	ADN	ARNm	Adenina	Uracilo	Citosina	Guanina	Guanina	Citosina	Timina	Adenina	<p>Subunidad menor del ribosoma</p> <p>ARN mensajero</p> <p>U G G G G A U G U G C S</p> <p>U A C C C U</p> <p>ARN de transferencia</p> <p>Subunidad mayor del ribosoma</p> <p>Metionina Glicina</p> <p>Aminoácidos</p>	<p>Sitio de unión con el aminoácido</p> <p>anticodón</p>
ADN	ARNm											
Adenina	Uracilo											
Citosina	Guanina											
Guanina	Citosina											
Timina	Adenina											
<p>El ARN mensajero (ARNm) es una molécula que se forma a partir de nucleótidos que han sido copiados del ADN. A diferencia del ADN, el ARNm consta de una sola cadena y está compuesto por cuatro nucleótidos con las bases adenina, guanina, citosina y uracilo, en lugar de timina. Como esta molécula solo se forma a medida que copia al ADN, su hallazgo presentó dificultades porque su presencia no es permanente en las células.</p>	<p>El ARN ribosomal (ARNr) es la clase de ARN más abundante en las células. Se encuentra asociado a organelos llamados ribosomas, cuya función es la formación o síntesis de proteínas. Los ribosomas, que están formados por ARNr y proteínas, presentan dos subunidades: una menor y una mayor. Cuando se sintetiza una proteína, el ARNm y otro tipo de ARN llamado de transferencia, se unen a la subunidad menor del ribosoma. Luego, la subunidad mayor se acopla y facilita la formación de enlaces que unen aminoácidos consecutivos.</p>	<p>El ARN de transferencia (ARNt) es más pequeño que los otros ARN. Existen más de 20 clases que corresponden a los 20 aminoácidos disponibles en la naturaleza. El ARNt es el encargado de traducir los nucleótidos al lenguaje de las proteínas. Presenta dos sitios de unión, el primero conocido como anticodón que se complementa con el ARNm y el otro que se acopla con un determinado aminoácido. Su estructura se asemeja a un trébol y tiene regiones de doble cadena llamadas brazos.</p>										

Para comprender. ¿Qué podría suceder si la información genética contenida en el ADN de los seres vivos no fuera traducida gracias a los distintos tipos de ARN? **Respuesta al final del libro.**

ADN: la molécula de la vida

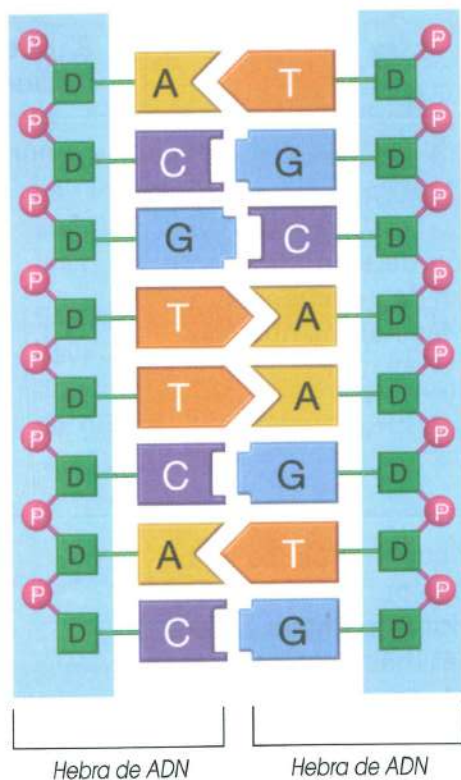
El ácido desoxirribonucleico o ADN, es el componente principal de los cromosomas y de los genes de los organismos vivos. En los organismos procariontes como las bacterias, el ADN se encuentra en el citoplasma, mientras que en las células eucariotas, la mayor parte de ADN se halla en el núcleo y otra pequeña parte en las mitocondrias y los cloroplastos. La molécula de ADN está constituida por dos hebras de nucleótidos en forma de escalera de caracol, unidas por puentes de hidrógeno. Un **nucleótido** se encuentra formado por un azúcar (desoxirribosa), un grupo fosfato y una base nitrogenada. Las bases nitrogenadas pueden ser púricas como la **adenina** y la **guanina** o pirimidínicas como la **timina** y la **citocina**.

En la molécula de ADN, la base nitrogenada de una de las hebras se acopla con la base nitrogenada de la otra hebra, siguiendo un patrón muy claro: una adenina se puede unir solamente con una timina (A-T), y una guanina con una citosina (G-C). Por esta razón, podemos decir que una hebra es el complemento exacto de la otra, y que al conocer la secuencia de bases de una hebra podemos conocer la secuencia de la otra.

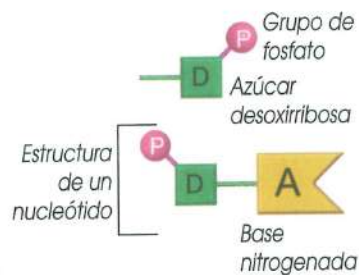
Muchos fragmentos de la molécula de ADN son necesarios para la formación de nuestras características. Cada uno de estos fragmentos corresponde a un

gen, que no es más que un fragmento de ADN con una secuencia precisa de bases nitrogenadas, con capacidad para contener información útil para la formación de características físicas.

Al proceso de copia de las hebras del ADN se le conoce como **replicación**, y es realizado por proteínas llamadas **enzimas** que se encargan de separar las dos hebras, y construir nuevas hebras con bases complementarias a la secuencia de bases de las hebras originales.



Estructura del ADN.



Trabaja tus competencias



Identifica

Escribe la secuencia de bases complementarias, para las siguientes secuencias de bases:

- AATCGTA _____
- TTCGTCG _____
- CGCTATC _____

Me aproximo al conocimiento como científico natural: identifico y uso adecuadamente el lenguaje de las ciencias.

La molécula de ARN

El ácido ribonucleico o ARN es una molécula muy similar a la de ADN, aunque se diferencia en tres aspectos: posee una ribosa como azúcar; está compuesto por una sola cadena o hebra de nucleótidos; y en lugar de timina (T) posee la base nitrogenada uracilo (U). El papel principal del ARN es el de servir como intermediario entre el ADN y las proteínas que se sintetizan en los ribosomas de la célula, a partir de la información del ADN. En muchos virus, el ARN constituye su único material genético.

Para el proceso de formación o **síntesis de proteínas**, a partir de la información contenida en el ADN en forma de genes, participan diferentes clases de moléculas de ARN, y cada una cumple un papel específico. De esta manera, la información genética sale del núcleo y llega a los organelos del citoplasma encargados de la construcción de las proteínas que van a hacer parte de muchas de las características importantes en los seres vivos: estructura de los glóbulos rojos, color y estructura del cabello, color de los ojos, etcétera.

Existen tres clases de moléculas de ARN: el ARN mensajero, el ARN ribosomal y el ARN de transferencia.

- El **ARN mensajero** (ARNm) es el encargado de copiar la información contenida en el ADN del núcleo y llevarla al citoplasma. Este copiado es posible porque el ARNm es una molécula construida con las bases nitrogenadas complementarias de los diferentes genes distribuidos en el ADN. A los grupos de tres bases consecutivas de ARNm se les conoce como **codones**, que son importantes para la formación de proteínas.
- El **ARN ribosomal** (ARNr) forma parte de los ribosomas y su función es enlazar los aminoácidos, que son las unidades constitutivas de las proteínas.
- El **ARN de transferencia** (ARNt), que lleva a los ribosomas los aminoácidos correctos, según los codones de ARNm, para formar proteínas.

Trabaja en equipo



Compara

Reúnete con un compañero y completa el siguiente cuadro:

	ADN	ARN
Número de hebras de la cadena		
Bases nitrogenadas		
Tipo de azúcar		
Tipo(s) de moléculas		
Localización		

Me aproximo al conocimiento como científico natural: identifico y uso adecuadamente el lenguaje propio de la ciencia.

Cromosomas y genes

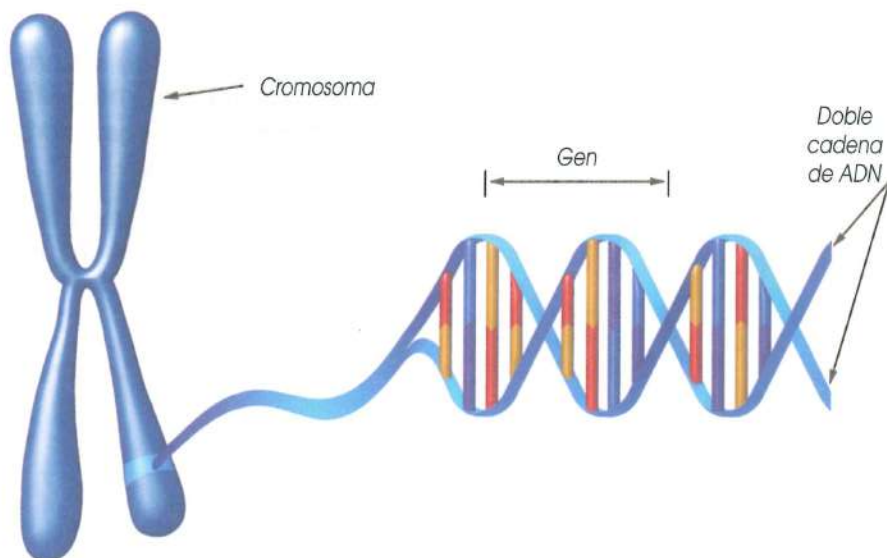
La información genética de un organismo vivo se encuentra en el conjunto de sus **genes**. A esta información se le denomina **genoma**. Los genes se encuentran ubicados en el ácido desoxirribonucleico o ADN contenido en los **cromosomas**. Los cromosomas son cuerpos visibles al microscopio óptico, compuestos por una larga hebra de ADN y una serie de proteínas que les dan la forma durante ciertas etapas de la reproducción celular. Los cromosomas se encuentran en el núcleo de todas las células de los organismos vivos.

el mismo número y localización de genes en su estructura, los cuales se encuentran dispuestos de manera lineal en sitios especiales denominados **locus**. Las células sexuales o gametos (espermatozoides y óvulos) poseen la mitad del número de cromosomas, tan solo 23 cromosomas, por lo que se les conoce como **haploides** (n). Los organismos cuyos cuerpos están formados por células cuyos cromosomas no se agrupan en parejas, sino que están solitarios, también reciben este nombre.

La larga hebra de ADN se encuentra comprimida en los cromosomas. Un gen es una porción de ADN con una estructura definida.

Cromosomas diploides y haploides

En los organismos diploides, aquellas células del organismo diferentes a los gametos, como las de la piel, los músculos y los huesos, es decir, las **células somáticas**, contienen cromosomas que se organizan durante la reproducción celular en parejas. Dichas parejas reciben el nombre de **cromosomas homólogos**: por ejemplo, en el caso del ser humano, puedes encontrar 46 cromosomas agrupados en 23 parejas. Por esta razón a los organismos que los poseen se les denomina **diploides** ($2n$): sus cromosomas se agrupan en pares. Cada cromosoma de un par posee



Trabaja en familia

Consulta

Junto con tu familia, consulten en libros o Internet el número de cromosomas de las siguientes especies, y si son haploides o diploides. Comparte la información con tus compañeros:



Me aproximo al conocimiento como científico natural: busco información en diferentes fuentes.

Tipos de cromosomas



Cromosoma metacéntrico



Cromosoma submetacéntrico



Cromosoma acrocéntrico



Cromosoma telocéntrico

Durante la etapa en que la célula no se está reproduciendo, los cromosomas lucen apenas como delgadísimos filamentos dispersos en el núcleo. Sin embargo, a medida que la reproducción celular se acerca, estos filamentos se duplican y se condensan formando estructuras visibles al microscopio óptico. Tales estructuras están formadas por dos brazos unidos en un punto llamado **centrómero**. De acuerdo con la posición del centrómero y la longitud de sus brazos, los cromosomas pueden ser metacéntricos, submetacéntricos, acrocéntricos y telocéntricos.

- En los cromosomas **metacéntricos**, el centrómero ocupa

la posición media y los brazos son de igual o similar longitud. En la etapa de anafase, durante la división celular, adquieren forma de V al separarse las cromátides.

- En los cromosomas **submetacéntricos**, el centrómero está ubicado cerca de la parte media del cromosoma, y uno de los brazos del cromosoma es ligeramente más grande que el otro. Durante la anafase, adquieren forma de L al separarse las cromátides.
- En los cromosomas **acrocéntricos**, el centrómero se encuentra muy desplazado hacia uno de los extremos en posición casi terminal. Uno de los brazos del cromosoma es más largo que el corto.
- En los cromosomas **telocéntricos**, el centrómero está en uno de sus extremos por lo que dan la apariencia de V al tener un solo brazo.



Trabaja en equipo

Clasifica

A continuación encuentras un grupo de cromosomas humanos. Reúnete con dos compañeros y clasifícalos en metacéntricos, submetacéntricos, acrocéntricos y telocéntricos.

- Metacéntricos: Cromosomas _____.

- Submetacéntricos: Cromosomas _____.

- Acrocéntricos: Cromosomas _____.

- Telocéntricos: Cromosomas _____.



Desarrollo compromisos personales y sociales: cumplo mi función cuando trabajo en grupo, respeto las funciones de los otros y contribuyo a lograr proyectos comunes.

Las hormigas obreras de la especie *Mycelia pilosula* solo tienen un cromosoma, mientras que las plantas conocidas como lengua de vaca presentan 1400. ¿Cuántos cromosomas tiene la especie humana?

Los cromosomas humanos

Cuando Mendel realizó sus experimentos y formuló sus leyes no se tenía idea de la existencia de estructuras en el núcleo celular relacionadas con la transmisión y el contenido de la información, llamadas cromosomas. Gracias a los avances logrados con el microscopio fue posible evidenciarlos y a partir de largos procesos de experimentación, relacionarlos con la herencia.

Un **cromosoma** es una estructura ubicada al interior de las células y que porta los genes. En los organismos con células eucariotas, como los seres humanos, los cromosomas están contenidos en el núcleo cuando la célula no está en división. En cambio, en los organismos procariotas como las bacterias, los cromosomas se encuentran en una región llamada nucleóide.

La estructura de los cromosomas

Los cromosomas se hacen visibles durante la división celular cuando desaparece la membrana nuclear y se condensa el ADN. Por tanto, los cromosomas son el resultado de la **condensación** o el empaquetamiento del ADN y las proteínas.

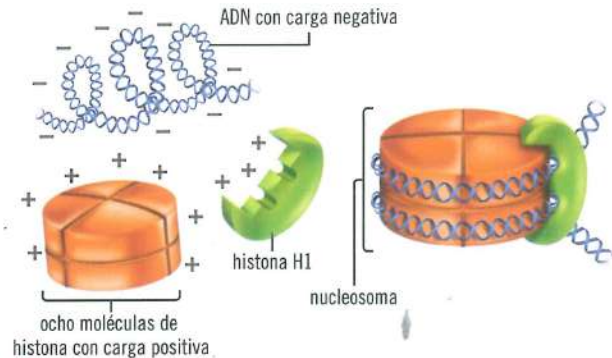
Vocabulario académico

El término condensación puede referirse al cambio de estado de un vapor a líquido, o a reducir el volumen de algo. En genética, la **condensación** se refiere al agrupamiento de la molécula de ADN con las proteínas con las que se encuentra asociada.

- Escribe una semejanza según los diferentes usos que puede tener en ciencias la palabra condensación.

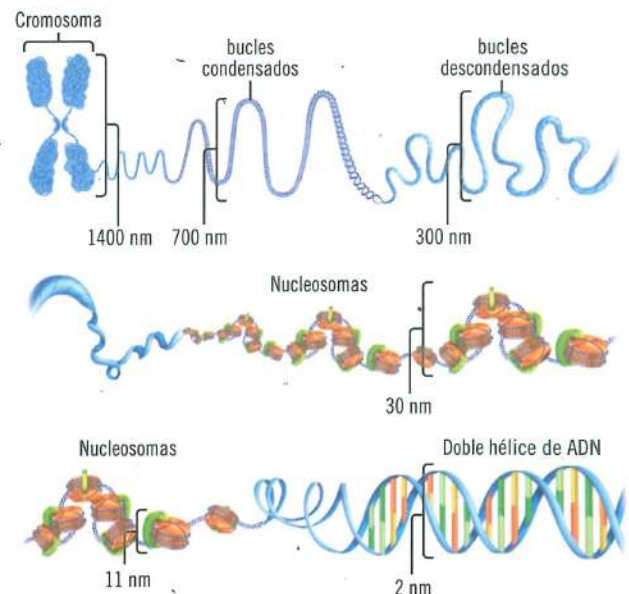
¿Qué pasaría si desenrollaras un cromosoma? Encontrarías la cromatina y los nucleosomas. La **cromatina** está formada por el ADN y unas proteínas llamadas histonas. Las **histonas** son moléculas con pH básico, y como el ADN es una molécula ácida, la atracción entre las dos facilita su empaquetamiento.

Existen cinco tipos de histonas: H1, H2A, H2B, H3 y H4. Ellas empaquetan la cromatina a través de complejos llamados nucleosomas. Los **nucleosomas** son estructuras conformadas por ocho histonas enrolladas por dos giros de filamentos de ADN [1].



[1] ¿Cuál crees que es la importancia de las histonas para formar los cromosomas?

Los nucleosomas también se empaquetan al aglomerarse unos sobre otros. La histona H1 facilita el enrollamiento y forma complejos de seis nucleosomas que siguen enrollándose en sí mismos y forman bucles. Estos, a su vez, se condensan en fibras cortas y gruesas. Estas fibras están tan compactas, que se forman los cromosomas [2].



[2] Un cromosoma está formado por bucles consecutivos de ADN. Estructuras muy pequeñas como las que conforman a los cromosomas pueden medirse en unidades llamadas nanómetros (nm). Un nanómetro equivale a una millonésima parte de un metro, es decir, a 10^{-9} metros o 0,000000001 metros. Es así como, un cromosoma completo puede medir $1,4 \times 10^6$ nanómetros o 0,0000014 metros.

Las clases de cromosomas

Los cromosomas de un organismo no son iguales. Presentan diferencias tanto en su estructura como en la información que contienen.

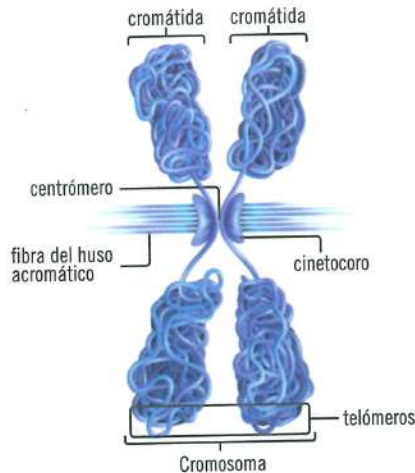
Los cromosomas según el tamaño

Cuando una célula entra en división, cada uno de los cromosomas que contiene genera una copia llamada **cromátida**. Por lo general, un cromosoma que tiene una copia, llamado cromosoma duplicado, consta de cuatro brazos: dos cortos y dos largos. La longitud de los brazos es un criterio para clasificar a los cromosomas según su tamaño.

Los brazos de los cromosomas están unidos por una estructura llamada **centrómero**, que es la región más estrecha del cromosoma. Allí se ubica el **cinetocoro**, un complejo conformado por proteínas que constituye el punto al cual se unen las fibras del huso acromático, que tiene la función de facilitar el movimiento de los cromosomas duplicados durante la división celular.

Los brazos de un cromosoma, al ser copias, codifican la información para los dos mismos genes y forman dos cromátidas hermanas. Por tanto, cada cromosoma duplicado tiene dos copias para el mismo gen.

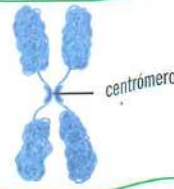
Los extremos de los cromosomas, llamados **telómeros**, están formados por ADN que no codifica características hereditarias. Además, los telómeros se van perdiendo con cada división celular, por lo cual están relacionados con la muerte celular. Observa en [3] la organización de los cromosomas.



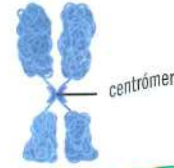
[3] Describe con tus palabras la estructura del cromosoma.

Los cromosomas según la posición del centrómero

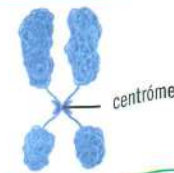
De acuerdo con la posición del centrómero los cromosomas pueden ser metacéntricos, submetacéntricos, acrocéntricos y telocéntricos.



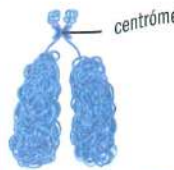
En los cromosomas **metacéntricos**, el centrómero se ubica en el centro y los brazos tienen un tamaño similar.



En los cromosomas **submetacéntricos**, el centrómero no se ubica en el centro y los brazos tienen una ligera diferencia de tamaño.



En los cromosomas **acrocéntricos**, el centrómero se ubica hacia uno de los extremos y los brazos tienen una evidente diferencia de tamaño.



En los cromosomas **telocéntricos**, el centrómero está en el extremo y el brazo corto parece imperceptible. El telómero del brazo corto evita su desaparición en el cromosoma.

Los cromosomas según la información que codifican

En las especies con reproducción sexual, los cromosomas pueden ser sexuales o autosomas. Los **sexuales** determinan el sexo y son el cromosoma X y el Y; las hembras tienen dos cromosomas X y los machos tienen un cromosoma X y otro Y. Los demás cromosomas se conocen como **autosomas** y son los que determinan las otras características del organismo.

Actividades de aprendizaje

De acuerdo con la siguiente imagen del cromosoma Y, responde.

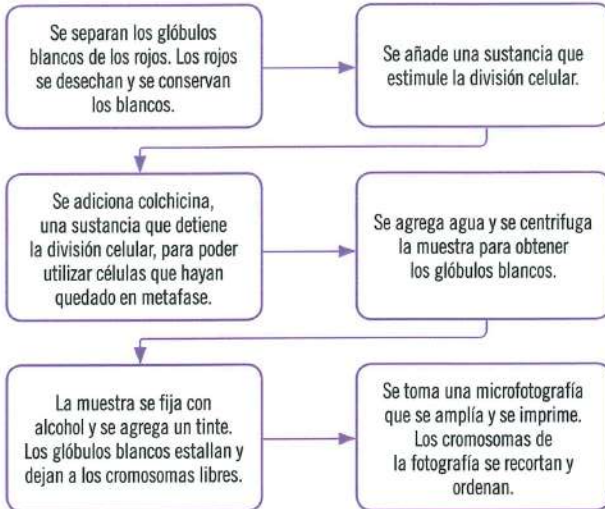


1. ¿En qué parte de un ser humano puede buscarse esta estructura?
2. ¿A qué grupo pertenece este cromosoma según la posición de su centrómero?

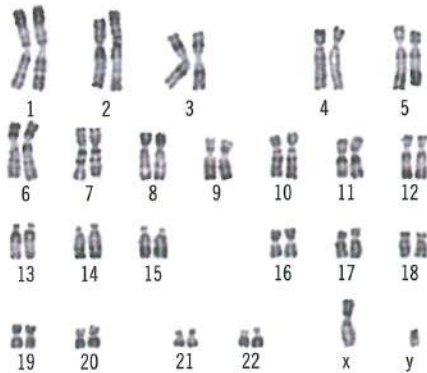
Los cariotipos

El **cariotipo** es la organización de los cromosomas de un organismo. El análisis de cariotipos resulta fundamental para determinar características propias de las especies. También permite identificar condiciones como el número y la apariencia de los cromosomas de un individuo.

Un cariotipo humano puede conseguirse de diferentes muestras de tejido. Para obtenerlo de una muestra de tejido sanguíneo se llevan a cabo los siguientes pasos.



Después del proceso anterior se organizan los cromosomas tal como ves en [4].



[4] Este cariotipo corresponde a un humano cuyo número de cromosomas es 46, organizados en 23 pares. Dos de los cromosomas son sexuales y 44 autosómicos.

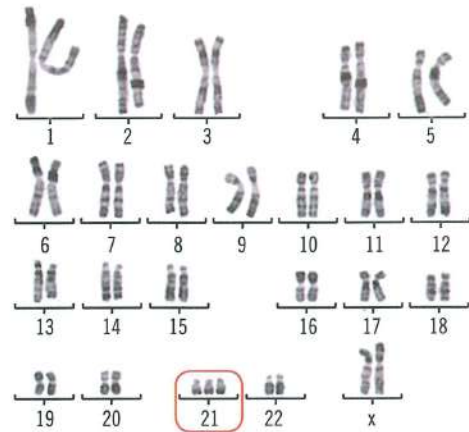
Para comprender. ¿Por qué los cromosomas de un cariotipo se observan en metafase? **Respuesta al final del libro.**

Herramientas para aprender

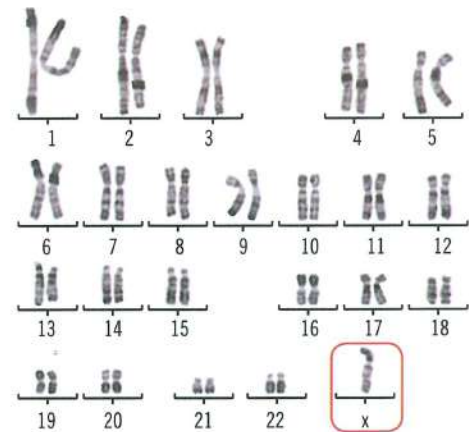
Describir un elemento

Escribe un párrafo en el que describas un cariotipo humano normal. Ten en cuenta cómo se organiza, qué información presenta y para qué sirve.

Los cariotipos permiten detectar anomalías cromosómicas en los autosomas o en los cromosomas sexuales. Una de ellas consiste en el aumento o la disminución de la cantidad de cromosomas, si se tiene en cuenta que cada autosoma solo debe formar un par. Observa a continuación algunas de estas anomalías.



Este cariotipo corresponde a una mujer. El recuadro rojo indica una anomalía cromosómica llamada **trisomía**. En el par 21 no hay dos sino tres cromosomas. Quiere decir que en lugar de tener 44 autosomas tiene 45.



En este cariotipo, la anomalía es una **monosomía**, es decir, solo hay un cromosoma donde debería haber un par. Sin embargo, no se presenta en los autosomas sino en el cromosoma sexual X.

Laboratorio rápido

Organización y análisis de un cariotipo

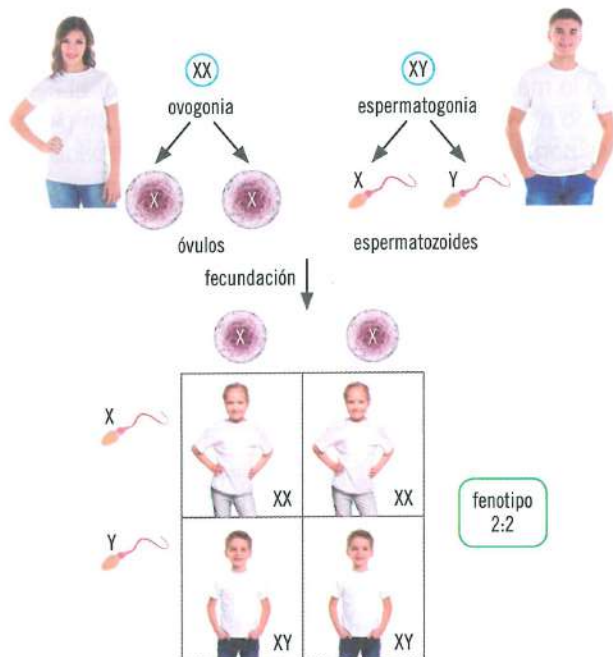
Las palabras azules representan los materiales que debes usar.

Busca en **Internet** una fotografía de un cariotipo e imprímela. En el salón, recorta con **bisturí** o **tijeras** los cromosomas e intercámbialos con un compañero. En una **hoja blanca**, ordénalos con base en el cariotipo de la imagen [4] de esta página. Luego, pégalos. ¿A qué sexo corresponde el cariotipo estudiado? ¿Presenta alguna anomalía autosómica o sexual? ¿Por qué?

La determinación del sexo

Los cromosomas sexuales presentan diferencias funcionales y estructurales entre ellos y con los autosomas. Se cree que entre el cromosoma X y el Y no hay recombinación, es decir, los genes de estos cromosomas no interactúan porque los que se encuentran en el cromosoma X no tienen correspondencia con los del cromosoma Y.

En los seres humanos, el sexo femenino es homogamético **XX** y el masculino heterogamético **XY**. Esto ocurre porque durante la meiosis, a causa de la segregación, los hombres producen espermatozoides con cromosomas X y con cromosomas Y, mientras que las mujeres solo producen óvulos con cromosomas X. Observa en [5] la probabilidad que tiene una pareja de que sus descendientes sean niños o niñas.



[5] Las ovogonias y las espermatogonias son células que dan origen a los óvulos y los espermatozoides, respectivamente.

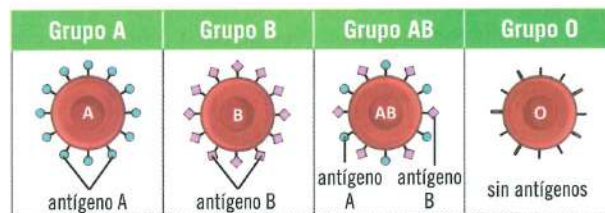
Ciencia, tecnología y sociedad

Científicos del Instituto Salk, en California EE.UU, desarrollaron una técnica para localizar genes con mutaciones que causan enfermedades graves y eliminarlos en el material genético del embrión o incluso en el del propio óvulo antes de ser fecundado. La posibilidad de poner en práctica el "ADN a la carta" abre las puertas no solo a corregir o evitar enfermedades hereditarias, sino a que los padres puedan decidir mejoras en sus hijos.

- ¿Cuáles crees que son las ventajas y las desventajas de manipular la información genética? Si decides tener hijos, ¿considerarías manipular sus genes? ¿Por qué?

La herencia del grupo sanguíneo

El **grupo sanguíneo** se relaciona con la presencia de unas moléculas en la superficie de los glóbulos rojos llamadas **antígenos**. Estos antígenos son el A y el B [6].



[6] Si una persona tiene antígenos A en sus glóbulos rojos su grupo sanguíneo es A; si tiene antígenos B, su grupo es B; si tiene los dos antígenos, su grupo es AB y si no tiene antígenos, su grupo es O.

La herencia del grupo sanguíneo ocurre bajo dos excepciones a las leyes de Mendel: los alelos múltiples y la codominancia. Los alelos que determinan la herencia de los grupos sanguíneos se muestran en la siguiente tabla.

Alelo	Grupo sanguíneo
I^A	A
I^B	B
I^i	O

De estos tres alelos son dominantes el I^A y el I^B , los cuales, además, tienen herencia codominante: cuando los dos se expresan, la persona presenta el grupo sanguíneo AB. Por su parte, el alelo I^i tiene herencia recesiva. Las relaciones genotípicas y fenotípicas para la herencia de los grupos sanguíneos son las siguientes.

Genotipo	Fenotipo
$I^A I^A - I^A I^i$	Grupo sanguíneo A
$I^B I^B - I^B I^i$	Grupo sanguíneo B
$I^A I^B$	Grupo sanguíneo AB
$I^i I^i$	Grupo sanguíneo O

Actividades de aprendizaje

1. Consulta por qué algunas personas se hacen un cariotipo antes de decidir tener hijos.
2. Explica si es posible que un padre y una madre de grupo O tengan un hijo de grupo A.

La herencia del factor Rh

El **factor Rh** es otro antígeno que puede presentarse en los glóbulos rojos. La herencia del factor Rh es independiente de la de los grupos sanguíneos y sigue los patrones de Mendel, donde la condición dominante es Rh⁺ y la recesiva Rh⁻. De este modo, una persona es Rh⁻ cuando es homocigota recesiva para esta característica y es Rh⁺ cuando es homocigota dominante o heterocigota.

Dato curioso

¿Sabías que existen personas que no son Rh⁺ ni Rh⁻? Estas personas tienen el síndrome del Rh nulo. Hasta ahora, solo se han reportado menos de 50 casos en el mundo. Entre otros inconvenientes, las personas Rh nulo solo pueden recibir sangre de personas que tengan la misma condición.

La herencia ligada al sexo

Los cromosomas sexuales, además de portar información que determina el sexo y las condiciones que se asocian a él, también tienen información para otras características. A estas características se les conoce como **ligadas al sexo**, una forma simplificada de decir que están presentes en los cromosomas sexuales y que se heredan de manera conjunta con el sexo.

La herencia ligada al sexo puede darse tanto por la expresión de genes del cromosoma X como del Y.

La herencia ligada al cromosoma X

El cromosoma sexual X tiene genes para algunas características que no tiene el cromosoma Y. Algunas condiciones que se expresan cuando ciertos genes presentes en el cromosoma X son defectuosos son la deficiente coagulación sanguínea, la distrofia muscular y la ceguera a los colores rojo y verde.

- La deficiente coagulación sanguínea ocurre cuando la formación de coágulos en respuesta a situaciones como hemorragias no es eficiente. En este caso, se dice que la persona sufre de **hemofilia**.
- La distrofia muscular se manifiesta cuando una proteína llamada distrofina no se produce o es defectuosa, lo que afecta el movimiento de los músculos esqueléticos y cardíaco. En este caso, se dice que la persona sufre **distrofia muscular de Duchenne**.
- La ceguera al color se presenta cuando los pigmentos que permiten diferenciar el color rojo del verde no funcionan de manera adecuada. En este caso, se dice que la persona sufre de **daltonismo**.

Estas tres condiciones se presentan de manera recesiva en el cromosoma X. Como las mujeres tienen dos

cromosomas X, por lo general los genes alterados en estos cromosomas afectan más a los hombres, que heredan el gen defectuoso, tal como se observa en el siguiente ejemplo de la herencia del daltonismo.

Caso 1			Caso 2		
• Madre portadora: X ^d X			• Madre portadora X ^d X		
• Padre sano XY			• Padre daltónico X ^d Y		
Gametos	X ^d	X	Gametos	X ^d	X
X	X ^d X	XX	X ^d	X ^d X ^d	X ^d X
Y	X ^d Y	XY	Y	X ^d Y	XY
Fenotipos: 25 % mujeres sanas 25 % mujeres portadoras 25 % hombres daltónicos 25 % hombres sanos			Fenotipos: 25 % mujeres daltónicas 25 % mujeres portadoras 25 % hombres daltónicos 25 % hombres sanos		

De acuerdo con los cruces anteriores, las mujeres portadoras llevan en su genotipo el alelo defectuoso pero no lo manifiestan porque es enmascarado por el alelo sano presente en el otro cromosoma X. Por otra parte, los hombres que heredan el alelo defectuoso padecen la enfermedad porque su cromosoma Y no tiene este gen ni este alelo y por tanto no puede enmascararse.

Para comprender. Si la hemofilia es una condición recesiva, ¿cuál es la probabilidad de tener varones enfermos si la madre es sana y el padre enfermo? **Respuesta al final del libro.**

La herencia ligada al cromosoma Y

El cromosoma sexual Y tiene genes que al expresarse provocan un fenómeno llamado **herencia holándrica**. Las características ligadas al cromosoma Y se heredan de manera exclusiva a los hombres y no a las mujeres, ya que ellas no poseen este cromosoma. Por tanto, un padre que porte una enfermedad ligada al cromosoma Y tiene 100 % de probabilidad de que sus hijos varones hereden la enfermedad.

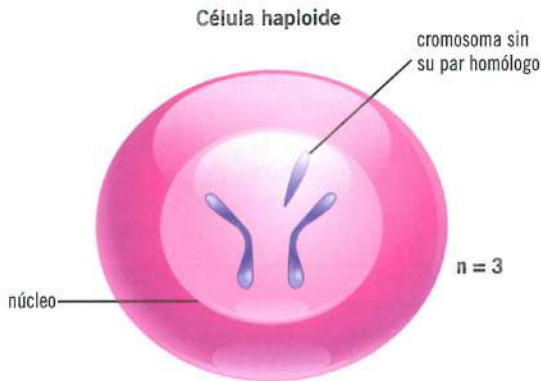
Dos condiciones que se expresan por estar ligadas al cromosoma Y son el síndrome de *solo células de Sertoli* que causa esterilidad por ausencia de espermatozoides y la hipertricosis auricular, es decir, el aumento de pelos en los pabellones de las orejas.

La herencia pseudoautosómica

Los cromosomas sexuales tienen regiones homólogas, es decir, que se presentan tanto en el cromosoma X como en el Y. Cuando se expresan genes defectuosos que están en estas regiones, se dice que ocurrió un caso de herencia pseudoautosómica. Por ejemplo, el rasgo que condiciona la expresión de una enfermedad llamada discondrosteosis se presenta en un gen defectuoso tanto en X como en Y.

- Las **células germinales** dan origen a los gametos. Los gametos son **células haploides**, lo que significa que contienen un solo juego de cromosomas [8]. Las células haploides del ser humano tienen 23 cromosomas, la mitad de los que tienen las células somáticas.

La composición genética de las células haploides se indica como **n**. En el ser humano, las células haploides tienen un número de cromosomas $n = 23$, lo que significa que tienen 23 cromosomas que no están organizados en pares.

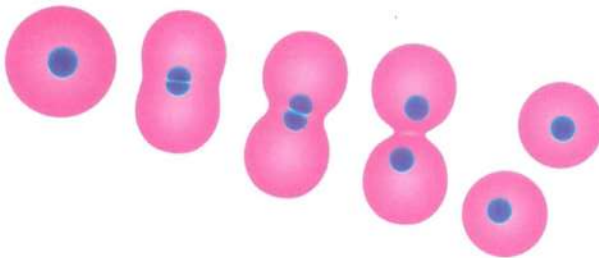


- [8] Los gametos o células sexuales de los mosquitos tienen tres cromosomas individuales; lo que quiere decir que no están en pareja con su homólogo.

La división celular

Las células tienen la capacidad de dar origen a nuevas células mediante el proceso de **división celular**, que es diferente en células eucariotas y procariontas. En organismos con células procariontas, la división celular ocurre por fisión binaria. En organismos con células eucariotas se da como parte de un ciclo celular.

Durante la **fisión binaria**, la célula procarionta replica su molécula de ADN y produce dos copias iguales que se ubican en extremos opuestos del citoplasma. Luego, la célula crece y cuando está del tamaño adecuado, la membrana plasmática se dobla hacia adentro del citoplasma y rodea a cada copia de ADN hasta dividir a la célula en dos. Por eso, las dos células que se forman son idénticas a la célula progenitora, como puedes ver en [9].



- [9] ¿Por qué las dos células producto de la fisión binaria de una bacteria son idénticas?

El ciclo celular de las células eucariotas

El **ciclo celular** consiste en una serie de cambios que experimenta una célula eucariota desde el momento en que se forma a partir de otra, hasta el momento en que se divide en dos células hijas. Este proceso es continuo y se repite una y otra vez para cada nueva célula que se forma. En el ciclo celular, la división celular es una de las fases junto con la interfase.

La interfase

La **interfase** es la fase del ciclo celular en la cual la célula crece, sintetiza sustancias, duplica su ADN y se prepara para dividirse. Corresponde al periodo de preparación que tiene la célula antes de dividirse y es la fase en la cual la célula dura la mayor parte de su vida. Cada uno de los eventos de la interfase sucede en tres etapas: G1, S y G2, como ves en [10], y se explica a continuación.

Etapa G1

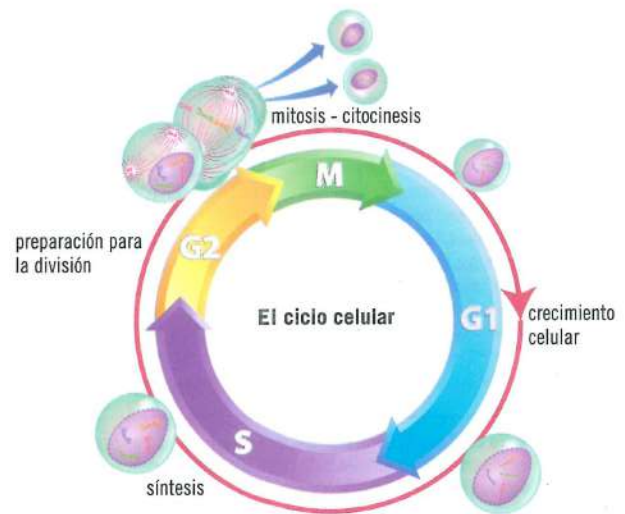
O de **crecimiento celular**. En esta etapa la célula aumenta de tamaño, crece, sintetiza proteínas y nuevos organelos.

Etapa S

O de **replicación**. Durante esta etapa la célula duplica su ADN y sintetiza proteínas; al final de esta etapa, la célula tiene el doble de ADN del que tenía al inicio del ciclo.

Etapa G2

O de **preparación**. En esta etapa la célula aumenta su tamaño, sintetiza organelos y produce más proteínas, necesarios para la división. Finaliza cuando comienza la división celular.



- [10] Las etapas de la interfase constituyen el 90 % del ciclo celular. El restante 10 % del ciclo se dedica a la división celular.

La división del núcleo y del citoplasma

Cuando la célula ha completado la interfase cuenta con el tamaño adecuado, con las estructuras necesarias y el material genético suficiente para formar dos nuevas células, por lo que realiza la división del núcleo y del citoplasma, esta última denominada citocinesis.

La mitosis

Es la **división del núcleo** de las **células somáticas** en la que se distribuye de manera equitativa el ADN duplicado en la fase S de la interfase, entre las dos células hijas que se forman. Por eso produce dos células hijas con igual información genética que la célula progenitora.

La mitosis es muy importante para los organismos multicelulares eucariotas pues gracias a ella, de una célula pueden producirse todas las células que conforman a un individuo; además, permite que los tejidos que deben ser reemplazados con frecuencia, como el tejido

epitelial que forma la piel de los animales, crezcan y se regeneren. Se desarrolla en etapas sucesivas: profase, metafase, anafase y telofase, como ves en [11].

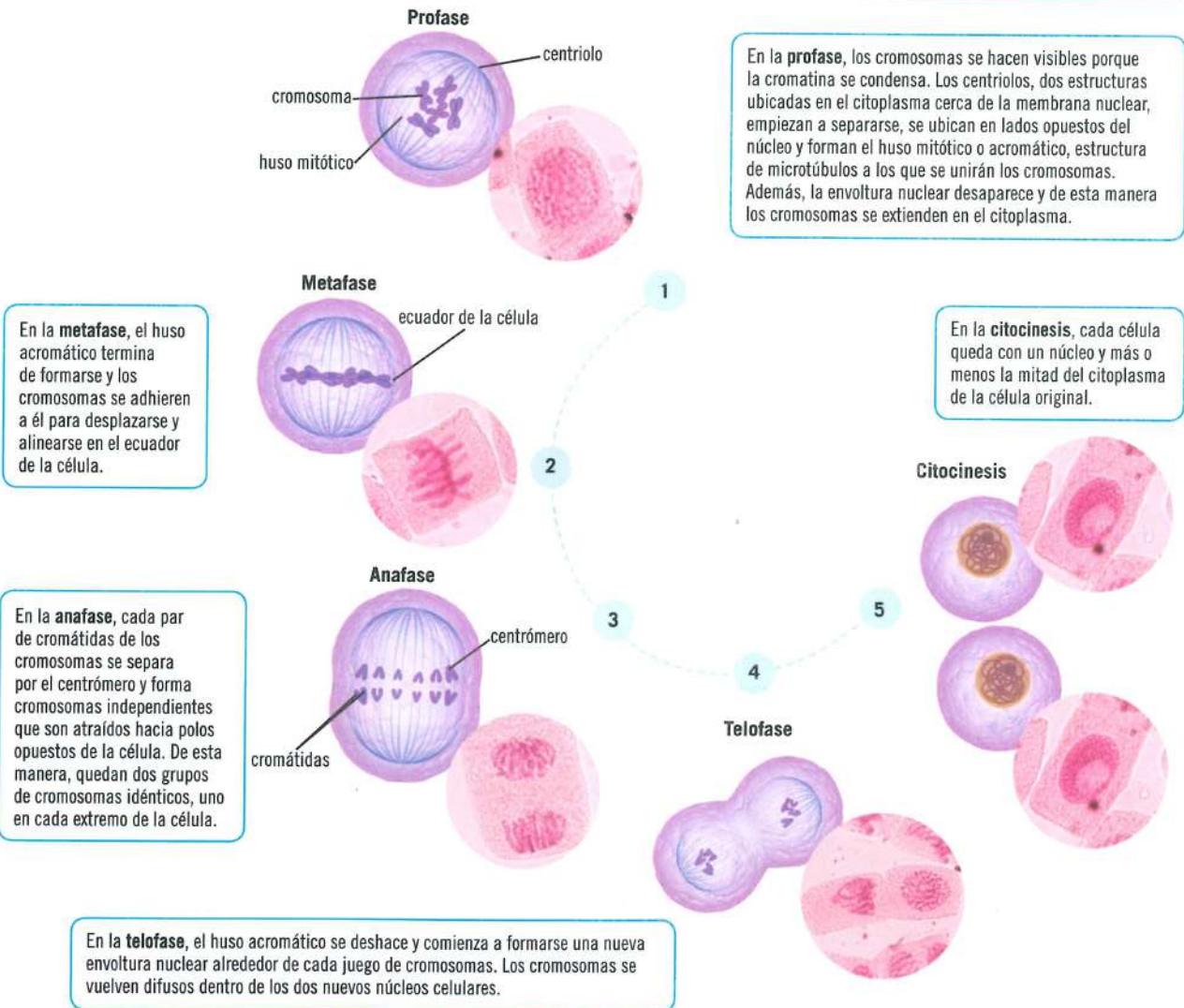
La citocinesis

Es la **división del citoplasma**. Se realiza al mismo tiempo con la telofase y al completarse se forman dos células hijas que tienen cada una un juego de cromosomas idéntico, una cantidad de citoplasma igual y los organelos necesarios para desarrollar las funciones metabólicas.

Herramientas para aprender

Elaborar organizadores gráficos

Un diagrama de procesos es un organizador que permite distinguir los pasos de un proceso y la manera como deben seguirse. Consulta cómo es un diagrama de procesos y elabora uno en el cual ubiques las fases de la mitosis y los sucesos más relevantes de cada fase.



[11] La mitosis es un proceso continuo que se divide en profase, metafase, anafase y telofase; en la imagen observas células de raíz de cebolla en cada una de estas etapas. ¿En qué se diferencian las etapas de la mitosis?

La meiosis

Es la **división del núcleo** de las **células germinales** que produce **gametos**. Por causa de la meiosis, el número de cromosomas por célula se reduce a la mitad debido a la separación de los cromosomas homólogos de una célula diploide. Por ello, origina células hijas con diferente información genética de la que posee la célula progenitora.

La meiosis es muy importante para los seres vivos multicelulares eucariotas porque gracias a ella se da la **variabilidad genética**, es decir, se producen células e individuos genéticamente distintos, lo que genera la diversidad biológica. Se lleva a cabo en dos divisiones celulares sucesivas: meiosis I y meiosis II. Cada una de estas divisiones incluye profase, metafase, anafase y telofase.

Meiosis I: primera división

Durante la **meiosis I** ocurre una serie de eventos en una célula diploide que dan origen a dos células hijas. Ninguna de las células hijas tiene la misma información genética en su juego de cromosomas que la de la célula diploide progenitora.

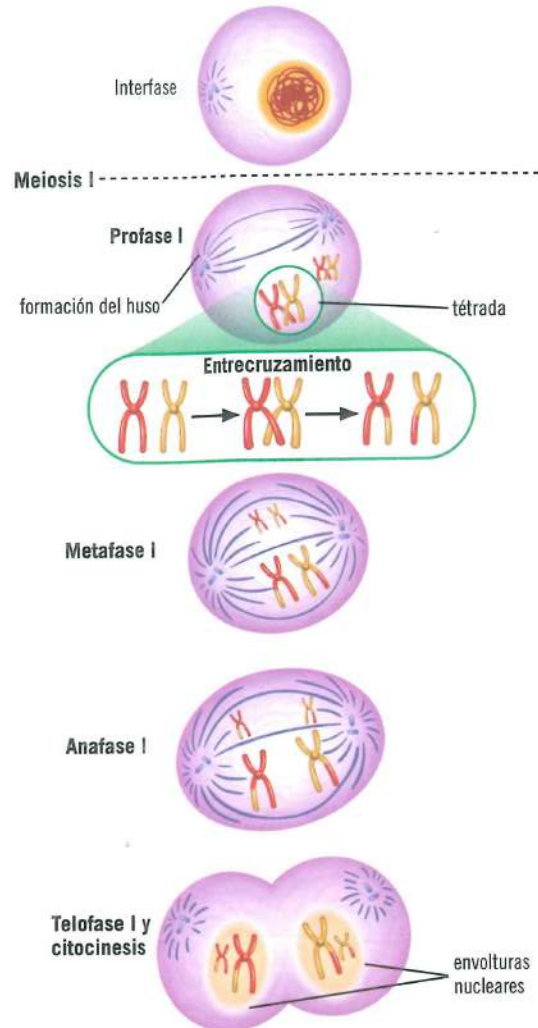
En la meiosis I ocurren cuatro etapas: profase I, metafase I, anafase I y telofase I, como puedes ver en [12].

- En la **profase I**, los cromosomas homólogos se alinean, se aparean y forman una estructura con cuatro cromátidas conocida como **tétrada**. Esta disposición permite el **entrecruzamiento**, en el cual se intercambian fragmentos de un cromosoma con la parte correspondiente del cromosoma homólogo y también información genética entre cromátidas. La consecuencia de este evento es la **recombinación genética**, gracias a la cual los gametos que se forman son distintos genéticamente. Además de lo anterior, en esta etapa se forma el huso acromático.
- En la **metafase I**, los pares de cromosomas homólogos se alinean en el ecuador de la célula.
- Durante la **anafase I**, el huso jala de cada par de cromosomas, por lo que se separan y se mueven hacia los polos. No hay separación de cromátidas sino de cromosomas completos. Además, la separación

entre cromosomas paternos y maternos es al azar, lo cual constituye una fuente de variabilidad genética.

- Al final de la **telofase I** se forma una envoltura nuclear alrededor de cada juego de cromosomas, el huso se descompone y ocurre la **citocinesis**, por lo que se forman dos células diferentes.

Para comprender. ¿Cuál es la importancia de la división celular de las células eucariotas para los seres vivos que las poseen? **Respuesta al final del libro.**



[12] En la imagen observas cada una de las fases de la meiosis I con sus etapas, ¿cuáles son?

Actividades de aprendizaje

- Durante la meiosis, el número de cromosomas de una célula diploide ($2n$) se reduce a la mitad para formar gametos haploides (n) que al unirse, restablecen el número completo de cromosomas de la especie. Escribe el número de cromosomas de los gametos de los seres vivos de la tabla.

Maíz

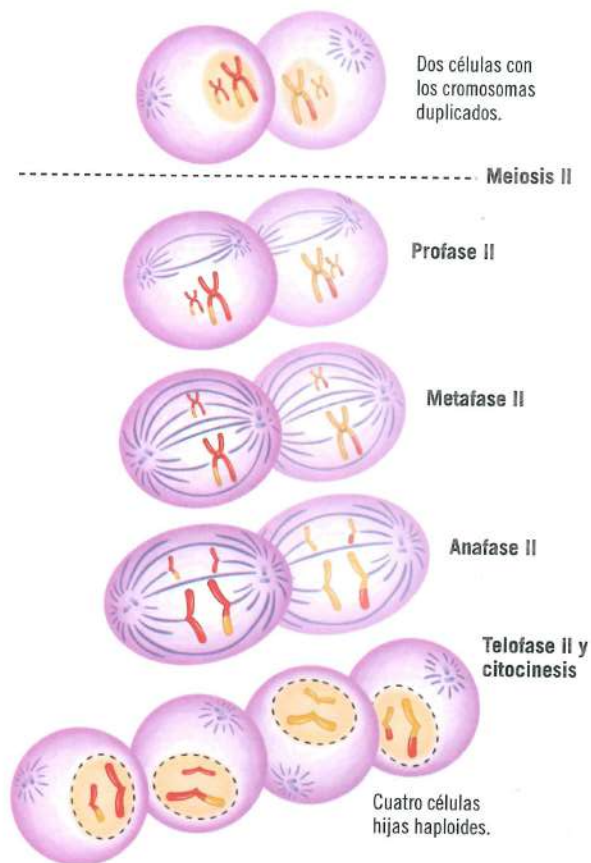
Abeja

Perro

Meiosis I: segunda división

En la **meiosis II**, las dos células producto de la meiosis I entran en una segunda división meiótica. A diferencia de la meiosis I, en la meiosis II las células no pasan por un proceso previo de duplicación de su ADN; además, se llevan a cabo las siguientes etapas: profase II, metafase II, anafase II y telofase II [13].

- En la **profase II**, los cromosomas duplicados de cada célula se condensan de nuevo. En cada célula se vuelve a formar el huso acromático y desaparece la membrana nuclear.
- En la **metafase II**, los cromosomas se alinean en el centro de cada célula.
- En la **anafase II** se separan las cromátidas de los cromosomas y se dirigen a los polos opuestos de la célula. Cada cromátida es ahora un cromosoma con su centrómero.
- En la **telofase II**, los husos acromáticos desaparecen y se forman las envolturas nucleares alrededor de los cromosomas. Al tiempo con la telofase II ocurre la **citocinesis**, en la que las dos células se dividen y se obtienen cuatro células hijas con la mitad de cromosomas cada una e información genética diferente de la que posee la célula original.



[13] ¿Cuáles son las diferencias entre la meiosis I y la meiosis II?

Paralelo entre la mitosis y la meiosis

Si bien la mitosis y la meiosis son procesos de división celular de las células eucariotas, tienen grandes diferencias que se explican en la siguiente tabla.

Característica que se compara	Mitosis	Meiosis
Ocurre en	Células somáticas	Células germinales
Células obtenidas	Células somáticas	Gametos
Número de cromosomas de la célula progenitora	Diploide (2n)	Diploide (2n)
Número de cromosomas de las células hijas	Diploide (2n)	Haploide (n)
Número de divisiones celulares	Una	Dos
Función	Crecimiento y renovación de células y tejidos.	Aumento de la variabilidad genética y de la diversidad biológica.
Recombinación genética	No existe. El ADN de las células hijas es idéntico al de la célula progenitora.	Sí se presenta. El ADN de las células hijas es diferente del de la célula progenitora.

El control del ciclo celular

La división celular debe llevarse a cabo con precisión. Por esto, las células eucariotas cuentan con un grupo de proteínas que regulan el ciclo celular y les indican cuándo dividirse. Estas proteínas son de dos tipos: de regulación interna y de regulación externa.

Proteínas reguladoras internas

Controlan que los procesos dentro de las células, necesarios para que el ciclo celular ocurra, se lleven a cabo. Por ejemplo, evitan que la célula entre en mitosis si los cromosomas no se han duplicado.

Proteínas reguladoras externas

Indican a la célula si debe acelerar o detener el ciclo celular según las características del medio externo en el que se encuentra. Por ejemplo, responden a las células vecinas y desaceleran o detienen el ciclo celular y así evitan el crecimiento desmedido de la célula y que los tejidos del cuerpo se interrumpan entre sí.



4.2 Reproducción sexual



Recurso imprimible

La **reproducción sexual** consiste en la producción de nuevos individuos a partir de la unión de células sexuales o **gametos**. Por medio de este proceso se combina la información contenida en los genes de dos organismos y se genera mayor variabilidad genética en la población, lo que permite a los organismos adaptarse a los cambios ambientales.

Este tipo de reproducción implica inversión de tiempo y energía en la consecución de pareja, construcción de nidos o cuidado de las crías, pero también implica mayor **viabilidad** de las mismas, es decir, la posibilidad de que estas lleguen a ser adultas y a reproducirse.

La reproducción sexual requiere dos procesos básicos: la formación de gametos o **gametogénesis** y la **fecundación**.

4.2.1 Gametogénesis

El proceso de **gametogénesis** se refiere a la producción de gametos masculinos o espermatozoides, por medio de un proceso conocido como **espermatogénesis**, y de gametos femeninos u óvulos, por medio de la **ovogénesis**. Los dos tipos de gametos difieren en su forma, tamaño y estructura, sin embargo, el proceso que se da en el núcleo es muy similar.

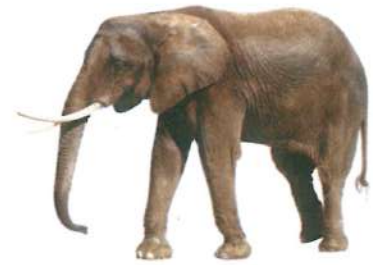
La gametogénesis ocurre por un proceso de meiosis que le dará a las células sexuales su principal característica: poseer solo la mitad del número de cromosomas (n) con respecto a las otras células del cuerpo llamadas **células somáticas** ($2n$).

4.2.1.1 Espermatogénesis

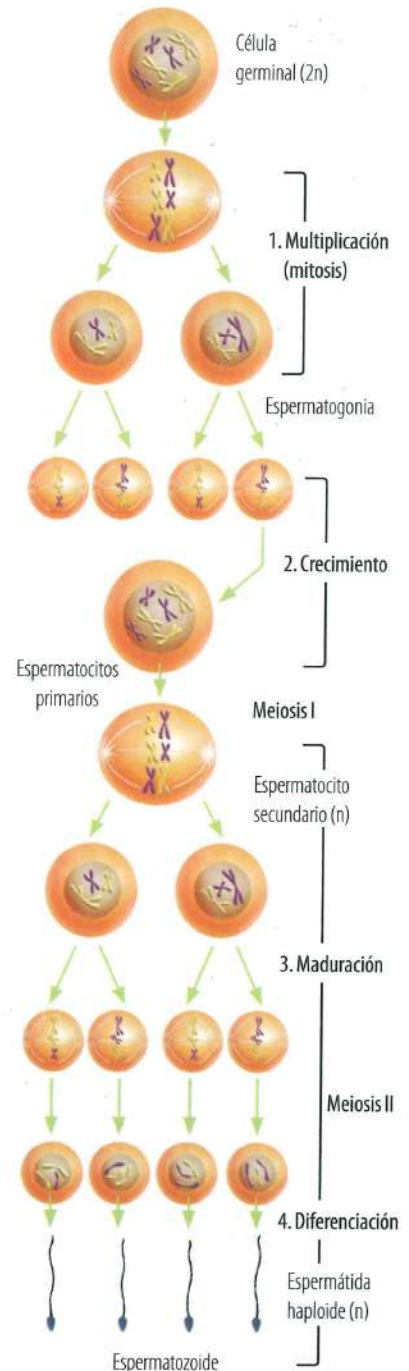
Es el proceso por el que se generan los espermatozoides en los testículos de los machos, lo cual ocurre cuando alcanzan su madurez sexual. La espermatogénesis se puede dividir en cuatro etapas: **multiplicación**, **crecimiento**, **maduración** y **diferenciación** o **espermiogénesis**.

- 1. Multiplicación** (ver 1 en la imagen). Las **células germinales** ($2n$), que se encontraban inactivas en el embrión, inician su proceso de división celular denominado **mitosis**, originando células especiales llamadas **espermatogonias**. Esto ocurre generalmente en las paredes de los túbulos seminíferos de los testículos.
- 2. Crecimiento** (2). Las **espermatogonias** aumentan de tamaño y se convierten en **espermatoцитos primarios**.
- 3. Maduración** (3). Los **espermatoцитos primarios** inician su meiosis I, o primera división meiótica y originan dos **espermatoцитos secundarios** que son haploides (n). Estos entran en la meiosis II o segunda división meiótica sin un período de interfase dando origen a cuatro **espermátidas** haploides (n).
- 4. Diferenciación o espermiogénesis** (4). Las espermátidas pierden gran parte del citoplasma, el núcleo se condensa en una cabeza, se forma una porción intermedia en la que se ubican las mitocondrias en hélice y se desarrolla un flagelo para la locomoción; se forman así los **espermatozoides** maduros.

En todos los animales, el número de espermatozoides que se producen es mucho mayor que la cantidad de óvulos.

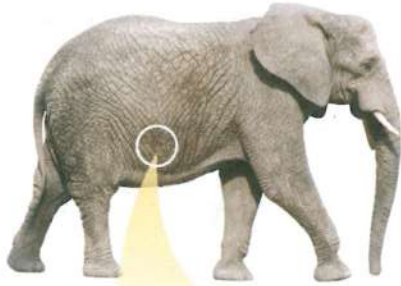


Espermatogénesis





Elefante hembra en gestación



Embrión femenino de elefante

4.2.1.2 Ovogénesis

Es el proceso de formación de los gametos femeninos u óvulos, en los ovarios de las hembras. Cada ovocito primario dará lugar solo a un gameto funcional. Las tres primeras etapas y la primera división meiótica hasta la etapa de profase I, generalmente se presentan antes del nacimiento de la nueva hembra, así como las siguientes se generan cuando la hembra ha alcanzado la madurez durante la ovulación o poco antes de la fecundación.

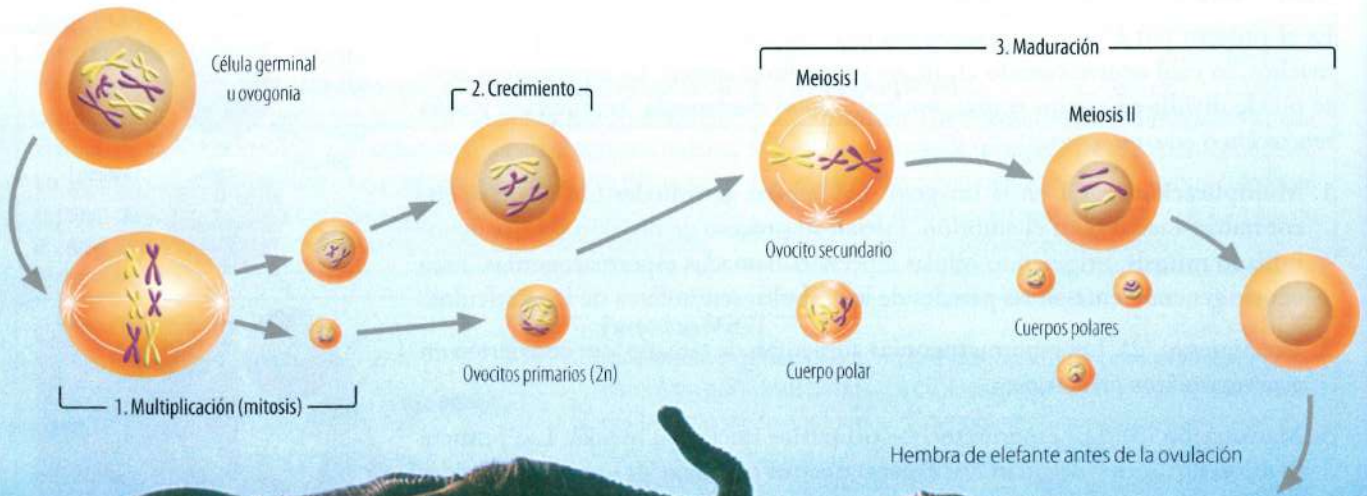
La ovogénesis se puede dividir en tres etapas: *multiplicación*, *crecimiento* y *maduración*.

1. **Multiplicación** (ver 1 en la imagen). Las células germinales del ovario o **ovogonias**, que son diploides ($2n$), aumentan su número por mitosis.
2. **Crecimiento** (2). Las ovogonias dejan de dividirse y crecen almacenando sustancias nutritivas y conforman los **ovocitos primarios**, que son diploides ($2n$).
3. **Maduración** (3). Los ovocitos primarios entran en meiosis I y forman dos células haploides: un **ovocito secundario** que conserva todo el citoplasma del ovocito primario y un **cuerpo polar** que se atrofia y se adhiere a la superficie del ovocito secundario para formar el primer cuerpo polar.

En la meiosis II, se forma una ovótide y otro cuerpo polar a partir del ovocito secundario. El primer cuerpo polar da origen a dos nuevos cuerpos polares.

La **ovótide**, tras un cambio en la posición del núcleo, se transforma en gameto femenino u **óvulo** (n). Los tres cuerpos polares se degeneran.

Ovogénesis





A

Lexicón

Genética: se deriva de la palabra griega *génesis* que significa "origen". La palabra *génesis* explica el concepto de generar forma. La genética busca, entonces, explicar la forma como se origina un organismo.



Según la teoría del preformismo, el espermatozoide contenía una estructura llamada homúnculo, que contenía a un organismo completo en miniatura.

1. Genética



Recurso imprimible

La **genética** es la rama de la biología que se encarga de estudiar la herencia biológica de una generación a otra y todos los factores relacionados con este proceso.

1.1 La genética en la Antigüedad



Recurso imprimible

Desde hace mucho tiempo, el ser humano utilizaba la genética sin saberlo. Varios siglos a. C., los babilonios y los egipcios producían frutos por fecundación artificial. También hacían cruces de animales para obtener razas mejoradas. El ser humano sabía modificar las especies por cruces sin siquiera conocer el ADN. Este proceso, conocido como **selección artificial**, aún se utiliza hoy en día para obtener animales más productivos o plantas con frutos más abundantes. En la Antigüedad se pensaba que el hombre era quien aportaba la información genética para el nuevo individuo y la mujer era solo un reservorio. Más adelante se propuso que los descendientes heredaban una mezcla de las características de sus padres. A esta primera aproximación se le llamó **teoría genética de la mezcla**, pero hoy sabemos que la herencia generalmente no funciona así.

En 1651 se propuso el **epigenismo**, teoría que predominó hasta mediados del siglo XVIII. Proponía que un embrión estaba formado por una mezcla relativamente homogénea de sustancias materna y paterna que durante el desarrollo se diferenciaba en órganos. En 1677, Anton Van Leeuwenhoek describió la presencia de animáculos en el fluido seminal con ayuda del microscopio. Apareció entonces la **teoría del preformismo**, que se oponía al epigenismo y que proponía que el embrión provenía de un organismo que ya estaba preformado (homúnculo). Se crearon entonces dos corrientes del preformismo: los **animaculistas**, que defendían que el ser preformado se encontraba en el espermatozoide, y los **ovistas**, que aseguraban que el ser preformado se encontraba en el óvulo. Años más tarde, gracias a los descubrimientos de Mendel, se logró comprender los reales mecanismos de la herencia.

1.2 Conceptos básicos

Para comprender las bases de la genética, es importante revisar primero algunos conceptos.

1.2.1 Gen

Los **genes** son porciones de ADN que tienen las instrucciones necesarias para codificar una proteína o una cadena de ARN. Los seres humanos tenemos en cada una de nuestras células aproximadamente 30.000 genes, que son los que llevan la información de nuestra apariencia física y las instrucciones para el funcionamiento de cada proceso de nuestro cuerpo. Por ello se afirma que los genes son las unidades que se encargan de la herencia genética en los organismos. Los genes forman el ADN, que a su vez se organiza en estructuras llamadas **cromosomas** que se localizan en el núcleo de las células eucariotas.

Cada gen que poseemos se hereda en "dosis doble", es decir, heredamos una copia de cada gen de nuestro padre y una copia de cada gen de nuestra madre, para completar dos copias de genes para cada carácter. Como los genes forman los cromosomas, todas las células de nuestro cuerpo contienen dos copias de cada cromosoma, es decir que son **diploides**, excepto los gametos (óvulos y espermatozoides).



1. Genética



Recurso imprimible

La **genética** es la rama de la biología que se encarga de una generación a otra y todos los factores que influyen en la expresión de los genes de un organismo, mientras que la **fenología** estudia los rasgos "observables" de esa combinación.

1.1 La genética en la Antigua Grecia

Desde hace mucho tiempo, el ser humano ha buscado mejorar sus rasgos físicos. En los siglos a. C., los babilonios y los egipcios utilizaban cruce de animales para obtener especies más productivas o plantas con frutos más grandes. Este proceso, conocido como **selección artificial**, consistía en elegir a los animales más productivos o plantas con frutos más grandes para ser los padres del nuevo individuo y la mujer era solo un reservorio de genes. Los descendientes heredaban una mezcla de los genes de los padres. La primera aproximación se le llamó **teoría genética**, que la herencia generalmente no funciona así.

La **genética** es la rama de la biología que se encarga de una generación a otra y todos los factores que influyen en la expresión de los genes de un organismo, mientras que la **fenología** estudia los rasgos "observables" de esa combinación.

El carácter se representa mediante dos letras similares: una de nuestro padre y la otra, el carácter que heredamos. Por ejemplo, si hablamos del color de los ojos, representamos con las letras AA, Aa, o aa, para indicar con ellas, las combinaciones de los genes para esa característica y los posibles rasgos de los padres.

Los posibles rasgos de los padres.

En 1651 se propuso el **epigenismo**, teoría que decía que el color de los ojos, los diferentes alelos son las diferentes formas de un gen. En 1677, Anton Van Leeuwenhoek descubrió que la herencia homogénea de sustancias materna y paterna podía estar en órganos. En 1677, Anton Van Leeuwenhoek descubrió que la herencia homogénea de sustancias materna y paterna podía estar en órganos.

En 1677, Anton Van Leeuwenhoek descubrió que la herencia homogénea de sustancias materna y paterna podía estar en órganos. En 1677, Anton Van Leeuwenhoek descubrió que la herencia homogénea de sustancias materna y paterna podía estar en órganos. En 1677, Anton Van Leeuwenhoek descubrió que la herencia homogénea de sustancias materna y paterna podía estar en órganos.

En 1677, Anton Van Leeuwenhoek descubrió que la herencia homogénea de sustancias materna y paterna podía estar en órganos. En 1677, Anton Van Leeuwenhoek descubrió que la herencia homogénea de sustancias materna y paterna podía estar en órganos.

En 1677, Anton Van Leeuwenhoek descubrió que la herencia homogénea de sustancias materna y paterna podía estar en órganos. En 1677, Anton Van Leeuwenhoek descubrió que la herencia homogénea de sustancias materna y paterna podía estar en órganos.

En 1677, Anton Van Leeuwenhoek descubrió que la herencia homogénea de sustancias materna y paterna podía estar en órganos. En 1677, Anton Van Leeuwenhoek descubrió que la herencia homogénea de sustancias materna y paterna podía estar en órganos.

En 1677, Anton Van Leeuwenhoek descubrió que la herencia homogénea de sustancias materna y paterna podía estar en órganos. En 1677, Anton Van Leeuwenhoek descubrió que la herencia homogénea de sustancias materna y paterna podía estar en órganos.

En 1677, Anton Van Leeuwenhoek descubrió que la herencia homogénea de sustancias materna y paterna podía estar en órganos. En 1677, Anton Van Leeuwenhoek descubrió que la herencia homogénea de sustancias materna y paterna podía estar en órganos.

En 1677, Anton Van Leeuwenhoek descubrió que la herencia homogénea de sustancias materna y paterna podía estar en órganos. En 1677, Anton Van Leeuwenhoek descubrió que la herencia homogénea de sustancias materna y paterna podía estar en órganos.

En 1677, Anton Van Leeuwenhoek descubrió que la herencia homogénea de sustancias materna y paterna podía estar en órganos. En 1677, Anton Van Leeuwenhoek descubrió que la herencia homogénea de sustancias materna y paterna podía estar en órganos.

En 1677, Anton Van Leeuwenhoek descubrió que la herencia homogénea de sustancias materna y paterna podía estar en órganos. En 1677, Anton Van Leeuwenhoek descubrió que la herencia homogénea de sustancias materna y paterna podía estar en órganos.

En 1677, Anton Van Leeuwenhoek descubrió que la herencia homogénea de sustancias materna y paterna podía estar en órganos. En 1677, Anton Van Leeuwenhoek descubrió que la herencia homogénea de sustancias materna y paterna podía estar en órganos.

En 1677, Anton Van Leeuwenhoek descubrió que la herencia homogénea de sustancias materna y paterna podía estar en órganos. En 1677, Anton Van Leeuwenhoek descubrió que la herencia homogénea de sustancias materna y paterna podía estar en órganos.

En 1677, Anton Van Leeuwenhoek descubrió que la herencia homogénea de sustancias materna y paterna podía estar en órganos. En 1677, Anton Van Leeuwenhoek descubrió que la herencia homogénea de sustancias materna y paterna podía estar en órganos.



Nuestro fenotipo depende de los caracteres que hemos heredado y también de factores ambientales.

Interpreto

Relaciona cada concepto con el ejemplo o los ejemplos correspondientes. Para ello, escribe el número de cada concepto en el recuadro respectivo.

1. Genotipo

2. Dominante

3. Fenotipo

4. Recessivo

5. Alelo

6. Heterocigotos

7. Homocigotos

- Formas del gen para color de cabello: negro, café, rubio, rojo.
- Juan es Aa para el color de sus ojos y BB para el color de su cabello.
- El carácter color de piel morena se expresa frente al carácter color de piel blanca.
- María es rubia, con ojos café y piel blanca.
- Genotipos CC, pp y hh.
- Genotipos Cc, Pp y Hh.
- Para expresar ojos azules el genotipo debe ser aa.

1.2 Conceptos básicos

Para comprender las bases de la genética, es necesario conocer algunos conceptos.

1.2.1 Gen

Los **genes** son porciones de ADN que tienen la capacidad de codificar una proteína o una cadena de ARN. Cada gen contiene información de nuestra apariencia física y la de cada proceso de nuestro cuerpo. Por ello, los genes son los responsables de que se encargan de la herencia genética. El ADN, que a su vez se organiza en estructuras llamadas cromosomas, se localizan en el núcleo de las células eucariotas.

Cada gen que poseemos se hereda en "dosis", es decir, una copia de cada gen de nuestro padre y una copia de cada gen de nuestra madre. Para completar dos copias de genes para cada carácter, todas las células de nuestro cuerpo contienen una copia de cada gen. Es decir que son **diploides**, excepto los gametos.

Ojos café	Ojos azules
AA / Aa	aa
A	a
Dominante	Recesivo



1.2.2 Genotipo y fenotipo

Se llama **genotipo** a la composición de los genes de un organismo, mientras que el **fenotipo** es la expresión física o los rasgos "observables" de esa composición de genes.

Para cada carácter, el genotipo se representa mediante dos letras similares: una representa el carácter que heredamos de nuestro padre y la otra, el carácter que heredamos de nuestra madre. Por ejemplo, si hablamos del color de los ojos, representamos el genotipo con las letras AA, Aa, o aa, para indicar con ellas, las instrucciones que se encuentran registradas en los genes para esa característica y que hemos heredado de nuestros dos padres.

1.2.3 Alelos

Los **alelos** son todas las posibles formas de un gen.

Por ejemplo, si hablamos del color de los ojos, los diferentes alelos son las diferentes formas que tiene el gen para el color de los ojos: negro, café, verde, gris o azul.

El par de alelos de cada carácter pueden tener entre sí información diferente o igual:

- Se afirma que el individuo es **heterocigoto** para este carácter cuando la información de los alelos es diferente, y se representa con las letras Aa.
- Se afirma que el individuo es **homocigoto** para este carácter cuando la información de los alelos es igual, y se expresa con las letras AA o aa.

Cuando se tiene información diferente en un par de alelos (Aa), solamente se expresa en el fenotipo uno de ellos. En estas condiciones, se afirma que el carácter que se expresa es **dominante** y aquel que no se expresa, pero se transmite a las demás generaciones, es **recesivo**. Por ejemplo, una persona que tiene los ojos cafés, pero también tiene información para color de ojos azul, se afirma que es heterocigótica (Aa) para el color de ojos.

Cuando se tiene información igual en el par de alelos:

- Se afirma que el individuo es **homocigoto dominante** (AA), si el carácter es dominante y se hace evidente en el fenotipo. Por ejemplo, si una persona que ha heredado el gen para ojos cafés de sus padres tiene los ojos cafés porque en los dos alelos tiene información para ojos cafés.
- Se afirma que el individuo es **homocigoto recesivo** (aa), si el carácter es recesivo y se hace evidente en el fenotipo. Por ejemplo, si una persona tiene los ojos azules es porque en los dos alelos tiene información para ojos azules.

Fenotipo	Ojos cafés	Ojos azules
Genotipo	AA / Aa	aa
Alelos	A	a
	Dominante	Recesivo



Nuestro fenotipo depende de los caracteres que hemos heredado y también de factores ambientales.

Interpreto

Relaciona cada concepto con el ejemplo o los ejemplos correspondientes. Para ello, escribe el número de cada concepto en el recuadro respectivo.

1. Genotipo

2. Dominante

3. Fenotipo

4. Recesivo

5. Alelo

6. Heterocigotos

7. Homocigotos

- Formas del gen para color de cabello: negro, café, rubio, rojo.
- Juan es Aa para el color de sus ojos y BB para el color de su cabello.
- El carácter color de piel morena se expresa frente al carácter color de piel blanca.
- María es rubia, con ojos cafés y piel blanca.
- Genotipos CC, pp y hh.
- Genotipos Cc, Pp y Hh.
- Para expresar ojos azules el genotipo debe ser aa.



Gregor Johann Mendel, considerado el padre de la genética.

1.3 Genética mendeliana

La genética mendeliana surgió cerca del año 1865, pero no fue reconocida sino hasta el año 1900. Está fundamentada en tres principios básicos o leyes mendelianas, que fueron producto de varios años de investigación y observaciones en plantas. A partir de estas observaciones, se logró establecer algunos conceptos claves sobre la transmisión de la información genética de padres a hijos, que hasta aquella época se desconocían.

1.3.1 Gregor Mendel



Ampliación multimedia

Gregor Johann Mendel, considerado por muchos como el padre de la genética, nació el 20 de Julio de 1822 en Heinzendorf, Austria (actualmente República Checa), en una familia de campesinos. Inicialmente solo fue bautizado con el nombre de Johann Mendel.

Decidió estudiar biología y más tarde ingresó al monasterio de padres agustinos de Brno (antiguamente llamado Brünn) en la República Checa. Fue entonces cuando adoptó el nombre de padre Gregor en 1843. En el monasterio llegó a ser Abad y realizó un doctorado en botánica y matemáticas en la Universidad de Viena.

1.3.1.1 Inicio de sus investigaciones



Ampliación multimedia















Teniendo a su completa disposición el jardín del monasterio de Brno, y gracias a su pasión por la biología y la botánica, Mendel comenzó a realizar experimentos con plantas.

Seleccionó la especie *Pisum sativum*, conocida como planta de arveja, para estudiar cómo se heredaban los caracteres de una generación a otra. Estudió 34 variedades de esta planta durante varios años y cultivó cerca de 28.000 ejemplares.

Mendel eligió plantas de arveja por las siguientes razones:

- La semilla se conseguía fácilmente en el mercado y a bajo costo.
- Su cultivo no requería de mucho espacio ni tiempo, por lo que en poco tiempo se obtenían varias generaciones.
- Presentaban características fáciles de evaluar, ya que permanecían constantes y solo se presentaban de dos formas, por ejemplo, semillas de color amarillo o verde; textura lisa o rugosa.
- Se obtenían muchos descendientes de un solo cruce.
- Sus flores eran hermafroditas, es decir, en la misma flor se encontraban los órganos reproductores femeninos y los masculinos. Por lo tanto, era fácil realizar la autofecundación.
- Una vez nacían las plantas, era fácil cortar los estambres para que no fueran polinizadas por los insectos, y de esta forma podía controlar los cruces.

Para sus experimentos, Mendel observó con detalle el fenotipo de las plantas *Pisum sativum*, y eligió siete características que consideró fáciles de evaluar: 1) forma de la semilla, 2) color de la semilla, 3) posición de la flor, 4) color de la flor, 5) forma de la vaina, 6) color de la vaina y 7) tallo de las plantas.

Progenitor 1	Progenitor 2
 Semilla lisa	 Semilla rugosa
 Semilla amarilla	 Semilla verde
 Flores en posición axial	 Flor en posición terminal
 Flor roja	 Flor blanca
 Vaina ancha	 Vaina estrecha
 Vaina verde	 Vaina amarilla
 Tallo alto	 Tallo enano

Características elegidas por Mendel para realizar sus experimentos.



1.3.1.2 Cruces con líneas puras

Una vez definidas las características para evaluar, Mendel tomó **líneas puras**, es decir, plantas que por varias generaciones mantenían una misma característica constante, por ejemplo, semillas verdes. A las líneas puras las llamó **generación parental P**. Luego, realizó cruces entre dos líneas puras diferentes: por ejemplo, plantas con semillas verdes y plantas con semillas amarillas. A la primera generación de descendientes o híbridos la llamó **filial 1** o generación F_1 . Después, permitía que las plantas de la F_1 se autofecundaran y obtenía una segunda generación de descendientes a la que llamó **filial 2** o generación F_2 . Luego, reunió todos los datos obtenidos, los analizó y sacó sus propias conclusiones.

1.3.2 Las leyes de Mendel



Actividad



Recurso imprimible

A partir de las observaciones de sus experimentos, Mendel sacó importantes conclusiones que resumió en tres principios básicos, que actualmente se conocen como las **Leyes de Mendel** y que aplican para gran parte de los caracteres hereditarios en la naturaleza.

1.3.2.1 Primera ley o ley de la uniformidad

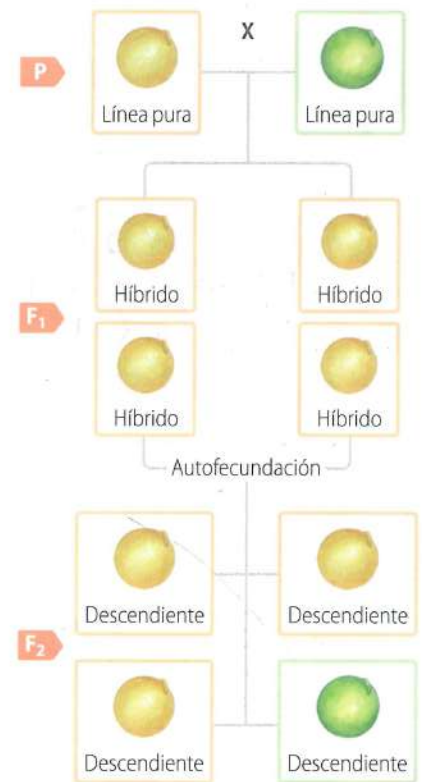
Al iniciar sus experimentos, Mendel realizó cruces entre dos líneas puras diferentes (o generación parental P). Es decir, líneas que eran **homocigotas** para un carácter. Por ejemplo, cruzó plantas de arveja amarilla (genotipo AA) con plantas de arveja verde (genotipo aa). Mendel observó que toda la descendencia o F_1 estaba compuesta por plantas de arveja amarilla. A estos nuevos individuos los llamó **híbridos** (con genotipo Aa), ya que provenían de una mezcla de dos líneas diferentes.

Mendel formuló entonces su **principio o ley de la uniformidad**:

Cuando se cruzan dos organismos de la misma especie de dos líneas puras y que son diferentes en una misma característica, los descendientes muestran uniformidad en esa característica y todos heredan el carácter de uno de sus progenitores, mientras que el otro carácter parece haberse perdido.

Mendel observó que el color amarillo era dominante sobre el verde en este caso. Para cada una de las siete características que evaluó, obtuvo resultados similares:

- La **semilla lisa** era dominante sobre la rugosa.
- La **semilla amarilla** era dominante sobre la verde.
- Las **flores en posición axial** eran dominantes sobre las flores en posición terminal.
- La **flor roja** era dominante sobre la blanca.
- La **vaina ancha** era dominante sobre la estrecha.
- La **vaina verde** era dominante sobre la amarilla.
- El **tallo alto** era dominante sobre el enano.



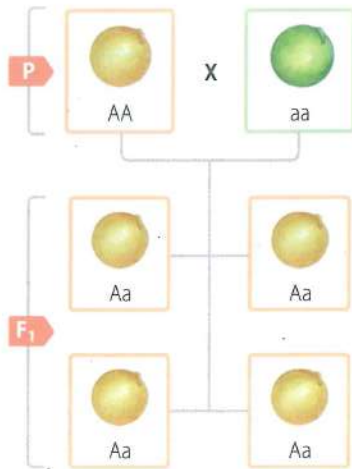
Mendel realizó sus experimentos siguiendo un esquema como este.

Cuadro de Punnett

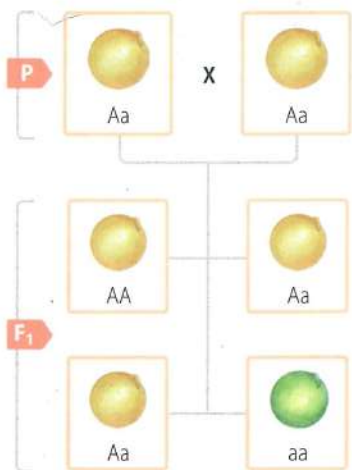
El **cuadro de Punnett** es un instrumento creado por Reginald Punnett que permite determinar las probabilidades de aparición de un genotipo en la descendencia. Es decir, permite observar la combinación de los alelos paternos (en amarillo) con los maternos (en verde) y los probables genotipos de los hijos (en blanco).

P		♂	A	A
		♀	a	a
♀	a	Aa	Aa	
	a	Aa	Aa	

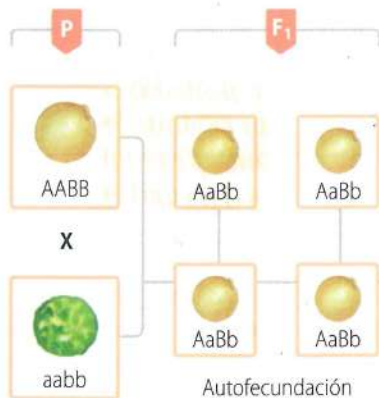
The Punnett square shows the cross between two heterozygous parents (Aa x Aa). The male parent (♂) has alleles A and A, and the female parent (♀) has alleles a and a. The resulting offspring (hijos) are all heterozygous (Aa).



Cruce entre dos líneas puras según el principio de uniformidad de Mendel.



Cruce entre dos híbridos de la F₁, según la ley de la segregación de Mendel.



1.3.2.2 Segunda ley o ley de la segregación

Al concluir su primer experimento, Mendel se preguntó si al permanecer solo el carácter dominante en la F₁, el recesivo desaparece, así que permitió que las plantas se autofecundaran en la F₁. Observó que en la nueva descendencia o F₂, aparecían de nuevo los caracteres que no eran visibles en la F₁, es decir, arvejas verdes y arvejas amarillas. Mendel supuso que para cada uno de los caracteres, la planta poseía un par de factores responsables de la herencia, cada uno de ellos transmitido por una de las plantas progenitoras. Aquel carácter que permanecía en la F₁ era dominante y el que solamente aparecía en la F₂ era recesivo. Esto quiere decir, que en el segundo cruce, algunas de las plantas de la descendencia heredaron el alelo recesivo de sus dos progenitores.

Así, se estableció la ley de la segregación:

Los factores hereditarios (hoy en día llamados genes) son unidades independientes que pasan de generación en generación sin sufrir alteraciones. Al cruzar entre sí las plantas de la F₁, se observa el carácter dominante en el 75% de la descendencia. Esto significa que tres de cada cuatro plantas tendrán el fenotipo dominante y una tendrá el fenotipo recesivo. Esto implica que todas las plantas de la F₁ son heterocigotas para el carácter del color de la semilla.

1.3.2.3 Tercera ley o ley de la segregación independiente



Una vez comprendida la herencia de un solo carácter, Mendel analizó la transmisión de dos caracteres simultáneamente. Para esto, realizó cruces entre líneas puras de semillas amarillas (AA) y lisas (BB) con líneas puras de semillas verdes (aa) y rugosas (bb). Como era lo esperado, toda la descendencia en la F₁ mostró semillas amarillas y lisas, lo que concuerda con la ley de la uniformidad. Realizó entonces una nueva autofecundación entre los híbridos de la F₁ y la nueva descendencia, la F₂, y obtuvo toda clase de combinaciones en las siguientes proporciones: de cada 16 plantas se observaron nueve con semillas amarillas y lisas, tres con semillas verdes y lisas, tres con semillas amarillas y rugosas, y una con semillas verdes y rugosas. Según estos resultados, se observaron dos nuevas combinaciones que no existían en las líneas puras: semillas amarillas y rugosas, y semillas verdes y lisas. Con estos nuevos resultados, Mendel estableció la ley de la segregación independiente:

Cada carácter se hereda de forma independiente de los demás caracteres.

F₂

Proporción de fenotipos 9:3:3:1

F ₂	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb



1.3.3 Excepciones a las leyes de Mendel



Ya hemos visto cómo funciona la herencia de aquellos caracteres que cumplen con las leyes mendelianas, pero vale la pena aclarar que este proceso no siempre está regido por estas leyes, y que existen algunas excepciones.

1.3.3.1 Dominancia parcial o incompleta

Ocurre **dominancia parcial** o **incompleta** cuando ninguno de los alelos de los progenitores es dominante sobre el otro. En este caso, el fenotipo de la descendencia es una mezcla entre el fenotipo de los dos progenitores. Por ejemplo, si se cruza una planta de claveles rojos y una planta de claveles blancos, el resultado será claveles rosados.

1.3.3.2 Codominancia

En la **codominancia**, al igual que en la dominancia parcial, ninguno de los alelos es dominante sobre el otro, pero en este caso, en la descendencia se expresan los dos caracteres simultáneamente. Un ejemplo de este fenómeno ocurre en la planta de flores achira. Si se cruza una planta de flores rojas, con una planta de flores amarillas, el resultado será flores amarillas con rojo, pero sin mezcla de los colores. Otro ejemplo es la herencia del grupo sanguíneo AB que veremos más adelante.

1.3.3.3 Genes ligados

Recordemos que la tercera ley de Mendel establece que cada carácter se hereda de forma independiente de los demás caracteres, pero en la actualidad sabemos que esto no siempre funciona así. Mendel corrió con la suerte de que los genes correspondientes a las características que eligió, se encontraran separados unos de otros en distintas cromosomas. Hoy en día se sabe que si dos genes se encuentran muy cerca en el mismo cromosoma, estos genes tienden a heredarse **ligados**, es decir, las probabilidades de que dos genes estén ligados, depende de la distancia que haya entre los dos.

1.3.3.4 Genes y ambiente

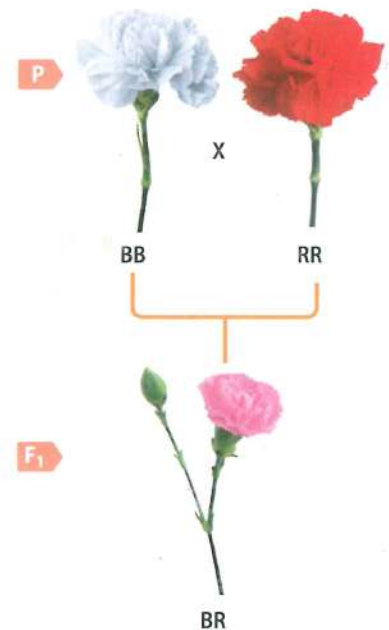
Además del genotipo, el ambiente también puede influir en el fenotipo de una población. Un buen ejemplo son los conejos Himalaya. Cuando conejos de esta especie con el mismo genotipo se crían en un clima caluroso, disminuye en ellos la producción de melanina, y por eso su pelaje es blanco. Si se crían en el frío, se estimula la producción de melanina y su pelaje es de color oscuro en ciertas zonas de su cuerpo. Entonces, podemos concluir que:

$$\text{Fenotipo} = \text{Genotipo} + \text{Ambiente}$$

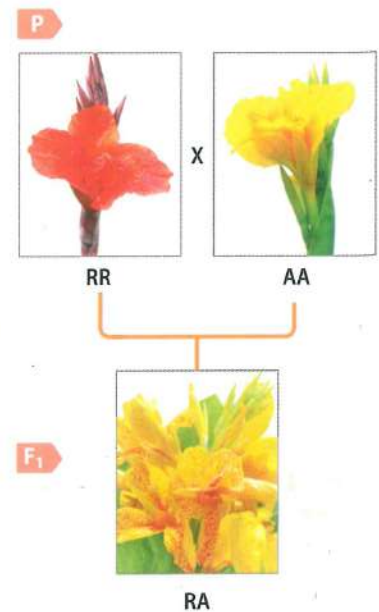


Actualidad científica

El ser humano, *Homo sapiens*, tiene cerca de 30.000 genes, la pulga de agua *Daphnia pulex*, cerca de 31.000, el gusano *Caenorhabditis elegans* cerca de 19.000 y la mosca de la fruta *Drosophila melanogaster*, cerca de 13.000. Gracias a los estudios comparativos o genómica comparada, se ha logrado concluir que no es el número de genes lo que hace a un organismo más complejo sino la calidad de los mismos.



Se observa dominancia parcial cuando la descendencia presenta una mezcla de los caracteres de los dos progenitores.

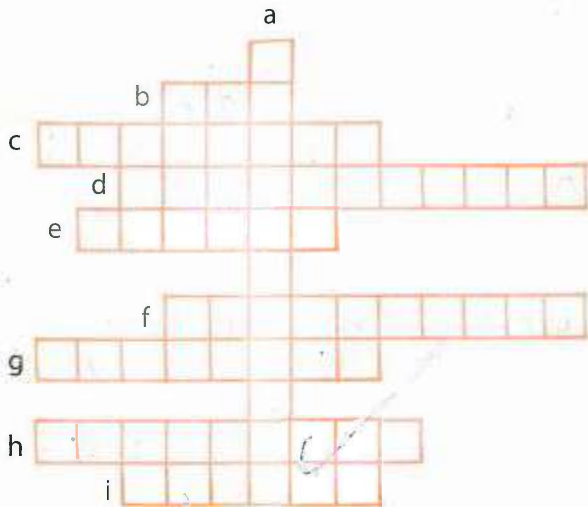


Se observa codominancia cuando la descendencia expresa los dos caracteres simultáneamente, pero sin mezclarse.



INTERPRETO

- 1 Completa el siguiente crucigrama según las definiciones.



- a. Nombre con el que se conoce la primera ley de Mendel.
 b. Unidad genética de la herencia.
 c. Expresión física de los genes.
 d. Teoría que defendía que el embrión provenía de un homúnculo.
 e. Todas las posibles formas de un gen.
 f. El hecho de tener dos alelos iguales para un mismo carácter.
 g. Composición genética de un organismo.
 h. Alelo que se expresa en el fenotipo así esté en estado homocigoto o heterocigoto.
 i. Nombre del científico considerado por muchos como el Padre de la Genética.

- 2 Explica por qué razón algunos conejos *Himalaya* que tienen el mismo genotipo presentan fenotipo diferente.



- 3 Observa las imágenes y bázate en ellas para explicar los siguientes conceptos: genotipo, fenotipo, alelo, gen.



- 4 Lee el problema y, con base en él, realiza la actividad 5 y responde las preguntas 6 a 10.

El pelaje de los perros labradores puede ser de tres colores: negro (N) que es el color dominante, chocolate, que es recesivo (h) y dorado, que también es recesivo (n). Un criador de perros asegura que cruzó dos labradores de líneas puras, un macho negro con una hembra dorada.

- 5 Según lo anterior, realiza el cuadro de Punnett del cruce entre los dos labradores.



♀	P	♂		

- 6 ¿Cuál es el genotipo de los progenitores?
 7 ¿Cuáles son los posibles genotipos de la descendencia?
 8 ¿Cuáles serían los posibles fenotipos de la descendencia?
 9 El criador asegura que el labrador dorado que pretende vender es hijo de estos progenitores. ¿Eso es posible? Explica tu respuesta.
 10 ¿Cuál ley de Mendel se cumple en este caso?

11 En una especie de ganado vacuno, los alelos del color del pelaje son codominantes. Un zootecnista cruza una vaca de color marrón (MM) con un toro de color gris (GG), ¿cuál será el color del pelaje de su descendencia? Elabora un cuadro de Punnett para establecer los posibles genotipos y fenotipos.

12 De acuerdo con el problema anterior, si cruzamos dos descendientes (GM), ¿cuáles serán sus genotipos y cuáles sus fenotipos?

13 Elige a cinco miembros de tu familia (abuelos, padres, hermanos) para evaluar una de las siguientes características hereditarias:

- ⌘ Cabello liso o crespo.
- ⌘ Color de ojos café o verde.
- ⌘ Cabello rubio u oscuro.

Con base en tu investigación, responde las preguntas 14 a 17.

14 ¿Cuáles la característica más frecuente en tu familia?

15 ¿Puedes determinar la dominancia o la recesividad de un carácter en tu familia con estas observaciones?

16 Con tus compañeros de grupo, elabora una tabla que resuma las características que cada uno evaluó en su respectiva familia y establezcan comparaciones.

- ⌘ ¿Qué semejanzas y diferencias encuentran en los caracteres dominantes y recesivos que se evidenciaron?

17 ¿Los caracteres que son más frecuentes en tu familia lo son también en las familias de tus amigos?

ARGUMENTO

18 Lee el siguiente texto y responde las preguntas 19 y 20.

En la época nazi, en Alemania existía una política llamada **Eugenesis**, basada en la teoría de la evolución de Darwin, que consistía en limitar

o prohibir la reproducción de aquellas personas consideradas como "indignas de vivir" con el fin de "mejorar la raza". Entre esas personas se incluían los discapacitados, personas con problemas mentales, delincuentes, personas con malformaciones congénitas y razas "impuras"; entre otros. Se estimulaba, además, la concepción de hijos para aquellas parejas que tuvieran los rasgos deseados, tales como belleza, inteligencia, etc.

19 ¿Cuál es tu punto de vista frente a la eugenesia practicada por los nazis?

20 ¿Crees que actualmente se presenta un fenómeno similar? Explica tu respuesta.

Desarrollo compromisos personales y sociales

PROPONGO

21 Analiza la siguiente situación y, luego, responde las preguntas 22 a 23.

El Proyecto Genoma Humano ha permitido conocer la secuencia completa de genes del ser humano. En un futuro próximo, será posible definir, con solo un examen de sangre, qué probabilidades tiene una persona de sufrir determinada enfermedad durante su vida.

Imagina que trabajas en una empresa de aviación y eres el encargado del proceso de selección de los nuevos pilotos. Tienes que evaluar a un hombre que tiene una excelente hoja de vida y se está postulando para el cargo. Tu jefe te pide que analices el ADN del hombre sin su consentimiento, ya que quiere saber si tiene riesgo de sufrir un ataque cardíaco, lo cual lo descalificaría para el trabajo.

22 ¿Cuál sería tu punto de vista frente a la petición de tu jefe?

23 ¿Estarías dispuesto a acceder a ella?, ¿por qué?

24 Redacta un escrito para informar a la comunidad sobre la importancia de la inclusión en la sociedad de las personas que padecen algún tipo de enfermedad genética.