

# UNIDAD 11

## Los mecanismos de reproducción celular y los cromosomas

En el trabajo con las actividades de esta unidad vas a seguir profundizando tus conocimientos sobre las células como unidad de vida. Estudiarás cómo una célula puede formar a otras semejantes, es decir, cuáles son los mecanismos de reproducción celular y cómo se comportan los cromosomas en esos procesos. Así como en la unidad anterior estudiaste la herencia, a partir de las características de las moléculas que guardan la información hereditaria, en esta unidad analizarás la herencia considerando las estructuras celulares. Por lo tanto, estudiarás más sobre Genética. Seguramente, habrás escuchado alguna vez que la Genética es una de las ramas de la Biología moderna. Sus aportes han sido y son fundamentales para el desarrollo de la medicina, la agricultura, la ganadería y también de otras actividades productivas en las que intervienen seres vivos o sus productos. Conocer cómo son los cromosomas en las distintas especies y los mecanismos de multiplicación de las células en los que intervienen, ha permitido a los biólogos comprender cómo se producen las enfermedades hereditarias. También posibilita reconocer y modificar las características heredables de los animales domésticos, los cultivos y hasta de las bacterias, para que esas especies puedan ser más útiles al hombre.



En muchas actividades de esta unidad trabajarás interpretando imágenes. En algunos casos te encontrarás con microfotografías realizadas con diferentes tipos de microscopios y en otros con representaciones esquemáticas que se realizan para la mejor comprensión de los procesos o mecanismos que estás estudiando. En cada caso, antes de comenzar a resolver las consignas, poné atención para distinguir si las imágenes son una fotografía de las estructuras o si se trata de un esquema que las representa. Diferenciar el tipo de imagen que estás viendo te servirá para entender mejor cómo son las células y sus procesos.

### TEMA 1: LOS CROMOSOMAS

Tus estudios de Genética comienzan ahora, poniendo el foco en las células para profundizar cómo son las estructuras celulares denominadas **cromosomas**.

Para realizar la consigna **b** de la siguiente actividad, vas a necesitar estos materiales:

- Una punta de cucharadita de levaduras (frescas o deshidratadas, se venden en panes o en sobres).
- Un frasco o vaso limpio, lleno hasta la mitad con agua tibia.
- Una cucharita de café o espátula de laboratorio.
- Una cucharadita de azúcar.
- Un gotero.
- Tres o cuatro portaobjetos y la misma cantidad de cubreobjetos.
- Colorante para tinción de preparados: azul de metileno.
- Un microscopio.



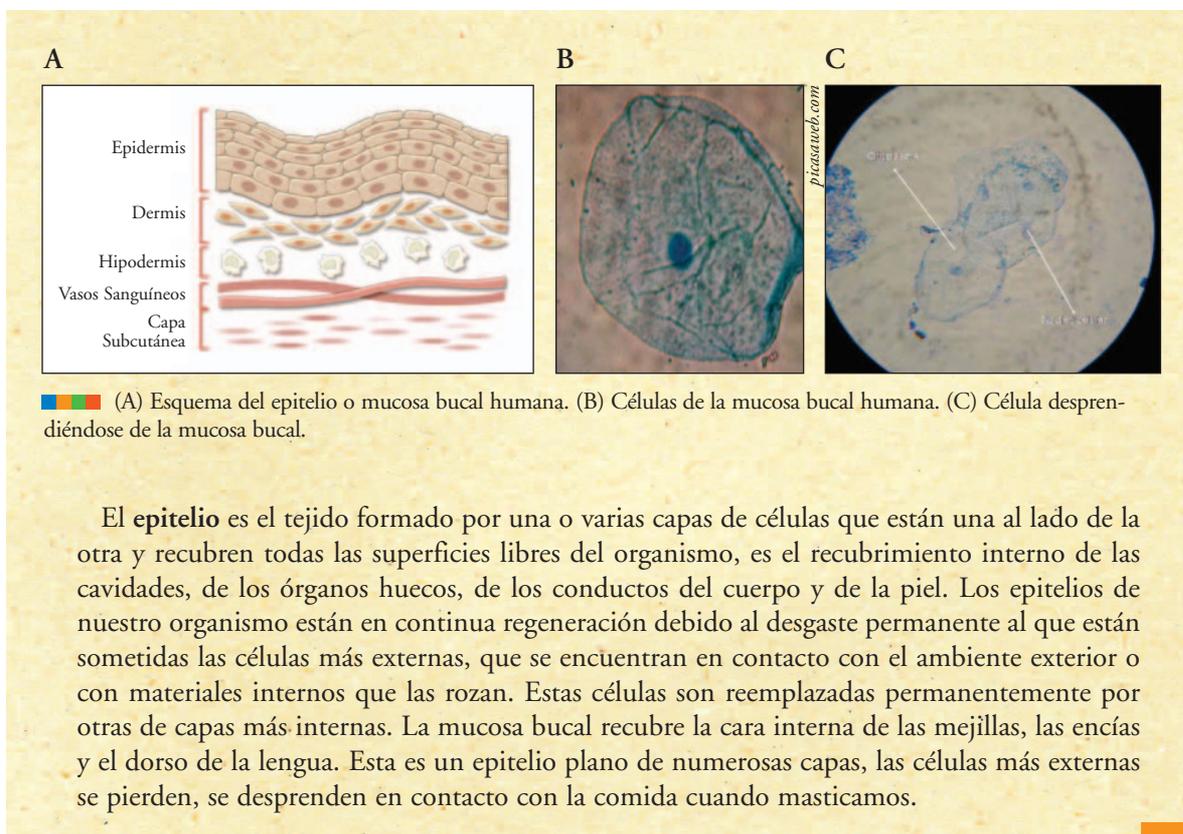
## A

## 1. Nuevamente, la estructura celular

Para retomar tus conocimientos sobre los cromosomas y su relación con la herencia vas a empezar revisando lo que ya estudiaste sobre las células y sus principales componentes, a partir de la observación de imágenes de células de la mucosa bucal (tejido en capas que recubre y protege el interior de la boca).

Para resolver las siguientes consignas tené a mano y consultá las actividades **2, 3, 5 y 6** de la unidad **9** del CUADERNO DE ESTUDIO **1** y la actividad **6**, especialmente la parte **b**, de la unidad **10** de este Cuaderno.

**a)** Observá con atención las imágenes que se encuentran a continuación. Leé el texto que las acompaña y luego respondé a las consignas que figuran debajo.



1. Observá las células del epitelio bucal para reconocer en ellas la membrana celular o plasmática, el citoplasma y el núcleo.
2. Dibujá en tu carpeta un esquema de una célula del epitelio bucal y ponele nombre a las partes que reconociste.
3. Recordá cuáles son las funciones que esos componentes cumplen en las células y escribilas sintéticamente al lado de los nombres en el esquema que hiciste en tu carpeta.
4. Por el tipo de estructuras que reconociste, ¿qué clases de células suponés que son?
5. ¿Qué son los cromosomas? ¿Se observan los cromosomas en estas imágenes? De los componentes celulares que reconociste, ¿alguno incluye a los cromosomas? Fundamentá tus respuestas.

6. En la unidad anterior estudiaste la composición química de las células. De las biomoléculas que estudiaste:
- ¿Cuál es la componente principal del núcleo? ¿Cuál es la función de esa sustancia? ¿Tiene alguna relación con los cromosomas?
  - ¿Qué son los genes? ¿Qué relación tienen con la principal sustancia del núcleo y con los cromosomas?
7. Tal como dice el texto que acompaña las imágenes que observaste, los epitelios o mucosas son tejidos cuyas células se renuevan todo el tiempo porque en ellos se produce continuamente la multiplicación o reproducción celular. De ese modo, y pese a su desgaste, los epitelios siempre se mantienen cumpliendo su función como una capa de protección que evita el ingreso de microbios en el interior del organismo. Pensá, por ejemplo, en las capas internas en la mucosa bucal.
- ¿Qué propiedad de la biomolécula principal que compone el núcleo creés que permite la formación de nuevas células semejantes a las anteriores?

Como resultado de la autoduplicación o replicación del ADN de los cromosomas, la información hereditaria en una célula es doble y esa célula puede producir dos células hijas semejantes entre sí y a ella misma, es decir, se multiplica.

**b)** En esta parte de la actividad vas a observar a través del microscopio células de levaduras (hongos unicelulares) con el fin de apreciar sus características y su mecanismo de multiplicación.



*Para poder organizar tu trabajo, deberás tener en cuenta que será necesario esperar entre 15 y 20 minutos para observar los dos procedimientos que aquí se indican.*



1. Seguí este procedimiento:

**Paso 1.** Prepará una mezcla en el frasco con agua tibia agregando una punta de cucharadita de levaduras y una cucharadita de azúcar. Revolvé hasta que todo quede bien disuelto. La mezcla no debe ser muy opaca, si es necesario, agregá un poquito más de agua tibia.

**Paso 2.** Tomá con el gotero una cantidad pequeña del líquido, agarra dos portaobjetos y depositá una gota en cada uno.

**Paso 3.** Lavá el gotero o usá uno limpio para colocar una gota pequeña de colorante azul sobre cada gotita de mezcla que pusiste en los portaobjetos.

**Paso 4.** Cubrí luego cada muestra con un cubreobjetos. Acordate de apoyarlo primero sobre un lado y dejarlo caer suavemente sobre el líquido para que quede atrapada la menor cantidad de aire posible. Si queda líquido por los bordes, secalo con papel absorbente.

**Paso 5.** Observá con el microscopio el preparado que mejor te haya salido. Para ello, utilizá primero el menor aumento y luego el segundo.

**Paso 6.** Dibujá en tu carpeta lo que observes. Poné tu atención en las partes de las células que puedas reconocer. Recordá que las levaduras son hongos y pensá, en consecuencia, si tienen o no núcleo organizado y pared celular.

**Paso 7.** Dejá pasar unos 15 ó 20 minutos para que actúe la levadura. Después de ese tiempo repetí los pasos 2 a 5. Cuando vuelvas a observar, mirá con mucha atención ya que es posible que la muestra tenga las levaduras muy juntas. Si te fijás bien, podrás encontrar algunas células a las que le han salido un brote

en forma de globo, eso indica que están gemando. Cuando ese brote llegue a un tamaño adecuado, se desprenderá de la célula original. Dibujá lo que observes en tu carpeta.

2. Ahora respondé a las siguientes preguntas y transcribilas debajo de tus dibujos, a modo de epígrafes.

- ¿Por qué se coloca agua y azúcar al preparado junto con las levaduras? ¿Cuál es la función de estos componentes?
- ¿Qué sucedió con la cantidad de levaduras? ¿Por qué?

Cada vez que una célula de levadura se multiplica, un nuevo individuo se agrega a esa población, es decir, la población de levaduras aumenta la cantidad de individuos que la componen. En tanto que, en la multiplicación de células en un organismo pluricelular, las nuevas células que se forman reemplazan a otras dañadas o muertas o bien se agregan al individuo y lo hacen aumentar de tamaño, es decir, lo hacen crecer. Para que la multiplicación sea posible, tanto en organismos unicelulares como en pluricelulares, se producen algunos cambios en los cromosomas de las células, que comienzan con la autoduplicación del ADN que los compone.



## 2. Cantidad y variedad de cromosomas

En la siguiente actividad vas a estudiar las principales características de los cromosomas de las células eucariotas. Hasta ahora, seguramente, nunca habías observado estas estructuras celulares con el microscopio, ya que ese tipo de preparados requiere tinciones especiales y cierta destreza en la técnica para realizarlos. Podrías observarlas haciendo preparados de células en proceso de división celular. Por ejemplo, con células que se encuentran en los extremos de las raíces, en una zona llamada meristema, donde permanentemente se están produciendo nuevas células que las hacen crecer.

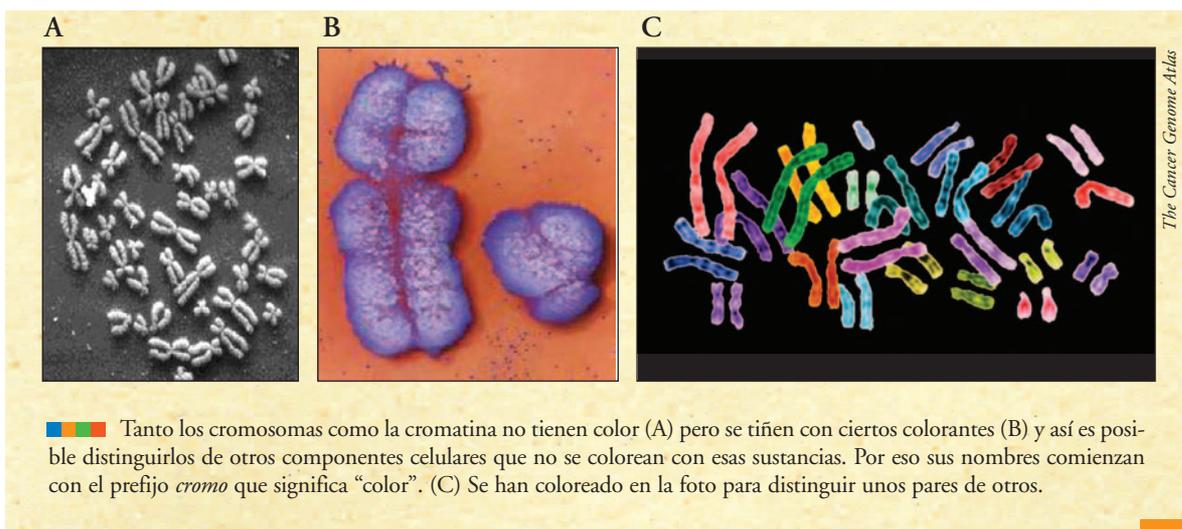


Para resolver la consigna **b** de esta actividad, consultá y tené a mano la consigna **b** de la actividad **6** de la unidad **10** de este Cuaderno.

a) Leé el texto y luego respondé a las consignas.

### • • • Los cromosomas de las células eucariotas

Los cromosomas están siempre presentes dentro del núcleo celular. Antes de que una célula eucariota comience un proceso de multiplicación, los cromosomas se observan como hilos largos y flojos que forman un ovillo. En este estado, el contenido del núcleo recibe el nombre de cromatina. Cuando comienza un proceso de multiplicación celular, los cromosomas cambian su apariencia porque pierden agua, es decir, se condensan. En ese momento, se los observa como pequeños cuerpos en forma de bastones dobles con un estrangulamiento en algún punto; tienen una forma parecida a las letras H, X o V. Con esa apariencia, podemos observarlos en las microfotografías.



**b)** Observá el esquema que aparece en el punto **b** de la actividad **6** de la unidad **10**. Copialo en tu carpeta. Sobre la base de la información y de las imágenes anteriores, volvé a analizarlo. Luego escribí un breve texto que explique cómo se produce el empaquetamiento.



**c)** Ya conocés la composición química de los cromosomas y su estructura interna. Ahora, buscá información en libros de Ciencias Naturales, sobre otras características y tipos de cromosomas y resolvé las siguientes propuestas. Realizá las anotaciones que consideres necesarias en tu carpeta. No olvides poner títulos para organizar la información.

1. En los cromosomas, el estrangulamiento se denomina centrómero. Buscá por qué se forma y qué sucede con el ADN en ese lugar del cromosoma.
2. Ahora buscá cómo se llama cada rama paralela, a lo largo de todo el cromosoma y qué nombre reciben las cuatro partes en que el centrómero parece dividir al cromosoma, tal como se observa en el esquema anterior. Agregá estos nombres al esquema que copiaste en tu carpeta en el punto **a**.
3. Los cromosomas se clasifican según el lugar en que se produce su centrómero. Buscá en los libros, algunos esquemas de los diferentes tipos de cromosomas según la posición de su centrómero y copialos o dibújalos en la carpeta. Luego ponelos el nombre de la clase a la que pertenecen.
4. Según la clasificación que encontraste, ¿a qué clase pertenece el cromosoma del esquema del punto **b** de la actividad **6** de la unidad **10**? Escribí el tipo de cromosoma debajo del esquema que dibujaste en tu carpeta.



### 3. Conjuntos de cromosomas: los cariotipos

El estudio de los cromosomas se realiza mediante varias técnicas. Una de las formas más conocidas y sencillas es la confección de cariotipos. En esta actividad, podrás enterarte cómo se realizan los cariotipos y algunas de las cuestiones que permiten deducir sobre los cromosomas.

Un **gen** es una porción suficiente de ADN (o secuencia de bases) como para determinar una característica hereditaria o proteína. Además, todos los genes que contiene el ADN de las células de una especie es su **genoma** característico. Pero el ADN no se encuentra desparramado o suelto dentro de las células, sino que se encuentra junto con ciertas proteínas, formando los **cromosomas**: cuerpos más o menos alargados, circulares en las células bacterianas (sin núcleo organizado o procariotas) y lineales en las células del resto de los seres vivos (con núcleo o eucariotas).



**a)** En el siguiente texto encontrarás información que te permitirá comprender los conceptos de cariotipo y de mutaciones cromosómicas a partir de otros que ya conocías, como el de gen, genoma y cromosoma. Léelo con atención y resuelve las propuestas que aparecen debajo.

### • • • **Cariotipos, cromosomas, genes y genoma**

Ya en la última década de 1800, los citólogos (biólogos especializados en las células) comenzaron a contar los cromosomas de las distintas especies de seres vivos. Particularmente, estuvieron interesados en conocer qué cantidad de cromosomas poseemos los seres humanos en nuestras células. Pero recién en 1956, se pudo saber la cantidad correcta de cromosomas humanos por célula.

Todas las células que conforman a un bebé o a un adulto humanos derivan de la cigota, al igual que cualquier descendiente de una especie con reproducción sexual. Todas esas células de un individuo, a excepción de las gametas, poseen en su núcleo la misma cantidad de cromosomas. En los seres humanos, ese número da un total de 46. En tanto que los óvulos y espermatozoides poseen 23 porque, como toda gameta, sólo tienen la mitad de cromosomas respecto del total que posee la especie.

Durante la multiplicación celular, los cromosomas se separan y con buenos microscopios pueden individualizarse sin dificultad. De este modo, pueden ser dibujados o fotografiados y luego recortados contados y ordenados.

Algunas técnicas de preparación y tinción de las células hacen que los cromosomas aparezcan con bandas oscuras y claras o en diferentes colores, que se alternan en cada uno de los brazos, siguiendo un patrón específico y repetible para cada par de cromosomas. La numeración de estas bandas sigue una convención aceptada por los genetistas y comienza para cada brazo a partir del centrómero. En relación con las bandas y desde el centrómero, se establece una posición definida para cada uno de los genes.

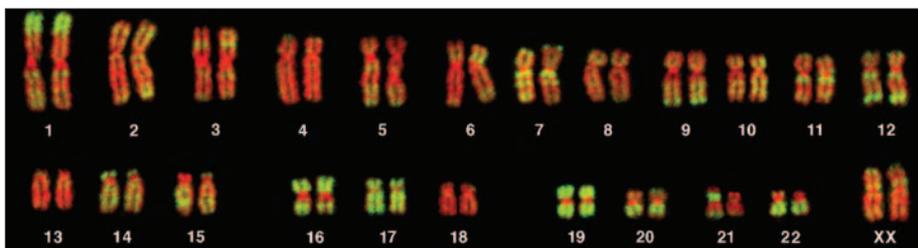
Luego de obtener los cromosomas por separado, se los compara por sus formas, tamaños y bandas y se producen esquemas ordenados con los cromosomas numerados. Estos esquemas se denominan **cariotipos** y son la representación del genoma que porta una célula.

Si se comparan los cromosomas representados en un cariotipo de una célula cualquiera del organismo (que no sea gameta) se observará que hay pares con las mismas características. Son los cromosomas que llevan información para los mismos genes o características hereditarias. Esos cromosomas que forman un par se llaman **homólogos**. En los seres humanos, los pares de cromosomas homólogos son 23. En cada par de homólogos uno proviene de óvulo materno y el otro del espermatozoide paterno que se unieron en la fecundación, ambos producen la cigota.

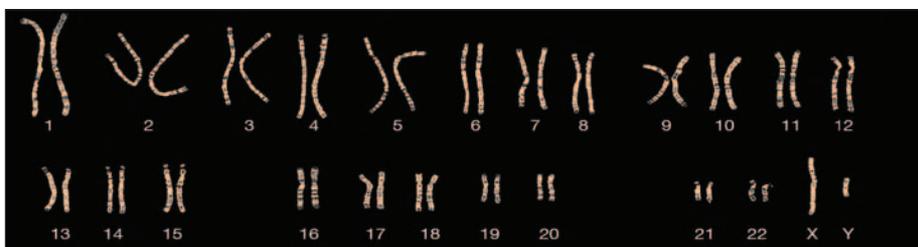
Cada especie tiene un **número cromosómico** particular y una distribución particular de bandas en sus cromosomas. Del mismo modo que en los seres humanos, se puede hacer el cariotipo de los individuos de cualquier especie y así estudiar los cambios que se producen en la cantidad y en la forma de los cromosomas. De esta forma, se puede conocer en muchas especies, por ejemplo, el sexo de sus individuos y también observar los cambios en el número de los cromosomas o en sus formas (cromátidos o brazos más cortos, faltantes o más largos) es decir anomalías genéticas, también conocidas como mutaciones cromosómicas.

En los últimos años, con el avance de las técnicas de tinción y marcación del ADN con diversas sustancias y la observación de las bandas resultantes de todas ellas, se terminaron de reconocer los lugares de cada uno de los genes en el cariotipo humano. Es decir, se realizó el **mapeo genético** completo de todos los cromosomas humanos. Esto se logró en pocos años, gracias al trabajo simultáneo de muchos biólogos de numerosos países que integraron el llamado **Proyecto Genoma Humano**. También, poco a poco, se van realizando los mapeos cromosómicos para conocer el genoma de otras especies. Este trabajo es relevante tanto para la localización de **mutaciones cromosómicas**, que involucran trozos de los cromosomas, como para las más puntuales en los genes, llamadas **mutaciones genéticas**.

1. Observá con atención los siguientes cariotipos humanos: uno es femenino y otro masculino. Identificá la o las diferencias que presentan en cantidad y forma los cromosomas, y describilas. Indicá en qué número de par de homólogos se encuentran esas diferencias.



Cariotipo obtenido a partir de una foto de cromosomas teñidos con fluorescencia.



Cariotipo obtenido a partir de una foto de cromosomas sin teñir.

2. Reunite con un compañero y respondan a las siguientes preguntas. Luego, copió las respuestas en tu carpeta.
  - ¿Qué número de par le corresponde a los cromosomas sexuales?
  - Cuando los pares de cromosomas no son los que determinan el sexo de un individuo se denominan autosomas. ¿Qué par de autosomas tienen los cromosomas más pequeños? ¿Y los más grandes? ¿Es igual en el hombre que en la mujer?
  - Sabiendo que en el cariotipo de una mujer se representa su cromosoma sexual con XX y en el de un hombre con XY, ¿cuál de ambos padres determina el sexo del bebé?

**b)** En esta parte de la actividad, vas a conocer el significado de palabras muy usadas en Genética y que se refieren a la cantidad de cromosomas en los cariotipos de distintos tipos de células e individuos. La información del siguiente texto te servirá para resolver las consignas que aparecen a continuación.

### • • • Números cromosómicos; $n$ , $2n$ , $3n$ , $xn$

Los cromosomas en los núcleos celulares de las especies de los reinos superiores (animales y plantas) se hallan de a pares. Por ese motivo, el número total de cromosomas se denomina **número diploide** (di- significa “dos”). Por ejemplo, 46 es el número diploide de la especie humana, porque cada célula contiene 23 pares de cromosomas; 10 el de la planta de maíz (*Zea mays*) porque tiene 5 pares y 40 es el número diploide del ratón doméstico (*Mus domesticus*), puesto que la cantidad de pares cromosómicos es de 20.

El número cromosómico diploide se representa con la expresión  $2n$ , donde  $n$  es el número de cromosomas que aporta cada progenitor y se denomina **número haploide**.

En los ejemplos anteriores:

$n = 23$  para la especie humana;

$n = 5$  para el maíz;

$n = 20$  para el ratón doméstico.

En general, podemos decir que sólo las gametas son células con número haploide de cromosomas o células haploides. El cariotipo de una célula haploide tiene un solo juego o conjunto de cromosomas diferentes.

En Genética, se definen como poliploides a los organismos o a las células con un número de cromosomas mayor al característico de su especie. Estos cambios o mutaciones en el número cromosómico pueden involucrar al número total de cromosomas o sólo a uno o a varios pares de cromosomas.

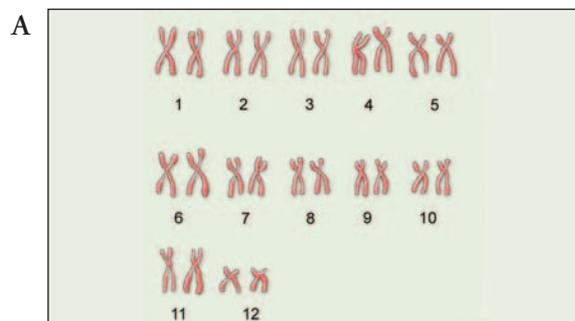
La poliploidía es bastante frecuente en la naturaleza, aunque se encuentra más extendida entre las plantas que entre los animales. Generalmente, en las plantas poliploides ocurre un fenómeno denominado **gigas** o **gigantismo**. En estos individuos poliploides se produce un aumento de tamaño de todos sus órganos, ya que sus células son más grandes que las de los diploides. Por ejemplo, en algunas variedades de manzana, cereza y pera al ser  $4n$  (tetraploides) en lugar de  $2n$ , dan origen a frutos más grandes y con mayor cantidad de pigmentos y color, muy útiles para su comercialización.

Entre los animales, sólo unos pocos grupos de insectos, crustáceos y algunos anfibios y peces suelen mostrar series poliploides. La poliploidía es mucho menos frecuente en animales, ya que implica muchos problemas en el funcionamiento del cuerpo; los individuos poliploides mueren o no dejan descendencia porque son sexualmente estériles.

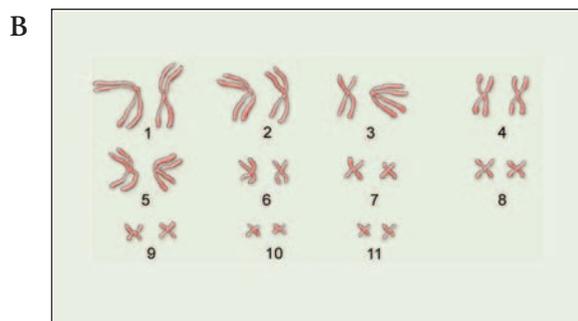
**1.** Dibujá en tu carpeta el cariotipo de una gameta femenina humana. Luego, calculá cromosomas del cariotipo correspondiente que aparece en el punto **1** de la consigna **a** de esta misma actividad.

2. Observá los siguientes cariotipos y leé los epígrafes para responder a las preguntas.

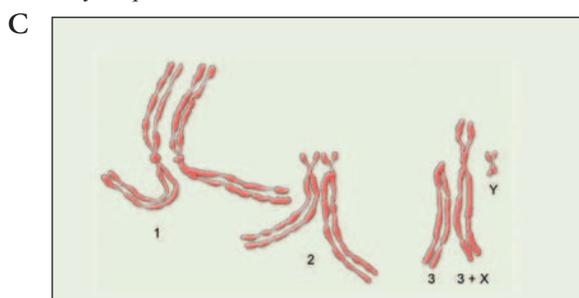
- ¿Cuál es el número diploide de cada especie? ¿Y su número haploide? Anotalos en tu carpeta en forma de tabla junto al nombre vulgar y al científico de la especie.



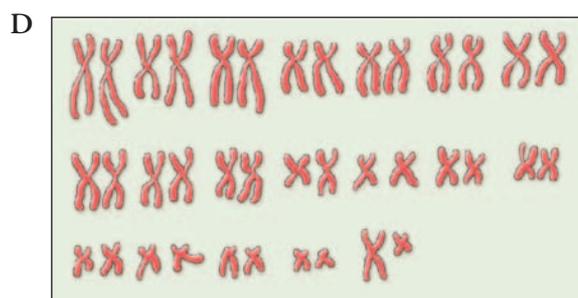
Cariotipo de tomate silvestre peruano o uchuva (*Physalis peruviana*).



Cariotipo de sapo andino (*Bufo spinulosus*).



Cariotipo de ciervo de la India (*Muntiacus muntjak*). El cromosoma X se halla adherido a un cromosoma 3.



Cariotipo de gato doméstico (*Felis domestica*).



Cariotipo desordenado de Trigo duro (*Triticum durum*).

3. Si se trata de una planta, el número de cromosomas ¿puede ser mayor que en el caso de un animal? Fundamentá tu respuesta con los ejemplos del punto anterior y el texto.

4. Si no se conoce la especie, ¿se puede decir si el cariotipo es de un animal o de una planta, sólo observándolo? Justificá tu respuesta sobre la base de los ejemplos del punto 2.

5. Las abejas presentan un arreglo cromosómico particular: los machos tienen 16 cromosomas y las hembras 32. De tal manera que los ejemplares nacidos sólo de un óvulo son machos (zánganos) y los provenientes de la unión de un óvulo con un espermatozoide son hembras (obreras). Entre las abejas, ¿cuáles son los individuos con células diploides y cuáles con células haploides? Justificá tu decisión.

## TEMA 2: EL PROCESO DE MITOSIS

En este tema vas a estudiar cómo es el proceso por el cual las células se multiplican o reproducen, conservando en las células hijas el número de cromosomas que tenía la célula original.



## 4. La reproducción celular



**a)** Leé el siguiente texto. Después de la lectura, copió en tu carpeta la pregunta del título del texto y contestala por escrito.

1. Luego, realizá un esquema o red conceptual (de recuadros, conceptos, flechas y relaciones) que sintetice lo que leíste en el texto. Las palabras resaltadas pueden ayudarte a organizar esta red conceptual.
2. Compará el esquema que diseñaste con el de tus compañeros.

### • • • ¿División o multiplicación celular?

Los billones de células que conforman el organismo humano surgen de una primera célula, resultado del proceso de la fecundación: la célula cigota. El proceso por el cual se produce la multiplicación de células a partir de la cigota se conoce como **mitosis**. Mediante este mecanismo, no sólo esa primera célula se transforma en un bebé, sino que también son reemplazadas por células nuevas aquellas que van envejeciendo y mueren. En el caso de un organismo unicelular, mediante la mitosis se forman las células hijas, que son independientes y que van a continuar con la especie. El proceso de la mitosis les permite conservar el mismo número de cromosomas que las células progenitoras, más allá del destino que tengan.

El ciclo de vida de una célula, es decir, desde que se origina hasta que se reproduce, se denomina **ciclo celular** y abarca el período de preparación de la célula o **interfase** y de la mitosis propiamente dicha, con la consiguiente división celular o **citocinesis**. Durante la mitosis se producen diferentes cambios en los cromosomas. En función de esos cambios a este proceso se lo subdivide en varias etapas, que van desde la interfase hasta la citocinesis.

**b)** En esta parte de la actividad vas a analizar los resultados del trabajo de una observación al microscopio de células en mitosis. Cuando termines la lectura del próximo texto, resolvé las consignas que se hallan debajo.

### • • • Observación de mitosis en ápice de raíces de cebolla

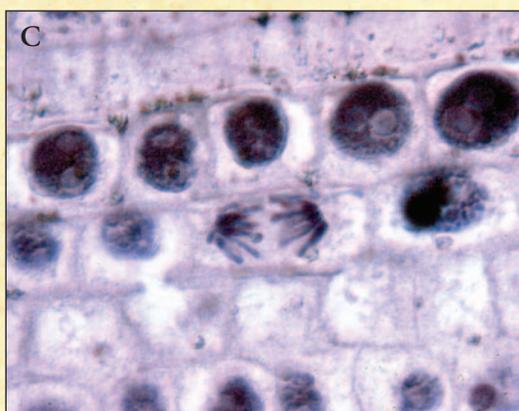
Con el fin de observar el proceso de mitosis en el laboratorio suele usarse una cebolla. Para lograr que la cebolla desarrolle raíces, se la coloca suspendida en agua, con su base tocando apenas el líquido (como muestra la Figura A), durante tres días, a temperatura

ambiente templada. Las raíces son órganos que tienen un tejido en el extremo, llamado ápice, cuyas células se dividen activamente, produciendo día tras día su aumento de longitud (Figura B). En el ápice de la raíz, la multiplicación celular no se produce al mismo tiempo en todas las células. Por lo tanto, cuando se realizan preparados de ese tejido para microscopio se pueden observar las diferentes etapas o estadios de la mitosis (como muestra la figura C).

La técnica para hacer los preparados es simple y se puede realizar con diferentes colorantes; solo requiere delicadeza y paciencia. Una vez localizadas células en diferentes estadios se procede a dibujarlas o a fotografiarlas con una cámara que se adapta al microscopio.



**B** Corte del ápice de una raíz de cebolla visto al microscopio óptico.



**C** Células de cebolla en diferentes momentos de su división celular.

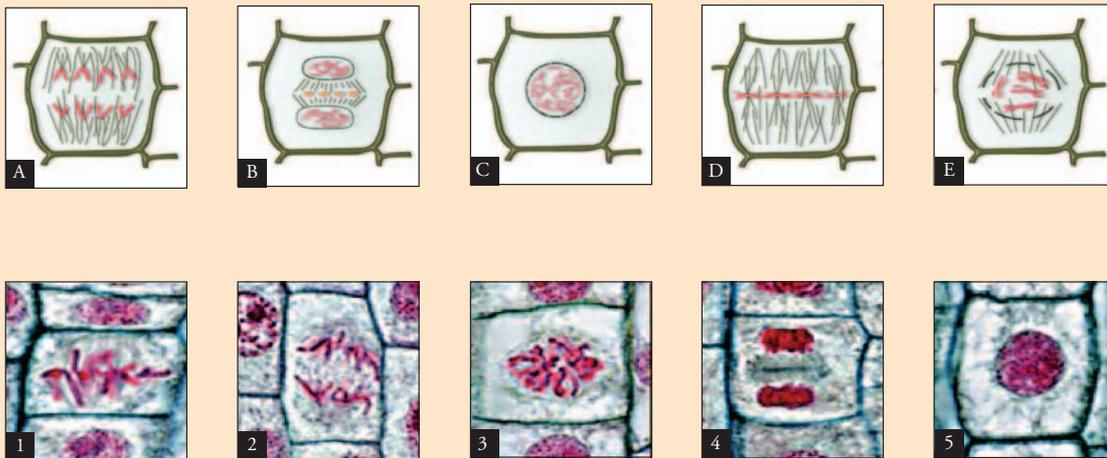
#### Técnica de tinción de preparados con carmín acético

Cuando las raíces alcanzan 1,5 cm de largo, se corta con una tijera el extremo o ápice (no más de 0,2 cm). Se colocan esos trozos de raíz en un tubo de ensayos que contiene 1 ml de carmín acético. Luego se toma el tubo con un broche de madera y se calienta a la llama del mechero, unos 2 minutos. Cada tanto se lo retira del fuego para que el líquido no llegue a hervir. Una vez efectuada la tinción de los cromosomas, se vuelca el contenido del tubo en una caja de Petri u otro recipiente chato. Con la aguja se toman uno a uno los ápices de raíz y se colocan sobre sus respectivos portaobjetos y a cada uno se le agrega una gota de carmín acético fresco (no recalentado). Con ayuda de la punta de una aguja se trituran los extremos de la raíz. Sobre el material bien desmenuzado, se colocan los respectivos cubreobjetos, cuidando que el colorante no se seque y que no quede mucho espacio con aire y sin líquido. Para garantizar que las células se separen y se logre verlas, es conveniente colocar sobre el preparado un trozo de papel absorbente y presionar levemente sobre el cubreobjetos, luego se dan algunos golpecitos con la parte posterior de un lápiz (la goma), con cuidado de no romper ese delicado vidriecito. Se realizan varios preparados sucesivamente porque es posible que los primeros sólo sirvan para entrenar la técnica y únicamente en los últimos la habilidad haya sido suficiente como para que puedan observarse.



Consultá con tu docente si luego de leer el texto y resolver las consignas, podés realizar vos mismo o con otros compañeros la tinción y los preparados para observar mediante el microscopio. Si fuera posible realizar la tinción, volvé a leer el texto con detenimiento y realizá la lista de materiales que vas a necesitar para tenerlos preparados con anterioridad, tal como lo hiciste en las otras experiencias.

1. ¿Qué son los puntos rojos que aparecen en la microfotografía **B** del corte de ápice de raíz? ¿Qué información te sirvió para darte cuenta de qué son?
2. De las células que aparecen en la microfotografía **C**, no todas están en división celular. Elegí una que se esté dividiendo y otra que no; dibujálas en tu carpeta y acompañá los esquemas con una breve descripción de las diferencias.
3. Mediante el procedimiento que leíste bajo el título “Técnica de tinción de preparados con carmín acético”, se obtuvieron las siguientes cinco fotos y sus esquemas. Pero, lamentablemente, al técnico del laboratorio se le desordenaron las fichas donde dibujó los esquemas y se le mezclaron con las fotografías. Para ordenar el proceso de mitosis, primero deberás determinar qué esquema corresponde a la interfase o comienzo y cuál es de la citocinesis o finalización de la multiplicación celular y luego buscar la correspondencia de cada esquema con su foto. Una vez que las hayas ordenado y puesto los esquemas en correspondencia con las fotos, dibujá en tu carpeta los esquemas del proceso de mitosis en el orden correcto.



4. Según los esquemas, ¿cuál sería el número cromosómico de las células de cebolla (*Allium cepa*)?

**c)** Compará el proceso de mitosis en las células animales con el de células de cebolla (células vegetales) que dibujaste en tu carpeta en el punto anterior.

En la siguiente infografía se muestra el ciclo celular completo y ordenado de una célula animal de número cromosómico  $2n = 4$ .

Leé los textos correspondientes a cada etapa.

## Mitosis en célula animal

**A)** Durante la **interfase** ocurre una serie de acontecimientos, como la duplicación del ADN de la cromatina, la formación de más organelas, el aumento del tamaño del núcleo y la correcta visualización de la membrana nuclear. Luego de esto comienza la mitosis.



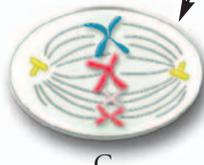
A

**B)** La primera etapa de la mitosis es la **profase**. Los cromosomas ya acortados y duplicados presentan dos cromátidas cada uno. En las células animales, el centríolo se duplica y migra hacia los polos, forman entre ellos un conjunto de fibras llamado huso acromático, que interviene en la separación posterior de las cromátidas. Durante la metafase comienza a disolverse la membrana nuclear, los cromosomas se adhieren al huso acromático por su centrómero y se disponen en la región central de la célula uno después de otro.



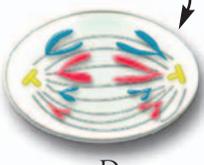
B

**C)** Durante la **metafase** comienza a disolverse la membrana nuclear, los cromosomas se adhieren al huso acromático por su centrómero y se disponen en la región central de la célula uno después de otro.

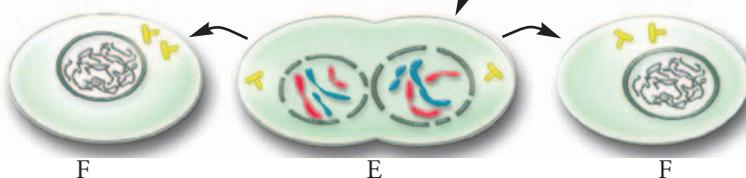


C

**D)** Esta etapa corresponde a la **anafase**. Las fibras de huso "tiran" de los cromátidas, en consecuencia se duplica el ADN del centrómero de cada cromosoma y las cromátidas hermanas se separan, y migran a cada polo celular. Al llegar los nuevos cromosomas individuales comienzan a hidratarse y desenrollarse.



D



F

E

F

**E)** En la última fase o **telofase** comienza a formarse la membrana nuclear, rodeando a los cromosomas, los cuales al final de esta etapa se han desenrollado totalmente, tomando el aspecto nuevamente de cromatina. También se produce la división del citoplasma o citocinesis que forma las dos células hijas. En las células animales la citocinesis ocurre de afuera hacia adentro, como un estrangulamiento. En cambio, en las plantas se forma una pared de celulosa doble que avanza en su construcción desde el centro hacia los laterales, hasta juntarse por el interior con las paredes celulares ya existentes.

**F)** Las **dos células hijas** son exactamente iguales entre sí e iguales a la célula madre. Se suele decir que la mitosis es una división celular conservativa, porque en el proceso el número de cromosomas no varía.

Las siguientes preguntas te orientarán en la comparación de la mitosis de células animales y vegetales.

1. Luego de la lectura y la observación de la infografía, escribí las diferencias que observes.
2. Revisá tu trabajo del esquema de la mitosis de células de cebolla y si fuera necesario, corregilo.
3. Completá tus esquemas con los nombres de las etapas que aparecen en los epígrafes y luego escribí al lado alguna idea que te permitan recordar qué ocurre en cada una.

d) Resolvé el siguiente problema sobre la genética de las levaduras.

Las levaduras, que observaste multiplicarse con el microscopio, son microorganismos unicelulares con núcleo organizado que parecen muy sencillas. Sin embargo, desde el punto de vista genético, no lo son tanto. Las levaduras pueden existir como organismos haploides o como organismos diploides, pero de todos modos son unicelulares. Por su importancia industrial en la fabricación del vino, la cerveza, la sidra, el pan y otras aplicaciones, se las ha estudiado mucho y se sabe que el genoma tiene unos 6000 genes. Estos se encuentran localizados en un juego cromosómico de 16 cromosomas, aunque existen variedades o cepas que tienen más y otras que tienen menos. Al presentar las células de levaduras menor número de cromosomas que las de los humanos o de otras especies de importancia económica, fue más fácil llegar a completar el mapa genético. Por eso, su genoma estuvo completamente descifrado antes que el genoma humano.

Si en cada gemación se produce una mitosis:

1. ¿Qué cantidad de cromosomas tiene la célula hija de una levadura haploide? ¿Y de una diploide?
2. ¿Cuál será el número cromosómico de la célula madre en cada caso?

### TEMA 3: LA MEIOSIS

En este último tema de la unidad vas a estudiar la meiosis, un tipo particular de reproducción celular que sólo ocurre cuando se forman las gametas. A través de este proceso, el número de cromosomas que tenía la célula original se divide o reduce a la mitad.



- Una cartulina o papel grande.
- Marcadores.
- Lápices o crayones de colores negro, azul y rojo.
- Cinta adhesiva para sostener la cartulina en la pared.



## 5. La formación de células haploides o gametas

En esta actividad vas a analizar los mecanismos celulares que hacen posible que de una célula diploide ( $2n$ ) se obtengan cuatro células haploide ( $n$ ). Dado que es importante que puedas comparar estos mecanismos con los que ocurren en la mitosis, vas a empezar por preparar un cuadro que te va a facilitar esta tarea.

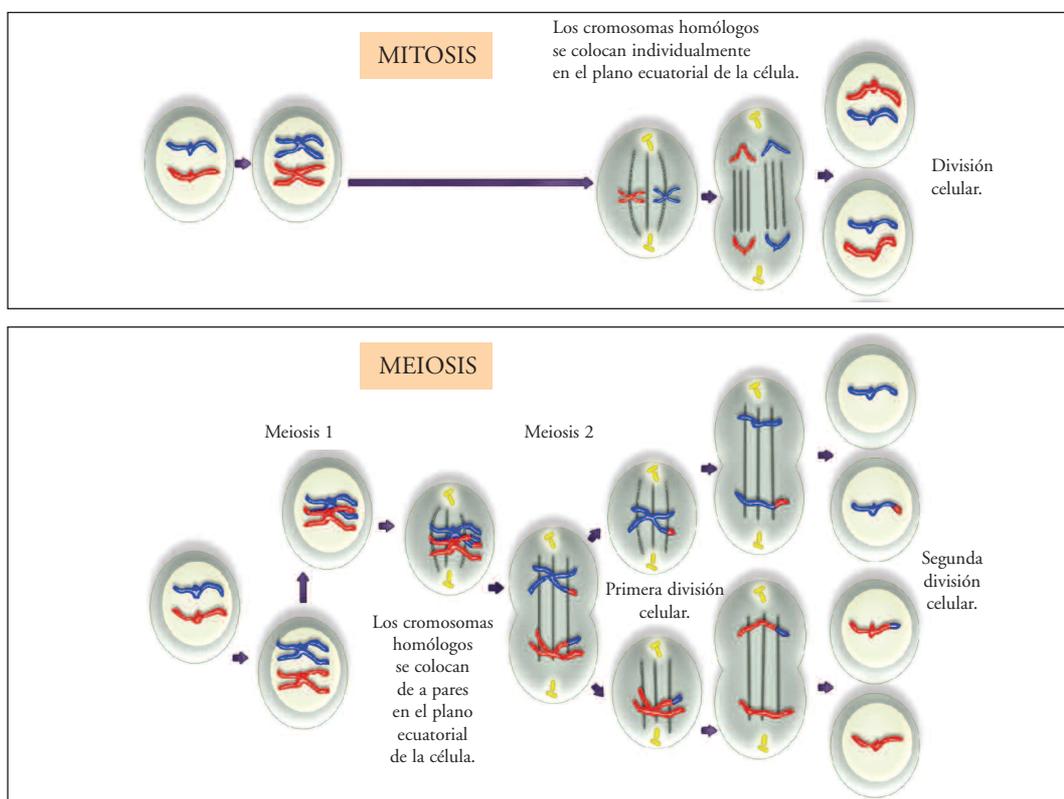
a) Copiá los esquemas siguientes en el centro de una cartulina o papel grande, de la siguiente manera:

**Paso 1.** Trazá una línea horizontal que divida la hoja en dos mitades, arriba y abajo de la línea, escribí el título de cada esquema: mitosis y meiosis, en el orden que aparecen en el dibujo.

**Paso 2.** Dibujá las etapas: la primera de la mitosis y luego, a la misma altura, la primera de la meiosis y así sucesivamente. Esta forma de ir dibujando te servirá para que puedas darte cuenta mejor de las diferencias y similitudes.

**Paso 3.** Cuando hayas terminado, colgá el dibujo en la pared y buscá el esquema de mitosis de células animales que aparece en la actividad anterior de este Cuaderno.

**Paso 4.** Leyendo las etapas que aparecen en ese esquema, poné los nombres a las etapas de la mitosis del dibujo que tenés colgado en la pared.



### • • • Producción de gametas

Existen células que tienen la mitad de los cromosomas que el resto de las que forman un organismo y que en la fecundación se unen de a dos. Para la formación de estas células haploides (gametas) deben ocurrir mecanismos de reducción del número total de cromosomas (diploide o  $2n$ ) que presenta cada especie. Esta es la característica de la reproducción celular llamada "meiosis", que significa "reducción a la mitad".



Antes de seguir con la lámina de meiosis y mitosis, resolvé la consigna **b** de esta actividad.

b) El siguiente texto sobre la meiosis tiene los párrafos desordenados. Léelo y mirando el esquema correspondiente que tenés colgado en la pared, fijate qué partes explican los mecanismos propios de cada etapa y cuáles brindan información más general y podrían servir de encabezado o de epígrafe o de cierre. Ordená los párrafos poniéndole números y luego copialos en el esquema en el lugar que corresponda. El esquema que acompaña el texto te servirá de ayuda.

• • • **La importancia biológica de la meiosis**

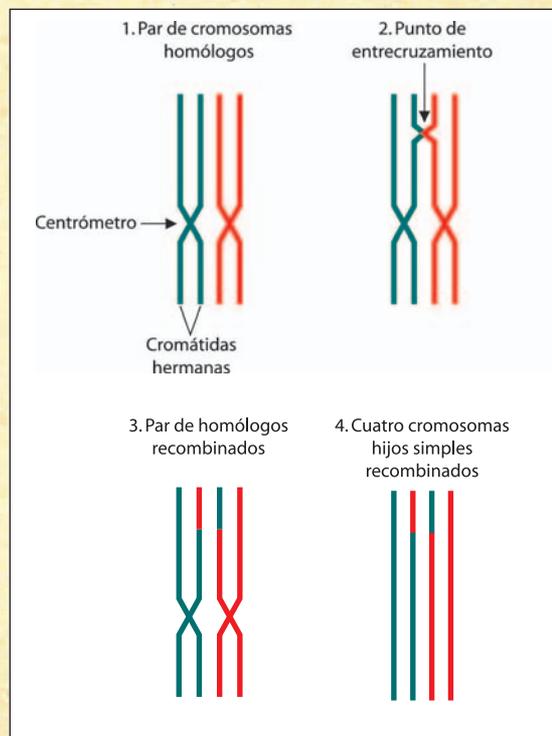
Durante la meiosis, los miembros de cada par homólogo de cromosomas primero se aparean. Como cada uno está duplicado, se observan como un paquete de cuatro cromátidas.

En ese estado las cromátidas de distintos cromosomas se pegan por uno o dos puntos.

La meiosis se puede considerar como un proceso compuesto por dos divisiones celulares que reciben los nombres de meiosis I y meiosis II o primera y segunda división meióticas.

Ambas divisiones meióticas comprenden las etapas profase, metafase, anafase y telofase. Entre las dos divisiones sucesivas no existe duplicación del ADN. Luego, los cromosomas se separan y se distribuyen en diferentes núcleos. En la meiosis II, las cromátidas hermanas que forman cada cromosoma se separan y se distribuyen en los núcleos de las células hijas. Al conjunto así unido se lo llama tétrada (“tetra” significa “cuatro”); en este estado las cromátidas de los cromosomas homólogos pueden intercambiar porciones de ADN. Este proceso se denomina entrecruzamiento (*en inglés crossing over*) y produce una recombinación entre genes que se hallan en cromátidas de cromosomas homólogos. En la meiosis se reduce la cantidad de cromosomas a un solo juego y con ello se consigue mantener constante el número de cromosomas de las células de la especie luego de la fecundación, lo que mantiene estable la información hereditaria propia de cada tipo de organismo.

De este modo, el entrecruzamiento combina en una misma cromátida genes del padre con genes de la madre, produciendo variantes con respecto a los cromosomas homólogos originales.



Al final de la meiosis, cada uno de los cromosomas simples que se obtiene de una tétrada va a parar al núcleo de una de las cuatro células hijas. Así cada una tiene un solo representante de cada par de homólogos. Pero además, debido a los entrecruzamientos, esos cromosomas pueden llevar información hereditaria del padre y de la madre recombinadas.

c) Para terminar con tu estudio de la meiosis, volvé a mirar los esquemas que tenés colgados en la pared y luego resolvé el siguiente problema y sobre la meiosis y las mutaciones.

Los errores en la meiosis son responsables de las principales anomalías o mutaciones en el número o en la estructura y en el número de los cromosomas.

- ¿En qué etapa de la meiosis es más probable que se produzcan cambios en la estructura los cromosomas? Fundamentá tu respuesta.
- ¿Qué tiene que ocurrir para que una gameta se forme sin ningún cromosoma de un determinado par y otra tenga dos del mismo par? ¿Y para que un cromosoma pierda o se le agregue un trozo?
- ¿En qué etapa de la mitosis podrían romperse los cromosomas y provocar anomalías en los cromosomas de las células hijas?



## 6. Una vuelta más sobre cromosomas y multiplicaciones celulares

Antes de resolver esta actividad, es necesario que repases los procesos que has estudiado hasta ahora, incluyendo los nombres técnicos de las estructuras más importantes que intervienen. No es necesario que te detengas tanto en los nombres de los tipos de cromosomas ni en las etapas de las divisiones celulares.

a) El siguiente texto puede ayudarte a organizar el repaso.

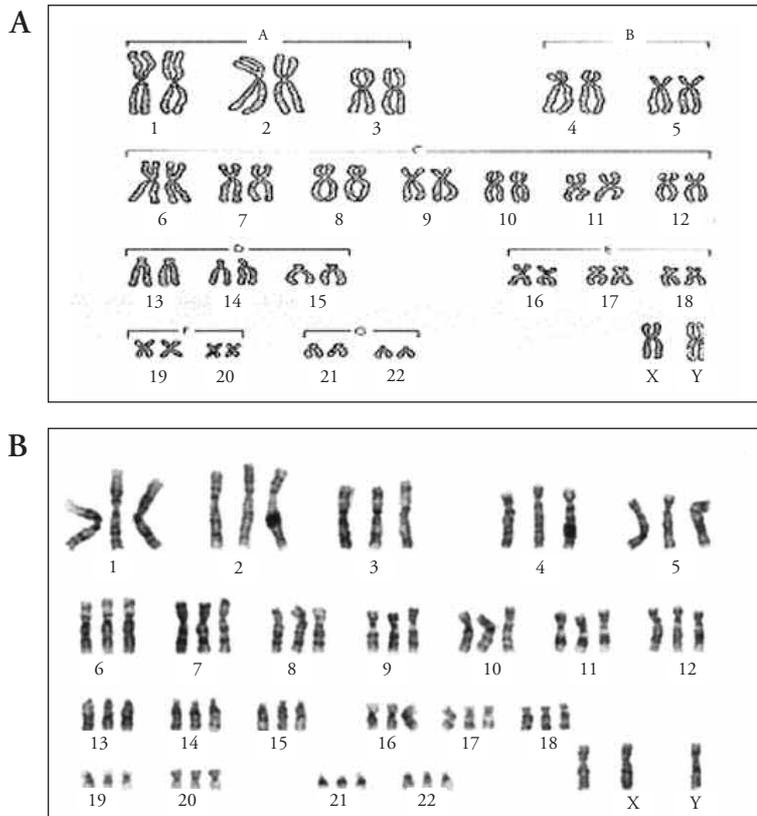
Hasta aquí estudiaste cómo están formados los cromosomas, cómo son y qué sucede con ellos durante los procesos de multiplicación celular. Analizaste la mitosis o reproducción celular que conserva el número de cromosomas de las células, produciendo siempre células con juegos de cromosomas idénticos. También estudiaste la meiosis o reproducción celular reduccional que produce el doble de células que la mitosis, pero con la mitad de cromosomas en cada una; con un solo representante de cada par homólogo y además con posibles trozos de ADN intercambiados, de modo que las células hijas (llamadas gametas) no llevan exactamente la misma información hereditaria, sino información equivalente.

Es importante que recuerdes para qué sirve un cariotipo, de qué están compuestos los cromosomas y cómo se encuentran durante la vida de las células, cómo se producen los procesos de división celular y qué importancia tiene cada uno para los seres vivos.



Para hacer una síntesis e ir revisando los conceptos, podés ampliar la red o diagrama conceptual que realizaste en la actividad 3 de esta unidad.

**b)** Ahora que ya repasaste, realizá las siguientes propuestas para integrar tus conocimientos y para saber cuánto aprendiste hasta aquí sobre Genética. Observá las siguiente figuras y respondé en tu carpeta a las preguntas que se encuentran a continuación.



1. ¿Qué clase de imágenes son **A** y **B**? ¿Cómo fueron producidas?
2. Según las imágenes, las células de la cuales provienen los cromosomas, ¿serían haploides, diploides o poliploides? ¿Por qué?
3. ¿A qué especie animal podrían corresponder las células con las que se elaboraron las imágenes? ¿Podrías decir en cada caso si el individuo portador de esos cromosomas es macho o hembra? ¿En qué te basás para formular tu respuesta?
4. Compará estas imágenes con las que aparecen en la actividad 3. ¿Qué características particulares tienen los cromosomas de estos individuos que no aparecen en los otros?
5. ¿En qué proceso de división celular, se produjeron las diferencias que observaste entre los cariotipos de la actividad 3? ¿Qué diferencias encontrás entre estos? Fundamentá tu respuesta.
6. ¿Por qué todas las células del cuerpo de este individuo tendrán este número de cromosomas cambiado?
7. Cuando un individuo humano presenta tres cromosomas en lugar de dos en el par 21, se dice que tiene una trisomía 21. Esta alteración en el número de cromosomas, ¿qué tipo de mutación es?
8. La trisomía 21 es la causa del síndrome de Down. Investigá en libros de Ciencias Naturales o en la enciclopedia de la biblioteca otras alteraciones del número o la forma de los cromosomas que produzcan enfermedades genéticas en los humanos.



## Para finalizar

A continuación, aparecen listas de conceptos de Genética que es importante poder diferenciar con precisión ya que pueden confundirse. En algunos casos, hasta suenan parecido. Están agrupados aquellos que pueden producir más confusión para que trates de diferenciarlos al pensarlos en conjunto. Si no te acordás algún significado, buscalo en la unidad y volvelo a leer. Tené en cuenta la relación entre los del mismo grupo y con los de los otros.

Cromosomas	Cariotipo	Haploide	Mitosis
Cromatina	Genoma	Diploide	Meiosis
Cromátidas	Genes	Poliploide	Citocinesis

En la próxima unidad el tema sigue siendo de Genética; seguirás estudiando la herencia, pero esta vez a nivel de los individuos. Podrás comprender, por ejemplo, por qué los hijos muestran algunas características similares a las del padre y otras a las de la madre y por qué los hermanos, hijos de los mismos padres, no son todos iguales. Para comprender esos temas utilizarás conceptos que estudiaste en esta unidad.



