



1. La división celular: base de la reproducción

La reproducción es el proceso a través del cual los seres vivos producen descendencia de manera que se asegura el mantenimiento de las especies a través del tiempo. La base de la reproducción es la división celular. En la presente unidad veremos qué se necesita para que una célula pueda dividirse y cómo este proceso se relaciona con la reproducción.

1.1 El núcleo celular

La estructura redondeada que se encuentra generalmente ubicada en el centro de una célula corresponde al **núcleo celular**. Es allí en donde se almacena toda la información necesaria para que un organismo vivo pueda cumplir con sus funciones. El núcleo se encarga de:

- Regular y dirigir el funcionamiento coordinado de todos los componentes celulares.
- Proteger los ácidos nucleicos que son las moléculas que llevan la información genética - el ácido desoxirribonucleico (ADN) y el ácido ribonucleico (ARN).
- Realizar el proceso de duplicación del ADN antes de comenzar la división celular y permitir la producción de las diferentes clases de ARN que, luego, intervienen en la producción de proteínas (figura 1).

Dentro del núcleo celular se diferencian las siguientes estructuras: la *membrana nuclear* o *envoltura nuclear*, el *nucleoplasma*, el *nucléolo*, la *cromatina* y los *cromosomas*.

1.1.1 La membrana nuclear

La **membrana nuclear** se encuentra formada por dos capas, una externa y otra interna, y su función es separar el material genético del citoplasma.

- La capa externa tiene adheridos ribosomas y se une al retículo endoplasmático, formando el denominado **sistema endomembranoso**.

- La capa interna de la membrana nuclear tiene adherida la **cromatina**. Esta última, está compuesta por ADN y proteínas y es el principal constituyente de los cromosomas.

Entre las dos capas se crean canales de proteínas denominados **poros nucleares**, que facilitan el transporte selectivo de sustancias entre el núcleo y el citoplasma (figura 1).

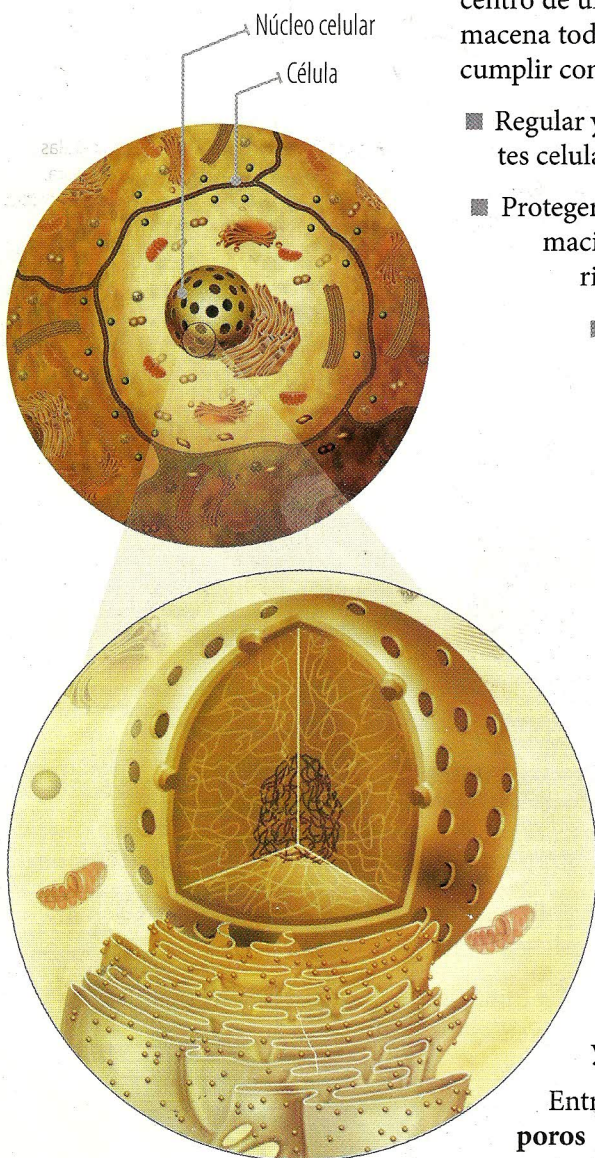


Figura 1. Las células eucariotas presentan un núcleo bien diferenciado dentro de su estructura celular. Algunas células pueden presentar varios núcleos y se denominan *polinucleadas*.



1.1.2 El nucleoplasma

El **nucleoplasma** es una porción gelatinosa que constituye el medio interno del núcleo. En él se encuentran el **nucléolo**, la **cromatina** y todas las proteínas, enzimas, iones, moléculas de ATP y otros nucleótidos necesarios para que el núcleo realice sus funciones.

1.1.3 El nucléolo

El **nucléolo** es una masa redondeada distinguible dentro del núcleo y carente de membrana. Está constituido por proteínas, fragmentos de ADN y de ARN. Su función principal es el ensamblaje de las subunidades de los ribosomas, que son las estructuras encargadas de sintetizar proteínas de acuerdo con la orden que reciban del núcleo. A medida que los ribosomas están ensamblados, estos migran hacia el citoplasma.

1.1.4 La cromatina

El conjunto de ADN y proteínas conforma la **cromatina**. El ADN es la molécula que almacena la información genética de los organismos en unos segmentos llamados **genes**. Cuando se inicia el proceso de división, la cromatina se condensa y se empaqueta en estructuras individuales llamadas **cromosomas** (figura 2).

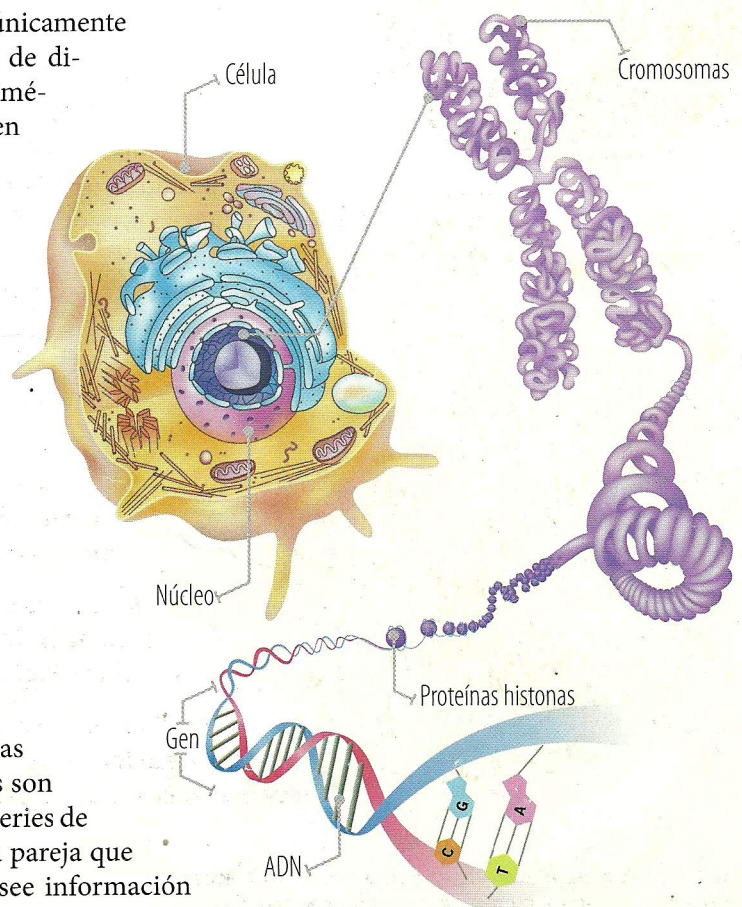
1.1.5 Los cromosomas

Los **cromosomas** son estructuras visibles únicamente cuando las células se encuentran en proceso de división. Están formados por dos estructuras simétricas llamadas **cromátidas**, las cuales contienen copias idénticas de ADN y están unidas a su cromátida hermana por el **centrómero**.

Cada especie presenta una dotación cromosómica propia que se identifica por el número, el tamaño y la forma de los cromosomas. Algunos organismos se denominan **diploides** debido a que sus células poseen dos copias de los cromosomas. En otros casos, las células contienen solo una serie de cromosomas (n) y se llaman **haploides**. La serie de cromosomas de un organismo es lo que se denomina el **cariotipo** que permite identificar la dotación cromosómica del organismo al que pertenece.

El cariotipo de la especie humana es de 23 pares, es decir, 46 cromosomas: 23 cromosomas son aportados por la madre y 23 cromosomas son aportados por el padre. En las células con dos series de cromosomas ($2n$), cada cromosoma tiene una pareja que se denomina **cromosoma homólogo** que posee información del mismo tipo.

Figura 2. Los cromosomas de las células eucariotas tienen una misma estructura. La cadena de ADN se asocia a unas proteínas llamadas *histonas* que, al unirse en grupos forman los *núcleosomas*, estructuras básicas de la cromatina. La cromatina se pliega para formar el cromosoma propiamente dicho.





1.2 El proceso de división celular

Cuando sufres una herida en alguna parte de tu cuerpo, el tejido se regenera. Para poder cumplir con este objetivo, es necesario que las células sean capaces de dividirse y transmitir la información genética necesaria para que las nuevas células puedan cumplir con las mismas funciones de aquellas que las precedieron. Esto es posible gracias a que las células originales son capaces de duplicar su ADN y, a través de los procesos de *mitosis* y *meiosis*, transmitir la información necesaria a las nuevas células hijas. De esta manera, en tu herida, se podrá formar una cicatriz.

1.2.1 El ciclo celular

Para que la división celular sea posible es necesario que la célula se prepare. La fase de preparación junto con la de división celular constituyen el **ciclo celular**, proceso que ocurre en todas las células que conservan la capacidad de dividirse (figura 3). La duración de este proceso se denomina **tiempo de regeneración** y varía dependiendo del tipo de célula. El ciclo celular se regula a partir de diferentes mecanismos y depende del tipo de organismo: en organismos pluricelulares, el ciclo celular se relaciona con el crecimiento y disminuye cuando el período de crecimiento llega a su fin. Sin embargo, puede aumentarse, por ejemplo, si sufrimos una herida. Existen algunos factores ambientales —cambios en la temperatura y el pH o disminución de los nutrientes necesarios para la célula— que pueden hacer que el ciclo celular disminuya o aumente su velocidad.

A continuación, encuentras las fases que hacen parte del ciclo celular:

■ La fase M o período de división

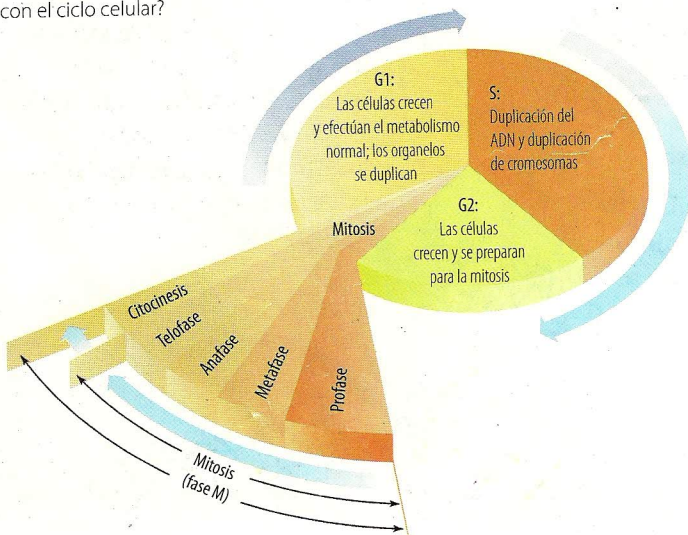
Durante este período ocurre la división celular, proceso que se subdivide en dos fases: **la mitosis**, durante la cual se divide el núcleo en dos y se separan los cromosomas que han sido duplicados durante la interfase, y **la citocinesis**, fase en la que, una vez ha ocurrido la división del núcleo, se divide el citoplasma y todo su contenido en dos células hijas. La citocinesis es posible en las células animales, gracias a la formación de una fila de proteínas que se ubican en la parte ecuatorial de la célula y ejercen presión en la parte central, estrechando la membrana hasta lograr su división en dos. En las células vegetales, se forma una placa celular a partir de sustancias segregadas por el aparato de Golgi, que divide las dos nuevas células.

■ La interfase

Durante la interfase se desarrolla la mayor parte de la vida de una célula. En este período la célula crece, duplica su ADN y se prepara para la división ya que ocurre entre la citocinesis y la fase de mitosis. La interfase se divide en tres períodos:

a) **La fase G1 o de crecimiento**, en la cual el volumen celular aumenta debido a la síntesis de proteínas y a la duplicación de los organelos celulares; b) **la fase S o de síntesis** durante la cual se duplica el ADN lo que garantiza su repartición equitativa en las dos células hijas. Al terminar esta fase, la célula contiene el doble de proteínas y de ADN que tenía al principio; c) **la fase G2** en la cual la célula termina los preparativos que le permitirán comenzar el proceso de la división celular.

Figura 3. En nuestro cuerpo, los ciclos celulares de las células que componen los diferentes órganos y tejidos varían. ¿De qué forma crees que se relaciona el envejecimiento con el ciclo celular?





1.2.2 Mitosis

La **mitosis** es el proceso a través del cual el núcleo se divide con el fin de permitir que las nuevas células hijas reciban la misma información contenida en la célula madre. A través del proceso de mitosis los organismos se desarrollan, crecen y son capaces de regenerar parte de sus tejidos. Este tipo de división ocurre en las células somáticas —todas aquellas células diferentes de las sexuales— de los organismos pluricelulares (figura 4).

La figura 4 ilustra la forma como se da el proceso de la mitosis, así como, las diferentes fases que se deben llevar a cabo para la realización de este tipo de división celular.

TU SALUD

El cáncer es una enfermedad que se caracteriza por la división y proliferación anormal de ciertos tipos de células cuyo contenido genético se altera debido a la exposición a factores mutagénicos como las radiaciones o algunos productos químicos. En otros casos, la alteración genética es congénita, es decir, nace con el organismo.

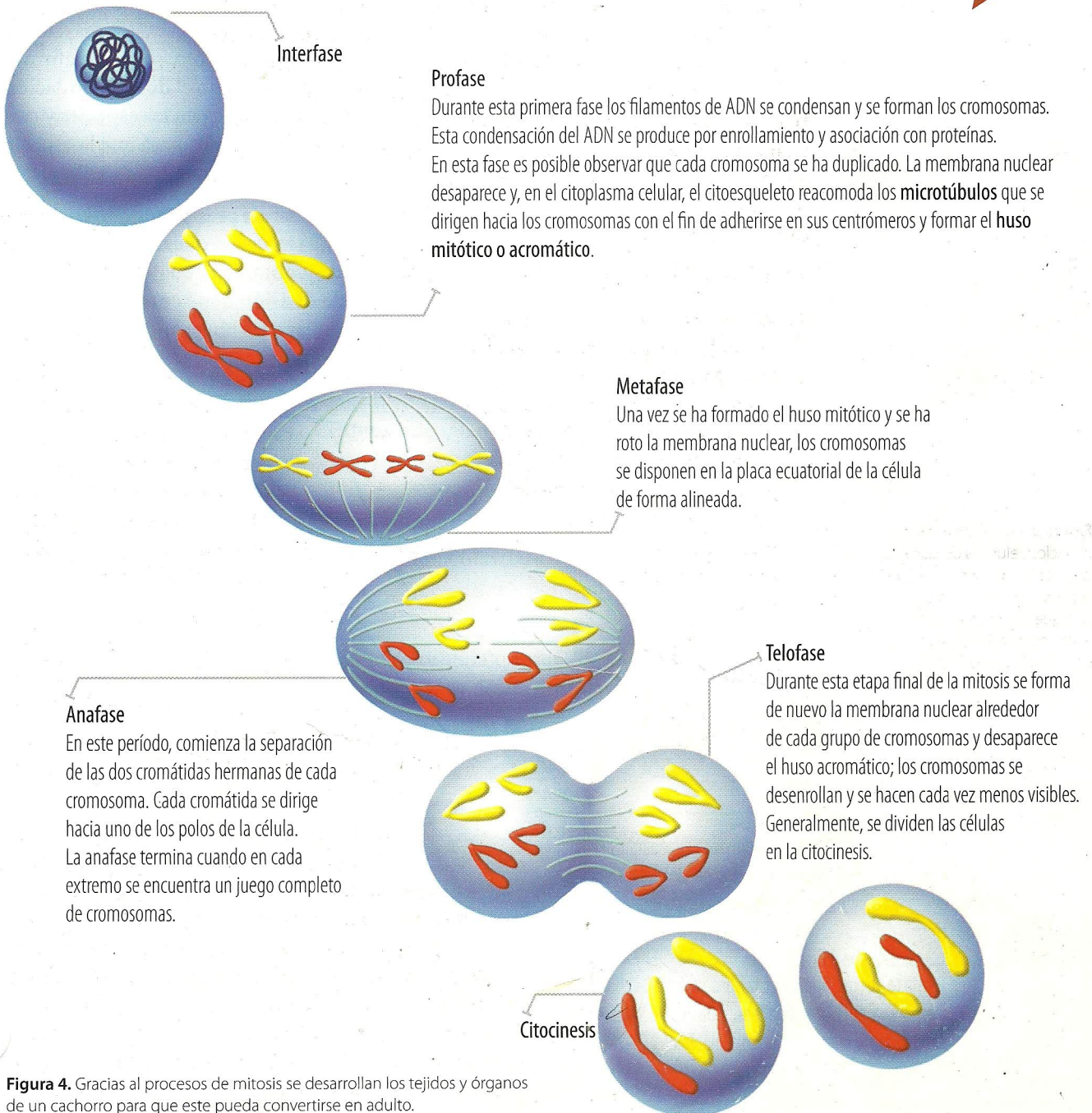


Figura 4. Gracias al procesos de mitosis se desarrollan los tejidos y órganos de un cachorro para que este pueda convertirse en adulto.



1.2.3 Meiosis

La **meiosis** es el proceso a través del cual algunos organismos pueden producir **gametos** o células sexuales. Este proceso se lleva a cabo a partir de dos divisiones celulares sucesivas denominadas **división meiótica I** y **división meiótica II**. Durante estas divisiones, una célula da origen a **cuatro células hijas**, cada una de ellas, con un solo cromosoma proveniente de cada par de **homólogos** (paterno y materno). Estos presentan una composición genética diferente debido al **entrecruzamiento**, proceso durante el cual los cromosomas homólogos intercambian segmentos de ADN. Las consecuencias del entrecruzamiento son muy importantes para los individuos que se reproducen sexualmente porque determinan la producción de gametos con información genética distinta. Como los gametos masculino y femenino se unen para formar el cigoto, se puede afirmar que tanto el proceso de la meiosis como el de la fecundación contribuyen a la **variabilidad genética** en las especies y con ello, a la existencia de más posibilidades para que la especie se adapte al medio ambiente y evolucione.

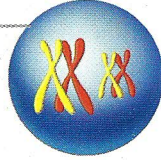
El proceso de la meiosis, a pesar de presentar dos divisiones, está precedido por una única interfase que ocurre antes de la primera división meiótica y durante la cual se duplican los organelos y el ADN. Cada división tiene cuatro fases que se denominan de manera similar a las fases mitóticas (figura 5).

Primera división meiótica

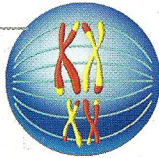
Interfase



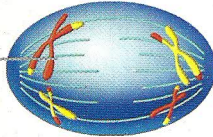
Profase I. Durante su fase inicial los cromosomas, formados por dos cromátidas hermanas, se hacen visibles debido a la condensación del ADN. Posteriormente, se produce el proceso de entrecruzamiento a través del cual los cromosomas homólogos intercambian segmentos de ADN. Finalmente, la membrana nuclear se rompe y se observa la formación del huso acromático.



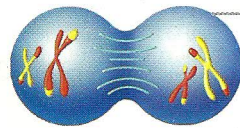
Metafase I. Los cromosomas homólogos se ubican uno al lado del otro en el área central de la célula conocida con el nombre de **placa ecuatorial**. Además de la presencia del huso acromático, las fibras que van de un polo al otro de la célula ya están formadas.



Anafase I. Los cromosomas homólogos, formados por dos cromátidas, migran hacia los polos opuestos de la célula.

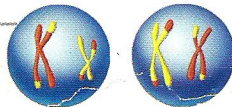


Telofase I. Luego de la separación de los cromosomas homólogos, desaparecen las fibras del huso acromático, se forma la membrana nuclear y se divide el citoplasma para finalmente dar origen a dos células diploides.

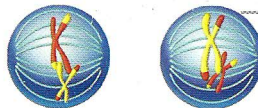


Segunda división meiótica

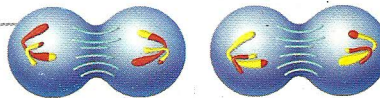
Profase II. La membrana nuclear se desorganiza y se forman las fibras del huso que van de un polo al otro de la célula. Los cromosomas dobles se reconstituyen y son visibles.



Metafase II. Los cromosomas se alinean en el plano ecuatorial de cada célula.



Anafase II. Las cromátidas hermanas se separan y cada una parte hacia uno de los polos de la célula. Debido al entrecruzamiento de la profase I, cada una de estas cromátidas tiene diferente material genético.



Telofase II. Las fibras del huso acromático desaparecen, se forma la membrana nuclear y, finalmente, las dos células originales se dividen dando lugar a cuatro células hijas haploides.



Figura 5. Los gametos, tanto masculinos como femeninos, se producen a partir de la meiosis durante el proceso de gametogénesis.



1.3 La reproducción en los seres vivos

La **reproducción** no es una función indispensable para el mantenimiento de la vida de un organismo pero sí es una condición necesaria para que las especies se mantengan a través del tiempo. Los procesos de división celular están estrechamente relacionados con los diferentes tipos de reproducción de los seres vivos: la *reproducción asexual* y la *reproducción sexual*.

1.3.1 Reproducción asexual

La **reproducción asexual** consiste en la formación de nuevos individuos a través de la división de células provenientes de un único progenitor. La mayoría de los organismos unicelulares y algunos pluricelulares se reproducen de esta forma. La característica más importante de este tipo de reproducción es que los organismos tendrán una copia de ADN idéntica a la de su progenitor, por tanto los hijos serán iguales a sus padres. Existen varios tipos de reproducción asexual (figura 6):

- **Fisión binaria o bipartición.** Corresponde a la división de un organismo en dos células hijas idénticas entre sí pero más pequeñas que la célula madre; se produce en las bacterias.
- **Gemación.** Consiste en la aparición de una prolongación o yema en la superficie del progenitor; esta yema, al madurar, se convierte en un nuevo organismo que puede vivir aparte de la célula progenitora o junto a ella formando colonias o agrupaciones de individuos; es común en las levaduras y en los cnidarios.
- **Esporulación.** El núcleo de la célula madre se divide varias veces conformando pequeños núcleos que al rodearse de membrana celular, conforman nuevas células o **esporas** que salen posteriormente de la célula madre y se desarrollan dando origen a nuevos individuos. Es común en algas, hongos y algunos protozoos.
- **Fragmentación.** Un organismo se origina a partir de un fragmento del organismo progenitor, que tras su desarrollo dará lugar a un individuo completo, adulto e independiente; es el caso, por ejemplo, de la regeneración en estrellas de mar.
- **Partenogénesis.** Un gameto femenino origina un nuevo organismo sin intervención de gametos masculinos, es decir, sin que ocurra la fecundación. Es común en las abejas.

1.3.2 Reproducción sexual

En la **reproducción sexual** se origina un organismo a partir de dos progenitores y ocurre en la mayoría de organismos, desde los más simples hasta los más complejos. Cada progenitor aporta un gameto que, como vimos anteriormente, se produce por divisiones meióticas: el progenitor masculino aporta un gameto masculino y el progenitor femenino aporta un gameto femenino. Estos gametos se fusionan mediante el proceso de la **fecundación**, para dar origen a un **cigoto** que, luego de varias divisiones sucesivas, formará un individuo. En este tipo de reproducción, a diferencia de la reproducción asexual, el ADN que favorece la adaptación al medio y el mantenimiento de las especies a través del tiempo.



Bacteria en bipartición o fisión binaria.



Anémone en gemación.



Estrella de mar regenerándose a partir de un fragmento.

Figura 6. La reproducción asexual es muy común en organismos unicelulares pero también se presenta en plantas y animales.