# REPRODUCCION ASEXUAL

La reproducción asexual consiste en la producción de la cría sin necesidad de la union de dos gametos. Es común en los protistos, plantas y animales de organización simple. Puede llevarse a efecto por diversos métodos específicos.

## 17-1 REPRODUCCION ASEXUAL EN LOS PROTISTOS UNICELULARES

El método más generalizado de reproducción asexual entre los organismos unicelulares es la fisión. El organismo se divide en dos partes aproximadamente iguales. Cada una de éstas crece hasta alcanzar el tamaño completo cuando el proceso puede renovarse. Bajo condiciones ideales los bacterios pueden reproducirse por fisión cada veinte o treinta minutos. La amiba y la mayoría de los demás protozoos también se reproducen de esta manera

La reproducción asexual de las células de la levadura ocurre mediante gemación. La gemación difiere de la fisión en cuanto las dos partes producidas no son de igual tamaño. En las células de levadura, en cierta porción de la pared, se forma un abultamiento que se denomina yema . El núcleo de la célula progenitora se divide y uno de los núcleos hijos pasa a la yema. Bajo condiciones favorables la yema puede a la vez producir otra yema antes de que se separe finalmente de la célula progenitora.

## 17-2 REPRODUCCION ASEXUAL EN LOS ORGANISMOS MULTICELULARES

### 1. Gemación

El término gemación se utiliza también para describir la reproducción asexual de muchos organismos multicelulares. En la hidra se forma lateralmente una proyección que consta de muchas células. Esta proyección crece, desarrolla tentáculos y todas las demás estructuras presentes en el adulto. Eventualmente se separa de la hidra madre y continúa una existencia independiente

Los gusanos planos (*Platyhelminthes*) se reproducen también asexualmente por gemación. Trozos de carne de cerdo deficientemente cocidos pueden contener cisticercos del «gusano plano del cerdo» *Taenia solium*. Los cisticercos consisten en una cápsula que contiene el escolex . Cuando el hombre ingiere uno de tales cisticercos el jugo gástrico

disuelve la pared de la cápsula. El escolex da la vuelta hacia atuera y se adhiere mediante ventosas y ganchos a la pared del intestino. En seguida produce yemas en su extremo posterior que reciben el nombre de proglotis. Estas permanecen adheridas unas con otras.

Cuando maduran se desarrollan órganos de reproducción sexual. Los proglotis que alcanzan la madurez eventualmente se desprenden y son expulsados con los excrementos. Antes de que esto ocurra la cadena puede alcanzar una longitud de seis metros y contener más de 1.000 proglotis. Aunque sólo existen nervios en forma rudimentaria, órganos excretorios y estructuras musculares, cada proglotis puede considerarse como un individuo separado.

Las plantas presentan también reproducción vegetativa. En algunas especies se forman tallos horizontales, los cuales originan nuevos individuos. Estos tallos pueden crecer por debajo del suelo (rizomas) o sobre la superficie del terreno (estolones) (Fig. 17-4). La planta

de jardin Bryophyllum se vale de sus hojas para llevar a efecto la reproducción asexual. A lo largo de los márgenes de la hoja se forman pequeñas réplicas de la planta dotadas de raíces y tallo (Fig. 17-5).

## 2. Esporulación

En ciertos protistos y plantas, la reproducción asexual está acompañada a menudo de la formación de esporas. Estas son cuerpos pequeños que conitenen un núcleo y una pequeña porción de citoplasma. Las esporas de los organismos terrestres son. por lo general, muy livianas y poseen una pared protectora. Esos rasgos determinan que la esporulación sea algo más que un simple mecanismo especial de reproduc-

ción. Su tamaño pequeño y su peso liviano las habilita para ser transportadas a grandes distancias, por medio de corrientes de aire. Así, las esporas funcionan como agentes de dispersión, que hacen posible la propagación del organismo en nuevas localidades.

La cubierta resistente de la espora a menudo desempeña otra función útil Permite que la planta se mantenga protegida en estado de vida latente a través de periodos en los cuales prevalezcan condiciones desfavorables que serían fatales para el organismo en proceso cerecimiento vegatativo activo. No es sorprendente que este tipo de esporas se produzca más rápidamente cuando las condiciones de temperatura, humedad o alimentación se tornen desfavorables.

Muchos bacterios forman esporas. Estas, sin embargo, no pueden considerarse como un mecanismo de reproducción de los bacterios, pues cada célula simplemente forma una cubierta protectora alrededor de su «núcleo» y partes de su citoplasma. En este caso, no se producen nuevos individuos. La espora simplemente proporciona un medio de supervivencia mientras duren las condiciones desfavorables.

En ciertas algas verdes y en los hongos acuáticos las esporas no representan estadios de reposo. En Chlamydomonas, una sola célula se divide de una a tres veces, y da origen a dos u ocho pequeñas zoosporas. Cada una está dotada de su núcleo, citoplasma y dos flagelos

. Después de haber sido liberadas cada zoospora crece hasta alcar ar el tamano de la célula madre. Algunas algas sedentarias utilizan las zoosporas no sólo como mecanismo de reproducción, sino también como medio de dispersión. Con ayuda de los flagelos nadan y dispersan la especie a nuevas localidades.

Los hongos producen esporas en abundancia. Un solo micelio de Lycoperdon produce aproximadamente 700.000 millones de esporas en cada período en sus esporangios

## 3. Fragmentación

Algunas plantas y animales llevan a cabo la reproducción asexual por fragmentación. En estas especies el cuerpo del organismo se fragmenta en varias partes; cada una de ellas puede luego regenerar todas las estructuras del organismo adulto. En el caso de algunos pequeños gusanos anélidos, el proceso puede presentarse de manera espontánea. Una vez que el gusano complete el crecimiento se rompe en ocho o nueve fragmentos. Cada uno de ellos desarrolla luego un gusano adulto que repite el proceso.

Por lo general, el proceso de fragmentación depende de factores externos. Las algas pardas y las algas verdes de las costas marinas a menudo se rompen en pedazos debido a la acción de las olas. Cada fragmento puede crecer hasta alcanzar el tamaño completo. También en el agua fresca, los filamentos de las algas (por ejemplo. Spirogyra) frecuentemente se rompen. Mediante fisión celular, en cada fragmento, se restablece el filamento completo.

El hombre de manera deliberada se vale de la fragmentación para reproducir as exualmente variedades deseadas de plantas Esto se hace mediante estacas Si la operación se hace con cuidado el injerto desarrolla raíces, hojas y puede continuar existiendo independientemente.

### PROCESO

El primer acontecimiento demostrable de la división mitótica es un cambio químico que tiene lugar antes de que puedan observarse los cambios microscópicos visibles: la duplicación del contenido en ADN del núcleo celular, y la reproducción de los genes y cromosomas. Transcurre cierto tiempo antes de que se inicien las fases visibles de la división celular. Estas fases visibles constan de cuatro estadios sucesivos establecidos arbitrariamente: profuse, metafase, anafase y telofase. La división nuclear, o mitosis propiamente dicha, comprende los cuatro estadios; la división citoplasmática tiene lugar en el último estadio.

Uno de los primeros acontecimientos de la profase (fig. 20.2) es la división del *centríolo*. Como se recordará, este gránulo se encuentra en las células de los protis-

tas y metazoos, hallándose situado inmediatamente por fuera del núcleo. Tan pronto como se ha dividido el centríolo, los dos gránulos resultantes se comportan como si se repeliesen mutuamente. Alejándose uno de otro se sitúan finalmente en los polos opuestos del núcleo celular. Las partes de citoplasma fluido que rodean al centrsolo se transforman en un gene menos fluido, apareciendo finos cordones gelatinizados que irradian a partir del centríolo como los radios de una rueda, formando los ásteres. Las fibrillas gelatinizadas se forman también entre los dos centríolos emigrantes, dirigiéndose de un gránulo a otro en curvas muy aplanadas. Estas fibrillas constituyen un huso. Al irse alejando cada vez más los centríolos, el huso y las fibrillas del áster se alargan aumentando su número. En las metafitas, los centríolos no están presentes y no se forman ásteres, pero no obstante sí se forma un huso.

Durante estos estadios de la profase, desaparece la membrana nuclear y se desintegran los nucléolos presentes en el núcleo, mezclándose las sustancias nucleares y citoplasmáticas. Además, en este momento se hacen visibles los cromosomas diferenciados. Un examen minucioso revela que cada cromosoma está constituido por un doble filamento (fig. 20.3). Según se indicó, cada cromosoma ha fabricado un doble suyo, matemáticamente exacto, algo antes de la profase. Estos cromosomas gemelos están dispuestos paralelamente muy juntos hallándose reunidos mutuamente en un solo punto. Este punto de unión se denomina centrómero. A cada centrómero se hallan fijadas dos fibrillas del huso, una para cada polo del mismo. De este modo los cromosomas permanecen unidos al andamiaje fibrilar. Con ello queda completada la profase iniciándose, acto seguido, la metafase.

Al comienzo de la metafase, las parejas de cromosomas, todavía esparcidas irregularmente en la parte central

de la célula comienzan a emigrar. Si trazamos una línea imaginaria desde un polo de huso al otro tendremos señalado un eje del huso. Los cromosomas emigran hacia un plano dispuesto perpendicularmente al eje del huso en la mitad del mismo. Específicamente, es el centrómetro de cada pareja de cromosomas el que ocupa finalmente una posición precisa en este plano. Durante la emigración los cromosomas son arrastrados tras de sus centrómetros como si se tratase de gallardetes. Al hallarse situados en un plano, se dice que los centrómeros forman una placa metafásica (fig. 20.4).

La separación longitudinal de las parejas de cromosomas se completa ahora. Cada centro se divide, con lo cual se originan cromosomas completamente independientes. En seguida se forma una pequeña fibrilla gelificada entre los centrómeros de los cromosomas primeramente unidos, y estos cromosomas comienzan a separarse: una vez se han separado del todo, los miembros de una pareja de cromosomas se comportan como si se repeliesen mutuamente. De este modo un lote de cromosomas emigra alejándose de la placa metafásica hacia uno de los polos del huso, y el lote gemelo idéntico emigra en dirección opuesta hacia el otro polo. Nuevamente los centrómeros guían, y los brazos de los cromosomas son arrastrados. Al propio tiempo las fibrillas situadas entre los centrómeros gemelos se alargan mientras que las fibrillas situadas entre los centrómeros y los polos del huso se acortan. Este período de migración polar de los cromosomas constituye la anafase de la división mitótica (fig. 20.5).

El comienzo de la telofase se señala por la aparición de un surco de segmentación en los animales y de una placa de división en las células vegetales. Tanto el surco como la placa se forman en el plano de la placa metafásica precedente. El surco de segmentación es al principio poco profundo y rodea la superficie celular. Este

surco va haciéndose más profundo, corta de través las fibrillas del huso y finalmente constrine a la célula dando lugar a su separación en dos células hijas. Las células vegetales se dividen en dos mediante un tabique de celulosa, la placa de división, que se forma más o menos simultáneamente en todos los puntos del plano de segmentación.

Mientras tienen lugar estos fenómenos, los cromosomas de cada futura célula hija se acumulan en las inmediaciones del polo del huso. Las fibrillas del huso y el áster desaparecen; es decir, el protoplasma que las compone pasa de nuevo al estado de sol. Se forma ahora una nueva membrana nuclear alrededor de los cromosomas. Al propio tiempo, los cromosomas de cada núcleo de nueva formación originan nuevos nucleolos, según el número característico de cada tipo particular de célula. Estos procesos nucleares cesan aproximadamente en el momento en que se ha terminado la división del citoplasma, y la división mitótica alcanza en este momento su término (véase todo resumido en la fig. 20.6).

#### EL RESULTADO

En los organismos unicelulares, la división celular equivale a la reproducción de todo el organismo. Las células hijas generalmente se separan, pero en algunas formas permanecen unidas entre sí y, como ya hemos visto, forman colonias. En los organismos pluricelulares, la división celular, o bien contribuye a la sustitución celular, como ocurre en la regeneración o cicatrización de heridas, o bien incrementa el número de células. Esto conduce al crecimiento de los tejidos y de los órganos. Observemos que el crecimiento de un organismo puede ser el resultado o bien de la reproducción molecular y del aumento del tamaño celular o bien de la reproducción celular y del aumento del número de células, o bien de ambas cosas a la vez.

El ritmo de la reproducción celular varía ampliamente. Entre los organismos pluricelulares, la velocidad más elevada en las divisiones celulares ocurre en los estadios embrionarios, y la más baja en la edad senil. Las células que forman los estratos epiteliales mantienen un ritmo de división bastante rápido pero constantemente decreciente a lo largo de la vida del organismo. Por el

contrario, las células hepaticas y musculares, por ejemplo, sólo rara vez se dividen en el adulto. Y las células nerviosas ya no se dividen nunca más, una vez formadas en el embrión. Las células nerviosas pueden crecer, pero sólo por el incremento del tamaño celular, por lo cual, las neuronas destruidas no pueden reemplazarse. En general las células de mayor especialización son las que con menor frecuencia se dividen, y viceversa.

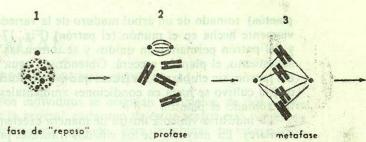
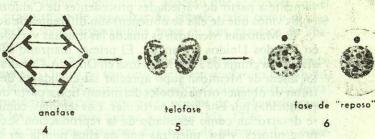


Fig. 20.6. Resumen esquemático de la mitosis. Aqui se supone que la división citoplasmatica acompaña a la mitosis. Obsérvese que una célula «en reposo» se halla en reposo exclusivamente desde el punto de su actividad reproductora, ya que en todos los demás aspectos se halla siempre en intensa actividad.



## entajas y desventajas de la reproducción asexual

La reproducción asexual es común entre las plantas y animales inferiores, y presenta algunas ventajas. Es un proceso relativamente simple, con la participación única de la mitosis, a diferencia de la complejidad de los procesos que participan en la formación de óvulos y espermatozoides de la reproducción sexual. Basta un individuo o progenitor y por tanto no hay necesidad de proresos complicados de aparcamiento. Puede produvirse gran número de descendientes simultaneamente; por ejemplo, el esporangio de un moho del pan produce miles de esporas, cada una de las cuales se convertirá en un quevo moho. Con frecuencia los organismos utilizan la reproducción asexual como una forma de dispersión, como sucede con las esporas; éstas son, en general, cuerpos pequeños, ligeros, fácilmente esparcibles por el viento.

La progenie producida por reproducción ase-

xual es copia casi exacta del progenitor y en consecuencia la variabilidad es mínima. Cuando el progenitor está bien adaptado a un medio ambiente estable, esto es una ventaja; pero no lo es cuando las especies que exclusivamente se multiplican por reproducción asexual, pues tienen un límite de adaptabilidad y no se pueden ajustar rápidamente a situaciones cambiantes del medio ambiente. Esta es la mayor desventaja del proceso.

Significación biológica de la mitosis. El proceso de mitosis asegura la distribución precisa y equitativa de los cromosomas en cada uno de los dos núcleos hijos de cada célula, de forma que en todo organismo multicelular cada célula posee exactamente el mismo número y tipo de cromosomas que las demás. Los cromosomas contienen en su DNA información genética codificada, y el proceso de mitosis regular y ordenado garantiza

también que esta información genetica sea exactamente distribuida en cada uno de los núcleos hijos; cada célula posee toda la información genética para la totalidad de las características del organismo. Así se comprende que una sola célula de una planta adulta plenamente diferenciada pueda, en condiciones favorables, dar origen a toda la planta.

# 17-3 LA REPRODUCCION ASEXUAL (APLICACION)

El injerto es otro método de reproducción asexual que utiliza el hombre para reproducir individuos pertenecientes a una variedad que se desea preservar. Unicamente los fruticultores deliberadamente reproducen manzanos a partir de las semillas. Sin embargo, no lo hacen debido a los frutos que podrían producir, sino para utilizar su sistema radicular vigoroso. Después de un año de crecimiento la parte aérea de la planta es retirada y un vástago (el

plantón) tomado de un árbol maduro de la variedad deseada es insertado en la muesca previamente hecha en el muñón (el patrón) (Fig. 17-8). Mientras los cambiumes del plantón y del patrón permanezcan unidos y se tomen las precauciones para prevenir infecciones o secamiento, el plantón crecerá. Obtendrá el agua y los minerales gracias al sistema radical del patrón; sin embargo, los frutos que eventualmente produzca, serán idénticos (suponiendo que el cultivo se haga en condiciones ambientales similares) a los frutos del árbol del cual fue tomado el plantón.

La industria vinícola ilustra de manera excelente la necesidad de que los ambientes sean similares. La mayoría de los viñedos franceses provienen de parrales propagados vegetativamente a partir de variedades procedentes de California. Sin embargo, las uvas de Francia (y los vinos que de ella se obtienen) son diferentes de aquellos que se producen en California.

La Manzana Mcintosh es una de las muchas variedades comunes de manzanas que crecen en Estados Unidos y Canadá. El primer manzano Mcintosh fue hallado hace más de 150 años en la granja de John McIntosh en Ontario, Canadá. Había crecido a partir de una semilla. La nuera de Mcintosh supo apreciar las cualidades del fruto. Además sabía que sería inútil tratar de obtener otros árboles del mismo tipo a partir de semillas procedentes de las manzanas producidas por este árbol particular. Las semillas, como habremos de verlo en el Capítulo 21, se desarrollan como resultado de la reproducción sexual. En su formación intervienen dos progenitores, y así, mientras uno de ellos podría ser un árbol Mcintosh el otro progenitor podría ser probablemente un árbol vecino de otra variedad. La descendencia poseería las características de ambos progenitores. Quizás producirían mejores manzanas, pero quizás acaso peores. En ningún caso sería un manzano Mcintosh. Así la única manera de obtener nuevos manzanos Mcintosh disponibles para distribuir a otros cultivadores de manzanos, era la reproducción asexual. Plantones obtenidos en el árbol original e injertados en patrones de

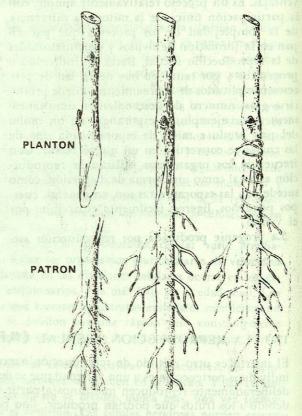
cualquier variedad producen manzanos Mcintosh. Todos los centenares de miles de manzanos que existen ahora descienden de un plantón de aquel

primer árbol.

Este ejemplo de reproducción asexual, controlada por el hombre, resulta útil que revela los rasgos esenciales de este método de reproducción. En todos los tipos de reproducción asexual la descendencia resulta idéntica, en todos los aspectos, al progenitor, mientras crezca en condiciones ambientales similares a las del progenitor. Si una especie dada prospera con éxito en su habitat, toda variación heredable en la descendencia puede resultar desventajosa. La reproducción asexual permite producir nuevos individuos que probablemente no presentarán tales variaciones. La reproducción asexual tiende a preservar el status quo.

# Fig. 17-8

Los manzanos se propagan asexualmente por injerto. Un pedazo de tallo (el plantón) tomado de la variedad deseada se inserta en una muesca roturada en el muñón del patrón. Los frutos que se produzcan tendrán las mismas características de la variedad que proporcionó el plantón y no de la variedad que sirvió de patrón.



# REPRODUCCION SEXUAL

# 17-5 LA NATURALEZA DE LA REPRODUCCION SEXUAL

En la reproducción sexual los nuevos individuos se originan por union de dos juegos de información hereditaria (ADN). Por lo general, cada uno de estos juegos está contenido dentro de una célula especializada denominada gameto. Para combinar su información hereditaria los dos gametos tienen que en primer lugar unirse, proceso que se conoce con el nombre de fertilización. Entre los organismos de organización simple, tales como el alga verde, Chlamydomonas, los dos gametos son indistinguibles entre sí. Los gametos de apariencia similar, se denominan isogametos.

El núcleo y el citoplasma de una célula individual de *Chlamydomona* se divide cinco o seis veces para formar 16 o 32 isogametos. Estos no son sino copias en miniatura del adulto. La pared celular del adulto se rompe y libera los isogametos flagelados en el agua circundante. Estos gametos se unen con los gametos producidos por otras células de *Chlamydomonas*. No existen diferencias visibles entre los dos gametos que se fusionan (Fig. 17-6).

En la mayoría de los organismos se producen dos tipos diferentes de gametos. Los espermatozoos son gametos de pequeño tamaño y consisten principalmente en un núcleo y un flagelo. El flagelo permite al espermatozoo nadar. Los espermatozoos son los gametos masculinos. Los óvulos son los gametos femeninos, son de tamaño más grande y no se mueven. Contienen cantidades abundantes de alimento además del núcleo. Debido a que los espermatozoos y los óvulos son de apariencia disímil, se dice que son heterogametos.

El producto de la fertilización es el cigote. Cuando se fusionan heterogametos, en lugar

de hablar del cigote, a menudo se habla del óvulo fecundado.

Uno de los rasgos más llamativos de la reproducción sexual consiste en que cada uno de los gametos, por lo general, se produce en un individuo separado. Así dos individuos, los progenitores, contribuyen a la formación de la descendencia. Si los dos padres se diferencian en algún aspecto el uno al otro (y a menudo, como usted lo verá, aun si no se diferencian) la descendencia poseerá nuevas combinaciones de características. Muchas veces tales nuevas características pueden ser desventajosas para la descendencia. Otras veces no tendrán efecto alguno sobre el bienestar del poseedor. A veces las nuevas combinaciones pueden reconfigurar un individuo mejor adaptado que sus progenitores al habitat en el cual debe vivir. Este último caso permite que ocurra un mejoramiento paulatino, funcional y estructural de la especie, es decir, la evolución.

En muchos organismos tanto los gametos masculinos como los femeninos se producen en un solo individuo. Se dice entonces que tales organismos son hermafroditas. Algunas especies de hídra, la lombriz de tierra común, algunos peces y la mayoria de los antófitos (plantas que llevan flores) son ejemplos de organismos hermafroditas. Pero aun en estos casos, por lo general, dos individuos contribuyen a la formación del cigote. Los espermatozoides de un individuo se unen con los óvulos de otro individuo. Con ello se produce la fertilización cruzada, lo cual, a la vez, provoca variabilidad en la descendencia. Algunos hermafroditas, por ejemplo la lombriz de tierra, nunca fertilizan sus propios óvulos. Otros, por ejemplo muchos antófitos, llevan a cabo autofertilización solamente cuando no se produce fertilización cruzada. En el Capítulo 21 examinaremos algunos de los mecanismos por medio de los cuales se promueve la fertilización cruzada en las plantas y al mismo tiempo se evita la autofertilización.

#### Meiosis

La necesidad de la reducción cromosómica. Si la reproducción sexual es la fusión de dos células sexuales especializadas, ¿qué es lo que evita que el material nuclear se duplique en cada nueva generación? La respuesta radica en un tipo especial de división nuclear llamada meiosis. Esta división antecede a la formación de gametos y da como resultado que cada gameto contenga solamente la