

ción a partir del DNA de una célula muerta creando nuevas características en células adyacentes vivas. Este mecanismo se descubrió en los estudios con neumococos de *Griffith*, el crió una cepa de neumococos sin cápsula en medios de cultivo que contenía células muertas con neumococos productores de cápsulas; el cultivo produjo neumococos con una nueva característica, las bacterias sin cápsula llegaron a ser productoras de cápsulas. Dicha nueva cepa se produjo como consecuencia de entrada del DNA de las células muertas a las células vivas creando dicha característica.

El 2º mecanismo de recombinación es el de *conjugación*, en el cual dos bacterias se unen físicamente por un puente citoplasmático, y al estar así unidas, transmiten su material genético de una a otra.

El 3º mecanismo de recombinación puede ocurrir como resultado de una infección *viral*. El ácido nucleico viral acarrea información genética que es transcrita y usada dentro de la célula bacteriana, y así puede producirse una nueva combinación de genes. (Fig. 3-7)

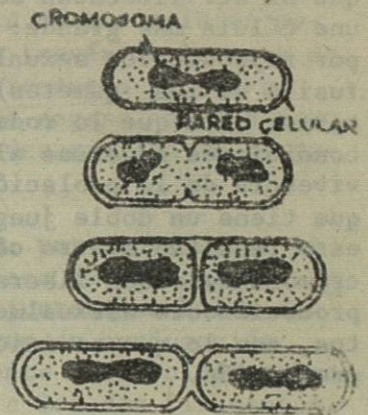
Reproducción de algas verde-azuladas. Las algas verde-azuladas se encuentran en todos los medios donde existe humedad y luz, en ellas no se ha observado la reproducción sexual. La reproducción asexual se efectúa principalmente por *división binaria* como las bacterias.

REPRODUCCIÓN DE ALGAS Y HONGOS.

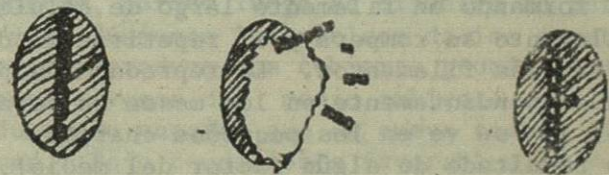
Reproducción de Chlamydomonas. - *Chlamydomonas* es un alga verde unicelular que nada en el agua por medio de dos flagelos. Muchas algas "verdes" se reproducen alternativamente por el método sexual y asexual. La reproducción asexual es por mitosis celular. Específicamente, el interior de la célula *Chlamydomonas* empieza a dividirse produciendo dos o cuatro copias pequeñas de la célula original. Finalmente, se rompe la célula; las células hijas crecen y luego repetirán lo mismo. (Fig. 3-8)

En cierta etapa del ciclo de *Chlamydomonas*, la división celular aumenta considerablemente y se produce un gran número

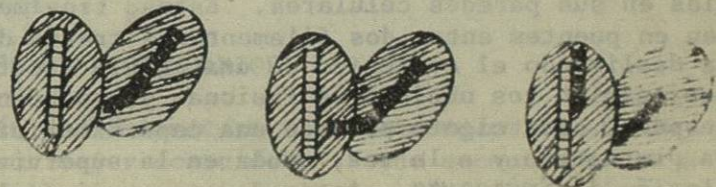
Fig. 3-6 Escisión binaria en bacterias.



Transformación.



Conjugación.



Transducción.



Fig. 3-7 Mecanismos por los cuales las bacterias obtienen combinaciones de genes.

de pequeñas células. Estas células parecen ser gametos porque al ser liberadas dos de ellas se fusionan y dan lugar a una célula más grande: el cigoto. Se forma un nuevo individuo por reproducción sexual. Poco después de la fecundación (la fusión de los gametos), el nuevo cigoto forma una pared exterior dura que lo rodea. Sirve para proteger a la célula en condiciones adversas al medio de este modo ayuda a la supervivencia de la población. Dentro de la cubierta, el cigoto que tiene un doble juego de cromosomas sufre una meiosis. De esto resultan cuatro células presentando cada una un juego de cromosomas. Son liberadas en el agua, ya libres continúan reproduciéndose asexualmente hasta que vuelven a producir gametos, con lo que se iniciará de nuevo la fase sexual de la reproducción.

Spyrogyra. Normalmente se reproduce asexualmente por división meiótica celular. Aunque en el caso especial de esta alga, cada célula nueva permanece adherida a la célula original formando un filamento largo de células. Ocasionalmente, el filamento se rompe y al repetirse la división celular crecerán más filamentos. La reproducción por este método se efectúa abundantemente en los meses de verano, produciendo la "lama" que se ve en los pequeños charcos. Durante el otoño (como resultado de algún factor del medio), algunas células de filamentos adyacentes empiezan a desarrollar protuberancias en sus paredes celulares. Estas, finalmente, se convierten en puentes entre dos filamentos a través de los cuales se va deslizando el contenido de una célula a otra. Durante la conjugación los núcleos se fusionan y producen cigotos. Poco después, cada cigoto produce una capa exterior que sirve para protegerlo y a la vez, ayuda en la supervivencia de la población de *Spyrogyra*. Antes de que germine el cigoto, experimenta dos divisiones meióticas resultando cuatro esporas con un solo juego de cromosomas cada una de ellas. Sólo una sobrevive y se reproduce. (Fig. 3-9)

Reproducción de Rhizopus. El hongo común del pan, *Rhizopus*, ilustra el modelo de reproducción de los hongos. Modelo reproductivo común de especies de hongos que crecen en la materia orgánica muerta. Sin embargo, es necesario hacer resaltar que los hongos pueden presentar varios y complejos ciclos de vida. Esto es notable en muchos hongos parásitos.

Si se observa el crecimiento de *Rhizopus*, en el pan o en las frutas, se verá como una masa de filamentos blancos. Si se mira con cuidado nos daremos cuenta de que existen pequeñas estructuras negras, dispersadas a través de la masa de filamentos. Estas son las hifas que representan el cuerpo principal del organismo. Las estructuras negras son los esporangios o recipientes de esporas que se desarrollan en el extremo de ciertas hifas.

Rhizopus se reproduce asexualmente, por esporas que se desarrollan en el esporangio. En una época determinada se reproduce por medios sexuales. Cuando se juntan las hifas de dos cepas se *Rhizopus* se efectúa una forma de conjugación. Las hifas que se encuentran frente a frente desarrollan tubos que constituyen el puente que conectará a los dos filamentos. En la parte interna de estos tubos (progametangios), se forman paredes perpendiculares a las de los tubos, mismo que separan sendas porciones de protoplasma (gametangios). Produce el mismo efecto que dos gametos, porque luego se disuelve la pared que hay entre ellos y se fusionan los núcleos de los gametangios. Después, el cigoto produce una cubierta gruesa resistente a las condiciones severas del medio ambiente. La meiosis tiene lugar produciendo esporas que de nuevo tienen sólo un juego de cromosomas. Bajo condiciones favorables se rompe la cubierta gruesa y las esporas se desarrollan en nuevas hifas. (Fig. 3-10)

REPRODUCCIÓN DE PROTOZOARIOS.

Reproducción del Paramecium. El *paramecium* es uno de los microorganismos mejor conocidos. Puede encontrarse en aguas estancadas. Al microscopio aparece como un organismo en forma de sandalia, deslizándose y rodando dentro y fuera del campo visual como resultado del movimiento que produce al batir los cilios que cubren su cuerpo. (Fig. 3-11)

La forma de reproducción del *paramecium* es algo diferente a la de los microorganismos que hemos estudiado hasta ahora. Cuando el *paramecium* se reproduce asexualmente, por división celular, el macronúcleo no parece dividirse por mitosis; simplemente parece hendirse en dos partes más o menos iguales

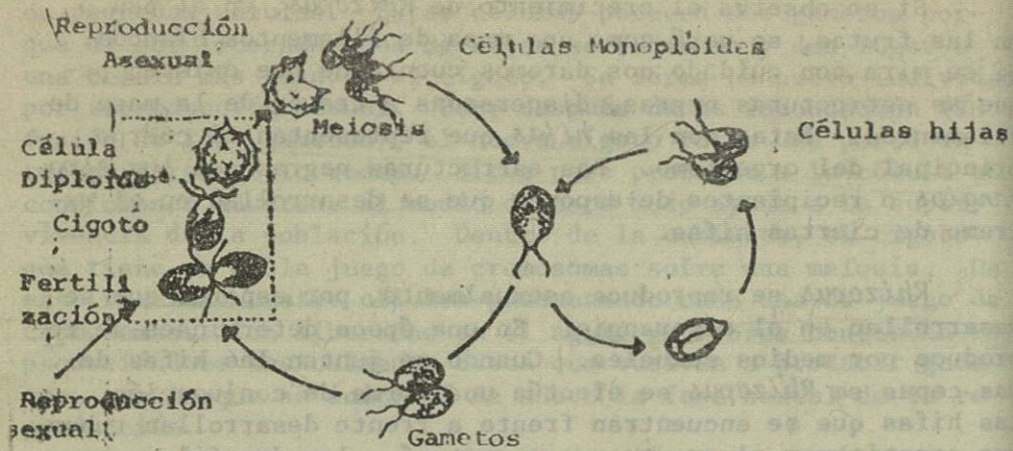


Fig. 3-8 Ciclo Vital de Chlamidomonas.

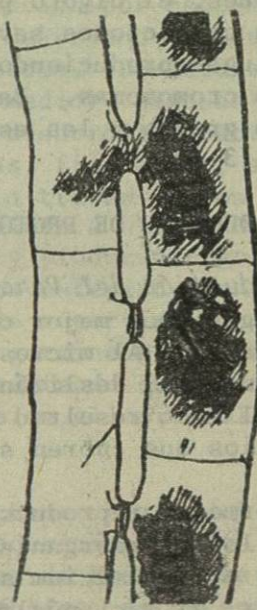


Fig. 3-9 Conjugación de Spirogyra.

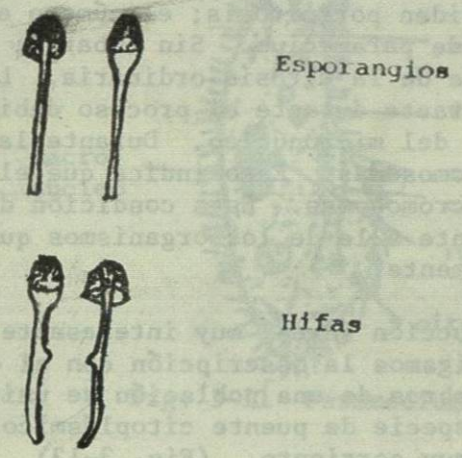
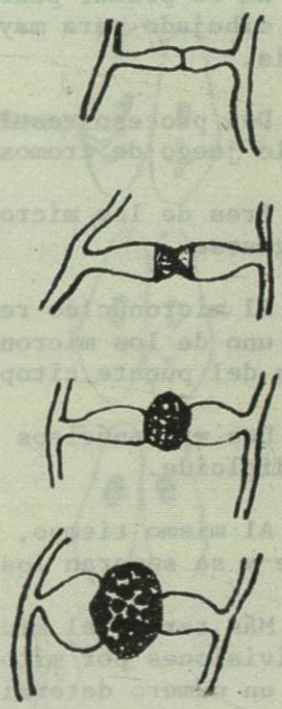


Fig. 3-10 Rhizopus; secuencia de acontecimiento al fusionarse dos hifas.



Cigoto

Los micronúcleos se dividen por mitosis; el número exacto de ellos depende del tipo de paramecium. Sin embargo, el proceso difiere ligeramente de la mitosis ordinaria. La membrana nuclear permanece intacta durante el proceso debido a que el huso se forma dentro del micronúcleo. Durante la mitosis se observan pares de cromosomas. Esto indica que el paramecium tiene 2 juegos de cromosomas. Esta condición diploide es notablemente diferente a la de los organismos que habíamos considerado previamente.

Un tipo de reproducción sexual muy interesante se realiza en el paramecium. Sigamos la descripción con el diagrama. Ocasionalmente, dos miembros de una población se unirán entre ellos para formar una especie de puente citoplásmico. Es un tipo de conjugación no muy corriente. (Fig. 3-12)

A. En el primer paso, los micronúcleos (sólo uno de ellos se ha dibujado para mayor claridad) de cada célula sufren la meiosis.

B. Del proceso resultan 4 micronúcleos en cada célula con un solo juego de cromosomas en cada uno.

C. Tres de los micronúcleos de cada célula comienzan a desintegrarse.

D. El micronúcleo restante experimenta mitosis. Inmediatamente uno de los micronúcleos hijos de cada célula pasa a través del puente citoplásmico hacia la otra célula.

E. Dos micronúcleos monoploides se funden y crean la condición diploide.

F. Al mismo tiempo, los macronúcleos empiezan a desintegrarse y se separan los dos paramecios.

G. Más tarde, el micronúcleo diploide experimenta numerosas divisiones por mitosis. Dependiente de la clase de paramecio un número determinado de micronúcleos se unirán para formar el nuevo macronúcleo. Durante este último período la célula se divide en dos.

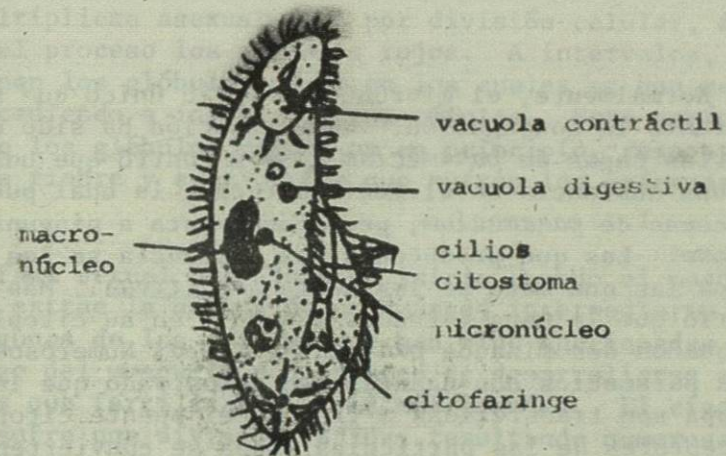


Fig. 3-11 Paramecium.

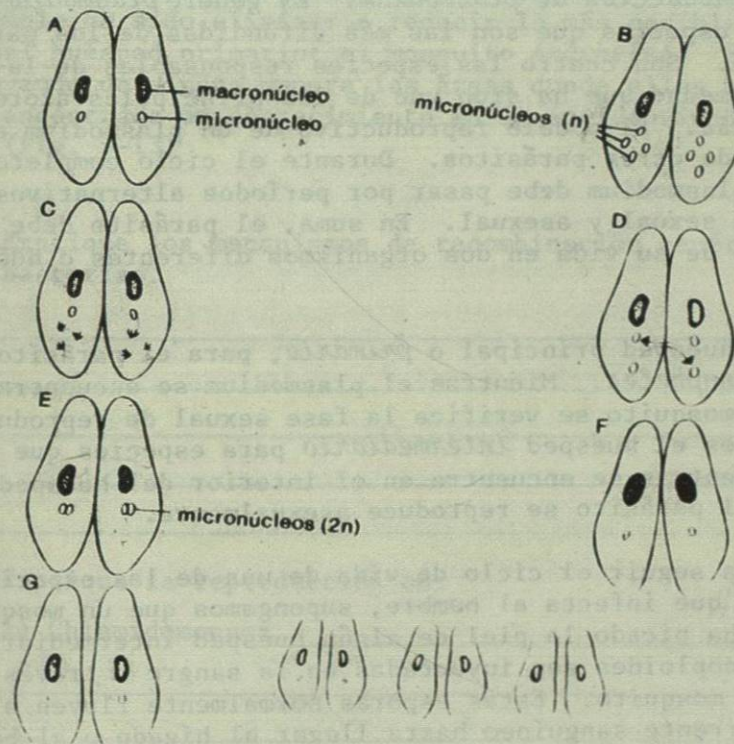


Fig. 3-12 Reproducción sexual de paramecium.

Normalmente, el micronúcleo es lo único que se intercambia durante la conjugación. Una excepción ha sido descubierta en ciertas capas de *paramecium*. Se encontró que una cepa segregaba una sustancia en el medio externo, la cual puede matar a otras cepas de *paramecium*, pero jamás mata a ninguna de su propia clase. Las que producen dicha sustancia se les llama *matadoras*; a las que mata se les llama *sensitivas*. Más tarde se descubrió que la cepa matadora contenía en su citoplasma cuerpos pequeños denominados *partículas kappa*. Numerosos experimentos con paramecios conjugantes han demostrado que las partículas kappa son transferidas a través del puente citoplásmico. Los receptores de las partículas kappa se convierten en matadores y son insensibles a la secreción. Los biólogos están interesados en las partículas kappa porque ofrecen un ejemplo más de una característica hereditaria.

Reproducción de plasmodium. El género *plasmodium* incluye muchas especies que son las más difundidas de los parásitos del hombre. Son cuatro las especies responsables de la malaria, enfermedad que ha sido uno de los principales azotes de la humanidad. El modelo reproductivo de un plasmodium es parecido al de otros parásitos. Durante el ciclo completo de su vida, un plasmodium debe pasar por períodos alternativos de reproducción sexual y asexual. En suma, el parásito debe pasar gran parte de su vida en dos organismos diferentes o huéspedes.

El huésped principal o *primario*, para el parásito es el mosquito *Anopheles*. Mientras el plasmodium se encuentra en el cuerpo del mosquito se verifica la fase sexual de reproducción. El hombre es el huésped *intermediario* para especies que lo infecta. Mientras se encuentra en el interior del huésped intermediario el parásito se reproduce asexualmente.

Para seguir el ciclo de vida de una de las especies de *plasmodium* que infecta al hombre, supongamos que un mosquito infectado ha picado la piel de algún huésped intermediario. Esporas monoploides son inyectadas en la sangre a través de la saliva del mosquito. Estas esporas normalmente fluyen a través del torrente sanguíneo hasta llegar al hígado o al bazo donde permanecen aproximadamente doce días. Vuelven al torrente sanguíneo y penetran en los glóbulos rojos. Dentro de es-

tos se multiplican asexualmente por división celular, destruyendo en el proceso los glóbulos rojos. A intervalos, las esporas rompen los glóbulos rojos en los cuales se han multiplicado, procediendo a infectar otras células. Este período de ruptura de los glóbulos rojos, es en principio, responsable de la alta fiebre y escalofríos que sufren los enfermos de malaria.

La fase sexual del ciclo se inicia cuando el mosquito *Anopheles* extrae la sangre de un huésped intermediario infectado. Algunas de las esporas que han sido succionadas hacia el estómago del mosquito son capaces de desarrollarse en gametozoides que fertilizan a otros más grandes. El cigoto resultante sufre una división rápida, resultando numerosas esporas que emigran a las glándulas salivales del mosquito listas para continuar el ciclo.

Este ciclo complejo ofrece al hombre numerosas formas para controlar este parásito. En el caso del *Plasmodium*, lo más simple ha sido eliminar o reducir lo más posible la población del huésped primario: el mosquito *Anopheles*. Secando o destruyendo de alguna manera las áreas donde ellos se crían, se ha encontrado un decrecimiento en la incidencia de la malaria. (Fig. 3-13)

- a) Explique los mecanismos de recombinación genética en bacterias.

- b) Explique la reproducción en:

1) Chlamidomonas: _____

2) Spyrogyra: _____

3) Rhizopus: _____

4) Paramecium: _____

5) Plasmodium: _____

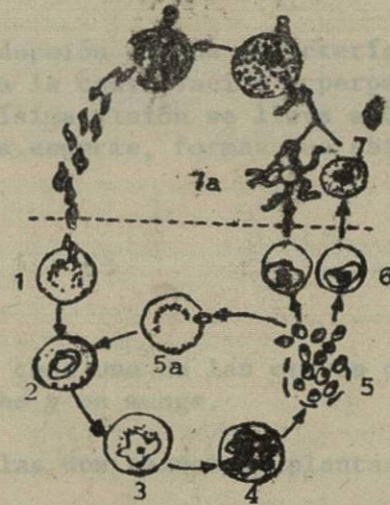


Fig. 3-13 Reproducción de plasmodium.

La hembra *anopheles* es la portadora del plasmodium; que causa la malaria. El ciclo comienza con una invasión del endoparásito a los glóbulos rojos (1). En ellos se desarrolla en forma de anillo y estado ambiboideo (2,3), sufriendo una división asexual (4) y, finalmente, causa la ruptura de la célula (5). Las esporas infectan otros glóbulos rojos (5a) o se desarrollan sexualmente (6). Cuando son succionadas por el mosquito se convierten en óvulos y espermatozoides (7,7a), sufren la fertilización (8) se enquistan (9). El ciclo comienza de nuevo cuando el mosquito pica otra vez.