

IV

1-MICROBIOLOGÍA y BIOTECNOLOGÍA

1. CONCEPTO DE MICROORGANISMO

Los microorganismos o microbios son organismos de pequeño tamaño, observables únicamente con la ayuda del microscopio. La Microbiología es la rama de la Biología que se encarga del estudio de los microorganismos.

TIPOS DE MICROORGANISMOS Y CLASIFICACIÓN

Los microorganismos se clasifican en:

CLASES DE MICROORGANISMOS		
<p>a) Microorganismos con organización celular</p> <ul style="list-style-type: none"> - Poseen membrana celular - Tienen como ácidos nucleicos tanto ADN como ARN). 	<p>Procariotas</p>	<p>Arqueobacterias Eubacterias</p>
	<p>Eucariotas</p>	<p>Protozoos Algas microscópicas Hongos microscópicos</p>
<p>b) Microorganismos sin organización celular</p> <ul style="list-style-type: none"> - No poseen membranas - Nunca están presentes los dos ácidos nucleicos juntos (ADN o ARN). - Son parásitos estrictos de los que tienen organización celular, pues carecen de metabolismo. 	<p>Virus Viroides Priones</p>	

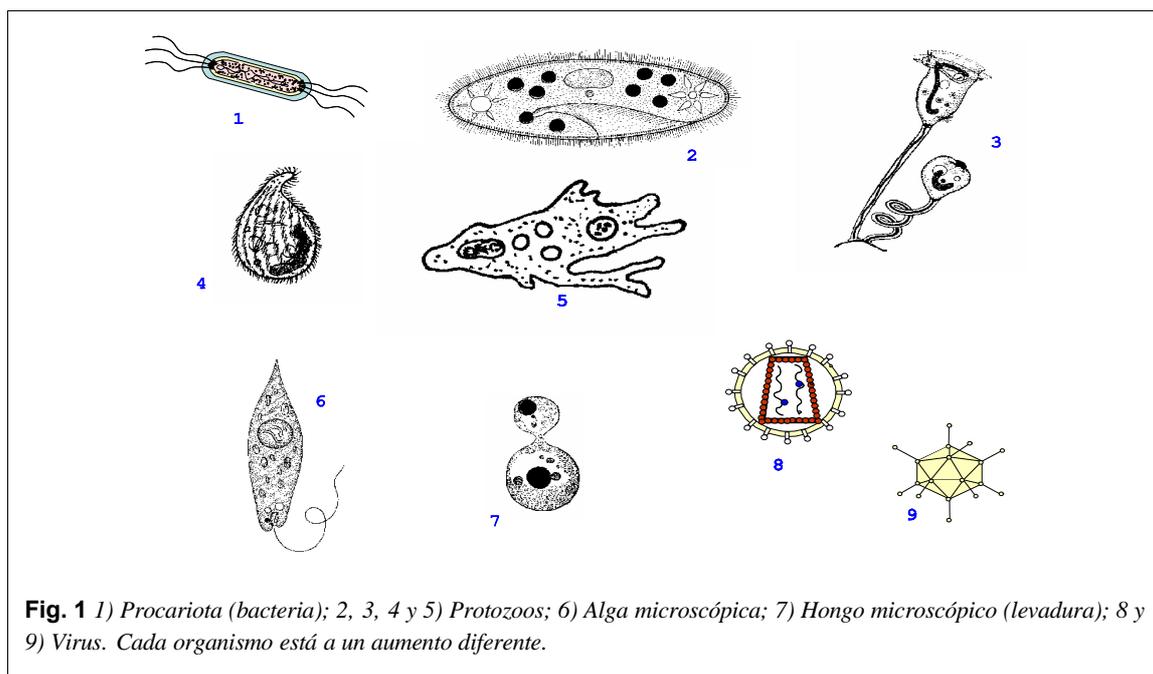


Fig. 1 1) Procariota (bacteria); 2, 3, 4 y 5) Protozoos; 6) Alga microscópica; 7) Hongo microscópico (levadura); 8 y 9) Virus. Cada organismo está a un aumento diferente.

2. LAS BACTERIAS

CLASIFICACIÓN, MORFOLOGÍA, FISIOLOGÍA Y ECOLOGÍA BACTERIANAS

1) ARQUEOBACTERIAS: Bacterias consideradas "fósiles vivientes" pues viven en hábitats que parecen corresponder con los que existieron en la Tierra primitiva, por ejemplo, se encuentran en ambientes termales donde se alcanzan temperaturas por encima del punto de ebullición del agua, en fumarolas, etc. Un ejemplo es el de *Pyrococcus furiosus* que tiene su óptimo de crecimiento a 104°C. También pueden vivir en medios halófilos (muy salados), por ejemplo: *Halobacterium*, que son halófilos estrictos.

2) EUBACTERIAS: Son las bacterias típicas. Por ejemplo *Escherichia coli*. Se trata de microorganismos unicelulares procariontes, cuyo tamaño oscila entre 1 y 10 micras (como son muy pequeñas no necesitan citoesqueleto), adaptados a vivir en cualquier ambiente, terrestre o acuático, pues en las diferentes estirpes bacterianas pueden observarse todas las formas de nutrición conocidas. Las hay autótrofas: fotosintéticas y quimiosintéticas, y heterótrofas: saprófitas, simbióticas y parasitarias. Esta notable diversidad de funciones convierte a las bacterias en organismos indispensables para el mantenimiento del equilibrio ecológico, ya que, como se verá más adelante, contribuyen al mantenimiento de los ciclos biogeoquímicos que permiten el reciclaje de la materia en la biosfera.

La mayor parte de las bacterias adoptan formas características, aunque en ocasiones la configuración puede verse influida por las condiciones del medio de cultivo. Son unicelulares, pero también aparecen agrupadas cuando se mantienen unidas tras la bipartición. Entre las formas más comunes destacan las siguientes:

* **Cocos**, de aspecto redondeado, que aparecen aislados o en grupos de dos: **diplococos**, otras veces forman cadenas arrosariadas: **estreptococos**, grupos arracimados: **estafilococos**, o masas cúbicas: **sarcinas**. Esta diversidad

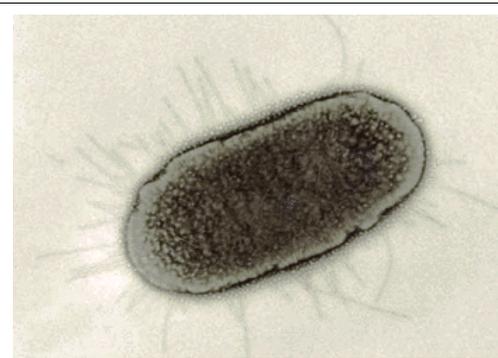


Fig. 2 Ejemplo de organismo procarionte (bacteria) muy aumentada.

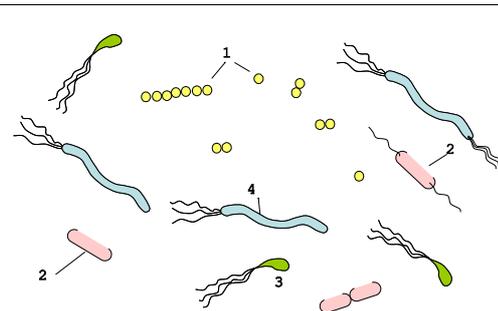


Fig. 3 1) Cocos. 2) Bacilos. 3) Vibrios. 4) Espirilos.

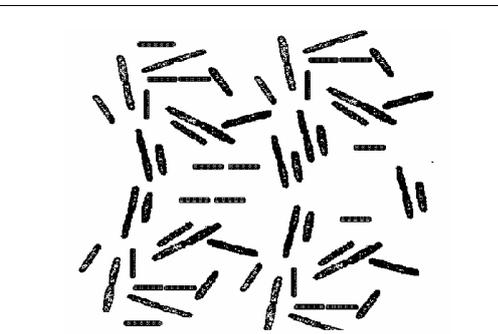


Fig. 4 Bacilos (x2000).

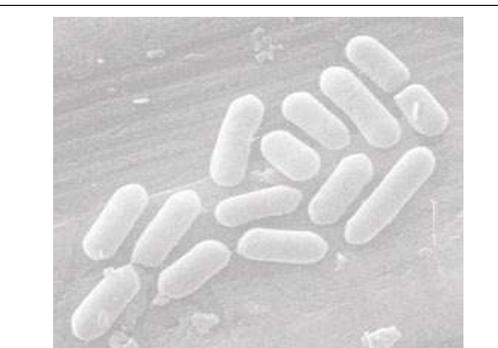


Fig. 5 Bacilos (muy aumentados).

depende de que la división de las células se dé a lo largo de uno, dos o tres ejes.

Las bacterias con forma de cocos tienen una relación superficie/volumen mínima, son bacterias con poca relación con el exterior, muy resistentes y se transmiten por el aire. Son pequeñas y exigentes con el medio de cultivo. Suelen ser patógenas: *Streptococcus*, *Staphylococcus*, etc.

* **Bacilos**, alargados y cilíndricos, en forma de bastón; a veces se presentan en cadenas lineales o ramificadas. Presentan mayor relación superficie/volumen que los cocos y obtienen nutrientes con mucha mayor efectividad, por lo que pueden vivir en lugares pobres en nutrientes (vías urinarias, agua ...). Por el contrario, son menos resistentes, susceptibles a los cambios ambientales y no pueden transmitirse por el aire, sólo lo hacen por líquidos o superficies húmedas. Los más grandes (*Bacillus* y *Clostridium*) desarrollan endosporas para resistir los períodos de condiciones precarias.

* **Espirilos**, con forma de hélice o espiral; las espiroquetas tienen un aspecto similar, pero con la espiral más acusada. Las formas espirales se mueven en medios viscosos avanzando en tornillo. Su diámetro es muy pequeño, lo hace que puedan atravesar las mucosas; por ejemplo: *Treponema pallidum*, causante de la sífilis. Son más sensibles a las condiciones ambientales que los bacilos, por eso cuando son patógenas se transmiten por contacto directo (vía sexual) o mediante vectores, normalmente artrópodos hematófagos.

* **Vibrios**, que son muy cortos y curvados, en forma de coma. Ejemplo: *Vibrio cholerae*.

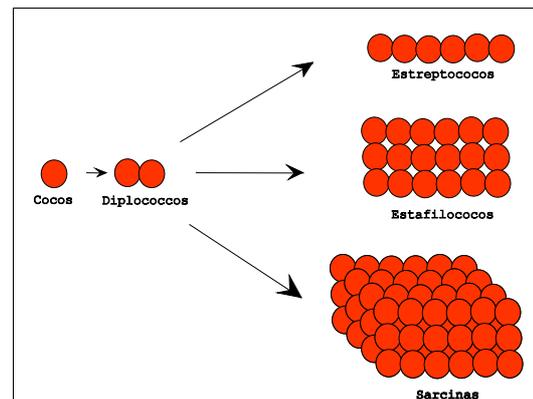


Fig. 6 Asociaciones de cocos (bacterias esféricas).

Información: El estudio de las bacterias se realiza mediante cultivos, que consisten en esencia, en extractos nutritivos estériles, ya sean líquidos o sólidos. Los líquidos, preparados en tubos de ensayo debidamente tapados con algodón grueso y esterilizados, suelen ser caldo de carne, suero sanguíneo y sangre, enriquecidos con ciertas sustancias sin las cuales no pueden reproducirse (aminoácidos, peptona, etc.). Los sólidos se obtienen a partir de los líquidos mediante adición de agar-agar o gelatina en caliente, luego se vierte sobre tubos de ensayo inclinados o sobre cajas de Petri; posteriormente se esterilizan, se siembran utilizando el asa de platino y se colocan en la estufa de cultivo a la temperatura adecuada que favorezca su multiplicación.

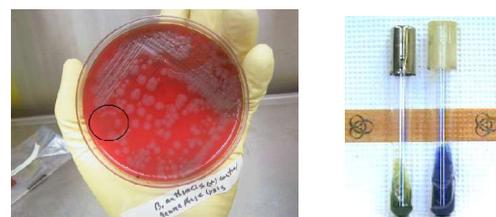


Fig. 7 Cultivos de bacterias en cápsula de Petri y en tubo de ensayo.

ESTRUCTURA DE UNA BACTERIA TIPO

La ultraestructura y la actividad fisiológica de las bacterias solo se puede apreciar con el microscopio electrónico en conjunción con las técnicas bioquímicas y citológicas adecuadas, como la ultracentrifugación, técnicas isotópicas de marcaje, utilización de medios de cultivo diferenciales, etc.

Los componentes estructurales básicos de las bacterias son:

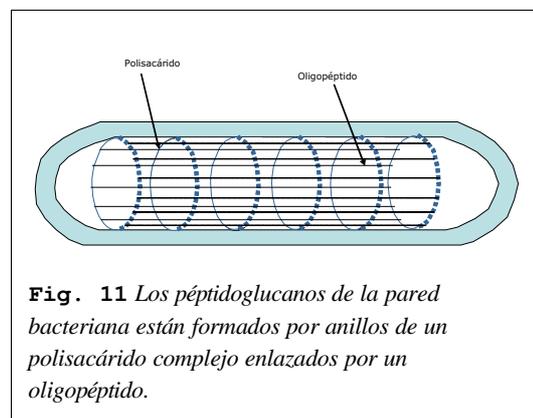
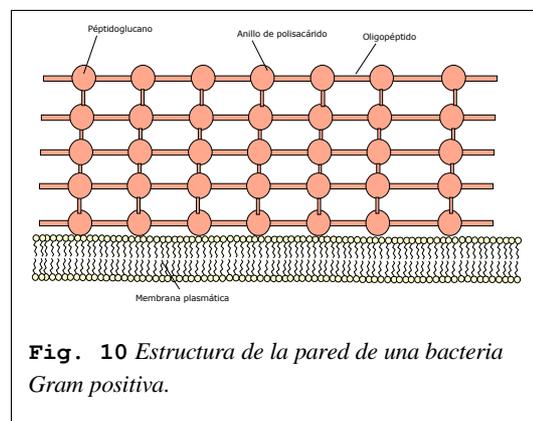
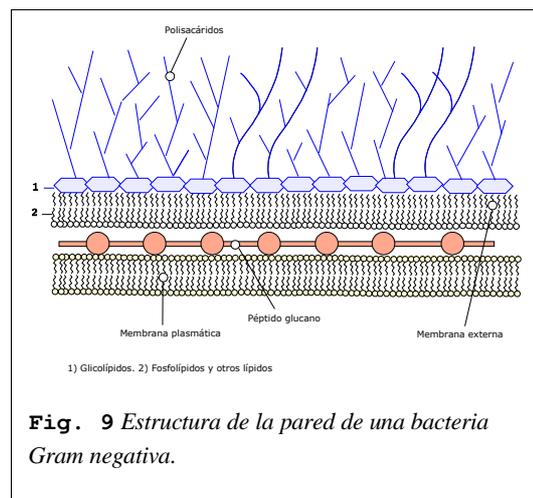
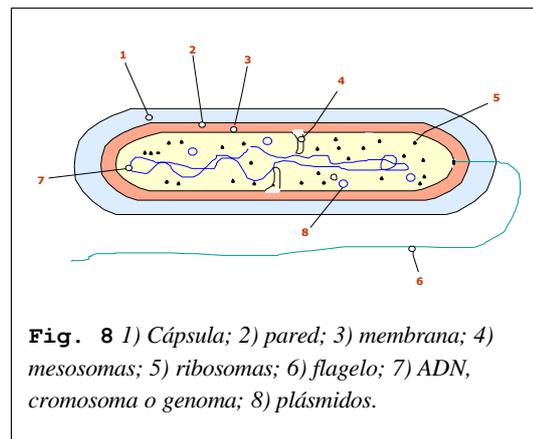
* **Pared bacteriana:** Estructura presente en todas las bacterias. Es una envoltura rígida exterior a la membrana. Da forma a la bacteria y sobre todo soporta las fuertes presiones osmóticas de su interior.

Los componentes fundamentales de la pared son los peptidoglucanos o mureínas, formados por anillos de polisacáridos complejos enlazados con oligopéptidos. Además contiene otros elementos diferentes según pertenezca al grupo de las **Gram negativas** o al de las **Gram positivas**:

En las Gram negativas hay una sola capa de peptidoglucanos sobre la que se dispone una **membrana externa** constituida por una capa de fosfolípidos y otra de glicolípidos asociados, estos últimos, a polisacáridos que se proyectan hacia el exterior.

En las bacterias Gram positivas la red de peptidoglucanos origina varias capas superpuestas, es gruesa y homogénea y no hay membrana externa.

* **Cápsula bacteriana.** En numerosas bacterias se forma en la parte externa de la pared una cápsula viscosa compuesta por sustancias glucídicas. Esta envoltura, que se presenta en casi todas las bacterias patógenas, las protege de la desecación y de la fagocitosis por los leucocitos del hospedador, así como del ataque



de los anticuerpos, lo que aumenta la virulencia de las bacterias encapsuladas. La presencia de la cápsula no es, sin embargo, un carácter diferenciador, pues determinadas bacterias pueden o no formarla en función de los medios de cultivo.

Información: Algunos antibióticos actúan sobre los componentes moleculares de la pared; por ejemplo, la lisozima (presente en las lágrimas, moco nasal y en la mayoría de los tejidos y secreciones) que actúa rompiendo los enlaces glucosídicos de los péptidoglucanos, lo que provoca la lisis por ósmosis de la bacteria; otros, como la penicilina, son antibióticos bacteriostáticos porque inhiben la síntesis de los péptidoglucanos y, por ello, interrumpen el crecimiento bacteriano.

* **Membrana.** Es una envoltura que rodea al citoplasma. Está constituida por una membrana de tipo unitario de 75 Å de espesor. Su estructura es idéntica a la de las células eucariotas, variando sólo en algunas de las moléculas que la componen; por ejemplo, en la membrana bacteriana no hay esteroides. Una particularidad que presenta la membrana bacteriana es la existencia de unos repliegues internos que reciben el nombre de **mesosomas**.

Las funciones de la membrana plasmática bacteriana son las mismas que en la célula eucariota, es decir, limitan la bacteria y regulan el paso de sustancias nutritivas. Los mesosomas incrementan la superficie de la membrana plasmática y además tienen gran importancia en la fisiología bacteriana, puesto que en ellos hay gran cantidad de enzimas responsables de importantes funciones celulares, entre las que destacan las siguientes:

- Transporte de los electrones, mediante el conjunto de transportado-

INFORMACIÓN

Observación de microorganismos. Tinción de Gram: Fundamento

INTRODUCCIÓN

El tamaño de la mayoría de las células bacterianas es tal que resultan difíciles de ver con el microscopio óptico. La principal dificultad es la falta de contraste entre la célula y el medio que la rodea. El modo más simple de aumentar el contraste es la utilización de colorantes.

Si se desea simplemente aumentar el contraste de las células para la microscopía, son suficientes los procedimientos que usan un solo colorante llamados de tinción simple. Sin embargo, a menudo se utilizan métodos que no tienen de igual modo todas las células, es el proceso denominado tinción diferencial. Uno muy usado en microbiología es la tinción Gram. Basándose en su reacción a la tinción Gram, las bacterias pueden dividirse en dos grupos: grampositivas y gramnegativas. Esta tinción tiene gran importancia en taxonomía bacteriana ya que indica diferencias fundamentales de la pared celular de las distintas bacterias.

Para explicar el mecanismo de la tinción de gram se han propuesto varias hipótesis fundadas en la naturaleza química de las paredes celulares de los microorganismos.

TINCIÓN DE GRAM.

Método.

Extensión: En un porta bien limpio (con alcohol, papel de filtro y flameado) se coloca una gota de agua destilada a la que, con el asa de siembra, previamente esterilizada a la llama, se lleva una pequeña cantidad de suspensión de bacterias o, en su caso, de una colonia.

Con el asa se extiende la gota y las bacterias sobre el porta y se fija la extensión por el calor, calentando suavemente a la llama del mechero hasta que se seque.

Coloración:

- 1 minuto en cristal violeta de Hucker (colorante inicial)
 - se lava con agua destilada
 - 1 minuto en lugol (mordiente)
 - se decolora con alcohol de 95% (decolorante)
 - se lava con agua destilada
 - 1 minuto en fucsina (colorante de contraste)
 - se lava con agua corriente
 - se seca suavemente y sin frotar con papel de filtro
- Una vez que la preparación está totalmente seca, poner una gota muy pequeña de aceite de cedro y observar al microscopio con el objetivo de inmersión.

Observación:

Las bacterias que aparecen coloreadas de violeta son Gram+ y las que aparecen coloreadas de rojo más o menos intenso, son Gram-.

res de la cadena respiratoria, y fosforilación oxidativa.

- Síntesis de diversos componentes de la membrana, la pared y la cápsula.
- Contienen los pigmentos fotosintéticos y demás componentes de los fotosistemas.
- La ADN polimerasa de los mesosomas regula el proceso de duplicación del ADN.

* **Ribosomas.** Son corpúsculos similares a los de las células eucarióticas, aunque de menor tamaño (su velocidad de sedimentación es de 70 S), compuestos por una subunidad pequeña de (30 S) y otra mayor de (50 S). Se encuentran dispersos en el protoplasma bacteriano, aislados o asociados en cadenas de ARNm (polirribosomas), y se encargan de la síntesis de proteínas.

* **Cromosoma bacteriano.** El ADN de la bacteria está constituido por una sola molécula en doble hélice (esta molécula es muy grande en comparación con el tamaño de la bacteria), circular, superenrollada y asociada a proteínas no histonas. Suele estar unida a los mesosomas. En las células bacterianas puede haber también una o varias moléculas de ADN circular extracromosómico de menor masa molecular que el cromosoma denominadas **plásmidos**. Estos plásmidos, en algunas bacterias, pueden tener genes que las protegen de los antibióticos o también genes que intervienen en los procesos de reproducción (plásmido F).

* **Inclusiones.** En el protoplasma bacteriano se encuentra una gran variedad de granulaciones, que cumplen, generalmente, la función de depósitos de sustancias de reserva.

* **Flagelos.** Son apéndices filiformes de mayor longitud que la bacteria que permiten su locomoción. Se presentan en número y disposición variable y están formados por fibrillas proteicas compuestas de una proteína llamada flagelina.

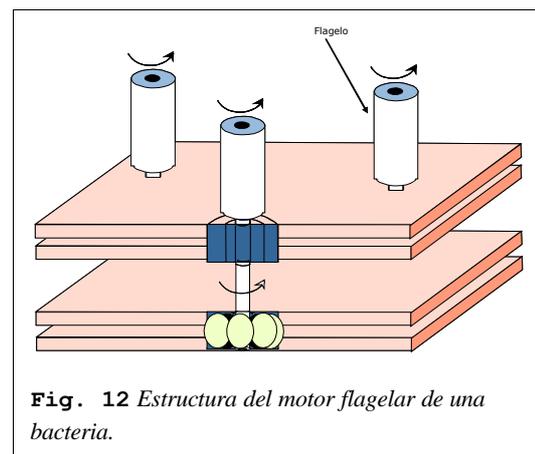


Fig. 12 Estructura del motor flagelar de una bacteria.

* **Fimbrias o pili.** Son filamentos huecos, delgados y rectos, situados en la superficie de determinadas bacterias y cuya función no está relacionada con la locomoción, sino con la adherencia a los sustratos y el intercambio de fragmentos de ADN durante la conjugación.

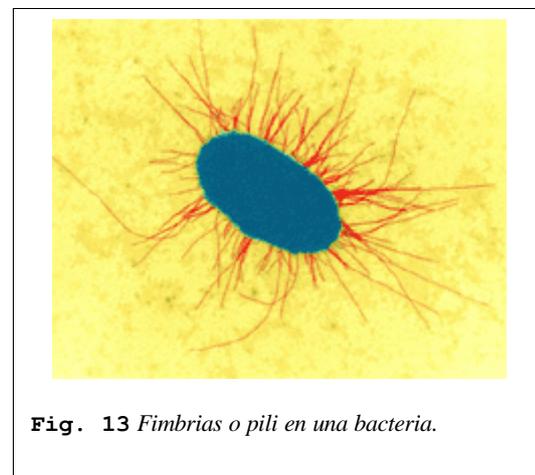


Fig. 13 Fimbrias o pili en una bacteria.

FUNCIONES DE NUTRICIÓN EN LAS BACTERIAS

La mayor parte de las bacterias son **heterótrofas** y deben tomar el alimento orgánico sintetizado por otros organismos. La obtención del alimento la hacen por diversos caminos:

- * Las bacterias de vida libre suelen ser **saprófitas**, viven sobre materia orgánica muerta.
- * Muchas viven en relación estrecha con otros organismos. De ellas, la mayoría son **comensales** y no causan daños ni aportan beneficios a su huésped; algunas son **parásitas** (producen enfermedades) y otras son **simbiontes** (establecen relaciones con otros organismos con beneficio mutuo).

Otras bacterias son **autótrofas** y utilizan compuestos inorgánicos para su nutrición:

- * **Las autótrofas fotosintéticas**, como las bacterias sulfurosas verdes y purpúreas. No utilizan agua como dador de electrones en la fotosíntesis, sino otros compuestos, como el sulfuro de hidrógeno, y por lo tanto no producen oxígeno. Al poseer pigmentos que absorben luz casi infrarroja, pueden realizar la fotosíntesis prácticamente sin luz visible.
- * **Las autótrofas quimiosintéticas**, a diferencia de las fotosintéticas, utilizan la energía que desprenden ciertos compuestos inorgánicos al oxidarse.

Independientemente del tipo de nutrición, las bacterias pueden necesitar el oxígeno atmosférico (**bacterias aerobias**) o no (**bacterias anaerobias**). Para algunas bacterias anaerobias el oxígeno es un gas venenoso (**anaerobias estrictas**), otras lo utilizan cuando está presente, aunque pueden vivir sin él (**anaerobias facultativas**).

FUNCIONES DE RELACIÓN EN LAS BACTERIAS

Las bacterias responden a un número elevado de estímulos ambientales diversos mediante modificaciones de su actividad metabólica o de su comportamiento. Ciertas clases, ante los estímulos adversos del ambiente, provocan la formación de **esporas de resistencia**, que, al ser intracelulares, se denominan **endosporas**.

Las endosporas bacterianas son estructuras destinadas a proteger el ADN y el resto del contenido protoplasmático, cuya actividad metabólica se reduce al estado de vida latente; pueden resistir temperaturas de hasta 80°C y soportan la acción de diversos agentes físicos y químicos. En condiciones favorables germinan y dan lugar a una nueva bacteria (forma vegetativa).

Pero la respuesta más generalizada consiste en movimientos de acercamiento o distanciamiento respecto a la fuente de los estímulos (**taxias**) que pueden ser de varios tipos: **flagelar**, de **reptación** o **flexuosos** (parecido al de las serpientes, pero en espiral).

FUNCIONES DE REPRODUCCIÓN Y GENÉTICA BACTERIANA

* **Reproducción por bipartición:** Generalmente las bacterias se multiplican por bipartición o división binaria; tras la replicación del ADN, que está dirigida por la ADN polimerasa de los mesosomas, la pared bacteriana crece hasta formar un tabique transversal separador de las dos nuevas bacterias.

Ahora bien, además de este tipo de reproducción asexual, las bacterias poseen también un conjunto de mecanismos, definidos como **parasexuales**, mediante los cuales se intercambian fragmentos de ADN; esta transferencia de información genética de una bacteria a otra puede realizarse por conjugación, transformación o transducción:

* **Conjugación.** Es un mecanismo mediante el cual una **bacteria donadora** (bacteria F+ por tener un plásmido llamado plásmido F) transmite a través de las fimbrias o pili el plásmido F o también un fragmento de su ADN a otra **bacteria receptora** (a la que llamaremos F- por no tener el plásmido F). La bacteria F- se convertirá así en F+ al tener el plásmido F e incluso podrá adquirir genes de la bacteria F+ que hayan pasado junto con el plásmido F.

* **Transformación.** Consiste en el intercambio genético producido cuando una bacteria es capaz de captar fragmentos de ADN de otra bacteria que se encuentran dispersos en el medio donde vive. Sólo algunas bacterias pueden ser transformadas. Las que pueden serlo se dice que son competentes.

* **Transducción.** En este caso la transferencia de material genético de una bacteria a otra, se realiza a través de un virus bacteriófago que por azar lleva un trozo de ADN bacteriano y se comporta como un vector intermediario entre las dos bacterias (ver ciclo lítico de un fago). El virus, al infectar a otra bacteria, le puede transmitir parte del genoma de la bacteria anteriormente infectada.

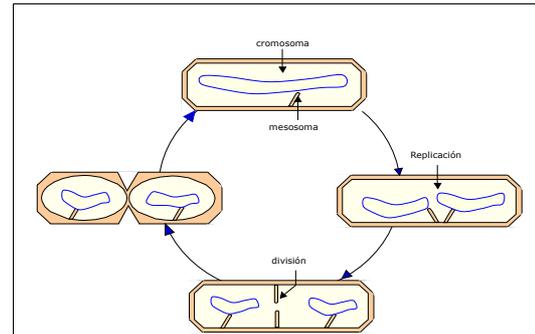


Fig. 14 Ciclo de reproducción asexual por bipartición de una bacteria.

Información: La transformación bacteriana fue descrita en primer lugar por Griffith (1920) y más tarde por Avery, McLeod y McCarty en 1944, y es responsable, por ejemplo, en el caso de *Streptococcus pneumoniae*, de la transformación de cepas bacterianas no virulentas (cepas R) en virulentas (cepas S), cuando se cultivan en medios que contienen fragmentos bacterianos procedentes de la cepa S destruida previamente por el calor.

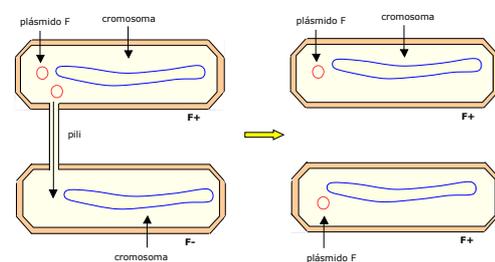


Fig. 15 Conjugación entre una bacteria F+ y otra F-. El factor F (círculos pequeños) pasa a través de un pili.

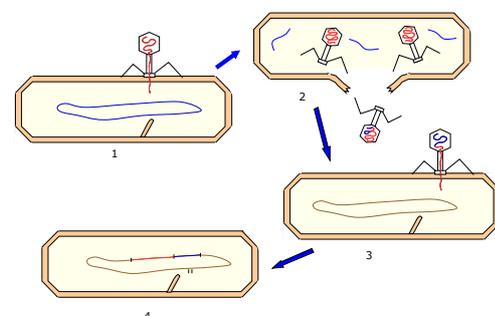
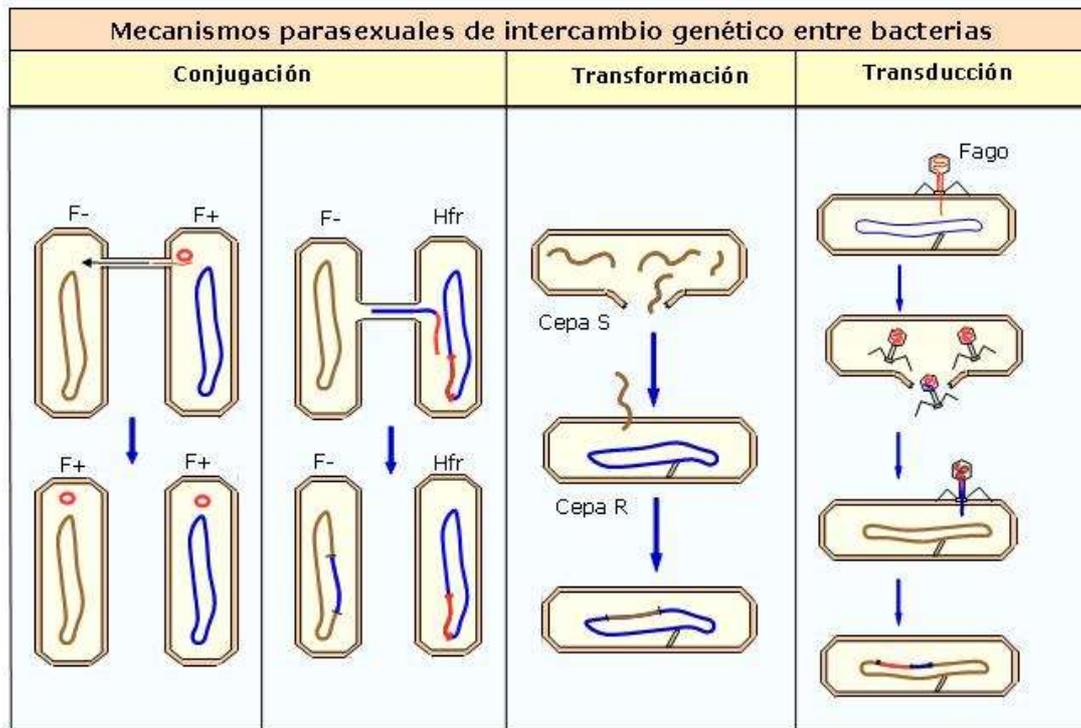


Fig. 16 Transducción: 1) Fijación del fago a la bacteria; 2) Respuesta lítica; 3) Transducción del fragmento de ADN a otra bacteria; 4) Integración del ADN en el genoma.

Mecanismos parasexuales de reproducción bacteriana



39

Información: Las bacterias donadoras son las que poseen, además del cromosoma bacteriano, pequeñas cadenas de ADN de doble hélice y circulares, denominadas **episomas** o **factores F**. Estas bacterias se denominan **F+** cuando el factor **F** está separado del cromosoma; pero, en ocasiones, este factor puede integrarse en el cromosoma, que se abre y se transforma en una cadena lineal, con lo que la bacteria **F+** queda convertida en **Hfr** (alta frecuencia de recombinación). Las bacterias receptoras carecen de episomas y se denominan **F-**.

Durante la conjugación uno de los factores **F** de una bacteria **F+** pasa a través de las fimbrias a una bacteria **F-**, que se cambia en **F+** y adquiere la capacidad de formar estos pili sexuales, mientras que la bacteria **F+**, como posee varias copias del episoma no pierde su condición de donadora.

Las bacterias **Hfr**, sin embargo, pueden transferir la totalidad o parte de su ADN cromosómico a través de las fimbrias a una bacteria **F-**. Para ello, previamente, deben duplicar su ADN cromosómico, junto con el episoma que lleva integrado, y una de las copias del cromosoma puede trasladarse a una bacteria **F-** (generalmente sólo pasan fragmentos cromosómicos debido a la fragilidad de las fimbrias).

El factor **F** suele permanecer en la bacteria **Hfr**, ya que se encuentra inserto en la región terminal del cromosoma que casi nunca circula a través de las fimbrias, porque éstas se destruyen antes de que les de tiempo a pasar. Los genes que han logrado atravesar el pili se integran en el cromosoma de la bacteria **F-**, que de esta forma adquiere caracteres de la **Hfr** (se producen fenómenos de sobrecruzamiento y recombinación génica entre el cromosoma y los fragmentos).

3. MICROORGANISMOS SIN ORGANIZACIÓN CELULAR: LOS VIRUS

LOS VIRUS: CONCEPTO

Los virus son organismos dotados de extraordinaria simplicidad, pertenecen a un nivel de organización subcelular, y marcan la barrera entre lo vivo y lo inerte. No se nutren, no se relacionan, carecen de metabolismo propio y para reproducirse utilizan la maquinaria metabólica de la célula a la que parasitan; su simplicidad estructural y funcional los convierte en parásitos intracelulares obligados, tanto de bacterias (bacteriófagos o fagos), como de las células animales y vegetales.

Las partículas víricas, llamadas también **viriones**, están constituidas por una molécula de ADN o ARN, nunca los dos en un mismo virus, contenida en el interior de una **cápsula proteica** y, en ocasiones, una **envoltura membranosa**.

***Información:** En realidad, los virus pueden considerarse como fragmentos independizados del genoma celular que han adquirido los genes necesarios para rodearse de una envoltura protectora y poseen la capacidad de desplazarse de una célula a otra. Mientras que los transposones son genes que se desplazan de un sitio a otro del cromosoma de una célula, los virus representarían a otro grupo de genes similares, pero que por haber adquirido la cápsula protectora se aventuraron a dar "saltos" mayores.*

La destrucción celular es la consecuencia de la infección provocada por el virus, y las repercusiones para el organismo dependen de la importancia del tejido lesionado; así, mientras el virus de la gripe causa la destrucción de células de la mucosa respiratoria y "no reviste gravedad", el virus de la rabia, sin embargo, destruye neuronas y puede ser mortal si alcanza los centros vitales del encéfalo; otros, como el virus del SIDA, destruyen el sistema inmunitario, y el organismo queda expuesto a todo tipo de infecciones oportunistas que terminan por causar la muerte.

ESTRUCTURA Y CARACTERÍSTICAS DE LOS VIRUS

Como ya se ha dicho, todo virus está formado por una envuelta proteica: la **cápsida** y por un **ácido nucleico**; además, algunos virus más complejos pueden tener una **envoltura membranosa** de lípidos y proteínas.

Los virus son muy pequeños y sólo son visibles mediante microscopía electrónica. Su tamaño oscila desde los 10 nm, en los pequeños virus de la poliomielitis, hasta los 300 nm en el virus de la viruela, el mosaico del tabaco -TMV- y otros. Se diferencian entre ellos, además de por el tamaño, por las características estructurales de la cubierta (la **cápsida**), por la naturaleza de su **ácido nucleico**, el modo de penetración en la célula hospedadora y el mecanismo de replicación.

3.1) Constitución y morfología de la cápsida

Todos los virus presentan, sin excepción, una envoltura proteica, denominada, **cápsida**, compuesta por el ensamblaje de una o varias subunidades proteicas llamadas **capsómeros**, dispuestas a menudo en varias capas concéntricas.

La geometría de la cápsida es uno de los criterios que permite clasificar los virus en cuatro grupos: **icosaédricos**, **helicoidales**, **complejos** y con **envoltura**.

* **Icosaédricos:** son los virus de aspecto esférico, cuya cápsida adopta la estructura de un icosaedro (poliedro de 20 caras triangulares, 30 aristas y 12 vértices); por ejemplo: los *adenovirus*, el *virus de la polio* y los *picornavirus*.

* **Helicoidales o cilíndricos:** están representados por el *virus del mosaico del tabaco* y el *virus de la rabia*; presentan un aspecto alargado, que en realidad corresponde a un cilindro hueco, donde los capsómeros se ensamblan siguiendo un ordenamiento helicoidal, similar a los peldaños de una escalera de caracol.

* **Complejos,** como *bacteriófagos* (virus parásitos de bacterias) que parecen adoptar las dos estructuras anteriores. Al igual que los *icosaédricos* poseen una región icosaédrica llamada **cabeza** donde se aloja el ADN y una **cola** formada por una banda de simetría helicoidal en cuyo interior se encuentra un eje tubular. La cola está terminada en un conjunto de fibras y espinas caudales que constituyen el sistema de anclaje del virus a la bacteria a la que infecta.

* **Virus con envoltura membranosa:** La mayoría de los virus animales, como los de la gripe, la viruela, la hepatitis, el virus del SIDA, etc. poseen, además de la **cápsida**, una **envoltura membranosa** que no es más que un fragmento de la membrana plasmática de la célula hospedadora que el virus arrastra al abandonarla mediante un proceso de gemación. La bicapa lipídica que forma esta envoltura posee un conjunto de **glucoproteínas** codificadas por el virus y dispuestas hacia el exterior, a modo de espículas, que constituyen su sistema de anclaje en los receptores de membrana de las células hospedadoras y, por tanto, median en el mecanismo de penetración por endocitosis o por fusión de membranas. La envoltura membranosa es muy importante desde el punto de vista inmunológico

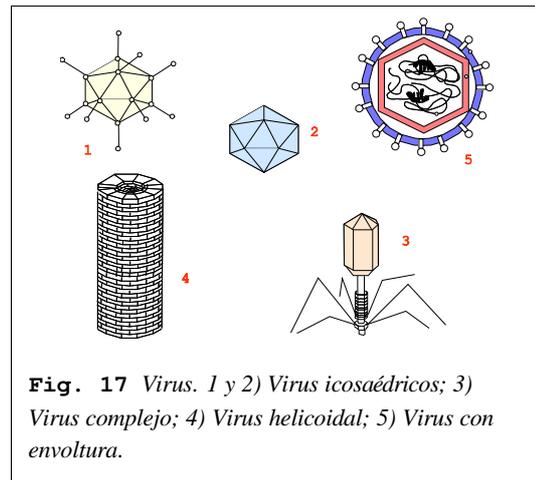


Fig. 17 Virus. 1 y 2) Virus icosaédricos; 3) Virus complejo; 4) Virus helicoidal; 5) Virus con envoltura.

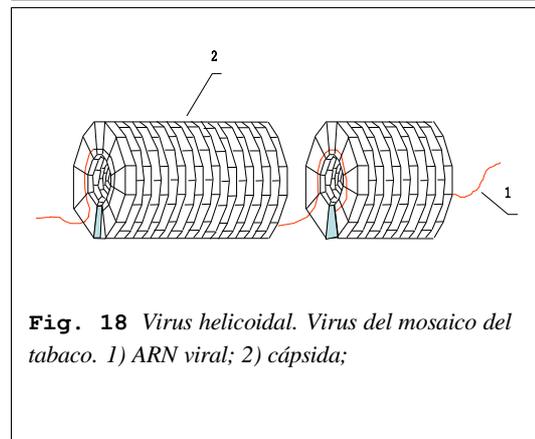


Fig. 18 Virus helicoidal. Virus del mosaico del tabaco. 1) ARN viral; 2) cápsida;

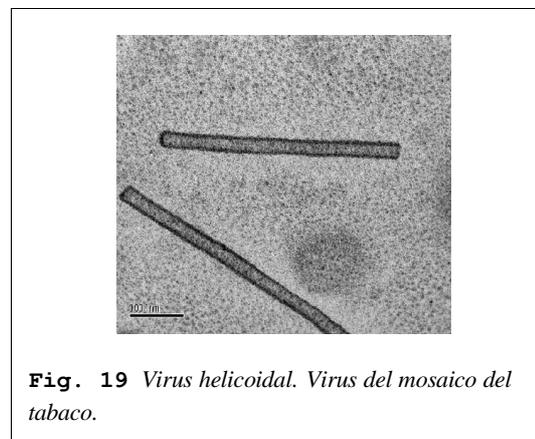


Fig. 19 Virus helicoidal. Virus del mosaico del tabaco.

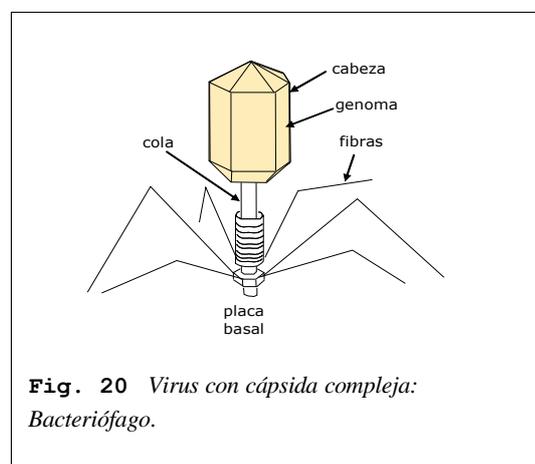


Fig. 20 Virus con cápsida compleja: Bacteriófago.

3.2) El ácido nucleico

Es el componente esencial del virus y puede ser **ADN monocatenario**, por ejemplo, en el fago O-X-174, o **ADN bicatenario**, como el fago T4 y los adenovirus; pero también existen virus con **ARN bicatenario** (los reovirus) y otros portadores de **ARN monocatenario**, como es el caso de los virulentos retrovirus, entre los que se encuentran el de la gripe, el sarampión, la rabia, el SIDA y determinados virus oncógenos causantes de ciertos tipos de cáncer (sarcoma de Rous, determinadas leucemias, etc.). Este último grupo contiene, además de los otros componentes mencionados, un enzima particular llamado retrotranscriptasa o transcriptasa inversa, que le va a permitir transcribir su ARN en un ADN dentro de la célula infectada.

El material genético viral				
Tipo de Virus	Ácido nucleico	Cápsida	Envoltura	Ejemplo
Virus vegetales	ARN monocatenario	Helicoidal	No	Mosaico del tabaco
Bacteriófagos	ADN bicatenario	Compleja	No	Bacteriófago T4
Virus animales	De todos los tipos	Icosaédricos	Frecuente	Gripe, SIDA, etc.

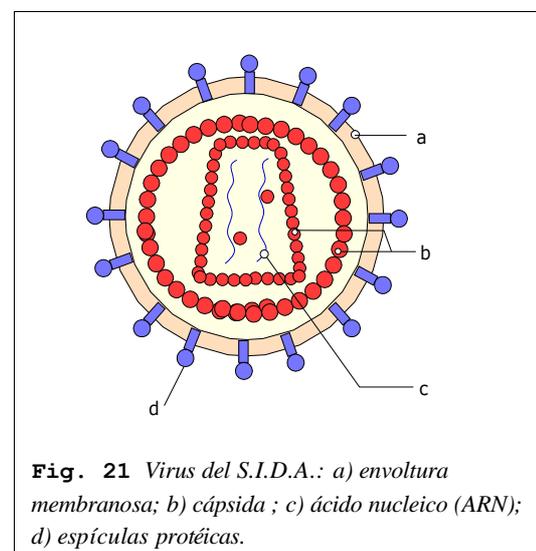
MECANISMOS DE REPLICACIÓN: CICLO VITAL DE LOS VIRUS

Aunque el genoma de un virus contiene escaso número de genes, es suficiente para inhibir la expresión génica de la célula hospedadora y obligarla a transcribir y traducir su breve mensaje. El modo de penetración, los mecanismos y los compartimentos celulares utilizados para la replicación, son diferentes en los distintos tipos de virus. De todos ellos, se pondrán como ejemplo el de los retrovirus y los bacteriófagos.

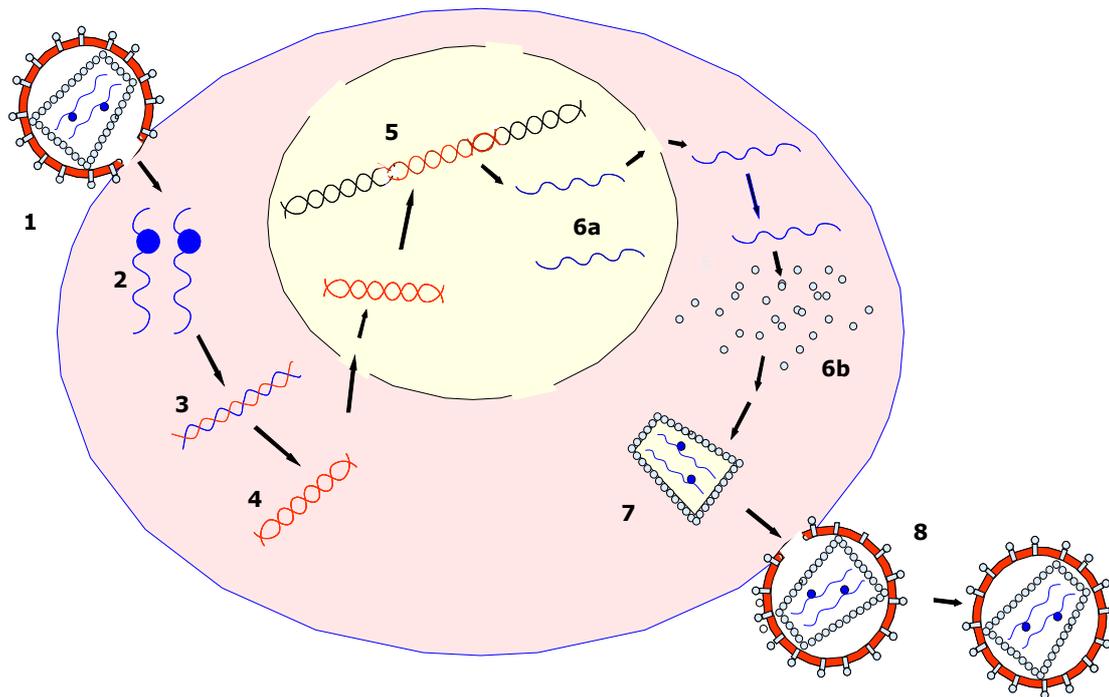
a) Ciclo vital de un retrovirus: El VIH causante del SIDA.

Los retrovirus son un grupo especial de virus animales cuyo ácido nucleico es ARN, poseen envoltura y la enzima transcriptasa inversa.

EL VIH es un retrovirus relativamente complejo. Está constituido por una **membrana lipídica** con glucoproteínas dispuestas hacia el exterior a modo de espículas. En el interior encontramos una **cápsida proteica** que encierra el material genético, formado por dos moléculas de **ARN monocatenario** y se encuentran ligadas, cada una de ellas, a una molécula de una enzima, la **transcriptasa inversa**.



Ciclo vital del virus del SIDA



Información: El VIH ataca preferentemente a los linfocitos T4. Las fases de este proceso son:

1ª) Contacto entre las espículas de su envoltura membranosa y los receptores de la célula hospedadora. Estas permiten la fusión de membranas, introduciendo en su interior la cápside con el material genético.

2ª) Una vez en el interior, el virus se despoja de su cápside protéica y quedan libres las hebras de ARN y la enzima retrotranscriptasa que transporta.

3ª) La retrotranscriptasa, también llamada transcriptasa inversa, primero hace una copia en ADN de la cadena de ARN, es decir, invierte el proceso normal de transcripción de ADN a ARN, originando una hélice híbrida ARN-ADN.

4ª) La hélice híbrida ARN-ADN es utilizada por la misma enzima para generar una doble hélice de ADN (previa degradación del ARN).

5ª) Las dobles cadenas de ADN víricas entran en el núcleo y se insertan en el cromosoma celular, donde puede permanecer en estado latente en forma de provirus durante un tiempo más o menos prolongado.

6ª) Finalmente se transcriben y se traducen utilizando la maquinaria metabólica de la célula y origina nuevas copias de ARN vírico, proteínas de la cápside y de la envoltura y enzimas retrotranscriptasas.

7ª) Estos componentes se ensamblan, y...

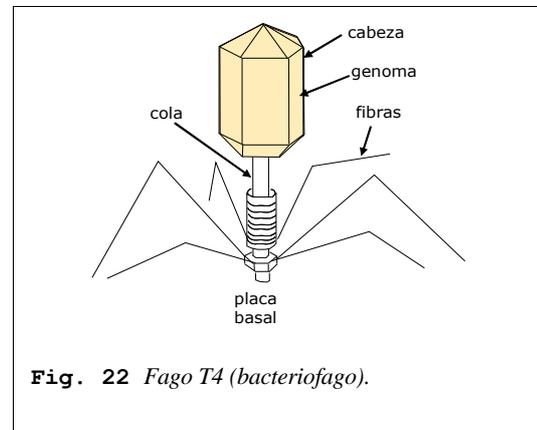
8ª) los virus abandonan la célula mediante un proceso de gemación que les permite adquirir de nuevo su recubrimiento membranoso.

Todos estos procesos pueden ser lentos, originando tan sólo un descenso de la actividad metabólica del hospedador, o rápidos, con lo que la salida masiva de virus termina con la lisis de la célula.

b) Ciclo vital del fago T4.

El bacteriófago T4 es un virus complejo con una **cabeza** icosaédrica y una **cola** en la que hay una **placa basal** y **fibras de fijación**. El **genoma** se compone de una molécula de ADN bicatenaria que se encuentra profusamente empaquetada dentro de la cabeza.

El fago se fija en la pared bacteriana, en las regiones denominadas **puntos de adherencia**, a través de los cuales inyecta su ADN mediante la contracción de la vaina de la cola. Una vez en el protoplasma bacteriano, el ADN puede seguir dos caminos: multiplicarse y originar nuevos virus (**vía lítica**), con lo que se produce la destrucción de la bacteria, o integrarse en el cromosoma bacteriano y adoptar la forma de profago (**vía lisogénica**).



i) Ciclo lítico.

<p>1) Fijación y entrada</p>	<p>2) Multiplicación</p>	<p>3) Lisis y liberación</p>
<p>1) Fijación y entrada: El bacteriófago fija su cola a receptores específicos de la pared de la bacteria, donde una enzima localizada en la cola del virus debilita los enlaces de las moléculas de la pared. A continuación, el fago contrae la vaina helicoidal, lo que provoca la inyección del contenido de la cabeza a través del eje tubular de la cola del fago: el ácido nucleico del virus penetra en la célula.</p> <p>2) Multiplicación: Una vez dentro, el ADN del virus, utilizando nucleótidos y la enzima ARNpolimerasa de la bacteria, dirige la síntesis de gran cantidad de ARNm viral. Este ARNm viral sirve de base para la síntesis de proteínas del virus (capsómeros, endonucleasas, endolisinas). El ADN vírico, utilizando los complejos enzimáticos de la bacteria, se replica muchas veces. Tanto los ácidos nucleicos replicados como el resto de los componentes víricos que se han sintetizado se ensamblan, dando lugar a nuevos virus.</p> <p>3) Lisis y liberación. En una bacteria pueden formarse unos 100 bacteriófagos, que salen al exterior debido a la acción de la endolisina, enzima que lisa la pared bacteriana. Debido a ello, se produce la ruptura de la pared bacteriana y la muerte de la célula. Los virus quedan libres para infectar nuevas células.</p>		

ii) Ciclo lisogénico.

No siempre se produce la lisis inmediata de la célula. Hay fagos **atemperados** o **atenuados** que se integran en el ADN bacteriano por entrecruzamiento de dos regiones idénticas del fago y de la bacteria, del mismo modo a como ocurre en los plásmidos. Estos fagos integrados se denominan **profagos**, y se replican pasivamente con el ADN de la bacteria. Las bacterias capaces de establecer esa relación con los fagos atenuados se denominan **lisogénicas**.

El ADN del profago puede permanecer en forma latente durante varias generaciones de la bacteria, hasta que un estímulo induzca la separación del profago, lo que iniciará un ciclo lítico típico. Mientras la célula posea el ADN profago será inmune frente a infecciones de este mismo virus. Otros virus que no son bacteriófagos pueden también tener ciclos lisogénicos.

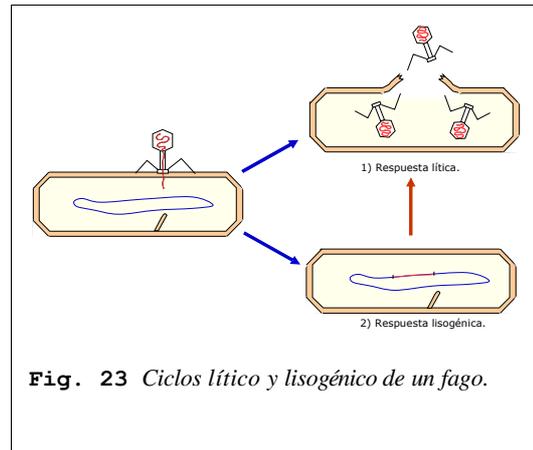


Fig. 23 Ciclos lítico y lisogénico de un fago.

VIROIDES

Son extremadamente sencillos y forman un escalón inferior a los virus. Son simplemente genomas desnudos, ARN de una cadena (pero en forma de horquilla, pues hay complementariedad entre sus bases, simulando un ARN doble para protegerse de los enzimas hidrolíticos celulares que atacan a los ARN simples) y no presentan cápsida proteica. Solamente causan enfermedades en los vegetales. Han producido pérdidas económicas importantes: en cultivos de patata en USA y en cocoteros en Filipinas.

Los viroides son de menor tamaño que cualquiera de los genomas víricos conocidos, pero suficiente para poder codificar una proteína, pero no se cree que lo hagan, ya que el ARN de los viroides carece de señales que se necesitan para la traducción del ARN a una proteína. Por lo tanto su información no se traduce, solo se replica. Parece probable que sea la ARNpolimerasa del hospedador, que está en el núcleo de las plantas, la que replica el genoma del viroide. No está claro cómo se transmiten entre células (dada la pared celular de las células vegetales), y mucho menos entre individuos.

LOS PRIONES: De estos "organismos" sabemos aún menos. Se descubren en 1983 como agentes causantes de afecciones neuronales esporádicas. Ahora aumenta su interés debido al mal de las vacas locas.

Es una partícula infecciosa proteínica (proteína patológica). Las pruebas obtenidas hasta el momento parecen indicar que el prión carece de ácido nucleico.

Se conocen dos enfermedades causadas por priones: La Tembladera, una alteración neurológica de ovejas y cabras, conocida desde el siglo XVII y la enfermedad de Creutzfeld-Jacob, una rara demencia humana. Los priones también se consideran agentes probables de otras enfermedades humanas que afectan al sistema nervioso: el Kuru, observado sólo en tribus de Nueva Guinea, asociándose al canibalismo tradicional (la enfermedad fue desapareciendo conforme cesaban las prácticas necrófagas).

La enfermedad de Creutzfeld-Jacob en individuos menores de 35 años se relacionó con el consumo de subproductos de vacas enfermas, que estaban alimentadas con piensos fabricados con restos de ovejas con tembladera.

La infección por priones no provoca una respuesta inmunitaria, debido a que el prión está dentro de nuestras propias células. El agente causante es una proteína propia de la membrana plasmática de las neuronas. Se sabe que está codificada por un gen del cromosoma 20. Esta proteína sufre una alteración que la convierte en patológica (prión). Las proteínas defectuosas actúan como agentes infecciosos que cambian las proteínas normales en defectuosas. La aparición de la demencia es consecuencia de que se acumulan cristalizadas en las neuronas provocando su destrucción y muerte.

Comparando las dos proteínas, normal y patológica, se comprueba que tienen la misma secuencia de aminoácidos (estructura primaria), pero tienen un plegamiento distinto.

Se han encontrado casos de transmisión hereditaria de la enfermedad, debido a una mutación puntual que implica modificación en la estructura primaria de la proteína, sustituyéndose una prolina por una leucina.

CLASIFICACIÓN DE LOS VIRUS (sólo para consultar)

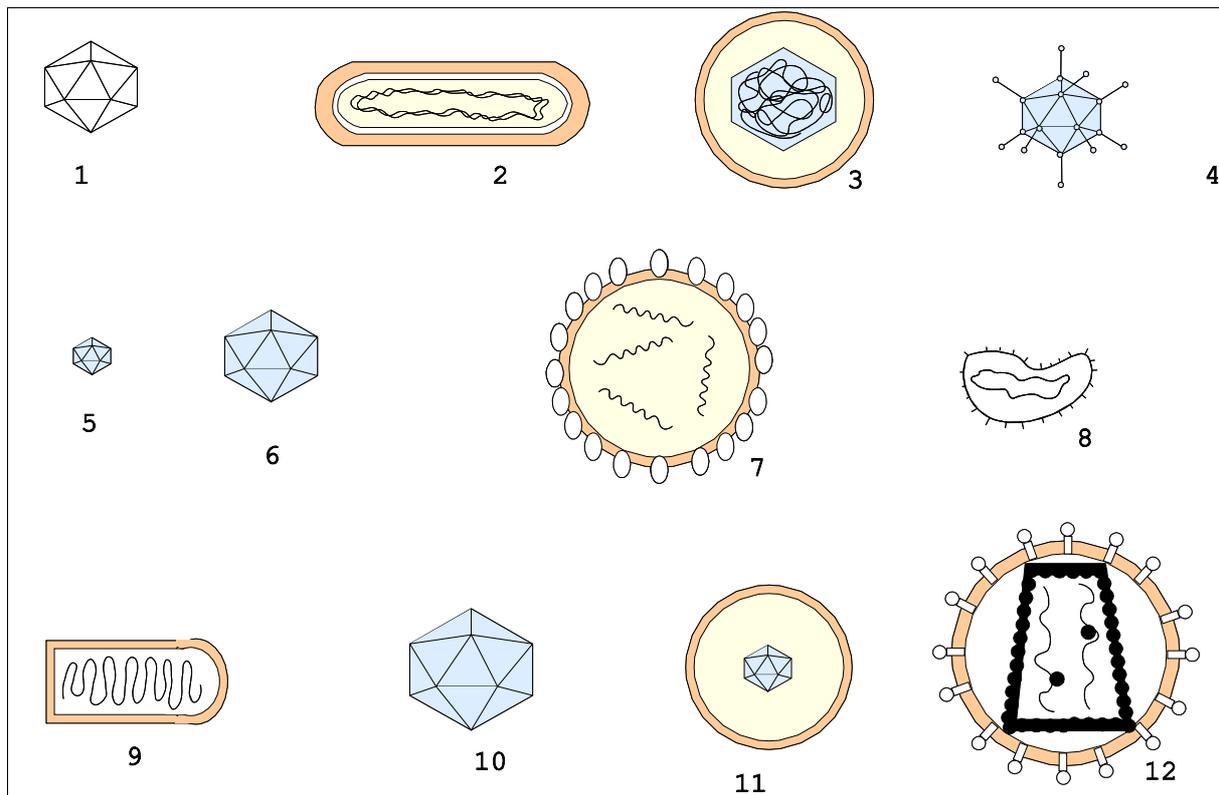
Los criterios básicos de clasificación son el tipo de ácido nucleico que contienen, el tipo de cápsida, la posesión de envolturas membranosas y el tipo de célula a la que parasita. Según este último criterio existen virus animales, virus vegetales y virus bacterianos o bacteriófagos. Las características más frecuentes de cada grupo ya se han visto en la página .

A continuación, y a modo de consulta veamos los más importantes grupos de virus animales.

Clasificación de los virus parásitos de células animales

Nº	Familia	Ácido nucleico	Envoltura	Género y especie	Enfermedad
1	Papoviridae (Papovavirus)	ADN-bc circular	Desnudos	Virus del papiloma humano	Verrugas
2	Poxviridae (Poxvirus)	ADN-bc circular	Envueltos	Virus de la viruela	Viruela
3	Herpesviridae (Herpesvirus)	ADN-bc lineal	Envueltos	Virus de herpes simple I y II	Grietas en los labios y herpes genital
				Virus de la varicela zoster	Varicela y herpes zoster
4	Adenoviridae (Adenovirus)	ADN-bc lineal	Desnudos	Adenovirus humano	Infecciones respiratorias, entéricas y oftálmicas
5	Parvoviridae (Parvovirus)	ADN-mc lineal	Desnudos	Virus adenoasociados	Infecciones en roedores
6	Reoviridae (Reovirus)	ARN-bc	Desnudos	Rotavirus	Diarreas infantiles
7	Orthomixoviridae (Ortomixovirus)	ARN-mc	Envueltos	Virus de la gripe	Gripe
8	Paramixoviridae (Paramixovirus)	ARN-mc	Envueltos	Virus de la parotiditis	Paperas (parotiditis)
				Virus de sarampión	Sarampión
9	Rhabdoviridae (Rabdovirus)	ARN-mc	Envueltos	Virus de la rabia	Rabia
10	Picornaviridae (Picornavirus)	ARN-mc	Desnudos	Enterovirus (virus de la polio, Coxsakie y Echo)	Polio, miocarditis, pericarditis, gastroenteritis, meningoencefalitis.
11	Togaviridae (Togavirus)	ARN-mc	Envueltos	Virus de la rubéola	Rubéola
12	Retrovirus (Retrovirus)	ARN-mc	Envueltos	Virus de la inmunodeficiencia humana (VIH-1 y VIH-2)	SIDA
				Virus de la leucemia de las células T	Leucemia de las células T

Forma de los virus que parasitan células animales



Leyenda: 1) Papovavirus; 2) Poxvirus; 3) Herpesvirus; 4) Adenovirus; 5) Parvovirus; 6) Reovirus;
7) Ortomixovirus; 8) Paramixovirus; 9) Rabdovirus; 10) Picornavirus; 11) Togavirus; 12) Retrovirus.

Información: Modalidades de transcripción de los virus animales

Los virus animales pueden clasificarse por su material genético y por la forma de sintetizar su ARN mensajero.

Grupo I: Tienen como material genético ADN de cadena doble (hebras + y -). La hebra (-) se transcribe en un ARNm. Ejemplo: virus del herpes.

Grupo II: Tienen como material genético ADN de cadena simple (+ ó -). La hebra de ADN sintetiza una molécula complementaria de ADN formándose un ADN de cadena doble. De estas dos hebras, la hebra (-) se transcribe en un ARNm. Ejemplo: Parvovirus.

Grupo III: Tienen como material genético ARN de cadena doble (hebras + y -). De estas dos hebras, la hebra (-) sirve de molde para la síntesis de un ARNm complementario. Ejemplo: Reovirus.

Grupo IV: Tienen como material genético ARN de cadena simple (hebra +). Esta hebra de ARN sintetiza una molécula complementaria de ARN: hebra (-) que sirve de molde para sintetizar un ARNm complementario. Ejemplo: Virus de la polio de los primates.

Grupo V: Tienen como material genético ARN de cadena simple (hebra -). Esta hebra de ARN sirve de molde para sintetizar un ARNm complementario. Ejemplo: Gripe.

Grupo VI: Tienen como material genético ARN de cadena simple (hebra +). Esta hebra de ARN sirve de molde para sintetizar un ADN complementario: hebra (-) que a su vez sirve de molde para sintetizar un ADN +. Se forma así un ADN de doble cadena (+ y -). La hebra de ADN (-) se transcribe formándose un ARNm+. Ejemplo: Retrovirus.

Modalidades de transcripción de los virus de células animales

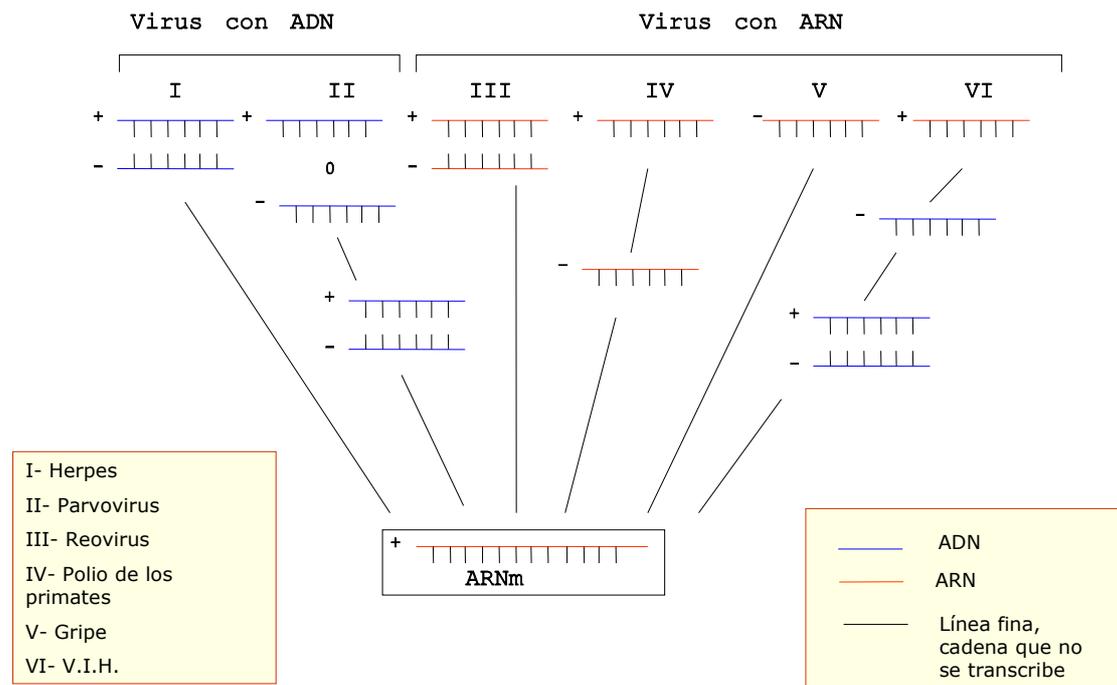


Fig. 24

4. MICROORGANISMOS CON ORGANIZACIÓN CELULAR EUCARIOTA

PROTOZOOS

Son organismos formados por una sola célula, es decir, poseen la estructura típica de una célula eucariótica animal, aunque en ocasiones presentan una mayor complejidad en su organización. Tienen una membrana plasmática que los rodea y delimita, algunos forman un caparazón duro, calizo o silíceo, o bien una fina envoltura de quitina.

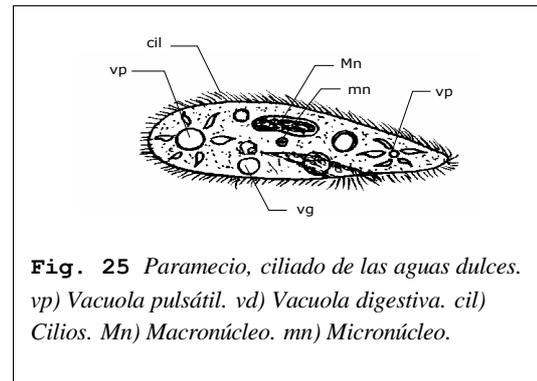


Fig. 25 *Paramecio*, ciliado de las aguas dulces.
vp) Vacuola pulsátil. vd) Vacuola digestiva. cil) Cilios. Mn) Macronúcleo. mn) Micronúcleo.

ESTUDIO DE UN PROTOZOO: EL PARAMECIO.

Mirando con el microscopio una infusión o agua de una charca puede observarse fácilmente el paramecio (*Paramecium* spp.). Tiene forma de suela de zapato y de su cuerpo salen muchos cilios, dispuestos en filas a lo largo de toda su superficie, que le sirven para nadar.

A un lado del cuerpo hay una abertura, la boca o citostoma, que da acceso a un embudo que se estrecha hacia el interior. Sirve para su alimentación: con los cilios provoca un remolino que arrastra las partículas alimenticias hacia el fondo del embudo, donde se forma una vacuola digestiva que engloba las partículas ingeridas.

En su citoplasma podemos distinguir:

- * Unas pequeñas cavidades esféricas, más o menos numerosas, llamadas vacuolas digestivas.
- * En cada extremo del cuerpo se halla una vacuola pulsátil, de forma estrellada, que presenta movimientos rítmicos de contracción y cuya misión es expulsar de la célula los productos de deshecho de la digestión y agua.
- * Un par de núcleos: uno grande (macronúcleo) y otro pequeño (micronúcleo).

Se reproducen asexualmente por división simple. Se han observado procesos sexuales (conjugación) en los cuales dos paramecios se unen por el citostoma y a través de él realizan un intercambio de material nuclear, separándose después. Aunque en este proceso no haya variación numérica, se considera una reproducción sexual por el intercambio de material nuclear, que es lo esencial de la sexualidad.

Cuando falta agua, se rodea de una membrana gruesa, donde permanece con vida latente, pudiendo resistir largas temporadas hasta que nuevamente haya agua, este proceso se conoce como enquistamiento.

Los ciliados:

Los protozoos como el paramecio que presentan cilios para su movimiento se conocen con el nombre de ciliados. Otros ciliados que abundan en al agua de charcas son:

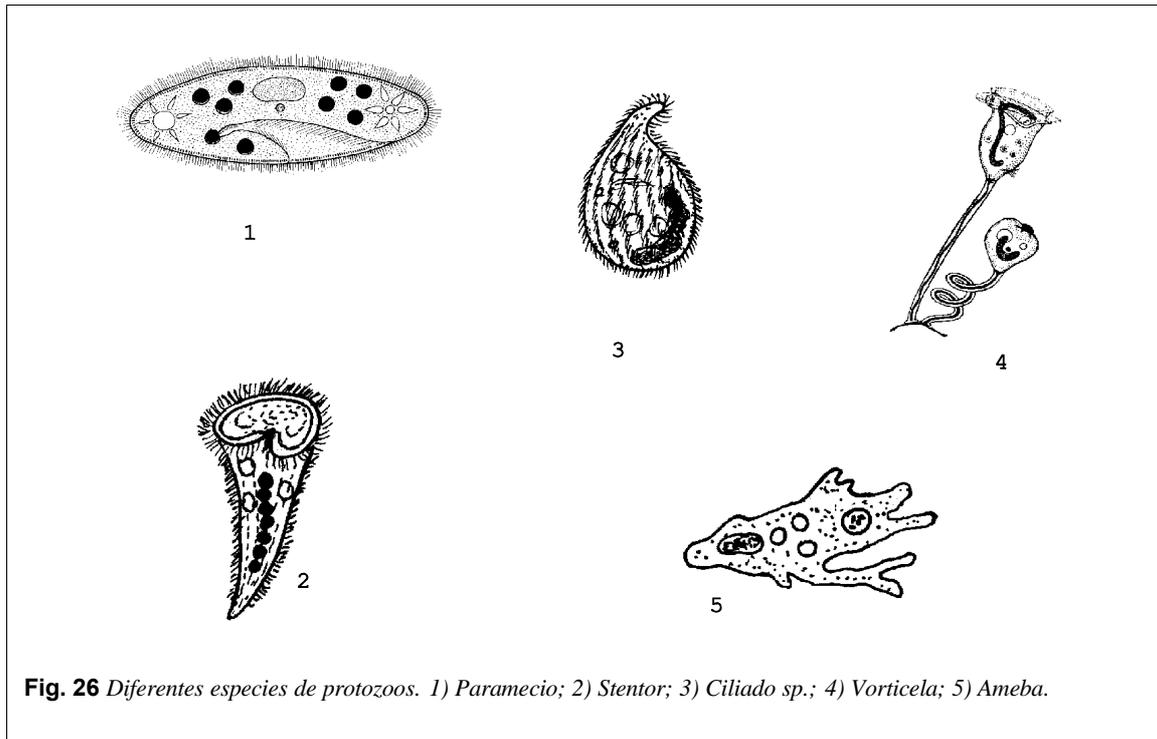
- * **Las Vorticelas**, con cuerpo en forma de campana y un largo pedúnculo que puede arrollarse en espiral como un muelle. Forman colonias.
- * **Los Stentor**, con forma de trompeta, que pueden medir hasta 1 mm. Se suelen fijar a raíces, etc. por su extremo puntiagudo.

Otros protozoos:

- * **La Ameba**, que vive en las charcas. Forma gruesos pseudópodos para moverse y capturar su alimento: bacterias, algas, etc. Los protozoos que forman pseudópodos se denominan rizópodos. Además de la ameba existe *Entamoeba histolytica* que es parásita del hombre donde origina la disentería amebiana
- * **El Trypanosoma**, protozoo de forma alargada y con un largo flagelo para su movimiento. Vive parásito en la sangre de algunos mamíferos africanos de donde puede pasar al hombre por picadura de la mosca tse-tse. En el hombre origina la enfermedad del sueño.

Los protozoos con flagelos: flagelados.

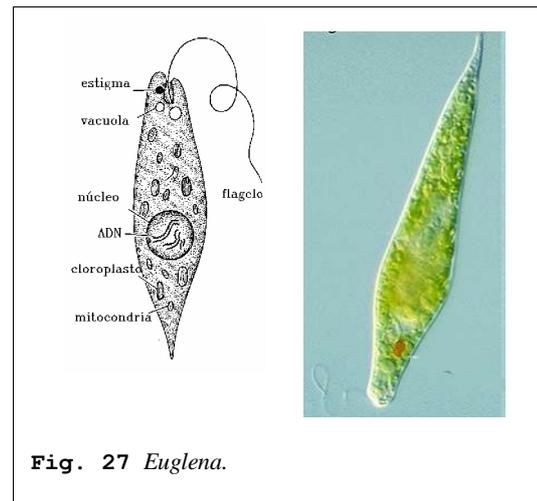
- * **Plasmodium**, que produce en el hombre la enfermedad de la malaria o paludismo. Se introduce en la sangre mediante la picadura de la hembra del mosquito *Anopheles*, quien a su vez lo toma de otros individuos enfermos. De esta forma la enfermedad se transmite de individuos enfermos a otros sanos por la picadura del mosquito. El plasmodio, una vez en la sangre, pasa al interior de los glóbulos rojos donde se divide por esporulación y destruye las células sanguíneas.



Su forma y tamaño son variables, pero casi todos ellos son microscópicos por lo que deben observarse al microscopio.

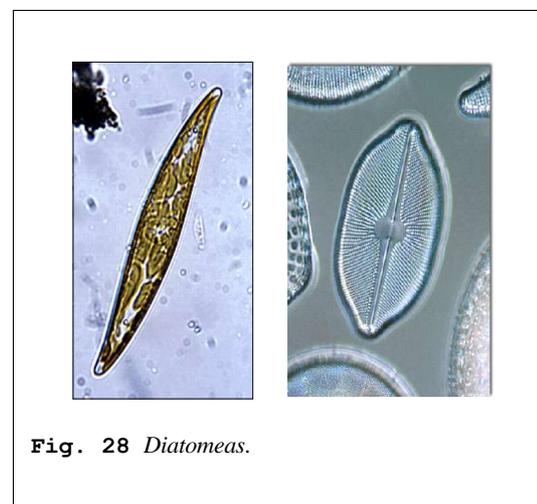
Algunos viven libres en aguas dulce o saladas. Cuando se deseca el medio en que viven forman un caparazón y se enquistan. Otros viven parásitos en animales o vegetales produciendo enfermedades, o bien, simbiosis con ellos.

Se suelen reproducir por bipartición simple, aunque algunos tienen otras modalidades e incluso se conocen procesos de reproducción sexual.



ALGAS MICROSCÓPICAS UNICELULARES

Formadas por una sola célula. Viven en el agua y son capaces de realizar la fotosíntesis. Entre ellas podemos citar las *Diatomeas*, que viven tanto en el mar como en el agua dulce y poseen un caparazón de sílice (frústula) constituido por dos piezas que encajan como una caja y su tapadera. Algunas algas unicelulares, como *Euglena viridis*, tienen flagelos con los que se desplazan en el agua. Las algas unicelulares forman parte importante del llamado **plancton**.



HONGOS MICROSCÓPICOS

Bajo esta denominación se incluye un amplio grupo de organismos de gran heterogeneidad. Entre las características comunes a todos los hongos pueden destacarse:

- Estar formados por una o más células eucariotas.
- Encontrarse desprovistos de clorofila u otro pigmento fotosintético.
- La pared celular no es de celulosa sino de quitina.

Los hongos son organismos **heterótrofos** que necesitan para su nutrición sustancias orgánicas ya elaboradas; la mayoría son **saprófitos** - se desarrollan sobre materia orgánica en descomposición - y otros son **parásitos que** producen enfermedades en el hombre y otros animales y vegetales.

Dentro de los hongos podemos encontrarlos **unicelulares** (levaduras) y **pluricelulares** (mohos), estos tienen una estructura denominada "**talo**" y que suele estar constituida por una serie de filamentos denominados "**hifas**", que pueden ser ramificadas y tabicadas, formando, en su conjunto, una estructura denominada "**micelio**".

Su reproducción puede ser sexual o asexual (gemación, esporulación, fragmentación) y su clasificación es compleja y se puede realizar atendiendo a diferentes caracteres

APLICACIONES Y PAPEL EN EL ECOSISTEMA

El papel que los hongos ejercen en la naturaleza resulta de gran importancia, sobre todo si tenemos en cuenta su actividad descomponedora en los ecosistemas (reciclaje de materia orgánica). También tienen una parte fundamental en la actividad humana. Así, es conocido su papel en la alimentación, la agricultura, silvicultura, industria química, enfermedades, etc.

Los hongos son capaces de descomponer

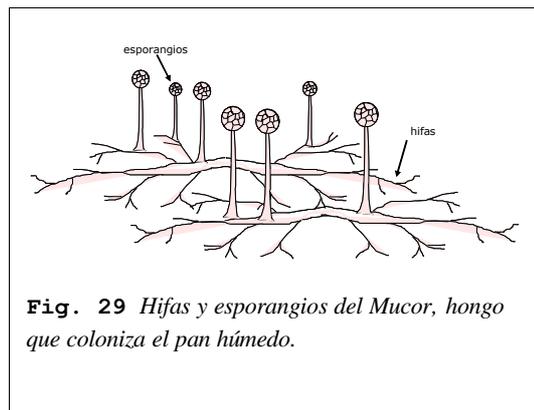


Fig. 29 Hifas y esporangios del *Mucor*, hongo que coloniza el pan húmedo.

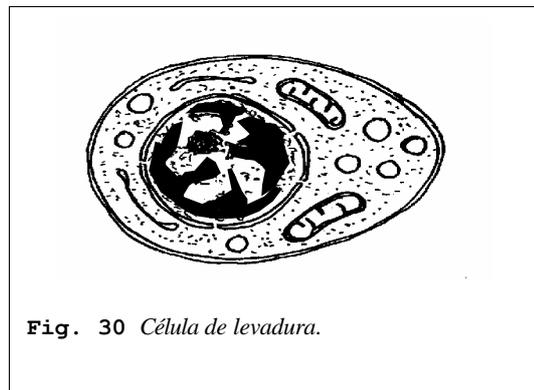


Fig. 30 Célula de levadura.

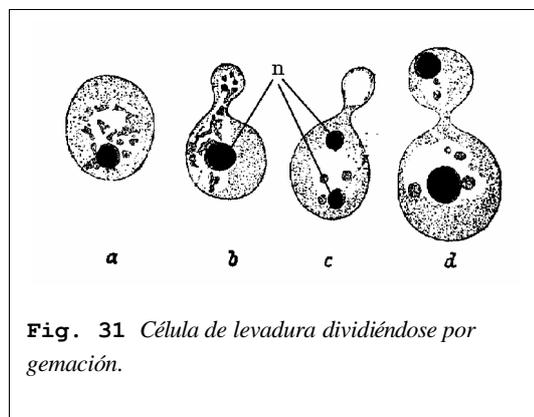


Fig. 31 Célula de levadura dividiéndose por gemación.

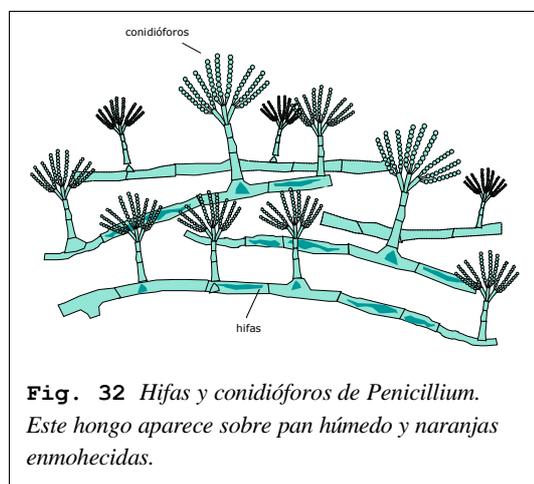


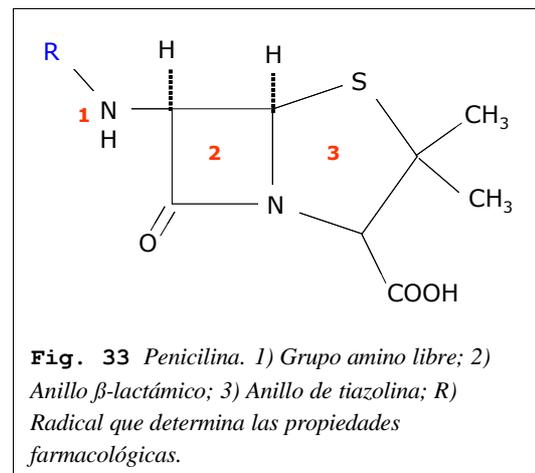
Fig. 32 Hifas y conidióforos de *Penicillium*. Este hongo aparece sobre pan húmedo y naranjas enmohecidas.

algunos materiales fabricados y usados por el hombre a partir de materiales de origen orgánicos (vegetal y animal); reciclan por tanto estos materiales como si se tratara de la materia orgánica que forma parte del ecosistema (biodeterioro).

Por otra parte, desde hace cientos de años el hombre ha utilizado diferentes especies de hongos para la transformación de alimentos, un claro ejemplo son las levaduras utilizadas en la elaboración de la cerveza y del vino (*Saccharomyces*), de los quesos (algunas especies de *Penicillium*), del pan, etc.

Los hongos son muy importantes en la industria química como productores de numerosas sustancias como vitaminas, cortisonas, ácidos orgánicos y sobre todo antibióticos (en este sentido cabe recordar que la penicilina fue descubierta por Fleming a partir de una especie de *Penicillium*).

Los hongos también pueden ser agentes patógenos directos sobre el ser humano, son causantes de numerosas micosis superficiales en la piel, uñas, pelo, etc. y micosis profundas con mayor riesgo para la salud. También puede haber alergias micógenas provocando molestias respiratorias (por las esporas).



5. INTERVENCIÓN DE LOS MICROORGANISMOS EN LAS TRANSFORMACIONES O CICLOS BIOGEOQUÍMICOS.

Las bacterias y los hongos son los microorganismos que, junto a los productores, permiten la existencia del ciclo de la materia en la biosfera. Su función es descomponer la materia orgánica procedente de restos vegetales, cadáveres y excrementos, convirtiéndola en materia inorgánica que vuelve a ser utilizada por los productores.

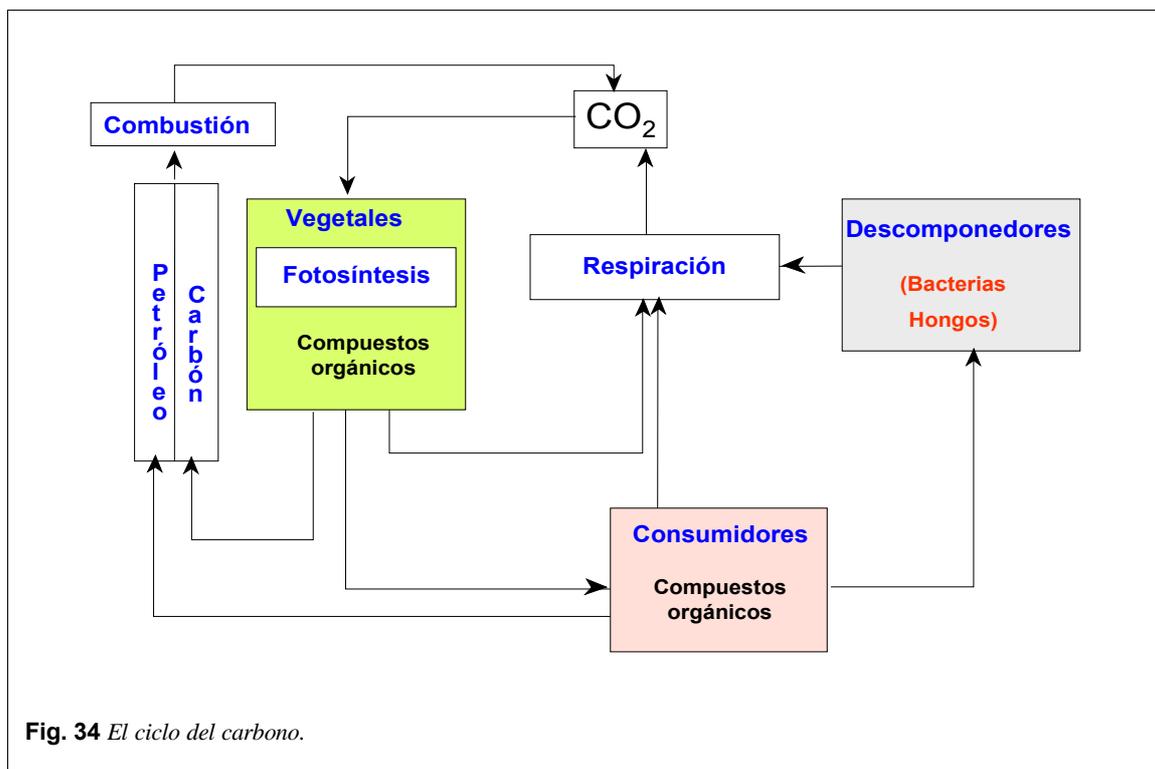
La actividad de los descomponedores en la biosfera permite que la materia se recicle y no se disperse en las sucesivas transferencias, como ocurre con la energía.

Muchos de los elementos químicos que componen los materiales terrestres están sometidos a unos circuitos cíclicos que consisten, básicamente, en que pasan de formar parte de materia inorgánica inerte a formar parte de materia constitutiva de seres vivos y de éstos, posteriormente, de nuevo a materia inorgánica inerte, cerrándose el ciclo. Estos ciclos de la materia son los ciclos biogeoquímicos.

Como ejemplos de ciclos biogeoquímicos, y el papel que desempeñan los microorganismos en ellos, estudiaremos el ciclo del carbono y el ciclo del nitrógeno:

A) EL CICLO DEL CARBONO

Mediante el proceso de fotosíntesis, las plantas toman el carbono en forma de CO_2 de la atmósfera o del agua, asimilándolo durante la fase oscura de dicho proceso para formar moléculas orgánicas. Parte del carbono vuelve al medio inerte en la misma forma de CO_2 como resultado de la respiración tanto de las propias plantas como de los organismos consumidores y descomponedores. Los desechos, restos o cadáveres que contienen carbono vuelven también al medio inorgánico por acción de los descomponedores (bacterias y hongos).



Una parte muy importante del carbono, puede tardar millones de años en incorporarse al medio inerte. Es el caso del carbono que llega a formar parte del petróleo y del carbón mineral. Este carbono puede volver al ciclo por combustión de estos combustibles fósiles.

B) EL CICLO DEL NITRÓGENO

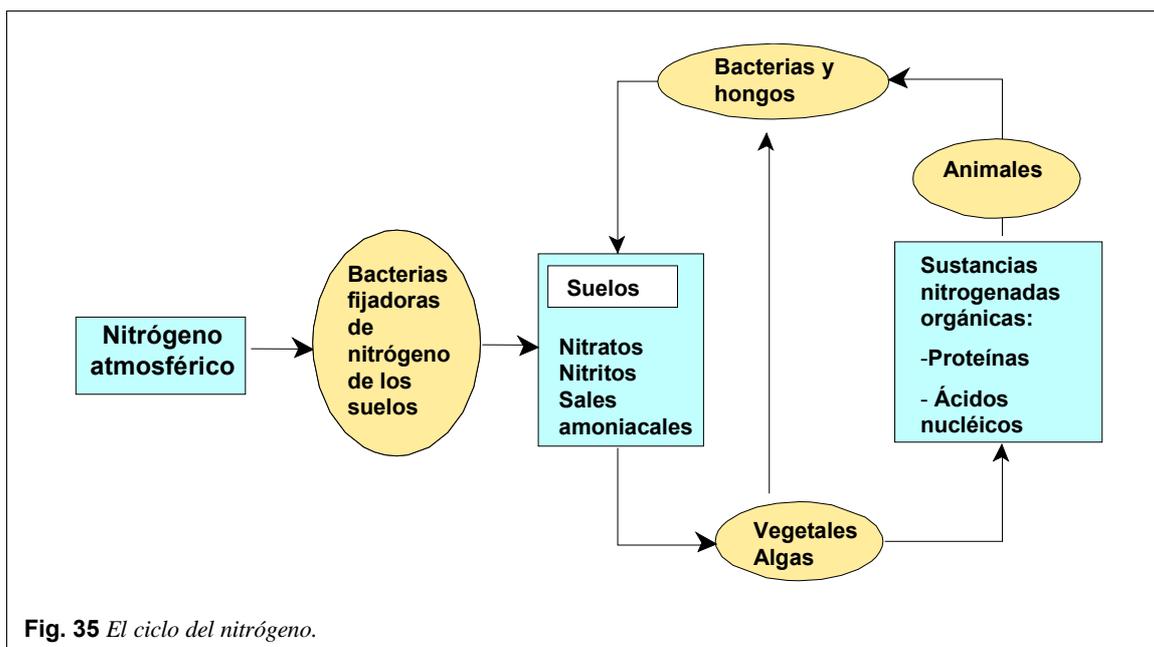
La fuente principal de nitrógeno es la atmósfera, de la que este gas constituye un 78%; sin embargo, este nitrógeno atmosférico sólo puede ser fijado por un grupo de bacterias fijadoras del nitrógeno que transforman este gas en compuestos nitrogenados utilizados directamente por las plantas. Entre el grupo de bacterias fijadoras del nitrógeno está el género *Rhizobium* que se encuentra en simbiosis con las raíces de las plantas leguminosas (guisantes, judías, tréboles, alfalfa, etc.), estas bacterias se introducen en los tejidos del vegetal, donde proliferan y desarrollan una especie de nódulos fijadores del nitrógeno.

El resto de las plantas depende del nitrógeno que se encuentra en el suelo, de donde lo toman en forma de nitratos.

Cuando un organismo muere, el nitrógeno de los restos orgánicos, como son las proteínas y los ácidos nucleicos, por acción de bacterias y hongos presentes en el suelo, se convierte en amoníaco o ión amonio (amonificación).

Otros grupos de bacterias del suelo oxidan los iones amonio a nitritos y finalmente las bacterias nitrificantes oxidan los nitritos a nitratos. Los nitratos son ya fácilmente absorbidos por las raíces de las plantas y utilizados para formar moléculas nitrogenadas (proteínas y ácidos nucleicos). Mediante las cadenas tróficas posteriores, el nitrógeno asimilado en estas moléculas del vegetal pasa a los animales.

Existe un grupo de bacterias desnitrificantes que en condiciones anaerobias y de inundación, convierten los nitratos del suelo en nitrógeno molecular, que escapa a la atmósfera. Por eso los agricultores drenan las tierras para reducir la desnitrificación y añaden fertilizantes para incrementar los niveles de nitrógeno del suelo.



6. LOS MICROORGANISMOS COMO AGENTES DE ENFERMEDADES INFECCIOSAS

La mayoría de los microorganismos son inoos para los demás seres vivos. Muchos de ellos incluso se han adaptado a las condiciones especiales que tienen los tejidos de los animales viviendo en ellos, en su piel, en sus conductos digestivos o respiratorios; son la denominada **flora normal**. Sin embargo, los microbios más conocidos son aquellos que producen enfermedades infecciosas en las plantas, en los animales y en la especie humana. Estos son los **microorganismos patógenos**.

El grado de patogenidad se denomina **virulencia** y se mide, generalmente, por el número de microorganismos necesarios para desarrollar la enfermedad. Hay microorganismos que normalmente no son patógenos pero pueden serlo cuando disminuyen los mecanismos defensivos de un animal: son los **microorganismos oportunistas**.

Robert Koch (1843-1910) fue el primero en comprobar que una bacteria era la causante de una enfermedad infecciosa, el carbunco en ovinos. Estableció cuatro postulados que constituyen la base de las investigaciones médicas para establecer el tratamiento de las infecciones:

- 1) El organismo específico ha de encontrarse siempre asociado a la enfermedad.
- 2) El organismo tiene que ser aislado y obtenido en cultivo puro en el laboratorio.
- 3) Este cultivo puro inoculado en un animal susceptible de ser infectado produce la enfermedad.
- 4) Se debe recuperar el organismo del animal infectado experimentalmente en cultivo puro.

Otros aportes de la labor investigadora de Koch fueron el descubrimiento de los cultivos en medios sólidos y el descubrimiento de los agentes causantes de la tuberculosis (llamado desde entonces bacilo de Koch) y del cólera.

VÍAS DE INFECCIÓN

El primer paso en una infección es la colonización por parte de los microorganismos de tegumentos y mucosas corporales, donde deben competir con otros microorganismos comensales. Los que superan esta primera fase con más éxito son los que producen las enfermedades más contagiosas.

La entrada de microorganismos en el cuerpo del hospedador puede tener lugar a través de distintas vías:

- Heridas o abrasiones en los tegumentos.
- Roturas microscópicas en las mucosas.
- Picaduras de artrópodos (arácnidos e insectos, principalmente).
- Adherencia específica del microorganismo a las células del hospedador y paso a través de células epiteliales.
- En determinadas circunstancias, algunos microorganismos forman colonias muy numerosas en los tegumentos, las cuales son responsables de una lesión epitelial, produciéndose inflamación y rotura, a través de la cual penetran.

Una vez dentro, los microbios tienen que reproducirse, ya sea en una lesión superficial, ya sea en un tejido específico al que son conducidos por vía linfática o sanguínea. En esta primera fase tienen que superar los mecanismos defensivos del hospedador, lo que incluye

la inflamación, la detención en los ganglios linfáticos y su eliminación de la sangre por acción de los fagocitos. Si consiguen superarlos, se desarrolla la enfermedad. El tiempo que transcurre desde que penetran hasta la manifestación de los síntomas de enfermedad se denomina período de incubación.

Las infecciones pueden ser superficiales, si el microorganismo se multiplica en las células epiteliales de la zona de entrada, o sistémicas si alcanzan los vasos sanguíneos y se multiplican en varios órganos a la vez.

Factores de patogenicidad. Toxinas

Según la infección va progresando, se empiezan a manifestar los síntomas de la enfermedad. Esto nos indica que el hospedador ya ha sufrido una lesión por diversas causas:

- * La proliferación de los microorganismos

El crecimiento del número de células microbianas puede conllevar dos clases de peligro: de un lado, se puede crear una competencia entre el microbio y las células del hospedador por un determinado nutriente; de otro lado, se puede producir el bloqueo de vasos sanguíneos o un daño directo sobre las células del hospedador

- * Producción de toxinas

Las toxinas son sustancias venenosas de bajo peso molecular, que pueden ser excretadas al medio (exotoxinas), como la del botulismo o el tétanos, o retenidas dentro de la célula (endotoxinas). Estas toxinas pueden provocar daños locales, cuando son muy específicas, o difundirse y causar lesión sistémica.

- * La producción de enzimas extracelulares como la lecitinasa que hidroliza los lípidos de membrana de las células huésped; las hemolisinas que lisan los glóbulos rojos, liberando al plasma su hemoglobina, etc.

7. BIOTECNOLOGÍA

La biotecnología es el conjunto de procesos industriales que se sirve de microorganismos o de células procedentes de animales o vegetales para obtener determinados productos comerciales o para realizar importantes transformaciones químicas.

La biotecnología se ocupa, entre otros, de procesos tan diferentes como la clonación, la terapia génica, la inseminación in vitro, la obtención de bebidas alcohólicas, etc.

Aunque el término es moderno, reúne técnicas y métodos conocidos desde la antigüedad. Por ejemplo, la fabricación del pan, que ya realizaban los antiguos egipcios, la mejora de las razas de animales y la obtención de plantas con mayor producción de frutos.

El término biotecnología se comenzó a usar a finales de los años setenta, tras la aparición de la ingeniería genética, que se basa en la manipulación del material genético de las células.

En la actualidad, con la expansión de la biotecnología y los métodos de manipulación genética, los microorganismos han sido modificados para fabricar productos útiles que los microorganismos no producen de manera natural.

BIOTECNOLOGÍAS APLICADAS A LA MEJORA DEL MEDIO AMBIENTE

Diversas técnicas biotecnológicas permiten resolver, de diferentes y novedosas maneras, el problema de la contaminación ambiental.

Se pueden utilizar diversos microorganismos para afrontar problemas de tratamiento y control de la contaminación química de distintos ecosistemas. La ingeniería genética permite combinar las características de estos microorganismos para aumentar su eficacia o generar microbios recombinantes con nuevas características.

Aunque muchos microorganismos diferentes juegan un papel esencial en los equilibrios ambientales, la mayoría de las aplicaciones biotecnológicas actuales se realizan con ciertos tipos de bacterias.

Algunas de las aplicaciones de la biotecnología a la mejora del medio ambiente son las siguientes:

- Eliminación de metales pesados.
- Eliminación de mareas negras.
- Obtención de energía no contaminante.
- Tratamiento de residuos urbanos e industriales.
- Tratamiento de diferentes tipos de contaminación asociados a la industria del petróleo.
- Tratamiento de la contaminación producida por herbicidas, pesticidas e insecticidas.
- Depuración de aguas residuales.

Control de mareas negras

Se llama marea negra al vertido masivo de petróleo debido a un accidente durante el transporte del petróleo en grandes barcos.

Es posible utilizar bacterias que digieren los hidrocarburos que forman el petróleo y los transforman en sustancias químicas nada o menos contaminantes. Aunque generalmente cada tipo de bacteria utiliza una clase de hidrocarburo, se intenta combinar las características de varias bacterias para conseguir una bacteria recombinante capaz de transformar muchos hidrocarburos diferentes.

Eliminación de metales pesados

Los iones metálicos de los elementos pesados (por ejemplo, mercurio, cinc, níquel, cobre, plomo) movilizados por la acción humana a distintos ecosistemas constituyen el tipo de contaminación más grave del planeta. Los efectos contaminantes de los metales pesados superan en cuantía la suma de todos los demás tipos de contaminación química.

Gracias a la ingeniería genética se han desarrollado bacterias que pueden vivir en presencia de metales pesados y eliminarlos mediante diversas reacciones químicas.

BIOTECNOLOGÍAS APLICADAS A LA MEJORA DE LA SALUD

La biotecnología tiene en la salud humana, entre otros, los siguientes campos de aplicación:

- Prevención de enfermedades hereditarias.
- Terapia génica.
- Producción de vacunas.
- Obtención de anticuerpos monoclonales e interferones.
- Producción de hormonas (por ejemplo insulina y hormona del crecimiento).
- Producción de antibióticos y otros productos farmacéuticos.

Antibióticos

La palabra antibiótico designa a aquellas sustancias que, producidas por determinados microorganismos, pueden acabar con la vida de otros.

En 1929, Alexander Fleming descubrió estas sustancias. Estaba trabajando con *Staphylococcus aureus* y su cultivo se contaminó con un hongo del género *Penicillium*, de forma que las colonias rodeadas por éste morían. Fleming supuso que el hongo producía alguna sustancia antibacteriana, por lo que hizo un filtrado, descubriendo así, la penicilina. Fue incapaz de purificarla, dado que era químicamente inestable, lo que se hizo años más tarde, gracias al desarrollo de un proceso industrial adecuado.

Desde 1945 se han aislado cientos de antibióticos producidos por hongos del género *Penicillium* y bacterias de los géneros *Bacillus* y *Streptomyces*.

El gran problema de la actualidad es que han comenzado a desarrollarse a un ritmo alarmante cepas de patógenos resistentes a antibióticos e, incluso, cepas multiresistentes a varios antibióticos simultáneamente, por lo que hay que encontrar otros nuevos, o modificar los existentes para que recobren su eficacia, lo que constituye el gran reto de la biotecnología.

Hormonas

Las personas que sufren diabetes mellitus deben inyectarse insulina varias veces al día. Hasta 1983 la insulina que utilizaban las personas diabéticas era insulina de cerdo purificada (diferente de la humana). Desde esa fecha se utiliza insulina obtenida por ingeniería genética: se ha introducido el gen de la insulina humana en la bacteria *Escherichia coli*, que la produce en cantidades masivas y con las mismas características. La insulina es la primera proteína fabricada por ingeniería genética y comercializada.

También por ingeniería genética se obtiene la hormona del crecimiento.

Otras hormonas como la testosterona y progesterona, hormonas sexuales masculina y femenina, utilizada ésta última en la fabricación de fármacos anticonceptivos se obtienen de la fermentación de ciertas levaduras.

BIOTECNOLOGÍAS DE LOS ALIMENTOS

El hombre desde la antigüedad ha obtenido productos alimenticios con la intervención de los microorganismos, a pesar de desconocer su existencia. Hoy día gracias al conocimiento de sus características y metabolismo, son explotados industrialmente en la fabricación de numerosos alimentos y bebidas. Por ejemplo:

- Pan.
- Yogur.
- Queso.
- Mantequilla.
- Vinagre.
- Vino.
- Cerveza.
- Encurtidos.
- Producción de proteínas para piensos de animales domésticos.
- Síntesis de vitaminas que se añaden a los alimentos o en compuestos farmacéuticos. (Por ejemplo la vitamina B12 es producida industrialmente a partir de bacterias y la riboflavina es producida por diversos microorganismos como bacterias y hongos).
- Síntesis de aminoácidos que se utilizan como aditivos alimentarios. (Ejemplos de aminoácidos producidos por fermentación microbiana son el ácido glutámico, la lisina, la glicina, la metionina y la alanina).

Fabricación del yogur

Se utiliza leche, que fermenta mediante determinadas cepas de las bacterias *Lactobacillus* y *Streptococcus* que transforman la lactosa en ácido láctico. El ácido láctico es el causante de la precipitación de las proteínas de la leche. Ambos microorganismos necesitan una temperatura de 45°C para desarrollarse al máximo, por eso la leche se envasa en caliente para que después siga el proceso de fermentación en la estufa a dicha temperatura. El pH del yogur (después del enfriamiento a 4 °C) es alrededor de 4, este medio ácido impide el crecimiento de otras bacterias.

Actualmente la producción de yogures se ha especializado en gran cantidad de sabores e incluso en el enriquecimiento de nuevas bacterias.

Fabricación de cerveza

Es un proceso que se conoce desde antiguo, ya que, al parecer, los babilonios fueron los primeros en elaborar la cerveza.

Se basa en la fermentación alcohólica que realizan las levaduras del género *Saccharomyces*.

La cerveza se obtiene por fermentación de la cebada realizada por las levaduras *S. cerevisiae* o *S. carlsbergensis*. Los granos de cebada se ponen a remojo, de forma que germinan y generan amilasas suficientes que hidrolizan el almidón. Después se secan, lo que constituye la malta, la cual se puede almacenar hasta su uso. Con la malta se obtiene el mosto de cerveza, al cual se adiciona el lúpulo, encargado de dar a la cerveza el sabor amargo y de conservarla del crecimiento bacteriano. Es entonces cuando se añade el inóculo, que fermenta durante cinco a diez días a temperatura y pH adecuados.