

# 20

## Diversidad de microorganismos



### 1. LOS SERES VIVOS MÁS PEQUEÑOS

Características comunes de los microorganismos  
Hay microorganismos en todos los dominios de la vida

### 2. LOS VIRUS ESTÁN EN LA FRONTERA DE LA VIDA

Los virus contienen ácidos nucleicos y proteínas  
Los virus se pueden clasificar por la forma de la cápside  
El ciclo vital del virus puede seguir la vía lítica o lisogénica  
Los retrovirus copian el ADN a partir del ARN  
Sabemos poco de viroides y priones

### 3. LAS BACTERIAS PUEDEN SER ARCHEAS O BACTERIAS

Las arqueas no son arcaicas  
Las bacterias son los seres vivos más abundantes del planeta  
La morfología de las bacterias es variada  
Las bacterias intercambian material genético

### 4. HAY VARIOS TIPOS DE MICROORGANISMOS EUCARIOTAS

Las algas son protistas fotosintéticos  
Los protozoos son protistas sin pared celular  
Los hongos tienen pared de quitina

## DÓNDE BUSCAR INFORMACIÓN

### **Bibliografía y páginas web**

- Brans, E. 2013. Biocombustibles de microalgas  
<https://elodiebrans.wordpress.com/2013/09/04/biocombustibles-de-microalgas-ii/>
- Hipertextos del área de Biología. Nutrición bacteriana  
<http://www.biologia.edu.ar/bacterias/nutric~2.htm>
- Khan Academy. Temas de Biología  
<https://es.khanacademy.org/science/biology>
- Mandal, A. 2012. Usos de los virus. News medical  
[http://www.news-medical.net/health/Virus-Uses-\(Spanish\).aspx](http://www.news-medical.net/health/Virus-Uses-(Spanish).aspx)
- Martín, A. 2015. El alga de las mil aplicaciones  
<http://www.omicrono.com/2016/05/diatomeas-algas/>

### **Noticias curiosas**

- Los virus bacteriófagos pueden ayudar a controlar las poblaciones bacteriana de nuestro organismo y combatir ciertas enfermedades, como la enfermedad de Crohn y la colitis ulcerosa  
[http://elpais.com/elpais/2016/09/02/ciencia/1472831727\\_077167.html](http://elpais.com/elpais/2016/09/02/ciencia/1472831727_077167.html)
- Se ha descubierto recientemente el primer microorganismo eucariota sin mitocondrias  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Organismos\\_sin\\_mitocondria](https://es.wikipedia.org/wiki/Organismos_sin_mitocondria)

## OBJETIVOS

1. Conocer el concepto de microorganismo y explicar las características comunes a todos ellos
2. Entender la diversidad de los microorganismos como grupo biológico
3. Describir la composición y estructura de los virus
4. Comprender las diferencias entre la fase intracelular y extracelular del virus (virión)
5. Reconocer distintos tipos de virus atendiendo a su cápside y a su tipo de ácido nucleico
6. Diferenciar el ciclo lítico del ciclo lisogénico en los virus y razonar cómo afectan a la célula hospedadora.
7. Describir la morfología de la célula bacteriana
8. Explicar las diferencias entre bacterias Gram + y Gram –
9. Conocer los tipos de intercambio parasexual en bacterias
10. Diferenciar los principales tipos de microorganismos eucariotas
11. Conocer algunos de los microorganismos causantes de las principales enfermedades infecciosas humanas

## CONCEPTOS CLAVE

adsorción, 12  
 antibiótico, 19  
 Archaea, 7  
 arqueas, 17  
 (virus) atenuado, 14  
 bacilos, 23  
 bacteria, 7  
 bacteriófago, 12  
 biodiesel, 26  
 Candida, 27  
 cápside, 10  
 capsómeros, 10  
 cápsula, 22  
 ciclo lisogénico, 14  
 ciclo lítico, 13  
 coco, 23  
 conjugación, 24  
 diatomea, 26

dinoflagelado, 26  
 división binaria, 23  
 eclipse, 13  
 endospora, 22  
 envoltura, 9  
 espirilo, 23  
 espiroqueta, 23  
 Eukarya, 7  
 extremófilo, 18  
 fermentación, 6  
 fimbria, 22  
 fitoplancton, 25  
 formas acelulares, 8  
 frústula, 26  
 Fungi, 7  
 Gram negativas, 20  
 Gram positivas, 20  
 integrasa, 15

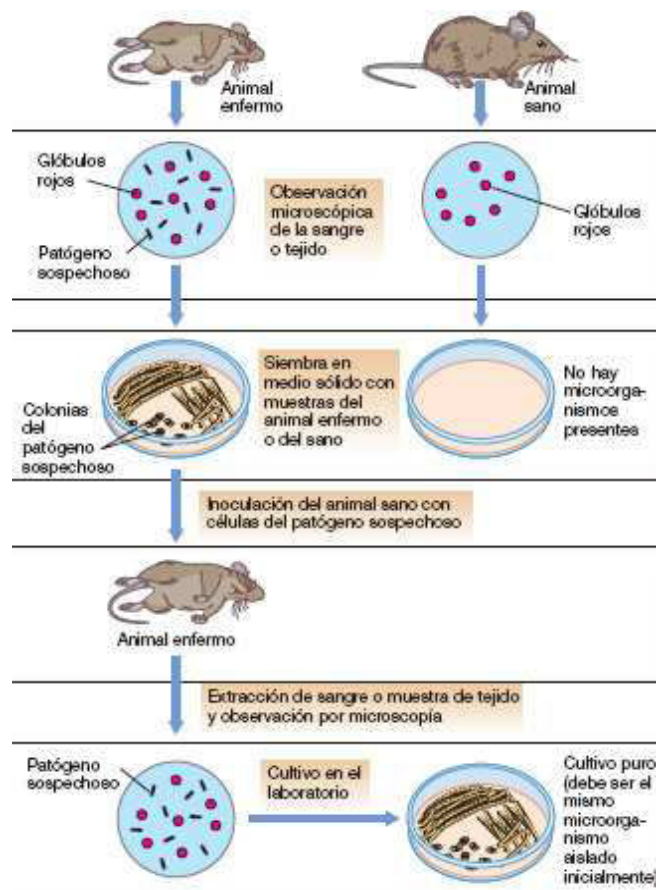
Koch, 6  
 levadura, 27  
 malaria, 28  
 marea roja, 26  
 metanógena, 19  
 microbiología, 5  
 microorganismo, 5  
 mildiu de la vid, 27  
 moho, 27  
 mosaico del tabaco, 8  
 mureína, 20  
 parasexual, 24  
 Pasteur, 5  
 Penicillium, 27  
 peptidoglucano, 20  
 pili sexual, 22  
 plásmido, 21  
 Plasmodium, 28

prión, 16  
 profago, 14  
 protozoo, 24  
 retrotranscriptasa, 15  
 retrovirus, 15  
 Saccharomyces, 27  
 saprofito, 27  
 transducción, 24  
 transformación, 24  
 vector, 9  
 vibrio, 23  
 virion, 9  
 viroide, 8, 16  
 virus, 8  
 virus cilíndrico, 11  
 virus complejo, 12  
 virus esférico, 11

## 20.1 LOS SERES VIVOS MÁS PEQUEÑOS

Los **microorganismos** comprenden todos los seres vivos que, debido a su reducido tamaño pasan inadvertidos al ojo humano, siendo preciso el uso del microscopio óptico o, en algunos casos, del **microscopio** electrónico para poder observarlos. Los microorganismos son seres de gran sencillez estructural y organizativa, pero con estrategias vitales muy diferentes; la gran mayoría son unicelulares, bien procariotas o eucariotas, aunque una parte significativa tienen organización subcelular o acelular y unos pocos forman colonias o son verdaderos organismos pluricelulares.

La **microbiología** es el área de las ciencias biológicas que se ocupa del estudio de los microorganismos. Surge cuando Leewenhoek (s. XVII) realizó las primeras observaciones de microorganismos con los microscopios que él mismo había construido (ver Tema 8).



**Figura 20.1. Postulados de Koch.** Tras el aislamiento del microorganismo patógeno sospechoso en cultivo puro, un cultivo de dicho microorganismo en el laboratorio debe ser capaz de producir la enfermedad y es recuperado en el animal enfermo. Resulta necesario determinar las condiciones apropiadas para que el microorganismo sea capaz de crecer, pues de otro modo no podrá ser aislado.

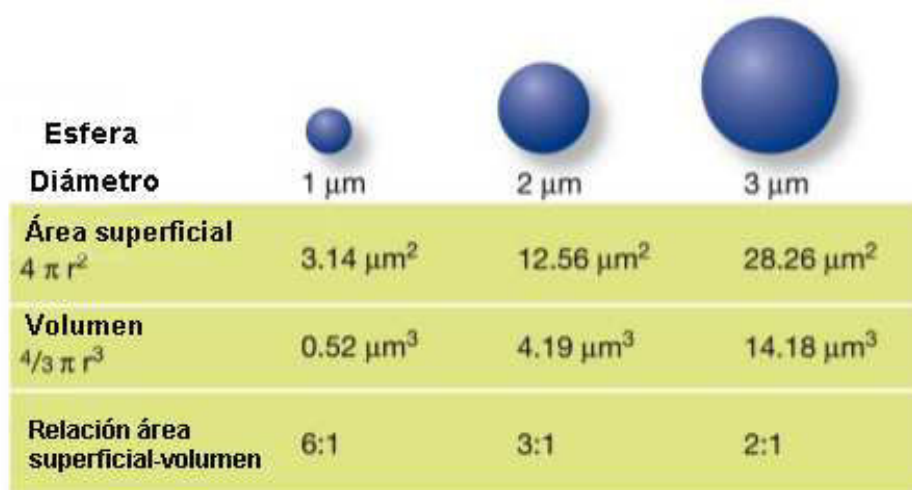
Fuente: <http://seramix.blogs.uv.es/tag/postulados/>

**Pasteur** (s. XIX) se considera uno de los padres de la Microbiología, porque realizó numerosas contribuciones, entre las que destacan la refutación definitiva de la teoría de la **generación espontánea** y el reconocimiento del papel de los microorganismos, en concreto de las levaduras, en los procesos de **fermentación** para obtener bebidas alcohólicas y distintos tipos de alimentos. Otra rama muy importante de la Microbiología estudia los microorganismos como agentes o portadores de enfermedades infecciosas. También Pasteur fue pionero en esta área de la investigación, identificando un protozoo (*Nosema bombycis*) que causaba una enfermedad que diezmaba a los gusanos productores de seda que cultivaban los industriales textiles en Francia. Sin embargo, el protocolo para establecer la relación causa-efecto entre la presencia de un microorganismo y el desarrollo de una **enfermedad infecciosa** humana, que se sigue usando en la actualidad, fue establecido por R. **Koch** (1876), que identificó y aisló la bacteriana *Bacillus anthracis* como causante del ántrax (**Fig. 20.1**).

Aunque una gran parte del desarrollo de la microbiología actual se debe a sus aplicaciones prácticas en la medicina y en la industria de los alimentos, muchos otros investigadores han enfocado su atención sobre microorganismos, poniendo de manifiesto su amplia difusión en los ecosistemas terrestres, su importancia en el equilibrio de los ciclos biogeoquímicos y su gran diversidad bioquímica y metabólica. Por otra parte, dada la facilidad con que se pueden cultivar y manipular, y su relativa simplicidad, desde la segunda mitad del s. XX se han utilizado los microorganismos ampliamente, en particular virus, levaduras y bacterias, en investigación básica, destinada a comprender el desarrollo, la fisiología, la genética y la bioquímica de los seres vivos.

### Características comunes de los microorganismos

A pesar de la variedad de formas de nutrición, tipos de células, etc. que presentan los microorganismos hay algunas características derivadas de su pequeño tamaño, comunes a todos ellos (al menos a los que están vivos):



<b>Esfera</b>	<b>1 μm</b>	<b>2 μm</b>	<b>3 μm</b>
<b>Diámetro</b>	1 μm	2 μm	3 μm
<b>Área superficial</b> $4 \pi r^2$	3.14 μm <sup>2</sup>	12.56 μm <sup>2</sup>	28.26 μm <sup>2</sup>
<b>Volumen</b> $\frac{4}{3} \pi r^3$	0.52 μm <sup>3</sup>	4.19 μm <sup>3</sup>	14.18 μm <sup>3</sup>
<b>Relación área superficial-volumen</b>	6:1	3:1	2:1

**Figura 20.2.** Relación superficie volumen. Fuente: [http://www.davidfunesbiomed.es/2015\\_06\\_01\\_archive.html](http://www.davidfunesbiomed.es/2015_06_01_archive.html)

a) Rápido **intercambio** de sustancias con el medio externo, dado que la disminución del **tamaño** celular supone un aumento en la relación superficie/volumen. En el **Tema 1** se vio que la razón del reducido tamaño de los microbios estriba en su relación superficie/volumen celular. La amplia superficie en contacto con el exterior facilita el intercambio de sustancias y de materiales para cubrir sus necesidades internas.

b) **Metabolismo** muy **activo**, al ser muy pequeños los compartimentos y estructuras celulares están muy próximas entre sí. Apenas se pierde tiempo en desplazar metabolitos y nutrientes y los enzimas pueden trabajar en cadena a gran velocidad. En consecuencia suelen alterar rápidamente el medio en el que viven, agotando los nutrientes e inundándolo de residuos. Esta propiedad la utiliza la industria biotecnológica, que se aprovecha de los microorganismos para la **fabricación** de diferentes productos (derivados lácteos, antibióticos, licores,...).

c) Debido a su elevada tasa metabólica, la velocidad de **reproducción** es muy **rápida**. En condiciones idóneas una bacteria se divide cada 20 minutos. En términos bioindustriales es ventajoso, pues significa más microorganismos trabajando más, mientras que en términos médicos es negativa pues esta propiedad les otorga a los microorganismos patógenos una gran capacidad invasora.

## Hay microorganismos en todos los dominios de la vida

El término microorganismo no tiene ningún significado filogenético, los seres vivos microscópicos se encuentran repartidos entre los reinos Bacteria, Archea, Protista y Hongos, además de las formas acelulares.

Todos los miembros del reino **Bacteria** son microbios, son procariontes unicelulares con pared de mureina y formas de nutrición diversas. Por ej. *Escherichia coli*, es la bacteria modelo en todos los laboratorios.

También son microbios todos los miembros del reino **Archaea**, que son procariontes unicelulares con pared de pseudomureina y heterótrofos. Por ej. *Thermus aquaticus*, cuya ADN polimerasa se utiliza para hacer copias de ADN (método llamado PCR, ver **Tema 19**)

El reino **Protista** incluye varios tipos de microorganismos eucariotes unicelulares o pluricelulares sencillos, con y sin pared y de nutrición variada, que tradicionalmente se han dividido en:

- **algas** solo las algas unicelulares, por ej. diatomeas, son microorganismos, pero hay muchos otros grupos de algas pluricelulares macroscópicas.
- **protozoos**, todos ellos son microbios, por ej. *Plasmodium falciparum* (parasito intracelular que produce la malaria),
- **mohos mucilaginosos y acuáticos**, todos son microbios, por ej. *Plasmopara viticola* (el mildiu de la vid),

En el reino **Fungi** se encuentran algunos hongos microscópicos, que son eucariotes unicelulares o pluricelulares sencillos, heterótrofos con pared de quitina, como:

- **mohos** (zygomycetes), por ej. *Mucor* (el moho blanco del pan)

- **levaduras** (ascomycetes), como *Saccharomyces cerevisiae* (la levadura de la cerveza)
- **royas y tizones** (basidiomycetes), como *Ustilago zaeae* (Tizón del maíz)

Como se vio en el Tema 1, los análisis de ARN han permitido conocer que de un ancestro común (LUCA; the last universal common ancestor) surgieron tres líneas o dominios principales que han dado lugar a todos los seres vivos:

- ✚ Línea **Bacteria**: que dio lugar a las bacterias y cianobacterias.
- ✚ Línea **Archaea**: que dio lugar a las arqueas.
- ✚ Línea **Eukarya**: que originó protistas (protozoos, algas unicelulares, mohos) y hongos.

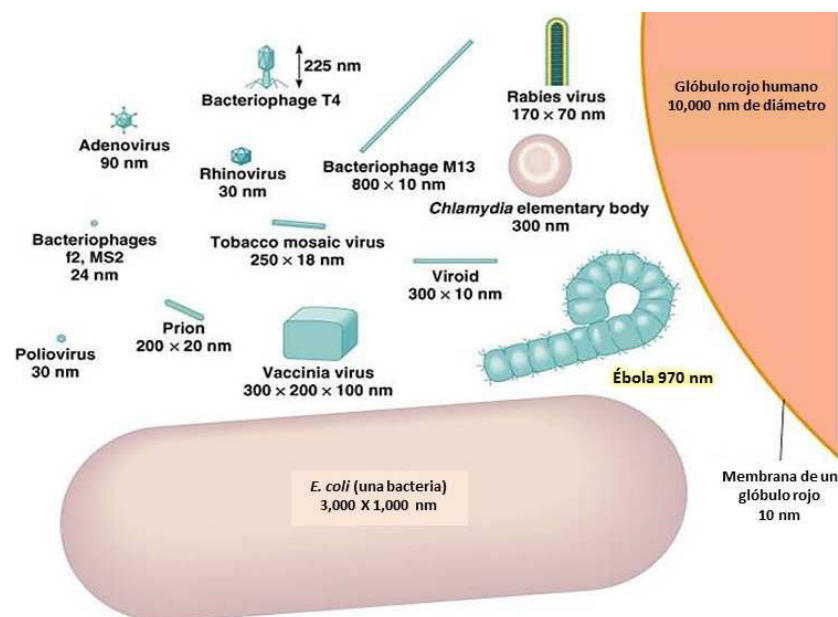
Por tanto, encontramos microorganismos en los tres dominios principales

A estos grupos de microorganismos celulares hay que sumar las **formas acelulares**. Se llaman **formas acelulares** a macromoléculas o asociaciones moleculares que se valen de las células a las que invaden para hacer copias de sí mismas. Comprende a **virus, viroides y priones**

- **virus**, por ej. virus del Ébola
- **viroides**, por ej. el que afecta a los tomates
- **priones**, por ej. el causante de la enfermedad de las vacas locas

## 20.2 LOS VIRUS ESTÁN EN LA FRONTERA DE LA VIDA

En la antigua Roma el término **virus** era utilizado para referirse a cualquier **veneno** de origen animal, y las enfermedades producidas por estos venenos eran conocidas como **virulentas**, de ahí que hasta bien entrado el s. XIX se llamaban virus a cualquier microorganismo patógeno.



**Figura 20.3.** Tamaño de los virus en relación a bacterias y células eucariotas. Fuente:

<https://agrologia.wordpress.com/2015/06/29/el-tamano-de-los-microorganismos/>



Fue Ivanovski (1892) estudiando la enfermedad del **mosaico** del **tabaco** quien demostró que existían unos agentes infecciosos de un tamaño mucho menor que el de las bacterias, pues eran capaces de atravesar filtros de porcelana en cuyos poros quedaban retenidas todas las bacterias conocidas y los denominó “**virus filtrables**”. Pronto se pudo comprobar que estos “virus filtrables” se reproducían en el interior de los organismos y los infectaban, lo que demostraba que eran auténticos microorganismos, aunque mucho más pequeños que los conocidos hasta entonces. A comienzos del siglo XX el término virus se reservó para designar exclusivamente a estos agentes infecciosos diminutos antes conocidos como “virus filtrables”.

El muestreo masivo de ADN extraído de los más variados ecosistemas indica que los virus son las entidades biológicas más ubicuas, **abundantes** y diversas del planeta. Hay estimaciones que hablan de 10 quintillones o  $10^{31}$  microbios virales.

Los **virus** son estructuras infecciosas **sin organización celular** formadas por un ácido nucleico rodeado de una cubierta de proteínas y en algunos casos una envoltura membranosa. Carecen de metabolismo propio, la única función que realizan es reconocer a la célula diana que pueden infectar gracias a receptores que tienen en superficie, y para multiplicarse necesitan obligatoriamente la maquinaria de una célula, por tanto son endoparásitos obligados.

Los **virus** ¿deben ser considerados o no seres **vivos**? Cuando un virus se encuentra en el interior de una célula viva exhibe al menos una de las funciones que tradicionalmente se vienen considerando características de los seres vivos, es decir, la **reproducción**. Sin embargo, cuando están fuera de las células, los **viriones** son totalmente **inertes** e incluso pueden cristalizar y, como si se tratase de sal o azúcar, permanecer inactivos durante largos períodos sin perder su estructura y propiedades, comportándose a todos los efectos como materia inanimada. Cuando los virus cristalizados se suspenden de nuevo en un medio adecuado y se permite su acceso a células vivas recuperan su capacidad infectiva y vuelven a reproducirse en el interior de las mismas.

Para no perderse en discusiones bizantinas, de forma consensuada se admite que los virus están en la **frontera** de la vida. Lo que es obvio es que lejos de ser formas primitivas, los virus son un producto bastante sofisticado de la evolución biológica, en la medida en que manipulan la materia y la energía del entorno con gran eficacia y economía en su propio beneficio.

Cuando se oye hablar de virus enseguida se asocia a enfermedad, sabemos que hay más de 400 tipos de virus que parasitan humanos, ganado y plantas de cultivo. La gripe de 1918 fue una pandemia que ocasionó la muerte de unos 30 millones de personas, el SIDA ha dejado ya 39 millones de muertes. Sorprendentemente, a pesar de su mala fama, los virus resultan más **beneficiosos** que perjudiciales. En primer lugar hay que considerar que probablemente han desempeñado un papel muy importante en el proceso de **evolución** de las especies tanto de animales como de vegetales, incluida la humana. Se encargan de transferir constantemente información genética entre miembros de la misma especie e incluso entre distintas especies. Y por tanto son agentes muy activos en la adaptación y plasticidad de los sistemas biológicos con lo que cohabitan, como son tan pequeños no se les ve, pero mueven hilos invisibles en el proceso de la evolución. Luego veremos otro ejemplo al hablar de retrovirus.



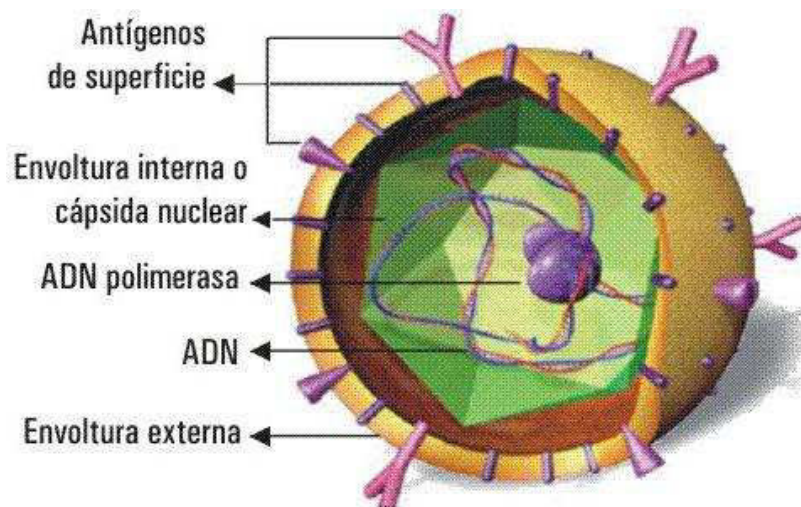
En segundo lugar, aprovechando su capacidad invasora, se están utilizando en la actualidad en ingeniería genética como **vectores** que llevan el material necesario para el tratamiento de enfermedades a varias células de destino, por ej., en casos de enfermedades hereditarias y en cánceres, para destrucción de bacterias patógenas, para modificar genomas de plantas y animales, etc. Finalmente, los virus ofrecen la ventaja de ser sistemas simples que pueden utilizarse para manipular e **investigar** las funciones de las células, por eso constituyen un material idóneo en estudios de biología molecular y celular.

### Los virus contienen ácidos nucleicos y proteínas

La naturaleza real de los virus no se conoció hasta 1935, cuando se cristalizaron partículas del virus del mosaico del tabaco. Su tamaño oscila entre 10 y 300 nm (0,01-0,3 micras), o sea, muy inferior al de cualquier célula y próximo al de las macromoléculas (**Fig. 20.3**) y su estructura es muy simple, diferente de cualquier ser vivo conocido: una molécula de ácido nucleico rodeada de una capa externa de proteínas. Algunos virus poseen también una membrana o envoltura externa.

El **genoma** vírico consiste en una molécula de ácido nucleico, ADN o ARN, pero nunca los dos a la vez. Hay genomas víricos de todos los tipos excepto de ARN circular; pueden ser de doble cadena, bicatenario, o de cadena sencilla, monocatenario, y en el caso del ADN puede ser lineal o circular, el ARN es siempre lineal. Debido a su pequeño tamaño, evidentemente contienen muy pocos genes, codifican entre 3 y 200 proteínas.

La **cápside** es una cubierta de proteínas que cubre y protege al ácido nucleico, y excepto en los que tienen envoltura membranosa, es la que reconoce a las células que parasita. Está formada por subunidades denominadas **capsómeros** que se disponen de forma regular, dando lugar a diferentes tipos de cápsidas. Contiene proteínas estructurales, excepcionalmente algunos virus contienen proteínas enzimáticas que necesitan para penetrar en las células o para replicarse y dirigir la síntesis de nuevas proteínas víricas, por ej. virus ARN con transcriptasa inversa para fabricar ADN, o con ARN-replicasa para replicar su propio ARN (ver **Tema 14**).



**Figura 20.4.** Estructura interna de un virus con envoltura. Fuente: <http://gruponfermeriaunpa.blogspot.com.es/2012/04/origende-los-virus-e-xisten-dos.html>

La **envoltura membranosa** externa es de naturaleza fosfolipídica, similar a una membrana celular, pues procede de la membrana celular de la célula infectada. Pero además contiene proteínas propias del virus, que actúan como antígenos o sirven para reconocimiento y anclaje a la célula que tiene que infectar. No todos los virus tienen envuelta, son virus recubiertos, por ejemplo, el virus de la gripe, el del herpes y el del sida.

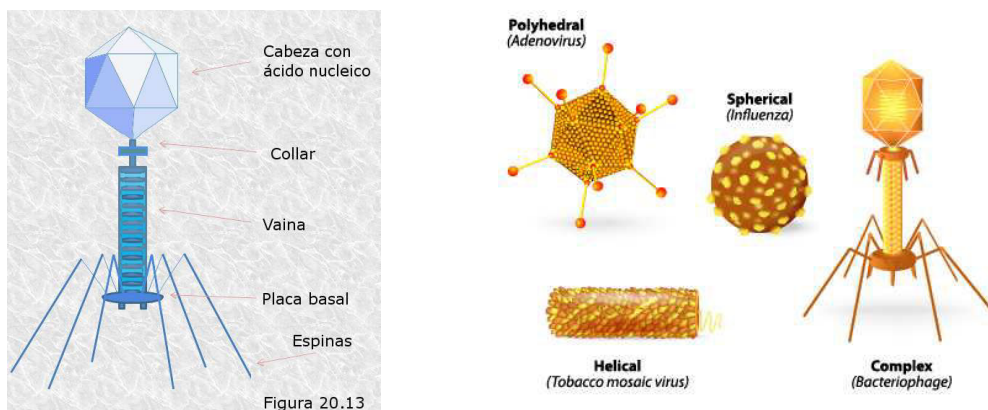
La capacidad de infección de los virus se debe en parte a su bajo nivel de complejidad, por lo que pequeños cambios en su información genética ocasionan grandes cambios en su estructura y funcionamiento general, lo que les permite evadir la respuesta inmunológica humana y atacar de nuevo con renovada virulencia. Un caso típico es el virus de la gripe que muta con frecuencia por lo que varían los péptidos de la envoltura, por eso se necesita actualizar la vacuna cada año.

### Los virus se pueden clasificar por la forma de la cápside

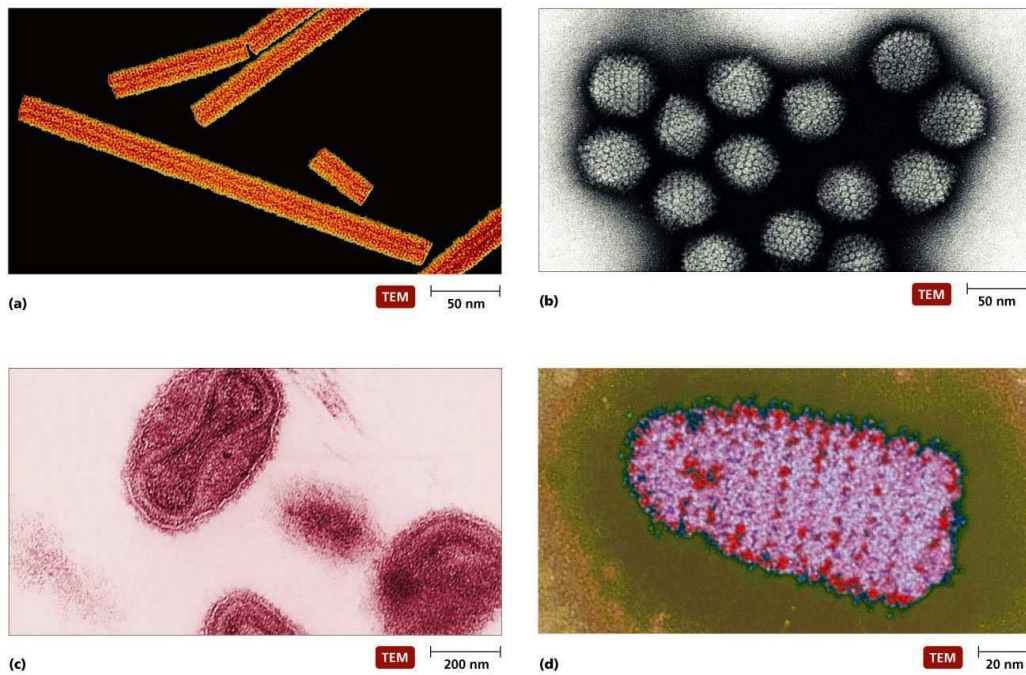
Hay varios criterios para clasificar los virus, uno de los más comunes es por la forma de la **cápside**; se distinguen las siguientes morfologías:

- Virus **cilíndricos**: los capsómeros se empaquetan con una simetría helicoidal, en cuyo interior queda el ácido nucleico también dispuesto helicoidalmente. El ejemplo más conocido es el virus del mosaico del tabaco o el virus de la rabia.

- Virus **esféricos** o poliedricos: los capsómeros se empaquetan con una simetría icosaédrica, formando una cápside poliédrica regular de 20 caras triangulares o un múltiplo, que representa la forma más económica posible de empaquetamiento espacial. Un poliedro con muchas caras triangulares tiene casi el aspecto de una esfera, esto permite que el ácido nucleico enrollado como un ovillo, quede completamente envuelto con el mínimo número de unidades proteicas. Algunos de estos virus presentan proteínas con aspecto de espinas que erizan la cápsida. Ejemplo de virus icosaédrico es el virus de la polio y los de la hepatitis.



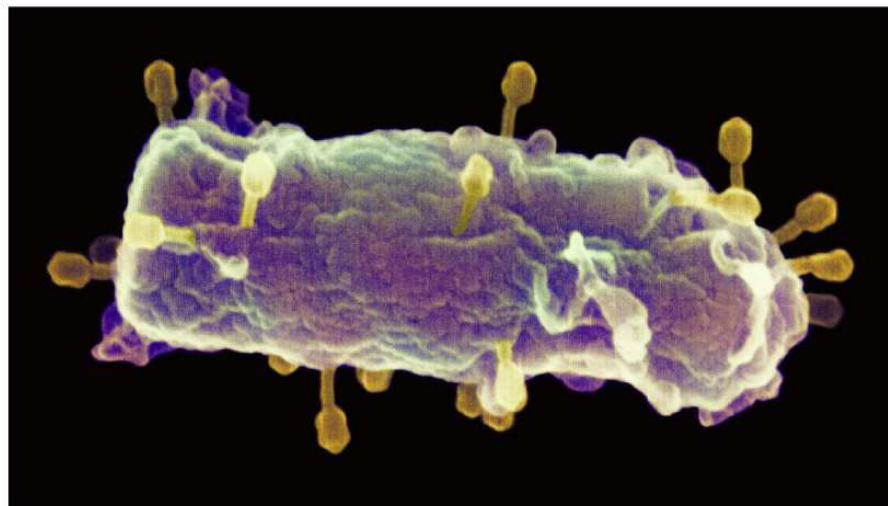
**Figura 20.5.** A la drcha., tipos de virus de acuerdo con la morfología de la cápside; a la izq. detalle de las partes de un virus bacteriófago. Fuente: <http://www.bionova.org.es/biocast/tema20.htm>:



Copyright © 2006 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

**Figura 20.6.** Imágenes de virus realizadas con microscopio electrónico de transmisión. Fuente <http://academic.pgcc.edu/~kroberts/Lecture/Chapter%2013/>

○ Virus **complejos** son los **bacteriófagos** T (literalmente *comedores de bacterias*) o de forma abreviada **fagos**. Estos virus tienen un diseño parecido a una nave espacial, constan de una cabeza icosaédrica que lleva el ácido nucleico, y una cola helicoidal que por medio de un cuello se une a una placa basal con espinas basales y fibras caudales por las que se fija a la bacteria.

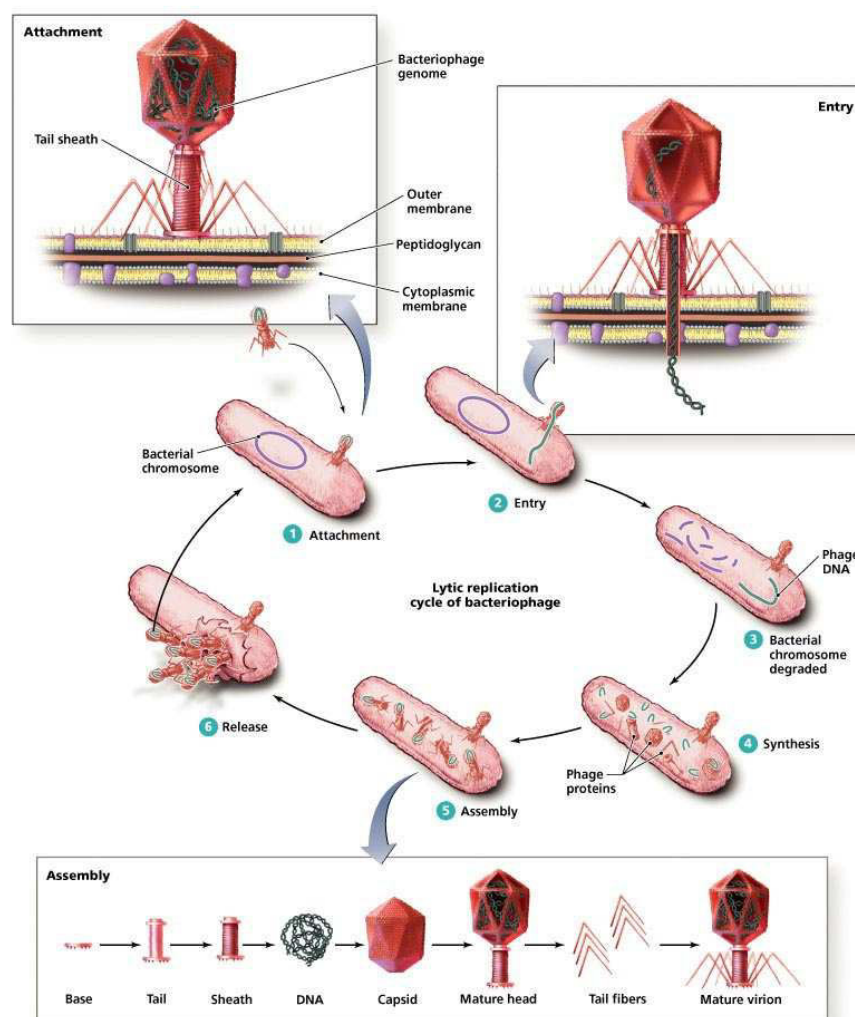


**Figura 20.7.** Bacteriófagos en la fase de fijación, situados sobre una bacteria. Fuente [http://academic.pgcc.edu/~kroberts/Lecture/Chapter%2013/13-03b\\_Bacteriophage\\_L.jpg](http://academic.pgcc.edu/~kroberts/Lecture/Chapter%2013/13-03b_Bacteriophage_L.jpg) de Pearson Educ.

## El ciclo vital del virus puede seguir la vía lítica o lisogénica

El **ciclo vírico** es el ciclo vital o ciclo infeccioso de un virus, consta del conjunto de acontecimientos que tienen lugar desde que se incorpora el virus a una célula hasta la salida de la célula de los nuevos virus formados. Por tanto, su finalidad es la **multiplicación** del virus.

El ciclo vital se ha estudiado principalmente en los bacteriófagos (o fagos), que parasitan a las bacterias. Aunque los detalles de cada etapa del virus difieren mucho de unos tipos de virus a otros, en general consiste en la entrada en el citoplasma de la célula huésped, seguida de reproducción de las partículas víricas (viriones), gracias a la maquinaria celular y la salida de los virus al exterior de la célula infectada. El ciclo se suele dividir en las siguientes fases o etapas:



Copyright © 2006 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

**Figura 20.8.** Ciclo lítico de un bacteriófago. Fuente: [http://academic.pgcc.edu/~kroberts/Lecture/Chapter%2013/13-08\\_LyticReplication\\_L.jpg](http://academic.pgcc.edu/~kroberts/Lecture/Chapter%2013/13-08_LyticReplication_L.jpg) from Pearson Educ.



✚ **Adsorción/fijación** específica. El virus se puede introducir de diferentes formas en un ser vivo, por ej., si hay alguna herida o con ayuda de insectos transmisores. Los movimientos de los virus son totalmente aleatorios, de manera que sus encuentros con las células son resultado del azar. Sin embargo, las cápsides, o las envolturas lipoproteicas, disponen de proteínas **específicas** capaces de reconocer receptores glucoproteicos de la membrana celular. Por eso los virus son específicos de cada tipo de células, por ejemplo, el de la polio ataca a neuronas, el del sida a ciertos linfocitos, el de la hepatitis a las células hepáticas del hígado, etc.

✚ **Penetración** del ácido nucleico viral. Una posibilidad es que penetre todo el virus en el citoplasma celular o que inyecte sólo su ácido nucleico y algunas proteínas acompañantes. En el caso de virus con envoltura suelen fusionar su envoltura con la membrana plasmática de la célula y entra la cápside completa.

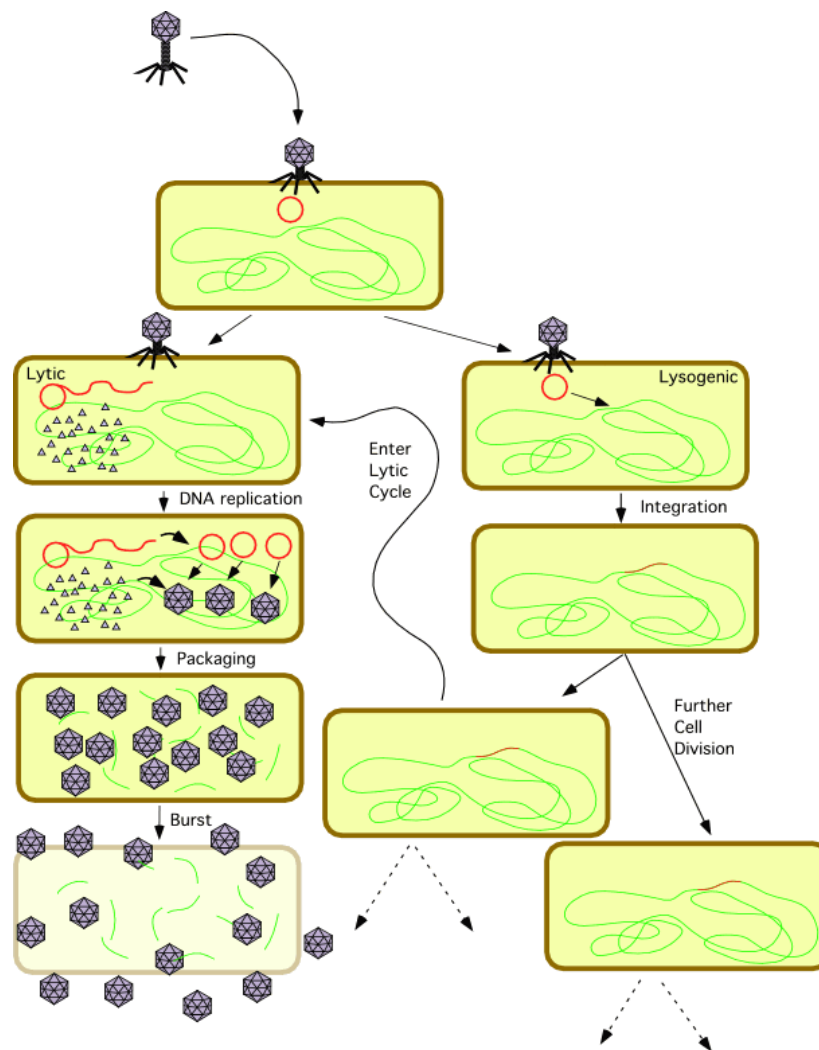
✚ **Eclipse y replicación.** Aparentemente el virus desaparece y difícilmente puede ser observado al microscopio electrónico, pues ya no tiene ni la cápside ni las envolturas. La explicación es que el material genético se ha integrado en el metabolismo de la célula y comienza a utilizar la maquinaria de la célula huésped para hacer copias de su genoma y dirigir la síntesis de nuevas proteínas víricas. Según la duración de esta fase de eclipse hay dos tipos de ciclos: en unos casos es de corta duración y en otros de larga duración.

El **ciclo lítico** es la modalidad más frecuente, que presentan la mayoría de los virus. El ácido nucleico del virus se hace con el control de la maquinaria celular y comienza la fase de multiplicación vírica. El periodo de **eclipse** es muy **corto**, dura unos cuantos minutos, los que transcurren entre la entrada del ácido nucleico vírico al citoplasma y el ensamblaje de las primeras partículas víricas de la nueva generación.

El **ciclo lisogénico** es propio de ciertos bacteriófagos, y también de algunos virus de células animales. El periodo de **eclipse** es muy **largo**, pudiendo en algunos casos llegar a durar años, pues los virus una vez que infectan a la célula, en vez de destruirla, incorporan su ADN al de la célula, y se replican juntos, permaneciendo en estado de vida latente. Cuando están en estado latente, sin que se expresen sus genes se les denomina **virus atenuados, atemperados o profagos**. De esta forma todas las células hijas nuevas también estarán infectadas. El ciclo lisogénico se mantiene hasta que se produzca un estímulo externo que haga que el profago se convierta de nuevo en un virus activo, y revierte al ciclo lítico. Mientras la célula está infectada, y contenga el ADN del profago, está inmunizada frente a infecciones de otros virus del mismo tipo.

✚ **Reproducción y ensamblaje.** Una vez fabricadas las copias del ácido nucleico del virus, se sintetizan cada uno de sus componentes separados. Los virus son muy sencillos y las estructuras que lo componen se auto-ensamblan con rapidez.

✚ La **liberación** de los nuevos virus depende del tipo de célula parasitada. A veces ocupan todo el volumen celular, acaban por romper la membrana y salen al exterior, en este caso la célula **muere**. También se puede producir una infección permanente de la célula y la liberación es por **exocitosis** dentro de vesículas secretadas por la propia célula. Los que poseen envoltura lipoproteica se liberan arrastrando un fragmento de la membrana celular que constituirá su nueva envoltura.

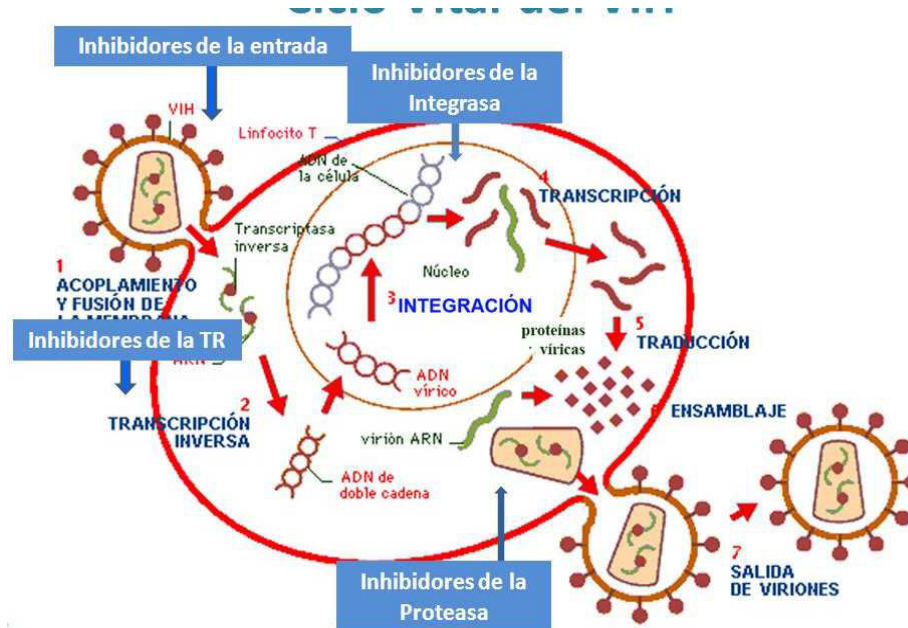


**Figura 20.9.** Ciclo lítico y lisogénico de un bacteriófago. Fuente:

### Los retrovirus copian el ADN a partir del ARN

Los **retrovirus** detentan peculiaridades biológicas que los hacen muy diferentes de los otros grupos de virus y que han dado lugar a la reinterpretación del dogma central de la biología molecular. Los retrovirus son un grupo de **virus** con **ARN** que se replican de manera inusual a través de una forma intermedia de ADN bicatenario. Este proceso se lleva a cabo gracias a la enzima **retrotranscriptasa** o transcriptasa inversa, que dirige la síntesis de ADN a través de ARN y posee una importancia extraordinaria en la **manipulación genética**. Una vez formado el ADN, los retrovirus son capaces de incorporarlo a los cromosomas de las células infectadas y de inducir cambios en ellas.

Una de las consecuencias de este fenómeno es la enorme capacidad de los retrovirus para modificar los genes del huésped, por lo que representan una importante fuerza en la evolución de los vertebrados. Se calcula que cerca de la décima parte del genoma humano está compuesto por secuencias de genes procedentes de retrovirus.



**Figura 20.10.** Ciclo vital del virus del HIV (virus del SIDA). Fuente

Ejemplos de retrovirus son el virus del **sida (VIH)** y virus **oncogénicos**, es decir, virus que pueden desarrollar tumores cuando integran su genoma en el material genético celular. En el caso concreto del VIH, las células infectadas son principalmente los linfocitos Th o T colaboradores, que tienen en su membrana proteínas receptoras llamados CD4 que son reconocidas por la proteína gp120 de la envuelta del virus. Una vez que se unen, al producirse la fusión de la membrana de la célula con la envuelta del virus, se libera el contenido del virus en el citoplasma.

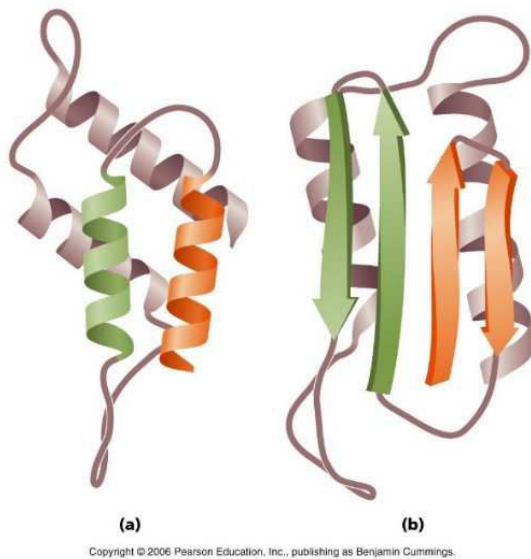
El virus contiene dos copias de ARN monocatenario y dos enzimas -la transcriptasa inversa y la integrasa-. El ARN vírico con ayuda de la transcriptasa inversa produce copias de ADN, y este ADN vírico emigra al núcleo y se integra con el ADN celular gracias a la integrasa. Allí puede permanecer en estado de latencia como provirus, de modo que cuando la célula se divide también replica el ADN vírico, y va pasando el profago a las células hijas. Como se comentó antes, en un momento dado el ciclo lisogénico se detiene y el ADN vírico se transcribe formando el ARN vírico que se traduce para originar las proteínas estructurales y enzimáticas del virus. Tras el ensamblaje se liberan los viriones por gemación, pues un fragmento de la membrana celular pasara a formar la envuelta del virus.

### Sabemos poco de viroides y priones

Se podría pensar que no hay agentes infecciosos más simples que un virus, pero no es verdad. La **Tabla 1** resume las características de las formas acelulares comparadas con bacterias.

Se conocen unas dos docenas de enfermedades que padecen los **vegetales** provocadas por viroides que son fragmentos de **ARN desnudo** monocatenario y circular. Los viroides son los agentes infecciosos más pequeños y más simples conocidos, carecen de cápside y de envuelta





**Figura 20.11.** Priones a) forma normal y b) forma infecciosa. Fuente: <http://academic.pgcc.edu/~kroberts/Lecture/Chapter%2013/prions.html> from Pearson Educ.

externa. No contienen información que codifique ningún tipo de proteína por lo que dependen totalmente de la maquinaria replicativa de la célula hospedadora. En comparación con otros patógenos de las plantas, los viroides son extremadamente **pequeños** en tamaño, unos 246 a 467 nucleótidos, mientras que el genoma de los virus más pequeños conocidos tiene alrededor de 2,000 nucleótidos. El modo en que el viroide llega hasta la célula vegetal y lo infecta se desconoce totalmente. De momento no se conocen viroides de ADN pero no se puede descartar que existan.

Los **priones** son también partículas infecciosas, pero sin ácidos nucleicos, formados solo de **proteínas**. Son responsables de una serie de patologías llamadas encefalopatías espongiformes, que se caracterizan porque las **neuronas cerebrales** degeneran y se producen huecos en la masa encefálica que recuerdan una esponja. En humanos se conocían varias enfermedades incurables de este tipo, pero muy poco frecuentes, como la enfermedad de Creutzfeldt-Jacob y el kuru, y otras similares en el ganado.

En los años 90, por un problema con los piensos, el llamado *mal de las vacas locas* se extendió desde el Reino Unido a buena parte de Europa afectando a cientos de miles de reses y de personas. Se estableció que el agente que producía la nueva variante de la enfermedad de Creutzfeldt-Jacob podía ser también un prión, que pasaba de las vacas a las personas.

Los priones son una forma modificada de una proteína **natural** existente en el organismo, con la misma secuencia de aminoácidos pero diferente estructura secundaria y terciaria. Al entrar en contacto con las proteínas originales provoca un cambio conformacional que la transforma en priones. Una sola molécula de prión puede **inducir** la **transformación** de muchas moléculas originales, que a su vez adquieren capacidad transformadora, produciendo un efecto cascada.

Al parecer las defensas inmunitarias son incapaces de destruirlos, pues no la reconocen como extraña ya que la diferencia con la proteína normal es mínima. Investigaciones recientes apuntan a que los priones no sólo tienen un papel negativo, también pueden influir en el crecimiento de nuevas conexiones sinápticas y en su plasticidad.

**Tabla 1.** Resumen de las características de las formas acelulares comparadas con bacterias Fuente: <http://academic.pgcc.edu/~kroberts/Lecture/Chapter%2013/prions.html>

	Bacteria	Viruses	Viroids	Prions
<b>Width</b>	200–2000 nm	10–300 nm	2 nm	5 nm
<b>Length</b>	200–550,000 nm	20–800 nm	40–130 nm	5 nm
<b>Nucleic acid?</b>	Both DNA and RNA	Either DNA or RNA, never both	RNA only	None
<b>Protein?</b>	Present	Present	Absent	Present (PrP)
<b>Cellular?</b>	Yes	No	No	No
<b>Cytoplasmic membrane?</b>	Present	Absent (though some viruses do have a membranous envelope)	Absent	Absent
<b>Ribosomes?</b>	Present	Absent (with one exception)	Absent	Absent
<b>Growth?</b>	Present	Absent	Absent	Absent
<b>Self-replicating?</b>	Yes	No	No	Yes; transform PrP protein already present in cell
<b>Responsiveness?</b>	Present	Some bacteriophages respond to a host cell by injecting their genomes	Absent	Absent
<b>Metabolism?</b>	Present	Absent	Absent	Absent

Copyright © 2006 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

## 20.3 LOS PROCARIOTAS PUEDEN SER ARCHEAS O BACTERIAS

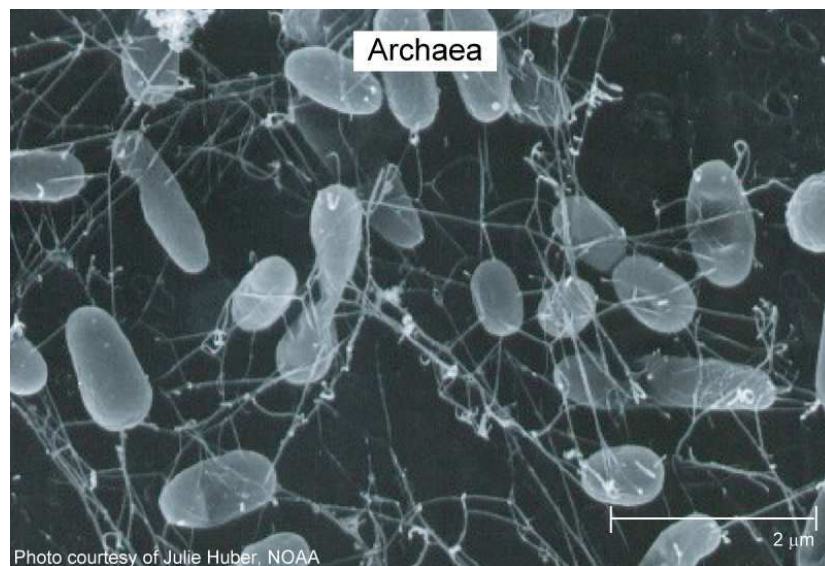
Los seres vivos procariontes son los más **antiguos** del planeta, han colonizado con éxito todos los ambientes susceptibles de albergar vida, habitan en las aguas oceánicas y continentales, en las partículas de polvo atmosférico y en general en ecosistemas de cualquier franja climática. Muchos de ellos se han adaptado a vivir en el interior de organismos pluricelulares con los que han establecido relaciones de parasitismo, comensalismo e incluso de simbiosis.

Una de las razones de su éxito es que han desarrollado muchas y variadas **formas** de obtener la **materia** y la **energía** de su entorno, pues necesitan mantener un elevado ritmo metabólico (Ver **Anexo 2**, al final del tema). Entre ellos los hay aerobios y anaerobios, autótrofos o heterótrofos, fotosintéticos y quimiosintéticos, etc. con todas las variantes metabólicas que se pueda imaginar (ver **Tema 16**).

### Las arqueas no son arcaicas

Las **arqueas** son un grupo de procariontes formado por unas 250 especies, que al igual que las bacterias, presentan un nivel de organización celular sencillo, sin núcleo ni orgánulos membranosos, pero dadas sus diferencias genéticas conforman un auténtico **dominio** y un **reino**.

El nombre **archea** significa *arcaico*, *antiguo*, porque las primeras especies se descubrieron en ambientes un tanto extraños, que se correspondían con las características que se podrían suponer en una Tierra primitiva, como altas Tª o carencia de oxígeno y fueron clasificadas como bacterias (arqueobacterias) dentro del antiguo reino Monera, aunque esta clasificación ya está obsoleta (ver **Tema 1**).



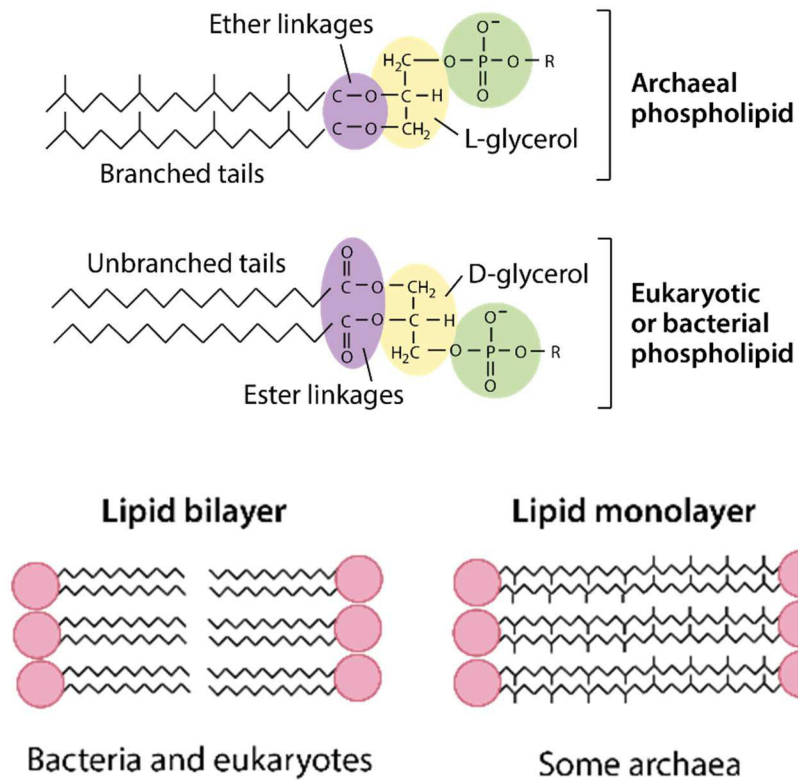
**Figura 20.12.** Imagen al microscopio electrónico de arqueas. Fuente: <http://aprenderemicrobiologia.blogspot.com.es/p/dominio.html>

En principio se consideró que este carácter **extremófilo** era una característica exclusiva de las arqueas, pero pronto se vio que algunas especies de este grupo habitaban en ambientes con condiciones mucho más suaves, por ej. los océanos donde se calcula que constituyen hasta un 20 por ciento de los microbios libres que hay a la deriva, o en el estómago de los vertebrados, donde producen metano. Por otra parte también existen bacterias adaptadas a vivir en condiciones extremas.

Agrupar las arqueas con las bacterias no tiene mucho sentido desde un punto de vista biológico. Si bien, como las bacterias, las arqueas no tienen núcleo celular, también comparten rasgos con los eucariotas. Una arquea convierte el ADN en proteínas de manera muy diferente de, por ejemplo, el estreptococos, de hecho, la **síntesis de proteínas** en las arqueas es más similar al proceso humano que a las bacterias, pues poseen genes con exones, intrones e histonas y varias rutas metabólicas que son más cercanas a las de los eucariotas, en especial en las enzimas implicadas en la transcripción y la traducción.

Un dato llamativo es que las **membranas** celulares de las arqueas son completamente diferentes de las poseen las bacterias y los eucariotas. En este aspecto las arqueas son únicas, su membrana está formada por una monocapa de éteres lipídicos, en vez de la típica bicapa de fosfolípidos que presentan el resto de seres vivos (**Fig. 20.13**). También la **pared** es distinta, está formada de pseudomureína, un compuesto parecido a la mureína y en otros casos por diversas proteínas. Algunos géneros de arqueas carecen de pared.

Otra característica importante es la gran variedad de **vías metabólicas** que presentan. Recurren a diversas fuentes de energía, además de compuestos orgánicos comunes, como los azúcares; hay arqueas que utilizan amoníaco, iones metálicos o incluso hidrógeno como nutrientes. Hay



**Figura 20.13.** Comparación entre la membrana celular de las arqueas y seres vivos de otros dominios. Fuente: <https://es.khanacademy.org/science/biology/bacteria-archaea/prokaryote-structure/a/prokaryote-structure>

especies **halófilas** (que viven en medios con elevada concentración de sales) que son autótrofas capaces de usar la luz como fuente de energía, pero no tienen clorofila en su membrana sino un pigmento llamado **bacteriorodopsina** (similar a la rodopsina de nuestra retina) que le da un color púrpura y que reacciona con la luz produciendo un gradiente de protones que les permite la síntesis de ATP. También hay especies quimiosintéticas, aunque la mayoría son heterótrofas.

Las arqueas extremófilas, en particular las resistentes a las altas temperaturas o a los extremos de acidez y alcalinidad, son un recurso importante por ser una fuente de enzimas adaptados a estas condiciones. Estas **enzimas** tienen una amplia gama de usos industriales. Por otro lado, las arqueas **metanógenas** son muy útiles en el tratamiento de aguas residuales, realizando la digestión anaeróbica de los residuos y produciendo biogás. Otra aplicación destacada son los **antibióticos** porque si tienen una estructura química diferente a los antibióticos bacterianos, pueden tener también un modo de acción diferente y ser más efectivos en los casos de resistencias.

### Las bacterias son los seres vivos más abundantes del planeta

Las bacterias son los microorganismos, no sólo más antiguos sino también más **abundantes** en la superficie del planeta. Se han descrito unas 4000 especies de bacterias y se calcula que quedan

por descubrir entre 500.000 a 4 millones. Para hacernos una idea de su cantidad, un gramo de tierra puede contener hasta  $50 \cdot 10^6$  de células bacterianas.

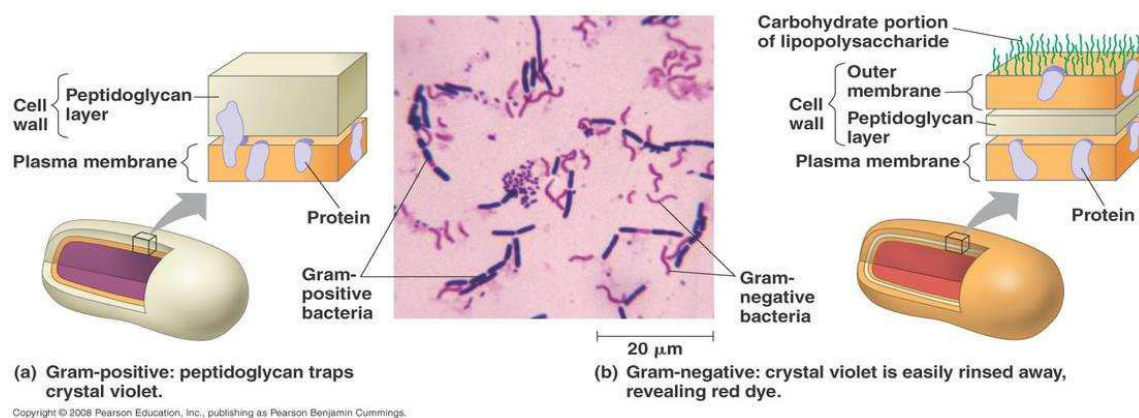
Las bacterias son microorganismos muy sencillos, cuyo tamaño medio oscila entre 1 y 10 micras. (Fig. 20.3). Este tamaño es la décima parte de una célula eucariota, pero eso no impide que realice todas las funciones vitales. Las células de las bacterias tienen las siguientes estructuras:

**Pared bacteriana:** envuelve y protege a la célula, dándole forma y rigidez. Entre las funciones de la pared celular cabe citar:

- Mantiene la forma de la célula y previene la lisis osmótica
- Regula el intercambio de sustancia con el medio externo
- Proporciona carga negativa a la superficie celular
- Posee componentes con capacidad antigénica

Salvo los micoplasmas, todas las bacterias tienen pared que, con algunas excepciones, está formada principalmente por **peptidoglucano** o **mureína**, un heteropolisacárido unido a cortas cadenas peptídicas (ver Tema 3). La estructura de la pared permite diferenciar las bacterias en dos grupos (Fig. 20.14):

- Las bacterias **Gram positivas** (G+) tienen paredes anchas, con numerosas capas de mureína reforzadas con ácido teicoico y se tiñen de color violeta en la tinción de Gram. Estas bacterias al carecer de membrana externa, son menos resistentes a ciertas sustancias químicas.
- Las bacterias **Gram negativas** (G-) tienen una delgada capa de peptidoglucano cubierta por una membrana externa, a la que se une por enlaces covalentes mediante lipoproteínas. Las bacterias Gram – se tiñen de color rosado con la tinción de Gram. La membrana externa contiene moléculas de lipopolisacárido exclusivas de las bacterias, esto le confiere resistencia frente a sustancias antibacterianas.



**Figura 20.14.** Diferencias entre pared de bacterias grampositivas y negativa. Fuente:

[http://semoneapbiofinalexamreview.Wikispaces.com/J.%20Prokaryotes%20\(27\)](http://semoneapbiofinalexamreview.Wikispaces.com/J.%20Prokaryotes%20(27)) from Pearson Educ.



## Anexo 1. ¿En qué consiste la tinción de Gram?

1. Se extiende la muestra recogida en un portaobjetos haciendo un frotis, y se deja secar al aire.

2. Se aplica metanol para fijar las bacterias en la superficie.

3. Se añade violeta de genciana, un colorante que tiñe todas las bacterias grampositivas de color púrpura y a continuación iodina que actúa como mordiente, ayudando a que penetre más el colorante. Se debe dejar durante un minuto para que haga efecto.

4. Se lava la muestra con alcohol para eliminar el colorante y el mordiente sobrantes. Es la parte más importante de la prueba, ya que si se deja demasiado tiempo se desteñirían todas las bacterias. Después se lava de nuevo con agua para eliminar el alcohol.

5. Se añade fucsina o safranina, colorantes que tiñe de rosa las bacterias gramnegativas que no se han teñido de color púrpura. Así se pueden observar al microscopio sino sobre fondo blanco no se distinguirían.

**La membrana** celular es similar a las membranas plasmáticas eucariotas. Dado que las bacterias carecen de orgánulos de membrana, realizan un número importante de funciones, entre las que se incluyen respiración y transporte en la membrana celular, para ello en su cara interna tienen sistemas enzimáticos responsables del transporte selectivo de sustancias, de la cadena de transporte de electrones, otros que colaboran en la duplicación del ADN, etc.

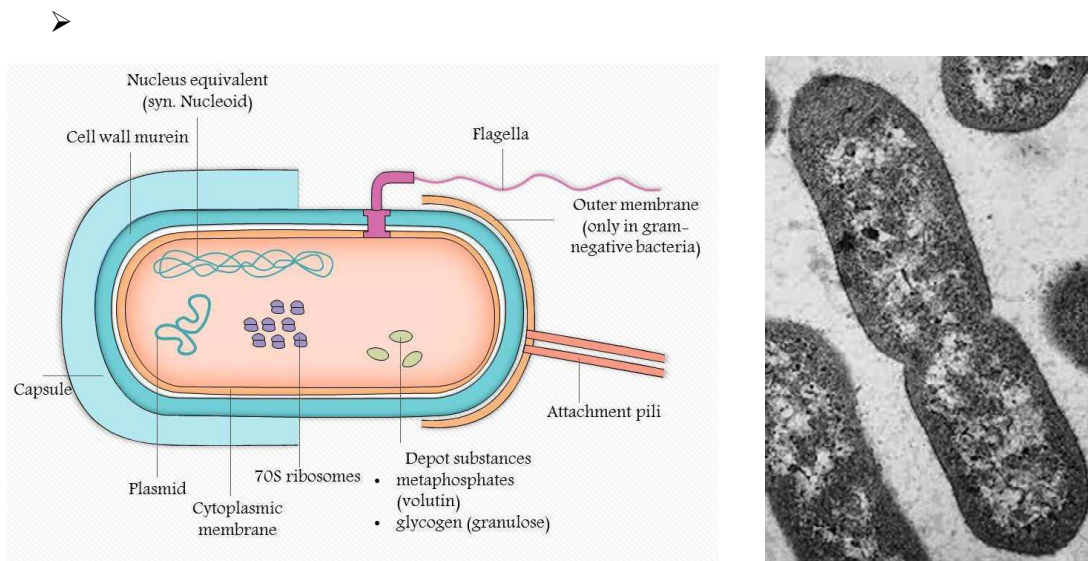
El **citoplasma** bacteriano está formado por una matriz gelatinosa con alto contenido en agua y de aspecto granuloso, que contiene proteínas y enzimas y alberga los **ribosomas 70 S** característicos de los procariontes, así como diversas **inclusiones** de naturaleza muy variada, según el tipo de bacterias. Recientemente se ha descubierto que tienen filamentos, y por tanto un sencillo citoesqueleto que interviene en la forma celular y en la división binaria, con proteínas similares a la tubulina, actina y miosina de los eucariotas.

El nucleoide es la zona del citoplasma donde se encuentra el **cromosoma** bacteriano y, a veces, **plásmidos**. Las bacterias son haploides, generalmente tienen un único cromosoma formado por ADN bicatenario, circular y superenrollado, asociado a proteínas con funciones similares a las histonas de eucariotas.

Otras estructuras que tienen algunas bacterias o que dependen de las condiciones ambientales son:

➤ **Los plásmidos** son pequeñas moléculas de ADN bicatenario circular independientes del cromosoma principal, si bien pueden integrarse en éste. No son imprescindibles para la bacteria, pero les aporta alguna ventaja selectiva, por ejemplo resistencia a antibióticos.

➤ **La cápsula** es una capa gruesa gelatinosa situada por fuera de la pared compuesta de sustancias glucídicas que protege en caso de adversos, como la sequedad o los anticuerpos. También puede servir también como elemento de fijación al sustrato.



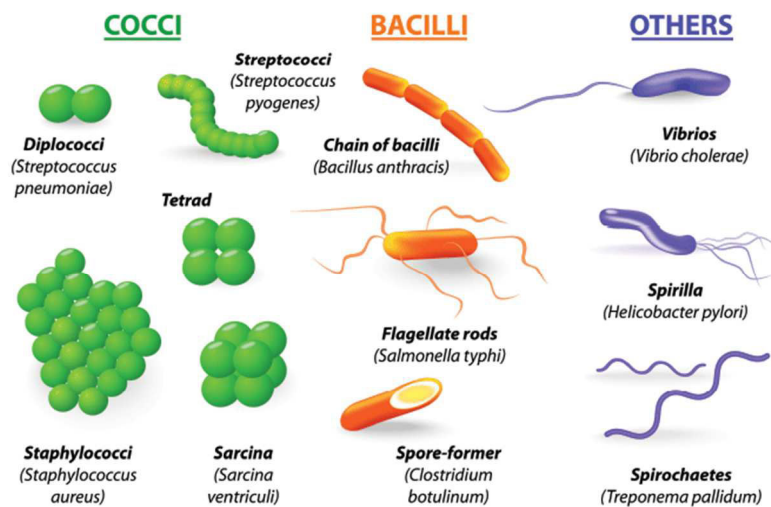
**Figura 20.15.** Esquema e imagen real al microscopio electrónico de una célula bacteriana. Fuente:

- **Los flagelos** son apéndices finos, que sobrepasan la longitud de la bacteria, cuyo número oscila entre 1 y 100. Intervienen en el movimiento bacteriano, y la parte filamentosa está formada por fibrillas de flagelina trenzadas entre sí como una cuerda. En la base, el filamento es más ancho y forma un codo o gancho por el que se une a otra pieza, bastante compleja, integrada en la membrana que es la parte motora. El codo permite convertir el movimiento giratorio de la pieza motora en un movimiento helicoidal.
- **Las fimbrias** son filamentos huecos y delgados formados por la proteína pilina. No intervienen en el movimiento, sirven para adherirse a sustratos vivos o inertes.
- **Los pilis sexuales** son similares a las fimbrias, pero más largos y anchos, en número de 1 a 2 por célula. Participan en la conjugación parasexual.
- Algunos géneros (*Bacillus*, *Clostridium*) pueden formar **endosporas**, que son formas de resistencia ante situaciones adversas. Carecen de metabolismo y permite que las bacterias sobrevivan muchos años, soporten la radiación, el vacío espacial, desecación, detergentes, calor...
- En general las bacterias carecen de orgánulos de membrana, pero hay algunas excepciones, como las estructuras **membranosas** de cianobacterias, llamadas **tilacoides**, que tienen la misma función que sus homólogos de los cloroplastos o los magnetosomas de algunas bacterias.

### La morfología de las bacterias es variada

La morfología de las bacterias suele corresponder a una de estas tres formas características: una esfera denominada **coco**, un cilindro llamado **bacilo** o una forma helicoidal que recibe el nombre de **espirilo** (Fig. 20.16). Otras formas helicoidales menos frecuentes son los **vibrios** bacterias pequeñas ligeramente curvadas y en forma de coma, mientras que las **espiroquetas** tienen forma de tirabuzón (helicoidal flexible).





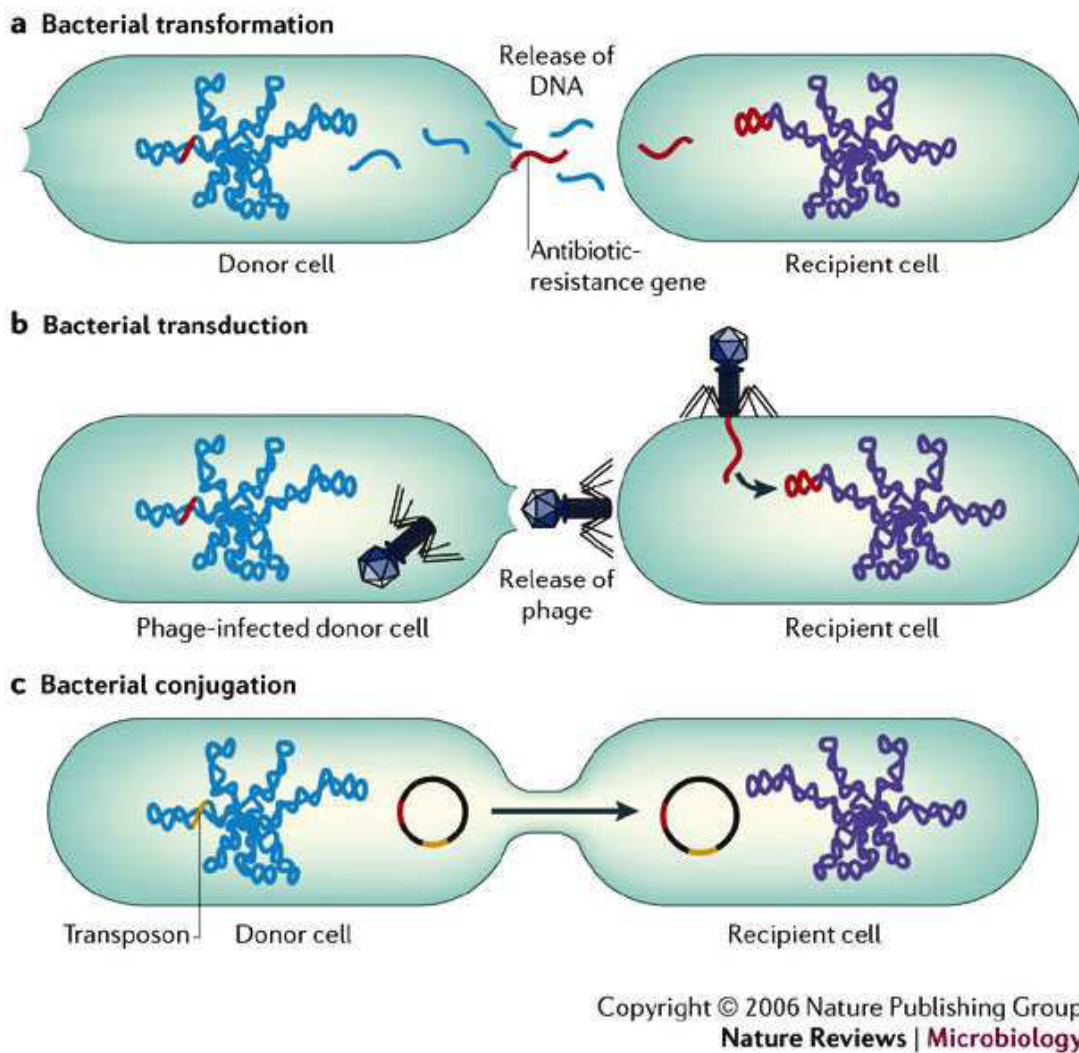
**Figura 20.16.** Morfología bacteriana con ejemplos de cada tipo. Fuente: <http://www.deardocor.com/articles/new-research-shows-bacteria-essential-to-health/>

## Las bacterias intercambian material genético

Las bacterias se reproducen de forma **asexual**, por **bipartición** o **división binaria**, a la que precede la duplicación del ADN. No hay mitosis ni meiosis. Una vez que el ADN se duplica se forma un tabique entre las dos moléculas de ADN, que divide a la bacteria en dos, separándose posteriormente las células hijas. Por tanto, las bacterias hijas son idénticamente a sus madres y en pocas horas de división se forma una clon.

Para generar variabilidad genética se valen de mecanismos **parasexuales** que permiten intercambiar información entre ellas, sean o no de la misma especie (**Fig. 20.17**). Estos mecanismos explican que diferentes clones de una misma especie sean bastante diferentes, por ejemplo, pueden presentar resistencia a diferentes antibióticos. Existen tres tipos de mecanismos parasexuales:

- La **conjugación** es un proceso por el que la bacteria considerada donadora transmite ADN, a través de los **pilis**, a otra bacteria receptora. Las bacterias donadoras poseen pequeñas moléculas de ADN, los plásmidos, que pueden ser transmitidos durante la conjugación o bien donar parte o todo su cromosoma. Antes de la conjugación, duplican su ADN para no perder información.
- La **transducción** es un tipo de intercambio que requiere un agente transmisor, que generalmente es un **virus**, el cual transporta un fragmento de ADN procedente de la última bacteria que ha parasitado a su nuevo huésped.
- La **transformación** es un proceso por el que una bacteria introduce en su interior fragmentos de ADN, que se encuentran libres en el medio procedentes de la **lisis** de otras bacterias. Este mecanismo fue el que permitió a Griffith descubrir el factor transformante (**Tema 14**).



**Figura 20.17.** Formas de intercambio de material genético entre bacterias (parasexualidad). Fuente: <http://www.slideshare.net/rbanthia2/bacterial-conjugation> from Nature

## 20.4

## HAY VARIOS TIPOS DE MICROORGANISMOS EUCARIOTAS

Los microorganismos eucariontes pertenecientes a los reinos **protista** y **fungi** se venían dividiendo tradicionalmente en tres grupos: **protozoos**, **algas** unicelulares y **hongos**. Esta división se basaba en ciertas características como la presencia o no de **pared** celular, la estructura de los órganos del **movimiento** como cilios y flagelos, y la presencia o ausencia de **pigmentos** fotosintéticos. Como se comentó en el **Tema 1**, los estudios de secuenciación de DNA y de la ultraestructura de distintos componentes celulares han demostrado que el primitivo reino Protista es en realidad un cajón de sastre con más de 60 estirpes de microorganismos eucariontes casi imposibles de agrupar en categorías taxonómicas superiores. Probablemente cuando los organismos eucariontes evolucionaron, hace entre 1.500 y 2.000 millones de años, a partir de procariontes ancestrales, tuvieron un gran éxito adaptativo y empezaron a colonizar activamente multitud de hábitats bastante diferentes. Ello trajo consigo una **gran diversificación**

**Tabla 2.** Diferencias entre los tres principales grupos de microorganismos eucariotas

	<b>Algas</b>	<b>Protozoos</b>	<b>Hongos</b>
Nutrición	autótrofa	heterótrofo	heterótrofo
Pared celular	Si, celulosa	No	Si, quitina
movilidad	Algunos con flagelos	Inmóvil, cilos, flagelos, pseudopodos	no
Importancia	Fitoplancton, biodiesel, ingeniería genética	Libres o parásitos anim.	Uso industrial.
Ejemplos	Diatomea, dinoflagelados	<i>Plasmodium</i> , <i>Entamoeba</i>	Levadura, <i>Penicilium</i>
Forma de vida	Células o colonias	Celular	Células (levaduras) o micelios

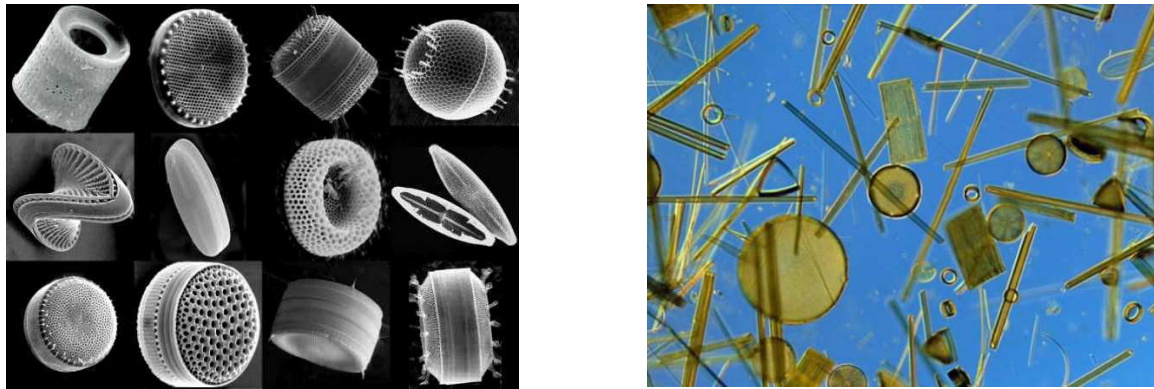
que ha quedado plasmada en la gran cantidad de estirpes que han llegado hasta nuestros días.

Los microorganismos protistas y los hongos presentan menor diversidad en el modos de obtener la materia y la energía que necesitan, solo hay dos opciones (ver Tema 16): Las algas unicelulares son autótrofos fotosintéticos y el resto de protistas junto con los hongos son heterótrofos, con diferentes estrategias: saprofitos, simbioses o parásitos. En la **Tabla 2** se resumen las diferencias más importantes de acuerdo con la clasificación tradicional.

### Las algas son protistas fotosintéticos

Las **algas** microscópicas son en su mayoría unicelulares que viven aisladas o en colonias que se encuentran formando parte del **fitoplancton** de todos los mares y aguas continentales del planeta. Entre las algas unicelulares destacan las diatomeas y los dinoflagelados.

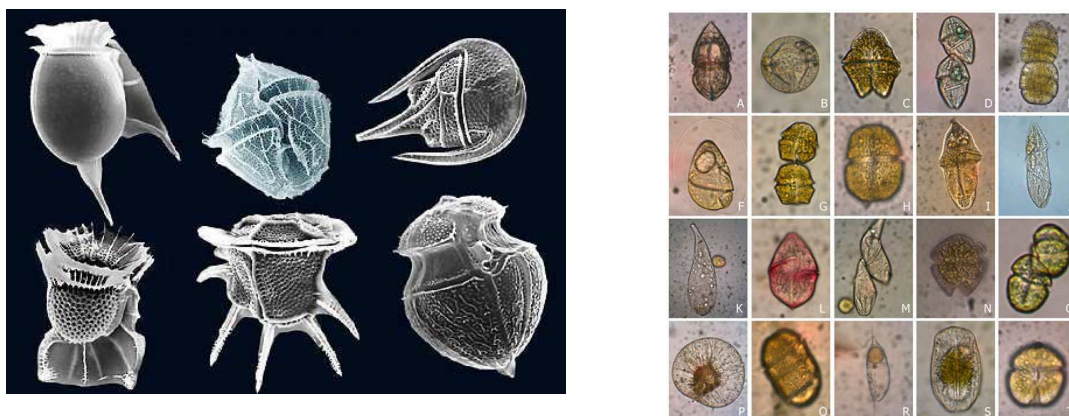
Las **diatomeas** presentan la peculiaridad de presentar una pared celular está cubierta por dos delicadas piezas de **sílice** que encajan entre sí como una placa de Petri; estas cajas, llamadas **frústulas**, están ornamentadas con numerosos poros diminutos de motivos diferentes y cuando se muere el alga se acumulan formando la tierra de diatomeas. Debido a su contenido en sílice las fústrulas son excelentes fósiles, muy útiles a los paleontólogos para reconstruir los cambios climáticos.



**Figura 20.18.** Algas diatomeas, a la izq. aisladas vistas al microscopio electrónico de barrido y a la drcha., en una preparación al microscopio óptico. Fuente: [http://www.nationalgeographic.es/ciencia/fotos/\\_mundomicroscopico/imagen/formas-de-las-diatomeas](http://www.nationalgeographic.es/ciencia/fotos/_mundomicroscopico/imagen/formas-de-las-diatomeas)

La lista de **utilidades** de la tierra de diatomeas es bastante larga, y va desde filtro para depurar agua a insecticida, o desde sustrato para fabricar dinamita, a aislante en altos hornos. La frústula se utiliza también para encapsular sustancias usadas en los tratamientos contra el **cáncer**; si se modifica el ADN de las diatomeas, pueden convertirse en **vectores** dirigidos que atacan a las células cancerosas. De ese modo, se evita la toxicidad típica de este tipo de fármacos, y al ir protegidos dentro de la cubierta de sílice, hay menos efectos secundarios.

Cerca de la mitad de las especies conocidas de **dinoflagelados** son fotosintéticos. Los **dinoflagelados** se caracterizan porque tienen una cubierta de placas rígidas de celulosa de formas muy caprichosas que se encuentran dentro de vesículas por debajo de la membrana plasmática.



**Figura 20.19.** Dinoflagelados, a la izq. ejemplares aislados vistas al microscopio electrónico de barrido y a la drcha., en preparaciones vistas al microscopio óptico. Fuente: [http://traigan.net/posts/megapost-10-increbles-criaturas-bioluminiscentes\\_i232532](http://traigan.net/posts/megapost-10-increbles-criaturas-bioluminiscentes_i232532) y [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-19572014000300014](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-19572014000300014)



Tienen dos **flagelos** situados en surcos formados por las placas, uno de ellos envuelve el centro de la célula como una faja y al moverse provoca el giro de la célula (*dinos-* significa rotación). El otro surco, perpendicular al primero, contiene el otro flagelo que al batir permite el movimiento de avance.

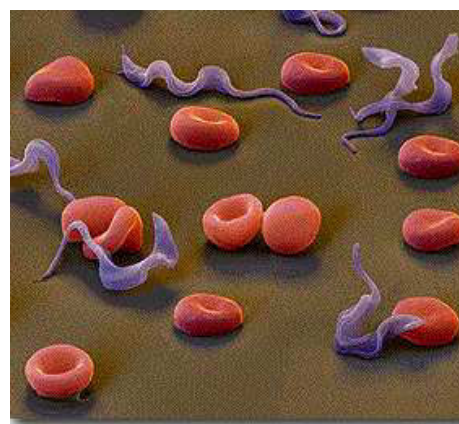
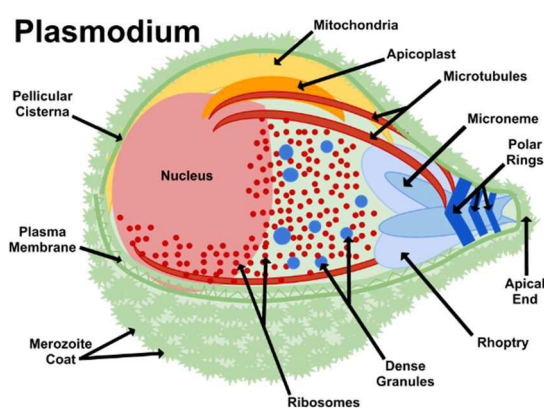
Los dinoflagelados son conocidos porque algunas especies, cuando se reproducen en grandes cantidades, producen toxinas que forman las **mareas rojas**, contaminantes de los criaderos de moluscos. Otras especies viven endosimbióticas en anémonas, corales, esponjas, moluscos, etc., son llamadas *zooxantelas* y son responsables en gran medida el crecimiento de los **arrecifes de coral** de los mares tropicales, uno de los ecosistemas más diversos del planeta.

La importancia de las algas microscópicas radica en que realizan la mayor parte de la **fotosíntesis** de la Tierra siendo el primer eslabón de las cadenas tróficas de los ecosistemas acuáticos, liberando grandes cantidades de oxígeno a la atmósfera. Por otro lado, son la base más económica para la síntesis de **biodiesel**, en particular las diatomeas, por su elevado % de ácidos grasos, aunque de momento no pueden hacer frente a los combustibles tradicionales.

### Los protozoos son profistas sin pared

Los protozoos son microorganismos eucariotas unicelulares heterótrofos **sin pared** celular. La mayoría son de vida libre y se desplazan por cilios o flagelos en medios acuáticos o húmedos, aunque algunos se han adaptado al parasitismo, produciendo enfermedades en el hombre.

Atendiendo a su movilidad, los protozoos pueden ser ciliados, flagelados, rizópodos (con pseudopodos) o esporozoos (parásitos celulares y por tanto inmóviles), aunque esta clasificación no tiene ningún valor filogenético. Entre los parásitos del ser humano destacan algunos causantes de **enfermedades** graves, como el *Plasmodium falciparum*, que causa la **malaria**, el *Trypanosoma brucei gambiense*, responsable de la enfermedad del **sueño**, o la *Entamoeba histolytica*, agente de una de las variedades más graves de **disentería**.



**Figura 20.21.** Protozoos patógenos. A la izq. esquema de la organización interna de *Plasmodium*.

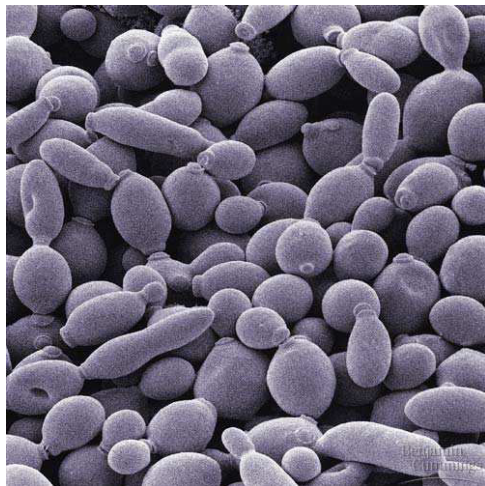
Fuente: <https://en.wikipedia.org/wiki/Plasmodium> y a la drcha. imagen al microscopio electrónico de barrido de una muestra de sangre con *Trypanosoma*. Fuente: <http://allaboutsleepingsickness.blogspot.com.es/>

## Los hongos tienen pared de quitina

El heterogéneo reino de los **hongos** agrupa a organismos eucariotas, con pared celular rígida formada por quitina. Los hongos son heterótrofos, la digestión es externa con ayuda de enzimas secretadas al medio, tras la digestión absorben los nutrientes.

Hay hongos **parásitos**, tanto de plantas como de animales, causando enfermedades conocidas como micosis, por ejemplo, las tiñas, royas, el cornezuelo, pie de atleta, etc. Los hongos **saprotitos** ocupan en los ecosistemas el nivel trófico de los descomponedores, siendo responsables de la mineralización de los bioelementos; y ej., de hongos **simbióticos**, son los que forman los líquenes, al unirse con las algas, o las micorrizas que viven con las raíces de plantas. Los principales hongos microscópicos son las **levaduras** y los **mohos**, pero estos grupos no tienen ningún valor taxonómico. Las **levaduras** son hongos unicelulares que pertenecen al grupo de los ascomicetos. Tienen una gran importancia económica, pues las **fermentaciones** del vino, cerveza y pan las realizan levaduras del género *Saccharomyces*. El género *Candida*, también de la familia de los *sacaromicetos*, es bastante común en la piel y mucosas. Puede ocasionar infecciones cuando se rompe el equilibrio del ambiente en el que viven, por una bajada de defensas, etc.

Se utiliza el nombre de **mohos** para referirse a una fina capa pulverulenta, de diverso color, que se forma sobre la materia orgánica como pan, fruta, queso, carne etc., que es fabricada por hongos saprotitos microscópicos, pluricelulares filamentosos, pero también por ciertas especies del reino protista, como puede ser el **mildiu** de la **vid**. Si bien muchos mohos son perjudiciales porque estropean la fruta y los alimentos, otros tienen gran utilidad. Los **antibióticos** son producidos principalmente por mohos como *Penicillium*, que tratan de impedir el desarrollo de las bacterias que competirían con ellos por los nutrientes del medio.



**Figura 20.20.** Hongos microscópicos vistos al microscopio electrónico de barrido, a la izq. muestra de levadura (*Saccharomyces*) en gemación y a la drcha., una muestra de *Penicillium* reproduciéndose asexualmente, cada una de las esferas es una espora. Fuente: <https://microral.wikispaces.com/5.+Micolog%C3%ADa+general> y <http://www.digopaul.com/es/english-word/penicillium.html>

## Anexo 2. Formas de obtener materia y energía en procariontas

Los carbonos enlazados constituyen la columna vertebral de todas las moléculas orgánicas. La forma en que un organismo adquiere el carbono y la energía se utilizan para conocer su tipo de nutrición.

**1. Autótrofas:** la fuente de carbono es inorgánica (CO<sub>2</sub>) y utilizan energía radiante o química para construir moléculas orgánicas a base del carbono inorgánico.

**a. Fotolitotrofas (Fotosintéticas):** la energía utilizada es la luz

- **Oxigénica** Usa H<sub>2</sub>O como fuente de electrones y desprenden O<sub>2</sub>. *Cianobacterias*
- **Anixogénica.** No utiliza agua sino otros productos como SH<sub>2</sub>, S u otros compuestos reducidos del azufre como dadores de electrones, no desprenden O<sub>2</sub>. *Bacterias rojas (purpúreas del azufre) y bacterias verdes del azufre.*

**b. Quimiolitotrofas (Quimiosintéticas):** la energía utilizada es la obtenida a partir de fuentes inorgánicas, como el hidrógeno, azufre y nitrógeno, por diversas reacciones químicas.

- Oxidadoras del nitrógeno. Ej. *Nitrosomonas* y *Nitrobacter*.
- Oxidadoras del azufre y lo transforman en ácido sulfúrico. Ej. *Thiobacillus*, arqueas
- Oxidadoras del hierro
- Oxidadoras del hidrógeno y del metano. Ej. arqueas

**2. Heterótrofas:** la fuente de carbono es orgánica, obtienen energía rompiendo los enlaces carbono-carbono en los compuestos de carbono ya existentes

**a. Fotoorganotrofas:** la energía utilizada es la luz, son algunas de las bacterias purpúreas no del azufre. Ej. *Rodospirillum*.

**b. Quimioorganotrofas:** la energía utilizada es obtenida de la oxidación de compuestos orgánicos. Estos organismos son también llamados organotrofos. A este grupo pertenecen la mayoría de los procariontas, que a su vez pueden ser:

- **Descomponedoras:** degradan materia orgánica en descomposición, cumplen un papel esencial en el ciclo del carbono.
- **Simbióticas y comensales:** bacterias asociadas a otro ser vivo con beneficio mutuo. Ej. bacterias de la flora intestinal que producen vitamina K
- **Parásitas:** bacterias que sobreviven a expensas de otro ser al que causan un perjuicio. Ej. *Mycobacterium tuberculosis*.



**CUESTIONES Y EJERCICIOS**

1. Un equipo de biólogos se encuentra investigando un agente infeccioso desconocido. Tras varios ensayos en el laboratorio encuentran que:

- No puede observarse con el microscopio óptico, pero sí con el electrónico. Además los ejemplares encontrados tienen todos el mismo tamaño
- Su forma es esférica
- Se reproduce en el interior del organismo humano
- Sin embargo, no ha sido posible su reproducción cuando es obtenido desde los fluidos corporales de una paciente y se intenta que se multiplique en los medios de cultivo del laboratorio

Indica si con estos datos se puede saber si es un virus o una bacteria. Razona la respuesta

2. ¿Cuáles son los componentes básicos de un virus? ¿Por qué necesitan siempre una célula de intermediaria para su duplicación? ¿Qué es un retrovirus? Pon ej. de alguno que conozcas.

3. En el laboratorio se obtuvo un bacteriófago que tiene la cápside del fago T2 y el ADN del fago T4. Si con el bacteriófago obtenido se infecta una bacteria, razona :

- a) ¿Los fagos descendientes tendrán la cápside del T2 o del T4?
- b) ¿Los fagos descendientes tendrán el ADN del T2 o del T4?

4. Watson y Crick sin haber estudiado a fondo las cápsulas de los virus ya predijeron que deberían estar formadas por unidades más pequeñas (capsómeros) repetidas, como así fue. Dedúcelo tú también, razonando la respuesta