



## BLOQUE IV EL MUNDO DE LOS MICROORGANISMOS Y SUS APLICACIONES. BIOTECNOLOGÍA

1. Microbiología. Concepto de microorganismo.
2. Criterios de clasificación de los microorganismos.
3. Microorganismos eucarióticos. Principales características de algas, protozoos y hongos.
4. Bacterias.
  - 4.1. Características estructurales.
  - 4.2. Características funcionales.
    - 4.2.1. Reproducción.
    - 4.2.2. Tipos de nutrición.
5. Virus.
  - 5.1. Composición y estructura.
  - 5.2. Ciclos de vida: lítico y lisogénico.
6. Partículas infectivas subvirales: viroides y priones.
7. Métodos de estudio de los microorganismos. Esterilización y pasteurización.
8. Relaciones entre los microorganismos y la especie humana.
  - 8.1. Beneficiosas.
  - 8.2. Perjudiciales: enfermedades producidas por microorganismos en la especie humana, animales y plantas.
  - 8.3. Los microorganismos en los ciclos biogeoquímicos.
9. Biotecnología.
  - 9.1. Concepto y aplicaciones.
  - 9.2. Importancia de los microorganismos en investigación e industria: productos elaborados por biotecnología.

### 1. MICROBIOLOGÍA. CONCEPTO DE MICROORGANISMO.

### 2. CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN (GRUPOS PRINCIPALES).

La microbiología es la ciencia que estudia los microorganismos. Se consideran microorganismos aquellos seres vivos que sólo se pueden observar con ayuda del microscopio óptico o electrónico. Se localizan en todas partes: en los fondos oceánicos, en el suelo, en el aire, en el interior de otros seres vivos y, en general, en cualquier lugar donde encuentren humedad, temperatura y alimentos adecuados para su desarrollo y reproducción. Incluso ambientes tan inhóspitos como los hielos de la Antártida o las aguas termales pueden contener microorganismos. Dado que la definición hace sólo referencia al tamaño, está claro que el mundo microbiano incluye seres muy diversos que pertenecen a grupos muy diferentes.

Actualmente se acepta una clasificación de todos los seres vivos en cinco grandes reinos que consideran las relaciones evolutivas (se trata de una clasificación natural, mientras que agrupar a los seres vivos según su tamaño es una clasificación artificial). Dentro de esta clasificación, encontramos microorganismos en el **reino moneras**, en el que se incluyen las bacterias y las cianobacterias (antiguas algas cianofíceas o algas

verdeazuladas) ambos con un modelo de organización celular procariota. **Reino protistas**, que agrupa a las algas y a los protozoos, ambos eucariotas y **reino hongos o fungi**, también de organización eucariota, donde se sitúan las levaduras, los mohos y los hongos propiamente dichos (las setas son sólo órganos reproductores de los hongos). Los **virus**, quedarían fuera de esta clasificación, al ser *acelulares*, aunque no deja de ser una clara discriminación hacia unos organismos que, aun siendo estructuralmente muy simples, comparten con el resto de los seres vivientes algo tan íntimo como el código genético. Si atendemos estrictamente al tamaño, deberíamos incluir algunas especies del reino metazoos, como los *rotíferos*, animales propios del plancton, algunos gusanos *nematodos* o incluso algunos artrópodos como los *ácaros* del polvo o el arador de la sarna, ambos arácnidos, (incluso todos tenemos un ácaro todavía de menor tamaño que habita en los folículos pilosos de nuestras pestañas); algunos *insectos*, como los colémbolos o algunos *crustáceos* como los copépodos del plancton podrían ser considerados igualmente microorganismos.

Los virus constituyen un grupo aparte dentro de los microorganismos, ya que carecen de metabolismo y son, por ello, parásitos intracelulares obligados causantes de multitud de enfermedades en animales y plantas; también parasitan a otros microorganismos. Según el tipo de células en que se reproduzcan, estos organismos se dividen en virus **bacteriófagos**, virus de **vegetales** y virus de **animales**, y dentro de estas categorías se sigue como criterio clasificatorio la clase de material genético que presenten.

### FORMAS DE VIDA DE LOS MICROORGANISMOS.

Pueden hacerse otras clasificaciones de los seres microscópicos, además de la taxonómica, siguiendo múltiples criterios: tipo de nutrición, relación con otras especies, utilidad para los seres humanos, papel que juegan en los ecosistemas, etc.

En cuanto al modo de nutrición, sabemos que solo hay dos tipos posibles: los organismos **autótrofos** y los **heterótrofos**. Entre los primeros, los hay que aprovechan la luz como fuente de energía (**fotosintéticos**) y los que utilizan la energía desprendida en ciertas reacciones químicas de sustancias del medio (**quimiosintéticos**). Ya hemos visto cuáles son y cuál es su importancia en los ecosistemas.

Desde el punto de vista ecológico, como integrantes de las cadenas tróficas, hay que decir que básicamente vamos a encontrar microbios pertenecientes al primer eslabón y en los últimos. Esto significa que los va a haber **productores**, que son los seres que se encuentran en la base de las pirámides alimentarias, siendo indispensables para iniciar el flujo de materia y energía en los ecosistemas. Nuevamente se trata de los organismos foto y quimiosintéticos.

Por otra parte, los organismos **descomponedores** y **transformadores o mineralizadores** son los que cierran el ciclo de la materia, son fundamentalmente microorganismos y pertenecen a los grupos de las bacterias y de los hongos. Desde el punto de vista nutricional, son heterótrofos y pueden considerarse **consumidores** muy especializados.

Si tenemos en cuenta las relaciones que pueden mantener con otras especies, así como el modo en que consiguen el alimento, se clasifican en:

Microorganismos **mutualistas y simbiotes**: son aquellos que viven asociados a otros seres vivos, beneficiándose ambos en la relación que mantienen. Hay muchos ejemplos: algas unicelulares en los corales; bacterias del intestino de los animales herbívoros; protozoos del intestino de los insectos xilófagos (comedores de madera); algas que viven con hongos formando líquenes; bacterias fijadoras de nitrógeno de las raíces de las plantas



leguminosas... La distinción entre la **simbiosis** y el **mutualismo** radica en el hecho de que, en el primer caso, ambas especies se necesitan obligatoriamente para sobrevivir, mientras que en el mutualismo, las especies involucradas viven perfectamente sin llegar a esos límites de dependencia.

Microorganismos **comensales**: viven junto, sobre o dentro (en sus cavidades, pero no en su medio interno) de otros organismos sin causarles perjuicio, pero beneficiándose ellos. Por ejemplo, las bacterias de nuestra piel, las de la cavidad bucal o incluso la flora intestinal. (No siempre está claro el tipo de relación y en ocasiones se puede pasar de una forma a otra: nuestras bacterias de la faringe son comensales, pero si encuentran un resquicio lo aprovechan e invaden nuestro medio interno. La flora vaginal evita las infecciones, la flora intestinal nos protege igualmente de especies invasoras y aporta vitaminas ¿Se podría vivir sin ellas?: la línea que separa el comensalismo del oportunismo o por el contrario del mutualismo es a veces difícil de trazar).

Microorganismos **parásitos**: establecen una relación en la que se benefician causando un perjuicio al hospedador. Son organismos de nutrición heterótrofa y pueden producir enfermedades, siendo en este caso denominados patógenos.

Ciertos microbios se alimentan activamente capturando a otros microorganismos. Por ejemplo, el protozoo paramecio se alimenta de bacterias. En este caso debería ser llamado “depredador” pero, sin embargo, se dice que es un ser de “vida libre”.

Los organismos que siendo heterótrofos descomponen materia orgánica muerta, y son responsables de su descomposición (ya sea oxidándola mediante respiración o bien fermentándola) reciben el nombre de **saprophytes** u organismos **saprobios**. Según una clasificación vista anteriormente, los microbios saprophytes son los descomponedores y transformadores.

Una última clasificación, basada en criterios utilitaristas (utilidad para los humanos) es la que diferencia entre:

Microorganismos **inocuos** o inofensivos, que en definitiva no nos afectan ni positiva ni negativamente.

Microorganismos **perjudiciales**, entre los que encontramos organismos que nos dañan indirectamente al descomponer nuestros alimentos, alterar la calidad de las aguas (bacterias anaerobias que fermentan materia orgánica) o afectar a nuestros bienes (como los hongos que destruyen la madera) y los que nos dañan directamente produciendo enfermedades y que denominamos organismos **patógenos**.

Microorganismos **beneficiosos** que son todos aquellos que pueden sernos de alguna utilidad. Existen multitud de ellos y hoy día constituyen la base de la **Biotecnología**. Muchos han sido utilizados desde tiempos remotos (levaduras que producen alcohol o bacterias del yogur, por ejemplo) pero actualmente con las técnicas de ingeniería genética se están creando microbios genéticamente modificados capaces de producir numerosas sustancias diferentes (por ejemplo, la bacteria transgénica que produce insulina humana).

Debe quedar muy clara la importancia de los microorganismos en nuestro planeta. Es solo una parte minúscula la que produce enfermedades o daños a nuestros bienes frente al gran número de especies que hacen que los ecosistemas “funcionen” y se mantengan en equilibrio. Nosotros mismos, los humanos, es posible que tuviéramos graves problemas si no contáramos con la presencia de los billones de bacterias que viven sobre o en nosotros.

### 3. MICROORGANISMOS EUCARIÓTICOS.

#### 3.1. Principales características de algas, hongos y protozoos.

Se trata de un reino que incluye organismos unicelulares y pluricelulares indiferenciados (sus células no están especializadas formando tejidos) con estructura celular eucariota. Los microorganismos clasificados en este grupo se distinguen entre sí por el tipo de nutrición: así, las **algas** unicelulares son autótrofas fotosintéticas, mientras que los **protozoos** son heterótrofos. (En este mismo reino se incluyen las algas pluricelulares, que son por lo tanto “parientes” de las anteriores si bien por su tamaño no podemos considerarlas microorganismos).

##### Algas unicelulares

Habitan en medios acuáticos o en lugares húmedos, como cortezas de árboles (comúnmente llamados verdín) o en superficies rocosas; algunas establecen simbiosis con hongos (líquenes) o con animales tales como esponjas o celentéreos, haciéndolos, por tanto, dependientes de la luz, puesto que las algas la necesitan para hacer la fotosíntesis. [Tanto las esponjas como los corales que contienen algas, necesitan fabricar su esqueleto de carbonato cálcico y lo consiguen por precipitación de bicarbonato presente en el agua. La actividad fotosintética de las algas requiere dióxido de carbono del medio. Es la retirada de este gas la que desplaza la reacción del bicarbonato hacia la precipitación en carbonato].

Las algas microscópicas pueden vivir libres o asociadas en colonias más o menos complejas; presentan una serie de pigmentos que facilitan la captación de luz para la fotosíntesis además de clorofila A. Estos pigmentos accesorios les dan coloraciones específicas. Se clasifican precisamente en función de sus pigmentos y de las sustancias de reserva que acumulan. Hay muchos grupos diferentes (saber que hay una gran diversidad de grupos y conocer algún ejemplo puede resultar suficiente):

Las **euglenofíceas** son algas verdes dulceacuícolas muy frecuentes en aguas eutrofizadas, en las que nadan libremente impulsadas por un largo flagelo. Cuando las condiciones ambientales son desfavorables, pierden ese flagelo y se enquistan, resistiendo así los períodos de sequía.

Las **pirrofíceas** se caracterizan por la coloración pardo-amarillenta de sus células y por la presencia de dos flagelos. Aunque hay especies de aguas dulces, la mayoría son marinas y forman parte del fitoplancton (A veces originan las “mareas rojas”, que son proliferaciones masivas de una especie de pirrofíceas que producen sustancias tóxicas que envenenan a los peces).

Las **crisofíceas** son otras algas unicelulares de color pardo-amarillento, entre las que destacan, por su abundancia, las **diatomeas**, caracterizadas por poseer un caparazón silíceo organizado en dos valvas. Viven en aguas de todos los climas. Al morir, sus caparazones se acumulan en los fondos marinos y originan rocas silíceas características (La más frecuente es la diatomita. La arena de los filtros de las piscinas también está formada por estos caparazones).

Las **clorofíceas** o **algas verdes** tienen representantes tanto uni como pluricelulares; desde el punto de vista microbiológico interesan las primeras, que se encuentran formando una parte fundamental del fitoplancton de aguas dulces. Existen muchos tipos, tanto independientes como coloniales, también las hay fijas y móviles (con flagelos).



## Protozoos

Tienen características típicamente animales, como la captura y la digestión del alimento, por lo que han sido considerados en los tratados de Zoología y de Parasitología como los «primeros animales», que es lo que significa su nombre. Desde el punto de vista ecológico, hay protozoos de **vida libre** que habitan en el agua, en el suelo o en la materia orgánica en descomposición, llegando a soportar condiciones extremas; otros son **parásitos**, causantes de enfermedades como la disentería o el paludismo. También los hay comensales, que resultan inofensivos. [Como de costumbre tenemos ese ser que nos “estropea” la clasificación, pero a la vez nos muestra el parentesco entre algas y protozoos: el género *Euglena*, tiene cloroplastos y hace la fotosíntesis, pero en ausencia continuada de luz pierde los cloroplastos y se dedica a capturar bacterias y a digerirlas como un protozoo cualquiera].

Uno de los criterios comúnmente usados para clasificarlos es el tipo de locomoción.

Así, distinguimos entre **rizópodos**, grupo que presenta pseudópodos que utilizan no sólo para su desplazamiento, sino también para la captura del alimento. Un ejemplo de este tipo son las **amebas**, que suelen vivir en agua de charcas y se enquistan cuando las condiciones ambientales les son desfavorables. Algunas especies habitan en el intestino humano sin causar daño, mientras que otras producen enfermedades como la disentería amebiana o amebiasis (fuertes diarreas).

Los **ciliados** se desplazan mediante movimientos sincronizados de los cilios que recubren su superficie. Otras especies viven fijas a un sustrato, y en ellos, la corriente inducida por el movimiento ciliar atrae a pequeños organismos de los que se alimentan. Generalmente son acuáticos de vida libre, aunque hay contadas especies parásitas. Como ejemplos puede destacar el paramecio, que se alimenta de bacterias y las vorticelas, fijas a un sustrato por un pedúnculo contráctil, muy útiles a los humanos ya que se emplean en algunos tipos de depuradoras de aguas residuales para degradar la materia orgánica (forman parte de los fangos activos).

Los **flagelados** están dotados de uno o unos pocos flagelos, de los que se sirven en sus desplazamientos; en este grupo son muy frecuentes las especies patógenas como los tripanosomas, agentes causantes de enfermedades terribles como la del sueño o de Chagas, aunque también las hay simbióticas en el intestino de las termitas (son las que degradan la celulosa).

Finalmente, los **esporozoos**, protozoos sin mecanismos de locomoción, deben su nombre al hecho de ser protozoos formadores de esporas (célula que se recubre de una gruesa cubierta resistente y realiza múltiples cariocinesis. Al romperse la cubierta saldrán muchas nuevas células); son de pequeño tamaño y parásitos obligados; algunas de sus especies son responsables de enfermedades como el plasmodium que causa el paludismo o malaria, enfermedad muy grave que afecta a millones de personas en los países tropicales de todo el mundo. El toxoplasma, muy frecuente en nuestro país causa la toxoplasmosis, enfermedad muy leve en los adultos pero que si afecta a una mujer embarazada es responsable de malformaciones en los embriones.

[Un grupo especialmente curioso de protozoos rizópodos es el de los **foraminíferos**. Presentan un caparazón, generalmente calizo, perforado por multitud de orificios que permiten la salida de finos pseudópodos utilizados en la captura del alimento. Cuando mueren, sus conchas caen al fondo del mar y constituyen las llamadas calizas de foraminíferos, que contribuyen a la formación de rocas sedimentarias; por tanto, la determinación de estos protozoos sirve para reconocer los estratos de una zona. Su

importancia para localizar bolsas de petróleo ha estimulado mucho su estudio paleontológico. Otros dos grupos, pero en este caso con caparazón silíceo son los **radiolarios** y los **heliozoos**.] [Nuevamente tenemos nuestro “eslabón de unión” entre grupos: la mastigoameba tiene un flagelo y emite pseudópodos].

## Hongos

Los hongos se clasifican en un reino aparte (fungi) debido a sus peculiares características, en parte propias de animales y en parte de vegetales.

Los hongos son, mayoritariamente, organismos **heterótrofos saprofitos**, es decir, descomponedores de materia orgánica muerta y desempeñan un papel relevante en los ecosistemas terrestres como recicladores. Pero también hay **especies parásitas** que viven sobre o dentro de otros seres vivos. Por ejemplo, hay hongos parásitos de vegetales como el *verticillium* y el *repilo* de la hoja del olivo y la “lepra de la aceituna” o “aceituna jabonosa” que afectan al fruto; la “gomosis” que ataca los conductos de la savia de los cerezos, etc. También hay hongos de animales como los que producen el “pie de atleta”, la “tiña” o la “candidiasis” (enfermedad de transmisión sexual). Hoy día se piensa que muchos hongos que antes se consideraban simplemente saprofitos, en realidad establecen con las raíces de plantas superiores relaciones de mutualismo-simbiosis; son las llamadas **micorrizas**. Estas relaciones parecen ser fundamentales para el desarrollo de los vegetales en las primeras etapas de desarrollo del embrión y a lo largo de la vida del vegetal (“setas de cardo”: hay una relación interesante e interesada entre el hongo y el cardo).

Aun siendo descomponedores y por lo tanto no parásitos, muchos hongos pueden causar pérdidas económicas al atacar a los alimentos o a la madera. Otros, sin embargo, tienen gran importancia económica, pues intervienen en fermentaciones industriales, como la fabricación del pan, la cerveza, el vino (levaduras) o en la producción de antibióticos. Otros establecen relaciones simbióticas, como los que forman los líquenes por unión con algas. En todos los casos, carecen de clorofila y se reproducen, generalmente, por esporas (reproducción asexual) que se producen tras un proceso de reproducción sexual (ciclo haplonte). De especial interés microbiológico son los mohos y las levaduras.

Los hongos, en general, tienen un **cuerpo vegetativo** constituido por filamentos celulares denominados hifas, cada célula está recubierta por una pared de quitina (como el esqueleto de los artrópodos) y almacenan glucógeno. Aguantan condiciones ambientales extremas, como las altas concentraciones de azúcares, la acidez extrema o la falta de humedad. Entre ellos, todos conocemos el moho del pan (*Rhizopus*), de aspecto algodonoso, muy frecuente también en frutas y en otros vegetales, y el género *Penicillium*, igualmente descomponedor de frutas, granos, etc., famoso por ser el productor del antibiótico penicilina. Consideramos a estos hongos como microorganismos, dado su tamaño microscópico, pero cuando proliferan en un medio se hacen visibles sobre todo por la producción de sus órganos reproductores y por las esporas que desprenden. No obstante, los hongos no son organismos conspicuos (conspicuos = bien visibles, llamativos): las hifas son filamentos más o menos largos y en conjunto pueden formar una especie de “tela de araña” blanquecina bajo la hojarasca que pasa desapercibida; solamente sus órganos reproductores o carpóforos son visibles en el exterior y a veces muy llamativos. Son lo que conocemos como **setas**.

Las levaduras se diferencian de otros hongos en que son unicelulares y se reproducen por gemación. Se encuentran ampliamente difundidas en la naturaleza, incluyendo medios acuáticos; también presentan especies patógenas de animales y vegetales. Son muy utilizadas en procesos fermentativos y como modelo para el estudio de



procesos metabólicos. Como especie más representativa se puede citar *Saccharomyces cerevisiae*, responsable de la fermentación alcohólica. Ya existe una levadura de esta especie a la que se le ha sustituido uno de sus cromosomas por otro artificial, abriendo la puerta a la creación de células eucariotas altamente modificadas.

[http://sociedad.elpais.com/sociedad/2014/03/27/actualidad/1395944376\\_149099.html](http://sociedad.elpais.com/sociedad/2014/03/27/actualidad/1395944376_149099.html)

## 4. BACTERIAS.

### 4.1. Características estructurales.

### 4.2. Características funcionales.

#### 4.2.1. Reproducción.

#### 4.2.2. Tipos de nutrición.

El reino moneras representa el primer peldaño de la evolución de los seres vivos, pues los organismos incluidos en él son unicelulares y procariotas. Dentro de este grupo se encuentran todas las bacterias y las cianobacterias (antiguamente denominadas algas cianofíceas o verde azules). [En realidad, los taxones de reino “se quedan pequeños” una vez reconocida recientemente la gran diversidad del mundo bacteriano y las enormes diferencias que hay entre algunos grupos. Por eso se ha establecido un ámbito mayor que se denomina DOMINIO. Así pues, hay tres dominios: *Archaea*, donde entran las bacterias extremófilas; *Bacteria*, donde está el resto de las bacterias y *Eucaria*, grupo al que pertenecen todos los reinos que incluyen organismos con organización eucariota. Curiosamente, hay pruebas de que las células eucariotas podrían haber evolucionado a partir de las arqueas].

Las bacterias (el término procede del griego y significa palo) son los microorganismos más extendidos en la naturaleza. Se pueden encontrar prácticamente en todos los medios, desde manantiales sulfurosos con temperaturas próximas a la ebullición del agua, hasta hielos antárticos. Aunque, en ocasiones, se agrupan para formar colonias, lo más frecuente es encontrarlas individualizadas.

Según su forma, se clasifican en **cocos**, redondeados, como por ejemplo, los *estreptococos* o los *estafilococos* (bacterias de nuestra garganta), **bacilos**, cilíndricos, (en forma de palo) como los *lactobacilos* (productores del yogur) o los *clostridios* (causantes del tétanos o el botulismo) y **espirilos** enrollados en espiral; si esta espiral es muy marcada se denominan **espiroquetas**, (como el caso de *Treponema pallidum*, agente causante de la sífilis) y si es corta e incompleta se habla de **vibrios** o bacterias en forma de coma (por ejemplo, *Vibrio cholerae*, agente del cólera).

Presentan una gran variedad de formas de vida; así, las hay **autótrofas fotosintéticas**, como las bacterias púrpuras y verdes sulfúreas, y **autótrofas quimiosintéticas**, como las bacterias nitrificantes, algunas especies de bacterias del azufre y las bacterias del metano. Algunos grupos de bacterias son especialmente importantes en los ciclos biogeoquímicos, ya que son indispensables en el reciclado de la materia al ser *mineralizadoras* (por ejemplo, las bacterias nitrificantes producen nitratos como residuo, siendo estos compuestos la fuente de nitrógeno indispensable para los vegetales. Entre las bacterias **heterótrofas**, algunas son **saprofitas** (*sapros* = putrefacción), es decir, descomponen la materia orgánica, participando, junto a las quimiosintéticas, en su reciclado; ciertas especies saprofitas son utilizadas industrialmente en la fabricación de quesos y yogures, etc.

Otras son **simbióticas**, y viven íntimamente asociadas a otros organismos, proporcionándose beneficios mutuos; tal es el caso de las bacterias intestinales de los

herbívoros, que digieren la celulosa, o las que viven en las raíces de las leguminosas fijando nitrógeno atmosférico. También las hay **comensales**, como las que habitan en nuestro intestino (flora intestinal), aprovechando nuestros desechos si bien hay quien considera que más bien se trata de una relación mutualista (nos proporcionan ciertas vitaminas). Finalmente, existen otras bacterias **parásitas** que, como consecuencia de su actividad, resultan **patógenas** ya que ocasionan un sinnúmero de enfermedades en los hospedadores, como la sífilis, el cólera, la tuberculosis, etc. [a finales del siglo XIX quedó demostrado que la causa o **etiología** de muchas enfermedades infecciosas era precisamente la actividad bacteriana, siendo el francés Louis Pasteur y el alemán Robert Koch dos de los científicos que llegaron a estas conclusiones].

Las cianobacterias son microorganismos acuáticos provistos de clorofila que les permiten captar luz solar para realizar la fotosíntesis. Se cree que son las principales responsables del enriquecimiento en oxígeno de la primitiva atmósfera terrestre, que permitió la aparición de otros organismos heterótrofos. En ocasiones forman colonias filamentosas englobadas en una cápsula mucilaginosas (en ningún caso se les puede considerar seres pluricelulares). En los ecosistemas contribuyen a la fijación de nitrógeno atmosférico en el medio acuático; en el medio terrestre constituyen algunos tipos de líquenes en asociación con hongos. [Contamos en nuestros días con la presencia de estromatolitos, un grupo de cianobacterias de los que quedan pruebas fósiles abundantes con más de 3.000 millones de años de antigüedad].

## ESTRUCTURA GENERAL DE LA CÉLULA PROCARIOTA

Existen numerosas diferencias entre las células procariotas y las eucariotas; sin embargo, también existen numerosas similitudes, ya que ambos tipos de células comparten un lenguaje genético común y un conjunto semejante de rutas metabólicas.

La característica más sobresaliente de los organismos procariotas es la carencia de un verdadero núcleo rodeado por una membrana. Su ADN se conoce como **nucleoide** (no se usa apenas este término) y se encuentra en el citoplasma. Consiste en una molécula de ADN bicatenario a la que se denomina **cromosoma bacteriano**. Normalmente suele ser circular (aunque existen bacterias con ADN lineal). Muchos microorganismos poseen, además, otras moléculas más pequeñas de ADN circular extracromosómico, denominadas **plásmidos**, que no son esenciales para el crecimiento celular pero les suelen conferir ciertas ventajas adaptativas, como por ejemplo la resistencia a los antibióticos.

Los procariotas poseen **ribosomas** muy similares a los presentes en las mitocondrias y los cloroplastos de las células eucariotas (Son algo menores en tamaño que los de los eucariotas).

Pueden presentar **inclusiones citoplásmicas** de naturaleza muy diversa: reservas de glucógeno, carbono, nitrógeno, fósforo y azufre. [Algunos microorganismos son capaces de almacenar partículas de magnetita ( $Fe_3O_4$ ). Estas inclusiones convierten a la célula en un dipolo capaz de actuar ante la influencia de un campo magnético (pueden orientarse en él como pequeñas brújulas)].

Como todas las células, los procariotas están rodeados por una **membrana plasmática**, de estructura similar a la de las células eucariotas. Esta membrana plasmática proyecta hacia el interior unos repliegues denominados **mesosomas**, en donde se localizan las enzimas implicadas en procesos como la duplicación del ADN, las cadenas respiratorias, la fotosíntesis, etc. (Estos repliegues significan un aumento neto de la superficie sin aumentar el volumen; las células eucariotas han desarrollado aún más este





sistema “inventando” los orgánulos, que son sistemas de membrana semejantes pero independientes de la plasmática).

Poseen una **pared celular** que rodea a la membrana plasmática. Les da forma y las hace resistentes a ciertas sustancias tóxicas del medio así como frente a desequilibrios osmóticos (al estar siempre en medios hipotónicos con respecto a su hialoplasma, se hinchan y la pared impide que revienten). Con frecuencia presentan, además, exteriormente una cubierta, de naturaleza glucídica, denominada **cápsula o glucocáliz** (puede haber confusión con la estructura propia de la membrana plasmática que recibe el mismo nombre).

Muchos procariotas están dotados de estructuras filamentosas denominadas **flagelos bacterianos**. El flagelo ejecuta un movimiento rotatorio que impulsa a la célula. Además, pueden presentar otras estructuras filamentosas, las **fimbrias** y los **pili**, que son huecas y rectas. Las fimbrias tampoco están presentes en todos los microorganismos, y su función parece estar relacionada con la adherencia a los sustratos. Por su parte, los pili están implicados en el intercambio de ADN entre las bacterias (se les llama también “pelos sexuales”). [El flagelo bacteriano es el gran argumento pseudocientífico del creacionismo científico: es una máquina tan compleja que de una sola mutación no ha podido surgir y cada una de sus partes por separado no serviría para nada, luego el flagelo bacteriano ha tenido que ser diseñado por dios y por extensión toda la bacteria y por extensión todos los seres vivos...]

## LAS ENVUELTAS DE LAS CÉLULAS PROCARIOTAS

Como ya se ha mencionado, los microorganismos procariotas están rodeados por una serie de cubiertas que les confieren importantes propiedades. Estas cubiertas son, de dentro a fuera, la membrana plasmática, la pared celular y la cápsula.

**La membrana plasmática** constituye una fina capa que rodea a la célula: mantiene la integridad celular y resulta una barrera altamente selectiva. En cuanto a su estructura, la membrana plasmática de los procariotas es similar a la de los eucariotas, aunque tiene diferencias en cuanto a la composición de lípidos. [Además, en algunas arqueas, como las hipertermófilas, las cadenas hidrofóbicas de la membrana se unen covalentemente entre sí, formando una **monocapa**. Esta peculiaridad facilita la adaptación a entornos con temperaturas elevadas, por la mayor estabilidad y resistencia de este tipo de membranas].

**La pared celular.** Debido a la alta concentración de solutos en el citoplasma, las bacterias se encuentran sometidas a una elevada presión osmótica. La pared bacteriana proporciona protección frente a ese choque osmótico y, además, es responsable de la forma celular. La rigidez de las paredes se debe, fundamentalmente, a una capa de **peptidoglucano o mureína**, [un heteropolisacárido formado por dos derivados de azúcar (N-acetil glucosamina y ácido N-acetil murámico) y un tetrapéptido].

[La *lisozima* es una enzima de acción bactericida que rompe enlaces glucosídicos del péptidoglucano. Las arqueas y las células eucarióticas al no tener pared de péptidoglucano poseen una resistencia natural a la lisozima. Poseemos esta enzima en la saliva y en las lágrimas].

**Tipos de pared.** Dependiendo de la estructura de la pared, el dominio *Bacteria* se divide en dos grupos: **bacterias Gram positivas y bacterias Gram negativas**. El nombre se debe a que inicialmente la distinción entre ambos grupos se llevó a cabo utilizando una tinción diferencial denominada **tinción de Gram**.

[• Las **bacterias Gram positivas** tienen una gruesa pared, formada mayoritariamente por el péptidoglucano (constituyendo alrededor del 90 %). Además, pueden presentar pequeñas cantidades de ácidos teicoicos, unos polímeros de derivados de azúcares, entre otros componentes.]

[• Las **bacterias Gram negativas** presentan una pared más fina y más compleja que las Gram positivas. El péptidoglucano representa sólo alrededor de un 10 % de la pared celular. El resto está formado por una compleja membrana externa de lipopolisacáridos, lipoproteínas y fosfolípidos, organizados formando una bicapa lipídica que se denomina generalmente LPS. Esta membrana puede resultar tóxica para los animales debido a la presencia de una **endotoxina** denominada **lípidio A**].

**Cápsula bacteriana.** Muchos procariontes poseen una cubierta, de naturaleza glucídica, denominada **cápsula o glucocálix**. Está presente en muchas bacterias patógenas, debido a que facilita la adherencia del microorganismo a los tejidos específicos del hospedador. También proporciona protección frente a los fagocitos y los anticuerpos del sistema inmunitario, así como frente a la desecación, ya que esta capa fija una cantidad considerable de agua. Las colonias de bacterias con cápsula tienen por ello un aspecto mucilaginoso.

## FISIOLOGÍA DE LA CÉLULA PROCARIOTA

Como células que son, los procariontes realizan las tres funciones vitales básicas: nutrición, relación y reproducción.

### Función de nutrición

Las células procariontes se encuentran en cualquier ambiente, por lo que presentan todas las formas conocidas de nutrición y metabolismo. Según sea su modo de conseguir materia orgánica, los procariontes se dividen en dos grandes grupos: autótrofos y heterótrofos. Dentro de estos dos grandes tipos encontramos todas las variaciones posibles de metabolismo estudiadas con anterioridad en otro tema (quimiorganotrofos, quimiolitotrofos.....aerobias; anaerobias facultativas, aerobias estrictas, anaerobias estrictas...)

### Función de reproducción

La reproducción habitual de los procariontes es la **asexual** por bipartición. En condiciones óptimas de alimento, espacio, etc. una bacteria puede duplicarse en apenas 20 minutos (calcula cuántas bacterias se producirán a partir de una sola en 24 horas). Tienen una dotación genética haploide y presentan unos **mecanismos de transferencia genética** que podrían equivaler a una reproducción sexual en cuanto a que producen variabilidad. Generalmente solo se transfieren fragmentos de ADN cromosómico en un único sentido: de un medio o un donante a un receptor. Se consideran tres mecanismos diferentes de transferencia genética:

**Transformación.** En este mecanismo de transferencia genética la célula receptora capta del medio ADN libre procedente de otra célula (si está libre es porque procede de células destruidas o rotas). Normalmente, la célula incorpora en cada transformación una pequeña cantidad de genes (Recuerda que esta fue la causa de que los pneumococos inoocuos de Griffith se volvieran virulentos: esa experiencia llevó a la demostración de que la información genética estaba en el ADN).

**Conjugación.** Implica contacto físico entre la célula donante y la receptora. El contacto se realiza mediante pelos sexuales huecos o pili, a través de los cuales se



transfiere una pequeña porción de ADN cromosómico o bien un plásmido. Se envía una de las dos cadenas de ADN del plásmido bacteriano. La célula donante fabrica la cadena perdida a partir de la que le queda y la bacteria receptora completa el plásmido recibido haciendo la cadena que le falta.

**Transducción.** Aquí el vector de la transferencia genética es un virus bacteriófago. Cuando se produce el ciclo lítico, al hacer las copias de material genético de los nuevos virus, se incorpora ADN de la bacteria hospedadora (algunos genes) al propio ADN vírico de forma accidental. De esta manera, los bacteriófagos “hijos” lo transfieren a otras células cuando las infectan en un ciclo lisogénico. La transducción puede ocurrir en muchos tipos de bacterias. Normalmente la bacteria destruye el gen propio para evitar que haya dos copias. Mediante transducción pueden transferirse artificialmente plásmidos enteros y porciones cromosómicas de tamaño relativamente grande.

Estos tres **mecanismos de transferencia** se dice que son “**horizontales**”, para diferenciarlos de la “transferencia genética vertical”, o de padres a hijos. En la evolución bacteriana, estos procesos horizontales han influido notablemente en la diversidad de las bacterias actuales ya que puede haber intercambios entre especies diferentes.

Si tenemos en cuenta la tasa reproductiva de las bacterias, está claro que aunque no dispongan de reproducción sexual, ni de meiosis, ni de recombinación, decenas de miles de generaciones en el tiempo en que, por ejemplo, los humanos nacemos, nos hacemos adultos y tenemos algún hijo (una generación) son suficientes para que aparezca toda la diversidad que podamos imaginarnos.

### **Función de relación**

En las bacterias, la función de relación se pone de manifiesto en los distintos modos de respuesta frente a los estímulos que percibe de su entorno. Estas respuestas suelen consistir en **modificaciones del metabolismo**, por ejemplo *Escherichia coli* deja de metabolizar lactosa si se añade glucosa al medio: se “ahorra” la hidrólisis del disacárido; muchas bacterias son anaerobias facultativas: si hay oxígeno, respiran y si no lo hay, fermentan. También pueden realizar movimientos (**tactismos**) de aproximación o de huida, que pueden implicar la utilización de **flagelos** o **movimientos de reptación**, según los casos. Algunos tipos de bacterias presentan una respuesta de gran valor adaptativo frente a condiciones ambientales adversas: la formación en su interior de estructuras de resistencia denominadas **esporas internas de resistencia o endosporas**. Son formaciones muy resistentes al calor, la desecación, la radiación, los ácidos, desinfectantes químicos, etc. Las bacterias que las forman se encuentran habitualmente en el suelo como por ejemplo la bacteria del tétanos, la del carbunco o la del botulismo. Además de fabricar esporas, sintetizan unas toxinas que son muy potentes).

## **5. VIRUS.**

Los virus se encuentran en el umbral que separa lo vivo de lo inerte. Son la excepción a la teoría celular (son acelulares). No pueden moverse por sí mismos, no pueden nutrirse, ya que no realizan metabolismo, no crecen y no poseen agua en su interior. Solo pueden reproducirse dentro de una célula viva a la que terminan por destruir. Por ello, **todos** los virus son **parásitos celulares**. Los virus se propagan de una célula a otra en forma de partículas infecciosas llamadas **viriones** [el virión sería la partícula inerte, realmente no viva, y el virus sería el virión a partir del momento en que toma contacto con una célula

huésped y comienza a comportarse como un ser vivo –se relaciona hasta cierto punto y se reproduce-].

La mayoría de los virus son mucho más pequeños que las bacterias; los más grandes apenas alcanzan los 100 nm de diámetro (0,1  $\mu$ ) frente a las 6-7  $\mu$  de los procariontes.

### 5.1. Composición y estructura. Clasificación.

Un virus o un virión están formados por:

- Un **ácido nucleico**, ADN o ARN pero nunca los dos juntos.
- Una cubierta proteica que rodea al ácido nucleico, la **cápsida** (o cápside), formada por unidades que se repiten, los capsómeros.
- Una **envoltura externa**, similar a la membrana plasmática de las células. Esta última solo se da en algunos virus y procede de la membrana plasmática de la célula parasitada.
- Algunos virus pueden contener, además, **enzimas víricas**. Así, los bacteriófagos poseen enzimas capaces de degradar la pared bacteriana, hecho imprescindible para poder introducir el material genético. Por su parte, ciertos tipos de virus de ARN (retrovirus) contienen enzimas **transcriptasas inversas**, necesarias para que la información sea transcrita a ADN e insertada en el genoma de la célula hospedadora. (Estas enzimas víricas tienen una gran utilidad en ingeniería genética).

La **forma de los virus** viene determinada por la disposición de los capsómeros de su cápsida. De acuerdo con ello, se clasifican en:

- **Helicoidales**: los capsómeros se disponen en hélice y el ácido nucleico queda aprisionado entre las espiras de la hélice. De este tipo es el virus del mosaico del tabaco (VMT).
- **Poliédricos-esféricos**: la cápsida tiene forma de poliedro; con frecuencia un icosaedro (poliedro regular con 20 caras triangulares). Así son los virus que causan la poliomielitis o las verrugas (papilomas). En muchos tipos de virus, cada cara triangular se encuentra subdividida en nuevos triángulos. El efecto es que el virus tiene forma prácticamente esférica.
- **Mixtos**: Puede darse una combinación de ambas formas, con una cabeza poliédrica que encierra el ácido nucleico y una cola con una vaina helicoidal, en cuyo interior hay un eje en forma de tubo, se trata de **bacteriófagos**, que son virus que infectan las bacterias. (Dibujos).

Tanto los virus helicoidales como los poliédricos pueden poseer envoltura. Por ejemplo, los virus de la gripe son helicoidales con envoltura y los de la varicela y herpes son poliédricos con envoltura.

### CLASIFICACIÓN DE LOS VIRUS.

Una forma de clasificar los virus es atendiendo a la forma de su cápsida, pero no es la única. Se pueden utilizar otras características, como el tipo de ácido nucleico que contienen, el mecanismo de infección o el tipo de célula que parasitan.

Las enfermedades producidas por virus que resultan más conocidas son, en su mayor parte, las que padecen la especie humana y, en general, los animales. Sin embargo, también las plantas y las bacterias son parasitadas por virus. Un hecho a destacar es que los diferentes tipos de virus están **especializados en atacar a un solo o unos pocos tipos de células**: por ejemplo, los virus que parasitan bacterias no atacan a las células animales.



Dentro de un organismo, la especificidad suele ser muy alta también, y así el virus del herpes solo ataca células epidérmicas y células nerviosas, el virus del SIDA solo parasita linfocitos T4, etc.

Según una teoría, los virus pueden ser fragmentos de ácido nucleico que originariamente formaron parte de las células, de modo que sólo parasitan al tipo de célula del que derivaron. En todo caso hay que pensar que los virus penetran en las células hospedadoras porque estas presentan receptores específicos en sus membranas plasmáticas, lo que equivale a decir que “reconocen” al virus. Por último, no se debe olvidar que a pesar de su sencillez, los virus están estrechamente emparentados con los seres vivos ya que se componen de los mismos materiales y, lo que es más sorprendente, comparten el mismo código genético. Otra explicación sobre su origen habla de **evolución regresiva** a partir de seres vivos más complejos, de lo que resultaría que los virus en realidad serían criaturas muy modernas (más modernas que los organismos a los que parasitan) y altamente evolucionadas con respecto a sus ancestros.

## 5.2. Ciclos de vida: lítico y lisogénico.

Los virus mejor estudiados son los que infectan a bacterias, también llamados bacteriófagos o fagos, de modo que describiremos el ciclo de infección de un bacteriófago ADN líneal de doble cadena (también existen bacteriófagos de ARN), concretamente el llamado **fago  $\lambda$** . (fago lambda).

Fuera de una célula un virus (virión) no puede reproducirse ni es capaz de realizar ningún tipo de síntesis. Cuando un virus penetra en una célula utiliza la maquinaria de esta (sus orgánulos y enzimas) para fabricar los componentes proteicos de su cápsida y su ácido nucleico. Por supuesto, también emplea los nutrientes básicos que hay en la célula para esa síntesis.

### CICLO LÍTICO

Los pasos que se siguen en la infección de una célula por un bacteriófago son comunes a la mayoría de ellos:

- **Adsorción del virus e inyección de su ácido nucleico.** Inicialmente, el bacteriófago fija su cola (es un virus mixto) a receptores específicos de la pared de la bacteria, donde una enzima, localizada en dicha cola, debilita los enlaces de las moléculas de la pared. Posteriormente se contrae la vaina helicoidal, lo que provoca la inyección del contenido de la cabeza a través del eje tubular de la cola del fago, de este modo el ácido nucleico penetra en la célula.

- **Entrada en actividad del ácido nucleico del virus.** Una vez dentro, el virus interrumpe el normal funcionamiento de la célula y el ADN bacteriano se degrada. A partir de ese momento, será el ácido nucleico del virus el que dicte las órdenes. Los genes víricos poseen la información necesaria para, utilizando los orgánulos y enzimas celulares, autorreplicarse haciendo que sean fabricados todos los componentes del virus.

- **Ensamblaje de nuevos virus.** Tanto los ácidos nucleicos replicados como el resto de los componentes víricos que se han sintetizado se ensamblan, dando lugar a nuevos virus.

- **Liberación.** En una bacteria pueden formarse unos 100 bacteriófagos y además una enzima que destruye la pared bacteriana. Debido a ello, tiene lugar la ruptura de la pared y la muerte de la célula, quedando los nuevos virus libres y en disposición de infectar

otras células. A este ciclo infeccioso se le denomina **infección lítica** o **ciclo lítico** (de lisis = destrucción).

### CICLO LISOGÉNICO

No siempre se produce la lisis inmediata de la célula. Hay **fagos atemperados**, o **atenuados**. El ADN del fago, que se introdujo en la célula hospedadora, se integra en el cromosoma bacteriano. Estos fagos integrados (en realidad solo su material genético ya que la cápsida quedó fuera) se denominan **profagos**, y se replican pasivamente con el ADN de la bacteria: las bacterias hijas de la parasitada inicialmente llevarán incorporado el profago.

Las bacterias capaces de establecer esa relación con los fagos atenuados se denominan **lisogénicas** (“que pueden originar lisis”). En determinados momentos, el profago se activa y comienza un ciclo lítico, de modo que se reproducirá en el interior de la bacteria y acabará por lisarla.

A veces, cuando el fago se libera del cromosoma bacteriano, no lo hace por el mismo punto por el que se había integrado y se lleva parte del material genético de la bacteria. Cuando este fago infecte a una nueva bacteria con la que pueda establecer relaciones lisogénicas, le transferirá dicho fragmento de ADN bacteriano, convirtiendo a la bacteria receptora en diploide para dicho fragmento. Este fenómeno se denomina **transducción**.

La transducción tiene una importancia relativa como mecanismo bacteriano natural de intercambio de material genético de modo que, tal y como sucede con la **conjugación** bacteriana, bacterias de la misma especie pueden adquirir nuevas capacidades (por ejemplo, la resistencia a los antibióticos, etc.). Pero, además, la transducción ha resultado ser, junto con las enzimas de restricción, una de las “herramientas” fundamentales de la ingeniería genética ya que los virus constituyen los mejores **vectores** o introductores de genes en células manipuladas, (sean bacterias o células eucariotas de cualquier tipo).

Este fenómeno también podría ser el causante de la aparición de mutaciones: recuerda las mutaciones inducidas por causas biológicas, con el ejemplo del cáncer de cuello de útero.

[Está demostrado que el genoma humano contiene cientos de secuencias pertenecientes a virus. No se sabe qué hacen ahí, pero si están, debe de haber una razón].

#### **[Algunos ejemplos de virus de humanos:**

ADENOVIRUS. Icosaédrico; ADN de doble cadena.

HERPESVIRUS. Icosaédrico; ADN de doble cadena; virus del **herpes** simple (herpes = serpiente); virus de la varicela-herpes zoster (zoster = cinturón); citomegalovirus; virus de la **mononucleosis** infecciosa (“enfermedad del beso”).

POXVIRUS. Aproximadamente esféricos. ADN de doble cadena. Virus de la **viruela**.

PICORNAVIRUS. Icosaédricos; ARN de cadena sencilla. Virus de la poliomielitis (**polio** o parálisis infantil).

MIXOVIRUS. (mixo = moco) Esféricos; ARN de cadena sencilla. Virus de la **gripe** o influenza (se llamó así porque se creía que la enfermedad se debía a una influencia del clima).

PARAMIXOVIRUS. Esféricos; ARN de cadena sencilla. Virus de la parotiditis (**papera**). Virus del sarampión. Virus de la **rubéola**.

CORONAVIRUS. Esféricos; ARN. Resfriados de tipo común, faringitis y diarreas.



RABDOVIRUS. Forma de proyectil; ARN de cadena sencilla. Virus de la **rabia**.

TOGAVIRUS. (Toga = cubierta). Icosaédricos; ARN de cadena sencilla. Virus de la **fiebre amarilla**.

REOVIRUS. Icosaédricos; ARN de cadena doble. Se encuentran en las vías respiratorias y el intestino. No producen enfermedad.

RETROVIRUS. Esférico; ARN de cadena sencilla. Virus **VIH o virus del SIDA**.

VIRUS DE LA HEPATITIS. Hay varios tipos (**hepatitis A**, hepatitis B).

Oros: virus **ÉBOLA**; produce hemorragias generalizadas que causan la muerte en pocas horas.

### **Algunos virus de animales:**

Virus del **Moquillo**, afecta a los perros y gatos recién nacidos. Virus de la **Mixomatosis**; enfermedad benigna de ciertos roedores brasileños traída a Australia en los años 50 del siglo XX para acabar con la superpoblación de conejos y que ha llegado a Europa diezmando nuestras poblaciones. Virus del **sarcoma de Rous**, afecta a las gallinas. Virus de la glosopeda o fiebre aftosa. Gripe aviar y gripe porcina, ambas se supone que han atravesado ya la barrera entre especies y han llegado a los humanos.

### **Algunos virus de vegetales:**

Virus del **mosaico del tabaco**. Virus que causan podredumbre en raíces y tallos de plantas.]

## **6. PARTÍCULAS INFECTIVAS SUBVIRALES: VIROIDES Y PRIONES**

### **6.1. VIROIDES**

Los viroides son agentes infecciosos (**partículas infectivas**) que causan enfermedades a las **plantas** (no se ha descubierto ningún viroide que afecte al ser humano o a otros animales). Los viroides, al igual que los priones o los virus, no se consideran seres vivos.

Los viroides se descubrieron en 1978 [T. O. Diener] al ser identificado al causante de la enfermedad del tubérculo fusiforme de la patata. En la actualidad se han encontrado alrededor de 200 viroides, todos ellos infectan en exclusiva plantas superiores, aunque a especies muy diferentes dentro de ellas.

Los viroides están formados exclusivamente por una **cadena circular, sencilla, de ARN de pequeño tamaño** (entre 250 y 2000 nucleótidos). Los viroides **no codifican proteínas** de ninguna clase. Esa es la principal diferencia con los virus.

El ARN circular del viroide no puede considerarse un ARN mensajero porque no codifica proteínas. Para su replicación usa exclusivamente los mecanismos de los que disponen las células que infecta y no se conoce bien cómo puede hacerse con el control celular para conseguir hacer copias de sí mismo. Los viroides se encuentran casi exclusivamente dentro del núcleo de las células que infectan.

Las enfermedades más conocidas causadas por los viroides son la enfermedad del tubérculo fusiforme de la patata, el cadang-cadang del cocotero o la exocortis de los cítricos (Otras afectan al aguacate, a la manzana, al tomate, ...) Los viroides están siendo muy estudiados por los daños económicos que producen en especies vegetales cultivadas.

## 6.2. PRIONES

Los **priones** son unos agentes infecciosos (o partículas infectivas) formados por una proteína denominada *proteína del prion alterada* que produce enfermedades degenerativas en el sistema nervioso tanto en humanos como en otros mamíferos, denominadas en conjunto **encefalopatías espongiformes transmisibles**. Las más conocidas son la tembladera o scrapie que afecta a ovejas y cabras, y la encefalopatía espongiforme bovina o enfermedad de las vacas locas, que afecta al ganado bovino y la enfermedad de Creutzfeldt-Jakob, que afecta a los humanos.

**Prion**, es un acrónimo inglés derivado de las palabras proteína e infección. Los priones fueron descubiertos en 1982 [Stanley Prusiner] y rompen con el concepto de enfermedad infecciosa porque no son seres vivos como bacterias, hongos o protozoos ni organismos como virus. Son simplemente proteínas, pero con capacidad infectiva, que se pueden transmitir de un individuo a otro y que, sin reproducirse (no hay material genético), sí aumenta su número al “contagiar” a las proteínas del prion normales con las que se pone en contacto.

La *proteína del prion* en su forma infecciosa es una proteína que tiene alterada su estructura espacial (estructuras secundaria y terciaria) y que por lo tanto está mal plegada. A diferencia del resto de los agentes infecciosos (virus, bacterias, hongos, protozoos), que contienen ácidos nucleicos (ya sea ADN, el ARN, o ambos), un prion solamente está compuesto por aminoácidos y no presenta material genético. Ni siquiera puede decirse que es una proteína mutada, pues su diferencia con la proteína “normal” es que su estructura tridimensional no es la correcta.

Cuando un prion entra en un organismo sano, actúa sobre la forma normal del mismo tipo de proteína existente en el organismo (*proteína del prion*) (PrP<sup>c</sup>), modificándola y convirtiéndola en prion (PrP<sup>sc</sup>). Estos priones recién formados pueden pasar a convertir más proteínas normales en anormales, provocando una reacción en cadena que produce grandes cantidades de la proteína del prion anómalas. Estas moléculas al acumularse producen efectos negativos.

No se conoce con certeza qué funciones tienen las proteínas del prion en su forma correcta. Sí se sabe que abundan en las células del tejido nervioso y por eso las enfermedades que producen afectan al sistema nervioso (encefalopatía= enfermedad del encéfalo; espongiforme=el encéfalo aparece al microscopio con huecos que le dan el aspecto de una esponja; transmisible=se transmite de un individuo a otro. Es sinónimo de infeccioso).

Los priones soportan altas temperaturas sin alterarse y también son resistentes a las proteasas. Por ello, si se ingiere carne de un animal enfermo, aunque sea cocinada, los priones siguen siendo infecciosos y resisten a la digestión.

Las enfermedades por priones pueden ser:

- **Esporádicas:** aparecen de forma espontánea, sin razón conocida (casi siempre).
- **Familiares:** tienen un componente genético y por tanto son heredables.
- **Contraídas:** contraídas a través de un material contaminado. (Muy poco frecuentes excepto durante la [crisis de las vacas locas](#) y la que se daba en la [tribu de los Fore](#) en Papúa-Nueva Guinea).





Estas enfermedades causadas por priones tardan décadas en aparecer desde el momento en que se produce la infección (contraídas) o la aparición espontánea de proteínas del prion anormales (esporádicas y familiares).

Los síntomas, en términos generales, son la falta de control del sistema locomotor con temblores y falta de coordinación. En humanos hay que añadir depresión y demencia. En todos los casos se trata de enfermedades degenerativas incurables y que causan la muerte.

## 7. MÉTODOS DE ESTUDIO DE LOS MICROORGANISMOS. ESTERILIZACIÓN Y PASTEURIZACIÓN.

### 7.1. Métodos de estudio de los microorganismos (referido a bacterias y muy resumido)

El estudio de los microorganismos tiene dos objetivos principales: el aislamiento de un microbio concreto y el cultivo del mismo en el laboratorio para poder identificarlo.

Para cultivar microorganismos se necesitan **medios de cultivo** adecuados. Un medio de cultivo es una solución nutritiva que permite el crecimiento de los microorganismos. Los medios de cultivo deben contener **macronutrientes**: incluyen una fuente de carbono, nitrógeno, fósforo, azufre y oxígeno (solo los aerobios) y **micronutrientes**: diversos iones (hierro, etc) y factores de crecimiento (vitaminas) que se necesitan en cantidades mínimas y, por supuesto, agua.

Los medios de cultivo pueden ser **medios líquidos**, que se preparan en matraces o tubos de ensayo y **medios sólidos**, que se preparan en **placas de Petri**, agregando agar, un polisacárido procedente de un alga, que da al medio una consistencia gelatinosa.

Una vez preparados los medios se procede a inocular o sembrar el microorganismo. Los recipientes y materiales que vayan a ser utilizados deben ser limpiados y esterilizados cuidadosamente y después de introducir el microorganismo deseado, debe quedar protegido de la contaminación externa.

El inóculo o material microbiano, se introduce, generalmente, con un hilo de metal o asa de siembra, que se esteriliza antes y después de su uso.

La siembra en medio sólido se hace introduciendo el asa en el medio de cultivo y realizando estrías paralelas sobre la placa de agar.

Aunque se encuentren en el medio todos los nutrientes necesarios, el crecimiento microbiano depende de otras condiciones:

·**El pH.** Es preciso establecer un pH óptimo para que se inicie el crecimiento y mantenerlo durante todo el proceso. En la mayoría de los microorganismos pH óptimo de crecimiento está próximo a 7, aunque algunos prefieren pH alcalinos y otros toleran pH ácidos.

·**La Temperatura.** La mayoría de las bacterias del suelo y del agua son mesófilas, es decir, sus temperaturas óptimas oscilan entre 20 y 45 °C, pero, existen algunas cuyo crecimiento óptimo está a temperaturas superiores (termófilas) o inferiores (psicrófilas).

·**La presión osmótica.** Sólo las bacterias marinas y las halófilas dependen para su existencia de determinadas condiciones salinas y se lisan cuando se las cambia del medio salino a agua destilada. En general, la mayoría tolera los medios hiposmóticos.

·**El oxígeno.** Todas las bacterias aeróbicas obligadas necesitan oxígeno. En microorganismos anaerobios estrictos, hay que excluir totalmente el oxígeno atmosférico.

·**El dióxido de carbono.** Este gas es la principal fuente de carbono de organismos fotoautótrofos y quimioautótrofos, pero además cumple numerosas funciones catalíticas en los heterótrofos.

·**La luz.** Para el cultivo de microorganismos fotosintéticos la luz es esencial y se debe tener en cuenta no sólo su cantidad sino también su calidad (longitudes de onda).

La observación de las bacterias al microscopio (**morfología microscópica**) es insuficiente para identificar la mayoría de ellas (solo algunas especies tienen formas muy características) y por eso hay que recurrir a pruebas indirectas. La primera de ellas suele ser una tinción, denominada **tinción de Gram** que permite diferenciarlas en uno de dos grandes grupos: gram positiva o gram negativa. Tras ello puede observarse (**morfología macroscópica**) el desarrollo de las colonias sembradas en las placas de Petri. Su forma, color, aspecto, incluso olor, pueden facilitar la identificación. En caso de no ser suficiente, hay que recurrir a **pruebas bioquímicas** basándonos en que algunas especies poseen enzimas capaces de catalizar reacciones específicas. Para ello se añaden al medio esos sustratos que pueden ser alterados si existen tales enzimas. Por ejemplo, hay bacterias que contienen peroxidasa de modo que si se añade peróxido de hidrógeno (agua oxigenada) producirán su descomposición que será observable por la presencia de pequeñas burbujas de oxígeno.

Hay otras muchas pruebas que permiten determinar de qué bacterias se trata (**genéticas, mediante anticuerpos, ...**) En el siguiente artículo puede ampliarse este apartado:

<https://www.preparadores.eu/temamuestra/PTecnicos/Diagnostico.pdf>

## 7.2. Esterilización y pasteurización

La **desinfección** es el proceso mediante el cual se eliminan los microbios patógenos reconocidos, pero no necesariamente todas las formas de vida microbianas.

La **esterilización** es la eliminación o muerte de todos los microorganismos que contiene un objeto o sustancia. Tanto en su forma activa como latente (esporas bacterianas). La esterilización absoluta no es fácil de conseguir si se trata de sustancias, por ejemplo, alimentos, ya que se alteran los mismos. Se considera que un producto es estéril, cuando la probabilidad de que un microorganismo esté presente en forma activa o latente es muy baja (No se puede hablar de certeza al 100%).

Los agentes que matan microbios son denominados **microbicidas o germicidas** (de germen). Y se emplean términos como **bactericidas** si el agente específicamente destruye bacterias y **fungicidas** si mata hongos. Tras una exposición del objeto o sustancia esterilizados al medio, aire o agua, estos se contaminan de nuevo y casi inmediatamente con microorganismos.

Existen muchas formas de esterilizar para eliminar microbios. Diferenciamos entre métodos químicos y métodos físicos y, dentro de estos últimos destacamos los térmicos. La elección de un método u otro tiene que ver con el objeto o material a desinfectar y/o esterilizar: alimentos, material médico (instrumental quirúrgico, jeringuillas, gasas, ...), quirófanos, tejidos vivos, etc.

Los métodos químicos consisten en la aplicación de sustancias germicidas. Las más empleadas según los materiales a esterilizar son el peróxido de hidrógeno (agua oxigenada), algunos tipos de alcoholes, el fenol, el formol y el óxido de etileno.



Entre los métodos físicos, que no utilizan sustancias químicas, se emplean:

**Irradiación:** las radiaciones, que pueden ser ionizantes (rayos X) o no ionizantes, destacando la radiación ultravioleta o las microondas.

**Filtración:** si se desea esterilizar un líquido, se pueden emplear filtros de poro tan pequeño que no pueden ser atravesados ni por virus.

**Tratamientos térmicos:** destaca la utilización del **calor húmedo** y para ello se emplea un aparato llamado autoclave (es una olla exprés de gran tamaño). El agua a presión hierve por encima de los 120°C de modo que se genera una atmósfera de vapor recalentado que mata todos los gérmenes, incluso las esporas de algunas bacterias que resisten normalmente a la ebullición (100°C). Se utiliza para esterilizar instrumental de laboratorio y quirúrgico. El calor seco, empleando un horno, también se emplea en algunos casos.

Para conservar alimentos se emplea un método térmico denominado **pasteurización o pasterización**. El nombre viene de Louis Pasteur, científico francés que a finales del siglo XIX propuso el método, una vez que demostró que los microbios estaban en el medio y que por lo tanto podían contaminar cualquier materia presente en él. Existen varias modalidades:

**Proceso tradicional de pasteurización** (proceso VAT), hoy día en desuso. El proceso consiste en calentar los alimentos en un recipiente estando a 63 °C durante 30 minutos, para luego dejar enfriar lentamente.

**Proceso de alta temperatura y corto tiempo** (HTST). Este método es el empleado antes de su envasado en líquidos como la leche, los zumos de fruta, la cerveza, etc. Expone al alimento a altas temperaturas durante un período breve: 72°C durante 15 segundos. Puede hacerse en un tanque o a través de un conducto calentado por donde circula el líquido a tratar (la leche se conserva unos 15 días. Los zumos, por su acidez, varios meses).

**Proceso UHT o de muy alta temperatura.** El proceso UHT es de flujo continuo y mantiene la leche a una temperatura superior más alta que la empleada en el proceso HTST, y puede rondar los 138 °C durante un período de al menos dos segundos. Debido a este muy breve periodo de exposición, se produce una mínima degradación del alimento. Así es como viene tratada la leche de “tetrabrick” que habitualmente consumimos.

**Uperización o uperización.** Se trata de someter el producto, generalmente leche a una temperatura de entre 140°C y 150°C durante unos pocos segundos, pero inyectándole vapor, lo que hará que el aumento de la temperatura sea prácticamente instantáneo.

En la esterilización de los alimentos, los avances tecnológicos tratan de evitar las modificaciones en sus propiedades organolépticas (color, olor, sabor y textura).

## 8. RELACIONES ENTRE LOS MICROORGANISMOS Y LA ESPECIE HUMANA.

### 8.1. Beneficiosas.

### 8.2. Perjudiciales: enfermedades producidas por microorganismos en la especie humana, animales y plantas.

### 8.3. Los microorganismos en los ciclos biogeoquímicos.

Este apartado ya ha sido parcialmente expuesto al enumerar los tipos de microorganismos y detallar sus diferentes modos de vida.

Desde el punto de vista antropocéntrico, una sencilla clasificación en cuanto a utilidad nos permite distinguir entre microbios inocuos, beneficiosos y perjudiciales.

Entendemos por inocuos aquellos que no nos causan ni beneficio ni perjuicio. Podemos entender que no siempre es fácil diferenciar unos casos de otros: Los estafilococos que viven como comensales en la cavidad bucal y la faringe son inocuos, pero si fallan las barreras defensivas penetran en nuestro medio interno y producen enfermedades (faringitis, fiebres reumáticas). Las bacterias comensales de la piel (inocuas) producen tras su metabolismo sustancias malolientes (¿hay que considerarlas perjudiciales? Sin duda para los fabricantes de desodorantes resultan muy beneficiosas).

### 8.1. Beneficiosas.

Existen innumerables microorganismos que ofrecen beneficios a la especie humana. Aquí también podrían hacerse distinciones en cuanto a que el beneficio sea directo como la producción de vitaminas en el intestino por las bacterias de “la flora intestinal”; protección frente a microbios patógenos como los *Lactobacillus acidophilus* de la vagina o indirecto como la fabricación de productos alimenticios como vino, cerveza, vinagre, yogur, encurtidos (aceitunas, pepinillos, alcaparras, etc.); antibióticos como la penicilina; combustibles como alcohol; o proteínas humanas como la insulina (se tratarán en biotecnología). Igualmente, pueden considerarse beneficiosos todos aquellos microorganismos que se emplean en procesos industriales tales como la depuración de las aguas residuales, la degradación de los vertidos de petróleo, la producción de metano por descomposición de residuos orgánicos, la obtención de metales en explotaciones mineras (bacterias lixiviadoras), etc.

Otro campo de utilidades y beneficios, se han conseguido de aquellos organismos empleados en ingeniería genética, que van desde bacterias de las que se han obtenido enzimas variadas entre las que destacan las de restricción y las polimerasas y también plásmidos. Hasta los virus han resultado ser magníficos vectores génicos y productores de transcriptasas inversas. Una parte fundamental de *las herramientas* que se emplean en las técnicas de manipulación genética son esos tipos de vectores y de enzimas.

### 8.2. Perjudiciales: enfermedades producidas por microorganismos en la especie humana, en los animales y en las plantas.

En cuanto al calificativo de perjudicial, cabe distinguir entre aquellos microorganismos que con su actividad pueden producir perjuicios en los intereses económicos humanos y los que causan enfermedades. En el primer caso afectan sobre todo a los alimentos, alterándolos y haciéndolos incomedibles. Se trata de microbios saprofitos, que se alimentan de materia orgánica muerta (serían de “vida libre”) y ante los cuales los humanos hemos desarrollado multitud de estrategias, algunas muy antiguas como la salazón, la conservación mediante especias, la conservación en manteca, el ahumado y, más modernamente, la deshidratación, la refrigeración, la congelación, la esterilización y la adición de sustancias químicas (conservantes). (Los embutidos no se hacían porque estuvieran muy sabrosos sino porque era la única manera de conservar durante meses la carne de un animal muerto. El comercio de sal y de especias fue durante siglos la base de la economía de muchos países).

Si nos referimos a las especies patogénicas o productoras de enfermedades, hemos de decir que, en conjunto, son las responsables del mayor número de muertes ocurridas en el planeta (en los países desarrollados sin embargo y gracias a la higiene, a la alimentación abundante y al acceso a la medicina, la mayor parte de los fallecimientos se deben a las tres “Ces”: el **c**áncer, la **c**arretera y las lesiones **c**ardiovasculares). Hay infinidad de organismos patógenos pertenecientes a casi todos los grupos conocidos, si bien destacarían las bacterias y los virus.

Los virus ya se han comentado en un apartado anterior.



Entre los protozoos se pueden destacar el *plasmodio*, agente causante de la malaria o paludismo y que afecta a muchos millones de personas de países tropicales; el *Tripanosoma gambiense*, que causa la enfermedad del sueño y es endémico de África tropical; el *Tripanosoma cruzi* propio de toda Centroamérica y Sudamérica; algunas especies de *amebas* causan graves disenterías o diarreas (amebiasis), igualmente en zonas tropicales. El *toxoplasma* es responsable de la toxoplasmosis, una enfermedad leve en adultos pero que produce malformaciones en los embriones, se da en España con una alta frecuencia.

Algunas especies de hongos también pueden causar enfermedades a los humanos. Ya han sido comentados los que producen el pie de atleta, la candidiasis, la tiña, el muguet (manchas blancas próximas a la boca en los niños pequeños), la aspergilosis (el hongo aspergillus, común en los alimentos “florecidos”, puede causar una intoxicación por inhalación de esporas que llega a ser mortal).

Hay un alto número de enfermedades infecciosas cuyo agente causal es una bacteria. Algunos ejemplos pueden ser los siguientes:

Cólera; sífilis; gonorrea; salmonelosis; tétanos; botulismo; ántrax; carbunco; difteria; úlcera gastroduodenal; faringitis; otitis; cistitis; meningitis; conjuntivitis; gangrena; tifus; tuberculosis; lepra; peste bubónica; la enfermedad del legionario (producida por la legionela)... (La peritonitis resulta de la perforación del apéndice vermiforme, tras su inflamación o apendicitis, con la consecuencia de una infección que afecta principalmente a la cavidad peritoneal. El estado de infección generalizada por todo el organismo, producida gracias a que la sangre ha servido de medio de transporte y dispersión de las bacterias, recibe el nombre de **septicemia** y resulta generalmente mortal. Las quemaduras que afectan a una amplia extensión de la piel “permiten” la entrada masiva de numerosas bacterias que sin ser estrictamente patógenas, pueden desbordar al sistema inmunitario y producen septicemia. [Septicemia o sepsis (procede del griego y significa putrefacción) nos puede sonar ya que se emplea corrientemente el término de *antiséptico* para referirnos a aquellos productos que impiden la infección cuando nos hacemos una herida: Betadine; Mercromina; Cristalmina; agua oxigenada, etc. Por otra parte, también es conocido el término de fosa *séptica* para referirnos al depósito subterráneo que se construye en viviendas cuando no hay alcantarillado y que reciben las aguas fecales].

### 8.3. Los microorganismos en los ciclos biogeoquímicos.

Los microorganismos están por todas partes, habiendo colonizado todos los ambientes, incluso los que están vedados al resto de los seres vivos (hay microbios en las aguas termales y en aguas con pH muy ácidos). Y por lo tanto forman parte de todos los ecosistemas.

Encontramos microorganismos en distintos niveles tróficos:

-Microorganismos productores. Son organismos autótrofos. Según su forma de captar la energía pueden ser fotolitótrofos o quimiolitótrofos. Entre los productores fotosintéticos hay que destacar las cianobacterias y las algas unicelulares. Entre los quimiolitótrofos las bacterias del azufre que habitan en los humeros de las dorsales oceánicas.

-Microorganismos consumidores. Muchos protozoos se alimentan de presas vivas (bacterias, por ejemplo).

-Microorganismos simbióticos. Destacan los que degradan la celulosa en el estómago de los rumiantes; los que viven en los nódulos de las plantas leguminosas y los líquenes (simbiosis entre alga y hongo).

-Microorganismos descomponedores. Son organismos heterótrofos (quimioorganótrofos) que se alimentan de restos orgánicos. Son fundamentalmente hongos y bacterias. A estos últimos vamos a referirnos por su importancia.

En los ecosistemas la energía entra en forma de luz o como energía química y fluye de un nivel trófico a otro, hasta disiparse en forma de calor. La materia sin embargo se mantiene constante en nuestro planeta (es un sistema abierto).

Gracias a los microorganismos descomponedores y mineralizadores los bioelementos "atrapados" en los restos de los seres vivos como materia orgánica, son devueltos al medio en forma de materia mineral. Sin esta labor de reciclaje hace millones de años que la vida habría desaparecido por agotamiento de materias primas para hacer seres vivos. Por lo tanto, hay que insistir en el destacado papel de los microorganismos en los ciclos biogeoquímicos. Los más estudiados son el ciclo del carbono, el del nitrógeno y el del fósforo.

Algunas biomoléculas son muy difíciles de degradar, pero siempre existe algún microbio capaz de hacerlo, obviamente, en su propio beneficio (es su alimento) devolviendo al medio moléculas más sencillas. En muchos casos la degradación total, es decir, la mineralización se lleva a cabo en etapas en las que intervienen diferentes especies microbianas (una especie se alimenta del resto orgánico dejado por otra especie), así, la materia orgánica es cada vez más simple hasta que llega a ser transformada en materia mineral (por ejemplo, los compuestos nitrogenados, en los que el nitrógeno comienza estando en las proteínas y la urea y acaba en forma de nitratos).

La materia mineral entra en los ecosistemas a través de los organismos productores y debemos recordar que no les vale cualquier forma. A modo de ejemplo, el carbono solo puede ser asimilado por los vegetales en forma de dióxido de carbono y el nitrógeno en forma de nitratos. Por lo tanto, bajo otras formas estos bioelementos quedan fuera de los ciclos. (Para más información, ver tema 2 del apartado de biosfera de CTMA).

## 9. BIOTECNOLOGÍA

### 9.1. Concepto y aplicaciones.

No resulta fácil dar una definición sencilla y clara de biotecnología

Según el Convenio sobre Diversidad Biológica de 1992, la biotecnología podría definirse como "*toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos*".

Una definición más sencilla e igualmente válida es: **En términos generales la biotecnología es el uso de organismos vivos o de compuestos obtenidos de organismos vivos para obtener productos de valor para los humanos.**

Determinados **procedimientos biotecnológicos** se remontan a civilizaciones muy antiguas, tales como las fermentaciones alcohólica, láctica o butírica (Con el empleo de organismos vivos se obtiene un producto como el etanol o el ácido láctico).

Pero el término biotecnología, en sentido actual, es más amplio e incluye nuevos procesos, al haberse conseguido importantes descubrimientos en el campo de la **genética molecular**, que han hecho posible el desarrollo de complejos procedimientos, denominados en conjunto **ingeniería genética**, y que permiten el aislamiento, la modificación de material genético de un ser vivo y la expresión de dicho material en el mismo o



en otro ser. Un término prácticamente sinónimo del anterior es el de **manipulación genética**.

En la actualidad, la palabra biotecnología se identifica con la aplicación industrial de la ingeniería genética, que **utiliza seres vivos modificados (OGM u organismos genéticamente modificados) para producir compuestos** de todo tipo, tales como insulina humana, hormona humana del crecimiento, interferón, vacunas, enzimas, antibióticos, anticuerpos monoclonales, metano, acetona, etc. Así mismo, se emplean organismos modificados genéticamente para realizar procesos industriales como lixiviación de metales, descontaminación de aguas y suelos, etc. Ya se ha hablado de ellos en el epígrafe dedicado a las relaciones entre microbios y humanos. Aquí hay que añadir que la biotecnología ha mejorado (desde el punto de vista humano) las capacidades o “prestaciones” que los microorganismos de modo natural ya poseían, o bien se les han añadido otras.

El enorme interés industrial de los productos obtenidos mediante ingeniería genética, ha impulsado una carrera de impredecibles consecuencias, con el objetivo de aislar y patentar genes que puedan tener una aplicación práctica (por ejemplo, terapéutica). La industria farmacéutica, por poner un ejemplo, ha invertido miles de millones de dólares en la búsqueda de estos **“genes terapéuticos”**. Así, a finales de 1.998 se habían registrado más de dos mil patentes genéticas y una veintena de productos terapéuticos. La locura es tal, que se patentan los genes sin más, es decir, sin saber nada de ellos una vez que han sido aislados, con el fin de evitar que otros se adelanten. Una vez inscrita la patente se estudian para ver si pueden ser de utilidad, o sea, para ver si se les puede sacar dinero y así rentabilizar la inversión.

Igualmente, existe un campo de investigación consistente en la búsqueda de nuevos microbios que sean capaces de hacer algo que pueda ser económicamente rentable. Para ello se toman muestras de todo el mundo y se las intenta cultivar en las condiciones que nos interesen. Si se encuentra un microorganismo capaz de sobrevivir y de hacer lo que nosotros queremos, será el elegido para ser sometido a manipulación genética: se comienza por una selección artificial para luego “mejorar” la especie en cuestión (por ejemplo, nos interesa encontrar un organismo que sea capaz de degradar los plásticos viejos de los invernaderos. Para ello habrá que probar cientos de especies de bacterias y si existe alguna capaz de metabolizarlo, aunque sea parcialmente, será la especie elegida para que la biotecnología ponga a punto sus técnicas de manipulación).

[Dado que este tema de biotecnología está dedicado a los microorganismos, queda fuera una parte importantísima de sus posibilidades, centrada en la **manipulación de animales y vegetales**. (Cuando se modifica genéticamente una vaca para que produzca una proteína de origen humano en su leche, estamos hablando también de biotecnología)].

## **9.2. Importancia de los microorganismos en investigación e industria: productos elaborados por biotecnología.**

Aunque ya ha sido tratado en parte este apartado, se puede insistir en que los microorganismos se utilizan en muchos campos, tales como la industria de la alimentación (derivados lácteos; bebidas alcohólicas); la industria energética (bioalcohol); la industria de la descontaminación de aguas y suelos); la industria minera (bacterias lixivadoras: quimiosintéticas que transforman un mineral en otro diferente y más fácilmente explotable).

Los microorganismos colaboradores en la investigación podrían ser los que han “ayudado” con sus microherramientas y también los que han servido para ser modificados genéticamente en la nueva ciencia de la biotecnología.

### **Microorganismos utilizados en Biotecnología**

Dentro del mundo microscópico que nos rodea, por sus características y por sus aplicaciones prácticas, básicamente son las bacterias y ciertos hongos los organismos objeto de utilización, aunque no debemos olvidar a los virus, como vectores génicos.

Bacterias y hongos (preferentemente levaduras) comparten una sencillez estructural (unicelularidad), una cierta facilidad para ser modificados genéticamente (más que un organismo pluricelular), una alta tasa de reproducción y unas condiciones de cultivo que hoy día se conocen bien.

[Aunque hasta ahora no han sido tratados como microorganismos, deberían mencionarse ciertas células, las llamadas **hibridomas**, formadas por fusión de una célula cancerosa y de un linfocito B de ratón productor de anticuerpos. El ente logrado es microscópico y ha surgido mediante técnicas de manipulación con el fin de obtener anticuerpos. Son tratados en el capítulo de inmunidad (anticuerpos monoclonales)].

### **Principales técnicas empleadas en la biotecnología**

Tal y como se expuso en el apartado de genética aplicada de un tema precedente, las técnicas empleadas incluyen la selección artificial de organismos y las nuevas tecnologías de manipulación genética que han permitido la existencia de individuos transgénicos (con genes procedentes de otras especies) o bien de individuos que poseen mejores capacidades por haberseles transferido muchas copias de un gen que originalmente posee para que el producto de dicho gen (una proteína de utilidad) sea elaborado en mayor cantidad.

### **Principales aplicaciones. (Sólo habrá que conocer algunos ejemplos)**

Los campos de aplicación de la biotecnología son amplios y cada día aparecen nuevas posibilidades. No olvidemos que, si bien hay muchos avances **reales**, es decir, que hoy día son un hecho y que los organismos modificados ya están trabajando para los humanos a pleno rendimiento, también hay otros muchos organismos que actualmente están en periodo de investigación más o menos avanzada y todavía son una **posibilidad**, no una realidad.

Pensemos también que, aunque a la vista de las noticias, la biotecnología y dentro de ella la ingeniería genética, parecen tecnologías muy sencillas de llevar a cabo, la realidad es que son muy complejas y los índices de éxito son proporcionalmente bajos (ni existen bacterias para todo, ni se dejan manipular así como así). Las principales aplicaciones de la biotecnología se dan en la agricultura, la salud, la alimentación y la industria en general.

### **Agricultura**

La biotecnología en la agricultura está en estos momentos centrada en la producción de plantas transgénicas. Uno de los grandes éxitos, reales, ha sido la consecución de un maíz que contiene un gen bacteriano, concretamente perteneciente al *Bacillus thuringensis*. El gen en cuestión permite a la planta sintetizar una potente toxina (Bt) que es un insecticida natural. Por otra parte, esta bacteria se cultiva para producir dicha toxina que luego se emplea en el fumigado de cultivos contra las plagas de insectos.

Otro campo de investigación en agricultura es la selección y mejora de bacterias relacionadas con el reciclaje de la materia orgánica en los ecosistemas (descomponedoras





y transformadoras) con el fin de optimizar esos procesos y conseguir reducir el abonado de los campos. Se está intentando que la bacteria *Rhizobium*, simbiote de las raíces de las plantas leguminosas y fijadora de nitrógeno atmosférico, pueda ser incluida en otros vegetales y así mismo se están investigando los genes responsables del proceso para tratar de introducirlos directamente en distintas especies de vegetales, a las que ya no habría que aportar nitratos.

[Curioso: cuando bajan las temperaturas nocturnas más allá del punto de rocío, el agua condensada a partir de vapor comienza a pasar a estado sólido, pero ello no es tan fácil: hacen falta núcleos de condensación que induzcan la formación de cristales de hielo. Pues bien, muchas bacterias que viven sobre las hojas de las plantas fabrican proteínas específicas que favorecen la formación de cristales de hielo. Dichos cristales rompen las células vegetales que sirven de alimento a las bacterias. La biotecnología, por una parte, ha conseguido bacterias modificadas de modo que no produzcan la proteína pero que en el campo compitan con las “naturales” y se minimice el efecto de las heladas (en realidad potenciado por estos microorganismos). Por otra parte, y para sacar provecho de la desventaja, se está empleando esta proteína bacteriana para la fabricación de nieve artificial].

### Farmacia y sanidad

El empleo de los primeros medicamentos de origen microbiano es anterior a la era de la biotecnología: en 1.928 se descubrió por azar la penicilina, una sustancia **antibiótica** procedente de un hongo (*Penicilium notatum*). Con el paso del tiempo la selección artificial, la selección artificial “forzada” (consiste no ya en seleccionar de entre las cepas obtenidas aquellas que produzcan más cantidad de antibiótico sino que se inducen mutaciones mediante radiaciones para tratar de obtener nuevas cepas, algunas de las cuales puedan ser más ventajosas para nuestros fines) y por último la búsqueda incansable de otras especies de microorganismos, ya hongos, ya bacterias, ha permitido en nuestros días contar con más de 100 antibióticos de uso cotidiano y más de 5.000 inventariados. Se puede decir que el descubrimiento-invento de los antibióticos ha sido el **avance más importante de la medicina en la historia de la humanidad**, habiendo salvado la vida a millones de personas en menos de un siglo y habiendo casi erradicado enfermedades mortales, en el “mundo desarrollado”, como la tuberculosis, la sífilis o la neumonía. También los antibióticos permiten la supervivencia tras infecciones postraumáticas, grandes quemaduras y operaciones quirúrgicas. Me he referido a los antibióticos como descubrimiento-invento porque, si bien la base química de los mismos es biológica (hongos o bacterias que se crían en biorreactores), estas moléculas una vez extraídas y purificadas son posteriormente modificadas para dotarlas de nuevas propiedades como por ejemplo que no sean degradadas en el estómago, o que se absorban lentamente por el organismo, etc., por ello se suelen llamar antibióticos semisintéticos. Otro de los campos abiertos por la biotecnología y que todavía dará mucho de sí es el de la consecución de **bacterias genéticamente modificadas a las que se les han introducido genes humanos** con el fin de que fabriquen las proteínas por ellos codificados. Algunos ejemplos de los que ya nos beneficiamos desde hace más de veinte años son: la hormona insulina, la hormona del crecimiento (GH), factores proteicos de coagulación (tratamiento a hemofílicos), **vacunas antivíricas** (se introducen en una bacteria los genes de un virus que codifican su cápsida. De este modo, la bacteria fabrica cápsidas vacías, con todo su poder antigénico pero sin riesgos de infección). El **interferón** es otra proteína fabricada para nosotros por otra bacteria. Se trata de una sustancia antivírica natural sintetizada por una célula que ha sido invadida y que pone en guardia al resto de las células (mensajero químico). También se sabe que posee propiedades anticancerígenas.

## Alimentación

Obtención de productos por fermentación alcohólica. Debidas a la levadura *Sacharomyces cerevisiae*; este microorganismo necesita como nutriente básico sacarosa o maltosa (disacáridos). Productos elaborados: **vino, cerveza, sidra**, pan, tequila, pulque, licores cuya base sea el maíz, la patata, el arroz, la remolacha, la caña de bambú, etc. Cualquier vegetal rico en azúcares es susceptible de ser empleado para la obtención de etanol.

Obtención de productos por fermentación láctica. Intervienen distintos tipos de bacterias entre las que destacan los géneros *Lactobacillus* y *Streptococcus*. El **yogur** es simplemente leche cuya lactosa es transformada en ácido láctico por las bacterias antes mencionadas (este compuesto es el que le da el sabor particular y el que desnaturaliza las proteínas confiriéndole el aspecto semilíquido). [El yogur incluye bacterias vivas, no así el “yogur pasteurizado después de la fermentación”, cuyos microorganismos han sido matados por calor]. En el caso del **queso**, tras la obtención del requesón a partir de la leche, mediante el cuajo (renina o caseasa), son bacterias y hongos los que se encargan de la maduración: existen cientos y aun miles de variedades de quesos en el mundo, sus particulares sabores y aromas se deben a diferentes especies y/o cepas de estos microorganismos (por cierto, el queso azul o el roquefort son madurados por especies de hongos que “florecen” en las burbujas resultantes de los procesos de fermentación, así que no se trata de un “queso de gusanos” como mucha gente cree).

En la fabricación de los **encurtidos** también intervienen algunas especies de bacterias que al desprender ácido láctico evitan el ataque subsiguiente de otros microorganismos y confieren un sabor particular a los productos. No obstante, en muchos de estos preparados (aceitunas, pepinillos, berenjenas, etc.) se añade bien sal o bien vinagre como conservante. Si además están envasados herméticamente, se pasteurizan para evitar cualquier proliferación no deseada y que se mantengan mucho tiempo sin alterar).

La obtención del **vinagre** o bien de ácido acético (interesante producto para la industria) ya fue referida en el tema de las fermentaciones para dejar claro que la reacción llevada a cabo por la bacteria *Mycoderma aceti* es una oxidación incompleta del etanol.

Otro campo diferente a los anteriores pero relacionado con la alimentación es el de la producción de **proteínas, aminoácidos, vitaminas, enzimas, edulcorantes o conservantes de alimentos** (el mismo á. láctico o el a. cítrico) llevada a cabo por microorganismos. Con la ventaja añadida de que en muchos casos a los microbios, bien bacterias o bien hongos (levaduras) se les alimenta con residuos orgánicos de bajo coste, obteniéndose productos de interés en alimentación humana o animal. Gran parte de los aditivos que presentan los alimentos preparados y los piensos, no olvidemos que se obtienen gracias a la biotecnología. (Los detergentes para lavadora actuales contienen enzimas proteasas con las que consiguen eliminar las manchas de comida -materia orgánica- de la ropa).

## Procesos de interés industrial

Vamos a entender como procesos de interés industrial, todos aquellos que no tengan que ver con la industria farmacéutica ni alimentaria y añadiendo aspectos medioambientales.

**Obtención de minerales:** se están empleando con notable éxito en explotaciones mineras bacterias quimiosintéticas que, tras la oxidación de ciertos compuestos minerales producen otros de mucho mayor interés industrial y que sin las bacterias requeriría procesos



químicos costosos. Se las denomina **bacterias lixivadoras**. Pueden actuar directamente en pozos mineros que se inundan o una vez que se ha extraído el mineral y se ha depositado en balsas con agua.

**Obtención de energía:** la fermentación alcohólica llevada a cabo por las levaduras, está siendo aprovechada desde hace décadas en Brasil y en U.S.A. para obtener grandes cantidades de **etanol** a partir de los excedentes de la caña de azúcar y del maíz, con el fin de utilizarlos como **biocombustibles** mezclados con la gasolina [El problema es que ahora al aumentar la demanda, empieza a usarse también el maíz y la caña de azúcar dedicados a la alimentación. Esto significa un aumento del precio de estos productos y que países enteros que basan su alimentación básica –México por ejemplo- en el maíz sufran las consecuencias del nuevo negocio de “los combustibles ecológicos”]. Por otra parte, ciertas especies de bacterias anaerobias se emplean en la producción de gas **metano** a partir de la digestión de los lodos de las plantas de depuración de aguas residuales. En algunos países se emplea como materia prima el estiércol de los animales de granja para obtener biogás.

Noticias de actualidad: <http://www.ecoticias.com/biocombustibles/90290/noticia-medio-ambiente-microalgas-biodiesel>

**Obtención de productos químicos:** por ejemplo, la **acetona** se sintetiza en grandes cantidades mediante fermentación producida por una bacteria, a partir de moléculas orgánicas precursoras. También se obtienen otras moléculas orgánicas fundamentales para la industria de los plásticos.

**Corrección de problemas ambientales:** se están haciendo grandes avances en el campo de la descontaminación mediante microorganismos, si bien muchos de ellos todavía se encuentran en fase de desarrollo. Por ejemplo, se cuenta con especies de bacterias que, en laboratorio, **acumulan metales pesados** en su interior y que algún día servirán para descontaminar balsas mineras como la de Aznalcóllar en Sevilla (también hay vegetales que lo hacen).

Por otra parte, se han puesto a punto cepas bacterianas “**devoradoras**” de **petróleo** y que podrían ser una solución limpia y elegante para resolver los problemas de los vertidos tras el naufragio de petroleros. Pero la solución de un problema puede generar uno mayor al liberar al medio ambiente bacterias que pudieran más tarde ser perjudiciales (¿y si se nos contamina el depósito de combustible del coche con estas bacterias?). Esto nos da la idea de lo delicado que es “jugar” con la biotecnología.

Los microbios empleados en la **depuración de las aguas residuales** sí han resultado de una utilidad incuestionable (se han estudiado en la asignatura de CTMA). Gracias a su mediación, los tratamientos químicos para recuperar un agua en muy mal estado son casi innecesarios. Contamos con bacterias y protozoos aerobios comedores de materia orgánica y bacterias anaerobias (metanógenas) que ultiman el proceso. Hoy día, las estaciones depuradoras de aguas de las ciudades y grandes pueblos funcionan con tratamientos biológicos (estas bacterias por un lado eliminan materia orgánica y por otro producen un combustible).

Se está poniendo de moda el término “**biorremediación**”, que puede definirse como el tratamiento de cualquier problema ambiental empleando seres vivos, muchos de ellos seleccionados y algunos manipulados.