

I. EL ESTUDIO DE LOS MICROORGANISMOS

El estudio de los microorganismos requiere la utilización de una serie de técnicas que permitan su aislamiento y su crecimiento bajo condiciones controladas. A continuación vamos a hacer un breve repaso de las principales técnicas que se emplean en el estudio de los microorganismos.

A. CULTIVOS MICROBIANOS

1. Aislamiento de microorganismos

Frecuentemente se requiere obtener cultivos constituidos por una única especie de microorganismo para su estudio. Estos cultivos se denominan **cultivos puros** y está formado por células provenientes de una sola inicial y por tanto pertenecientes a la misma especie y cepa. Se trata de una situación artificial ya que en la Naturaleza los microorganismos se encuentran formando poblaciones mixtas y heterogéneas. Sin embargo, se trata de un artificio obligado para estudiar cada especie y cepa de microorganismo en particular.

Existen diversos **métodos para aislar cultivos puros**, entre ellos podemos destacar:

- Técnica de siembra por estrías en placa.
- Técnica de siembra por agotamiento de asa.
- Técnica de enriquecimiento del cultivo: consiste en diseñar condiciones de cultivo que favorezcan específicamente al microorganismo que queremos aislar y que se encuentra en pequeñas cantidades.
- Técnica de las diluciones en serie: se utiliza para microorganismos cuya proporción es mayoritaria dentro de la población mixta.
- Técnica de aislamiento directo de una sola célula mediante un micromanipulador.

2. Medios de cultivo

Un medio de cultivo consiste en una mezcla equilibrada de agua y los nutrientes necesarios para lograr el crecimiento de un microorganismos.

Según su **estado** podemos distinguir: medios líquidos; medios sólidos, que llevan un agente solidificante (Agar) que es un polisacárido producido por ciertas algas rojas que adquiere una consistencia gelatinosa por debajo de 45°C; medios semisólidos, que contienen también agar pero en una concentración menor.

Por su **composición**, podemos distinguir medios: los medios sintéticos, o químicamente definidos, de los cuales se conoce la composición exacta; medios complejos o de composición indefinida; los medios de enriquecimiento son medios complejos con aditivos adicionales para favorecer el crecimiento de determinados microorganismos; los medios selectivos, que son aquellos que favorecen por su diseño el crecimiento específico de un microorganismo particular (o grupo de microorganismos); etc.

3. Métodos de cultivo

Debido a su pequeño tamaño y a su ubicuidad, los microorganismos que se encuentran en el aire, en las manos o en el material de laboratorio pueden contaminar fácilmente los medios de cultivo.

Para evitar la contaminación de los medios y materiales de cultivo por microorganismos no deseados se emplean las siguientes **técnicas asépticas**:

- Los medios de cultivo y el material utilizado en su manipulación deben esterilizarse. Las técnicas de esterilización se estudian más adelante.
- La manipulación de los cultivos se debe llevar a cabo en condiciones asépticas. Cuando los cultivos se destapan y manipulan, es muy importante evitar la entrada de aire y el contacto con elementos que puedan estar contaminados.

Por esta razón, la transferencia de un medio a otro se realiza siempre en la proximidad de la llama de un mechero, con un asa de cultivo o con una aguja de siembra.

En la actualidad se utilizan campanas de siembra, compartimentos protegidos total o parcialmente por un cristal, donde se coloca la fuente de calor, que pueden incorporar extractores de aire o lámparas especiales que mantienen las condiciones asépticas.

- Los microorganismos se "incuban" en una estufa, en las condiciones de temperatura, humedad, pH, etc., más adecuadas para su crecimiento, habitualmente entre 24 y 48 horas.

Los microorganismos anaerobios se incuban en cámaras especiales libres de oxígeno.

4. Curva de crecimiento de un cultivo

La mayoría de los cultivos microbianos que se llevan a cabo en el laboratorio se realizan mediante la técnica denominada cultivo cerrado, en el que no se añaden nuevos nutrientes ni se eliminan los productos de desecho.

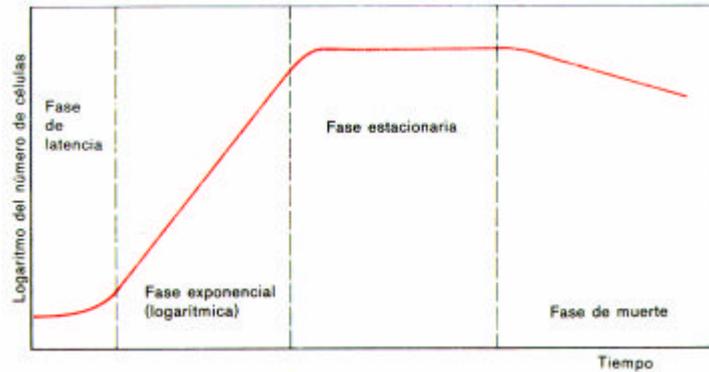
De este modo, el cultivo cerrado experimenta un ciclo de crecimiento en el que se diferencian cuatro fases:

Fase de latencia. Si se inocula un cultivo "viejo" de microorganismos en un medio fresco, no se observa crecimiento durante un período de tiempo, que se denomina de latencia, hasta que las células adaptan su metabolismo a las nuevas condiciones de cultivo.

Fase exponencial (o fase logarítmica). Una vez adaptadas a las nuevas condiciones, las poblaciones crecen exponencialmente; es decir, se duplican cada cierto período de tiempo (el tiempo de generación es constante).

Fase estacionaria. Cuando no se suministran nutrientes al medio de cultivo, se agotan algunos nutrientes esenciales y se acumulan productos de desecho. De esta forma se inhibe el crecimiento del cultivo, que entra en fase estacionaria, en la que no se observa un aumento del número de células, ya que existe un equilibrio entre las que se reproducen y las que mueren. -

Fase de muerte. El número de células disminuye gradualmente, debido al agotamiento de las reservas intracelulares, a la falta de nutrientes y a la acumulación de productos tóxicos en el medio.



B. OBSERVACIÓN DE MICROORGANISMOS

1. Utilización del microscopio óptico y del electrónico

Los microscopios son instrumentos indispensables para el estudio de los microorganismos, ya que permiten aumentar el tamaño de una imagen, haciendo visibles partículas de pequeñas dimensiones.

El microscopio óptico

El microscopio óptico se compone de un sistema de lentes con el que es posible ampliar el tamaño de cualquier muestra.

Los microscopios ópticos actuales constan básicamente de dos lentes situadas en los extremos de un tubo: la lente más próxima a la muestra es el **objetivo**, y la más próxima al observador, el **ocular**. Se pueden añadir, además, otras lentes que perfeccionen el sistema (lentes intermedias).

La capacidad para visualizar dos puntos que se encuentran muy próximos entre sí se denomina **poder de resolución**. La resolución de los microscopios ópticos alcanza un límite máximo de $0,2 \mu\text{m}$, es decir, no se pueden distinguir puntos separados por una distancia menor de $0,2 \mu\text{m}$.

El poder de resolución de los microscopios no sólo depende del tamaño y la calidad de las lentes objetivo, sino también de la longitud de onda de la luz incidente y del índice de refracción del medio, normalmente aire, que se encuentra entre el objetivo y la preparación. Cuanto mayor sea el índice de refracción, más disminuye la velocidad de la luz y más aumenta la resolución; por esta razón, con los objetivos de mayor aumento, denominados **objetivos de inmersión**, el aire (índice de refracción = 1,0) es sustituido por una sustancia viscosa como el aceite (índice de refracción = 1,5), consiguiéndose un poder de resolución mayor.

El límite de resolución del ojo humano es de $0,23 \text{ mm}$ ($= 230 \mu\text{m}$), por lo que el microscopio permite aumentar aproximadamente 1 000 veces nuestra capacidad de observación.

Existen diversos tipos de microscopios ópticos:

Microscopio de campo claro. Es el más común. En este tipo de microscopio las muestras se observan directamente en contraste con el medio circundante. Como las células vivas son muy transparentes, este contraste suele ser bajo y se utilizan con frecuencia tinciones con colorantes para obtener una imagen más definida.

Microscopio de contraste de fases, microscopio de campo oscuro y microscopio Nomarsky. Estos microscopios ópticos aumentan el contraste entre las células y el medio que las rodea, por lo que permiten obtener una imagen más nítida de las células vivas.

El microscopio de contraste de fases se basa en los distintos índices de refracción que poseen los componentes celulares; el resultado es una imagen más nítida de las estructuras internas.

En el microscopio de campo oscuro, un disco opaco bloquea el haz de luz, de forma que sólo la luz refractada por la muestra alcanza el objetivo y ésta aparece iluminada sobre un fondo oscuro.

El microscopio Nomarsky consta de un prisma refringente que divide la luz en dos rayos polarizados que interfieren entre sí y proporcionan imágenes prácticamente tridimensionales de la célula.

Microscopio de fluorescencia. En esta técnica la muestra se tiñe con una sustancia fluorescente que absorbe la energía de las ondas cortas de la luz (azul) y emite la luz de longitudes de ondas más largas (verde). Se utiliza en inmunofluorescencia, técnica en la cual una sustancia fluorescente se une a un anticuerpo específico de ciertos microorganismos. Si el anticuerpo fluorescente se une al microorganismo, este microorganismo emite fluorescencia y se puede identificar.

El microscopio electrónico

A principios del siglo XX, la aparición del microscopio electrónico supuso un avance extraordinario con respecto al óptico, ya que permitió aumentar el límite de resolución hasta $0,3 \text{ nm}$.

Este instrumento funciona gracias a un haz de electrones, en lugar de haces de luz, en un sistema de vacío y, a diferencia del microscopio óptico, sustituye las lentes de cristal por electroimanes.

Existen dos tipos de microscopio electrónico: el de transmisión (TEM) y el de barrido (SEM).

En el **microscopio electrónico de transmisión**, las muestras se montan sobre rejillas de cobre, que permiten el paso de los electrones; y el contraste se aumenta utilizando metales pesados, como el plomo, en lugar de colorantes, que hace que las distintas estructuras absorban diferentes cantidades de electrones. Para observar las estructuras celulares, se realizan cortes ultrafinos de la célula con un aparato especial denominado **ultramicrotomo**.

En el **microscopio electrónico de barrido**, las muestras (generalmente de células completas) se cubren con una fina capa de un metal pesado, como el oro; a continuación, el haz de electrones "barre" la superficie, ofreciendo una imagen detallada de la misma. A diferencia de la técnica anterior, los electrones no atraviesan la preparación, sino que se reflejan sobre su superficie.

2. Técnicas de observación

Preparación en fresco: para poder observar la movilidad de un microorganismo es preciso que no esté fijado. Consiste en suspender una gota, tomada directamente de la muestra, sobre un portaobjetos y cubriéndola, sin formar burbujas de aire, con un portaobjetos se observa al microscopio de contraste de fases.

Técnicas de tinción:

En microscopía de campo claro es necesario aumentar el contraste entre los microorganismos y el medio para poder observarlos. Esto se consigue mediante la utilización de colorantes. En general, el proceso seguido en todas las tinciones conlleva las siguientes etapas:

- **Extensión:** se realiza sobre un portaobjetos que ha de estar totalmente limpio. Si la muestra es líquida se hace directamente y, si es sólida, hay que resuspenderla previamente en una gota de H₂O.
- **Fijación:** tiene por objeto adherir la muestra al portaobjetos y desnaturalizar las proteínas para facilitar la acción del colorante. Normalmente se realiza con calor, pasando la muestra repetidamente a 10 cm de la llama del mechero.
- **Tinción:** se realiza añadiendo los colorantes sobre los microorganismos sometidos a los procesos anteriores. Puede ser de varios tipos:

Negativa: Los colorantes no tiñen el microorganismo, sino el entorno, aumentando de este modo su contraste. La muestra se extiende sobre una gota del colorante (nigrosina).

Simple: Se utiliza un solo colorante que puede ser de cualquier tipo. Al igual que la tinción negativa, sólo nos permite observar la forma, el tamaño y el tipo de agrupación de las células.

Diferencial: Intervienen dos o más colorantes y cada uno diferencia una estructura. El colorante que se usa en segundo lugar es de color diferente al del primero, denominándose colorante de contraste.

La técnica de tinción diferencial más utilizada con bacterias es la **tinción de Gram**. Básicamente consiste en lo siguiente: tinción con cristal violeta (colorante azul); lugol (mordiente, sustancia no colorante que refuerza la acción de un colorante); decoloración con etanol 96° (elimina el colorante en ciertas bacterias); tinción con safranina (colorante de contraste, rojo). Esta tinción distingue entre dos amplios grupos de bacterias según la composición de la pared celular; las Gram-negativas que no retienen el complejo cristal violeta-lugol después de la decoloración con alcohol y aparecen teñidas de rojo, y las Gram-positivas que sí lo retienen y aparecen teñidas de azul oscuro.

II. ELIMINACIÓN DE MICROORGANISMOS

A. ESTERILIZACIÓN

La esterilización consiste en eliminar totalmente los microorganismos de los medios de cultivo, el material y los utensilios del laboratorio (tubos, placas, matraces, pipetas, etc.).

En función de la naturaleza de los agentes empleados, los métodos de esterilización pueden ser **físicos** (calor, radiaciones y filtración) o **químicos** (microbicidas).

Las temperaturas muy elevadas tienen un efecto letal sobre los organismos. Por esta razón, el calor es uno de los agentes más utilizados para esterilizar el material de laboratorio.

Existen dos métodos de esterilización por calor: calor húmedo y calor seco.

Esterilización por calor húmedo

Cuando el calor se suministra en una atmósfera húmeda (vapor de agua), tiene mayor poder de penetración. El funcionamiento del **autoclave** se basa en este principio. Se trata de un recipiente hermético de acero inoxidable que permite esterilizar los medios de cultivo y el material de laboratorio (batas, utensilios de vidrio, etc.) a 121 °C en una atmósfera de vapor de agua durante un tiempo controlado (por lo general, 20 minutos). (A 1 atmósfera de sobrepresión, el agua puede alcanzar una temperatura de 121 °C sin hervir).

Esterilización por calor seco

Los utensilios de metal y cristal se pueden esterilizar también con calor seco calentándolos en hornos a 170 °C durante 90 minutos.

Esterilización por radiaciones

Las radiaciones con luz ultravioleta (UV) y las radiaciones ionizantes (rayos X y rayos gamma) se utilizan para esterilizar materiales de laboratorio que no pueden ser sometidos a altas temperaturas.

El efecto letal de la radiación UV afecta principalmente a los ácidos nucleicos. Por su escaso poder de penetración se emplea para esterilizar superficies o grandes laboratorios.

Las radiaciones ionizantes sirven para esterilizar materiales plásticos, sobre todo a escala industrial, y de uso médico.

Esterilización por filtración

Para esterilizar líquidos o gases sensibles al calor (por ejemplo, soluciones de vitaminas o de proteínas), se pueden utilizar procedimientos de filtración. El más habitual consiste en hacer pasar el líquido a través de un filtro de nitrocelulosa con un tamaño de poros de 0,45 µm de diámetro.

Es necesario que tanto el filtro como el aparato utilizado para la filtración hayan sido esterilizados previamente. Dichos aparatos suelen ser jeringas especiales, o bien constan de un embudo, una plataforma en la que se coloca el filtro y un matraz.

Esterilización por compuestos químicos

Algunos compuestos químicos, como la lejía (hipoclorito sódico) o el gas óxido de etileno, son microbicidas, es decir, causan la muerte de los microorganismos. Se utilizan para esterilizar superficies, ropas, contenedores o material de plástico, desinfectar los laboratorios, etc. Es importante que el compuesto químico sea volátil para que se pueda eliminar fácilmente del objeto esterilizado.

Los compuestos químicos se deben utilizar con precaución, ya que muchos de ellos pueden ser tóxicos para el ser humano o el medio ambiente.

B. PASTEURIZACIÓN

La pasteurización es un proceso que se utiliza habitualmente para reducir el número de microorganismos en alimentos sensibles al calor, como, por ejemplo, la leche. Para ello, se hace pasar la leche por un tubo a una temperatura de 71 °C durante 15 segundos y, a continuación, se enfría rápidamente. Los alimentos pasteurizados no son estériles.

C. CONSERVACIÓN

Los alimentos están sometidos a degradación por microorganismos, por eso es necesario recurrir a una serie de procesos que evitan la multiplicación y la acción de los microorganismos. Entre los métodos de conservación más frecuente, podemos citar: la desecación, las bajas temperaturas, la acidificación, el ahumado, la salazón, las altas concentraciones de azúcar, la adición de productos conservantes, etc.

III. PAPEL DE LOS MICROORGANISMOS EN LOS ECOSISTEMAS

A. EL CICLO DEL CARBONO

Existen dos grandes reservorios de carbono en la Tierra:

- Los depósitos de rocas carbonatadas (dolomitas y calizas), carburantes fósiles y sedimentos (humus orgánico), que son poco activos desde el punto de vista biológico, es decir, desde los que el carbono difícilmente pasa a los seres vivos.
- La atmósfera es el reservorio más activo de carbono, en la que se encuentra en forma de CO_2 , CO y CH_4 , además de las formas inorgánicas disueltas en agua (carbonato y bicarbonato), en equilibrio con el CO_2 atmosférico.

El ciclo biológico del carbono consiste en el intercambio entre sus formas inorgánicas y orgánicas, y se desarrolla en varias etapas:

- Los organismos productores autótrofos convierten el CO_2 en materia orgánica. En condiciones aeróbicas, el CO_2 es fijado por fotosíntesis oxigénica (plantas superiores, protistas verdes y cianobacterias), y en ausencia de oxígeno, por fotosíntesis anoxigénica (bacterias fotosintéticas rojas y verdes), así como por bacterias quimiolitotrofas.
- El carbono orgánico es utilizado por los consumidores aerobios o anaerobios (animales, protistas y bacterias), que utilizan los compuestos orgánicos como fuente de carbono y energía.
- Los organismos descomponedores (bacterias y hongos) utilizan la materia orgánica en descomposición, remineralizando el carbono a CO_2 por respiración o por fermentación.

Las bacterias fermentadoras producen, además de CO_2 y H_2O , ácidos orgánicos y alcoholes que serán reutilizados a su vez por otros grupos de bacterias y finalmente convertidos en metano por las bacterias metanógenas (arqueobacterias que utilizan el H_2 como fuente de energía, y el CO_2 y acetato como fuente de carbono). En presencia de oxígeno, el gas metano (CH_4) es oxidado hasta CO_2 por las bacterias metanótrofas (que llevan a cabo una respiración aerobia) y devuelto a la atmósfera.

B. EL CICLO DEL NITRÓGENO

El nitrógeno es un elemento esencial para los seres vivos. Los microorganismos desempeñan un papel muy importante en las transformaciones biogeoquímicas de este elemento, y, a veces, son los únicos que las pueden realizar.

El principal reservorio de nitrógeno es la atmósfera, en la que se halla en forma de N_2 gaseoso, muy estable químicamente. También se encuentra en el humus y en las rocas sedimentarias, en las que está prácticamente inmovilizado para los seres vivos. Las reservas más activas de este elemento son los compuestos inorgánicos, como amonio, nitritos y nitratos, solubles en agua.

Las actividades biológicas fundamentales en el ciclo del nitrógeno son la fijación de nitrógeno, la amonificación, la nitrificación y la desnitrificación.

- **Fijación de nitrógeno.** La llevan a cabo exclusivamente las bacterias fijadoras de nitrógeno, capaces de fijar el nitrógeno atmosférico libremente en medios naturales o en simbiosis con plantas superiores.

Como el N_2 es una forma muy estable, la fijación de nitrógeno requiere mucha energía, pero confiere la capacidad de colonizar ambientes pobres en nitrógeno combinado (nitratos o amonio). El enzima responsable de la fijación de nitrógeno es la nitrogenasa, que se inactiva en presencia de oxígeno. La mayoría de las bacterias fijadoras de nitrógeno sólo pueden fijar este elemento en medios anaerobios; sin embargo, algunas especies pueden hacerlo en ambientes oxigenados, por lo que han desarrollado diversos mecanismos para proteger la nitrogenasa frente al oxígeno, como, por ejemplo, el incremento de las tasas respiratorias (consumen rápidamente el oxígeno) o la diferenciación de células "especiales" que impiden la entrada de oxígeno a su interior, como los **heterocistos** de algunas cianobacterias.

- **Amonificación.** La mayoría de los seres vivos convierten el nitrógeno orgánico en amonio, que excretan al medio y puede ser incorporado a las moléculas orgánicas mediante asimilación por plantas y microorganismos.

- **Nitrificación.** Este proceso lo realizan sólo dos grupos de bacterias quimiolitotrofas (*Nitrobacter* y *Nitrosomonas*), que utilizan el amonio o los nitritos como fuente de energía y liberan nitratos. Estas bacterias son aerobias y tienen un metabolismo respiratorio.

La nitrificación es un proceso especialmente importante en el suelo. El nitrato es fácilmente asimilable por las plantas y los microorganismos, si bien es muy soluble y puede ser "lavado" por la lluvia con facilidad. El amonio es un ion más estable en el suelo; por esta razón constituye un componente común de los abonos, que incorporan inhibidores de la nitrificación para evitar la pérdida de nitrógeno combinado.

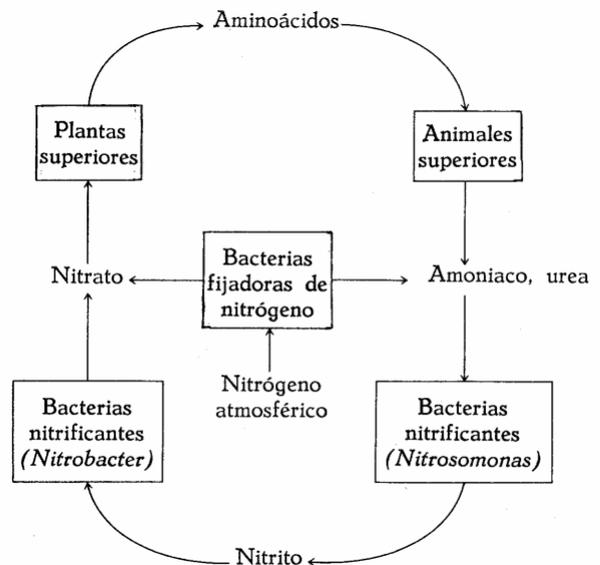
- **Desnitrificación.** Consiste en la conversión de nitratos a nitrógeno gaseoso; este proceso es realizado por las bacterias desnitrificantes, que oxidan los compuestos orgánicos por respiración anaerobia y utilizan el nitrato como aceptor de electrones liberando N_2 a la atmósfera.

La desnitrificación asegura el reciclado del nitrógeno a la atmósfera y contribuye a eliminar nitratos de las aguas, impidiendo la eutrofización; sin embargo, tiene un efecto negativo sobre el suelo.

C. INTERVENCIÓN EN OTROS CICLOS BIOGEOQUÍMICOS

Las actividades metabólicas de los microorganismos inciden notablemente en otros ciclos biogeoquímicos, como muestra podemos destacar las siguientes intervenciones:

- Hay bacterias quimiolitotrofas y fototrofas capaces de oxidar el azufre elemental y convertirlo en sulfato. Este sulfato es utilizado por plantas y microorganismos autótrofos para sintetizar compuestos orgánicos sulfurados que serán la fuente



te de azufre orgánico de los heterótrofos. También intervienen microorganismos en la mineralización del azufre de los compuestos orgánicos.

- A pesar de ser uno de los elementos más abundantes en la corteza terrestre, la mayoría de los seres vivos no puede disponer de él. Los microorganismos intervienen en varias etapas importantes del ciclo del hierro, como la solubilización del hierro, en la que se reduce la forma férrica a ferrosa, más soluble, poniéndolo a disposición de otros organismos.
- También intervienen en el ciclo del fósforo, transfiriéndolo de formas inorgánicas a orgánicas o solubilizando el fosfato insoluble.

IV. MICROORGANISMOS BENEFICIOSOS Y PERJUDICIALES

A. LA FLORA BACTERIANA NORMAL

La gran mayoría de los microorganismos son inoos para los demás seres vivos. Muchos de ellos incluso se han adaptado a las condiciones especiales que tienen los tejidos de los animales, viviendo en ellos, en su piel, en sus conductos digestivos o respiratorios; son la denominada **flora normal**. Sin embargo, los microbios más conocidos son aquellos que producen enfermedades infecciosas en las plantas, en los animales y en la especie humana; éstos son los **microorganismos patógenos**. Para que estos microbios puedan manifestar sus efectos nocivos deben penetrar en los seres vivos. La mayoría de los animales están bien protegidos en sus superficies externas mediante pieles gruesas, escamas, cutículas, secreciones, etc., de modo que la penetración de estos microbios patógenos suele efectuarse a través de heridas o mediante los conductos naturales de los animales como los digestivos, respiratorios o genitourinarios. Hay microorganismos que normalmente no son patógenos pero pueden serlo cuando disminuyen los mecanismos defensivos de un animal: son los **microorganismos oportunistas**.

B. ENFERMEDADES INFECCIOSAS

1. Conceptos generales

Las enfermedades causadas por microorganismos se denominan **enfermedades infecciosas** y son la principal causa de mortalidad en los países subdesarrollados. El crecimiento de los microorganismos en el seno de los tejidos del huésped es la **infección**; aunque hay infecciones asintomáticas, frecuentemente se manifiestan con un cuadro clínico característico.

La capacidad de un organismo para producir enfermedad es su **patogeneidad**. Las poblaciones de microbios (cepas) que causan enfermedad se consideran **virulentas**, frente a las **inoas** o no virulentas. La patogeneidad y virulencia están frecuentemente ligadas a la producción de ciertas sustancias por parte del microorganismo, denominadas **toxinas**, que causan daños concretos en el huésped.

Las toxinas pueden dividirse en función de sus propiedades químicas en dos grupos: exotoxinas y endotoxinas.

- Las **exotoxinas** son proteínas solubles que fabrica y segrega la bacteria, por lo que aparecen en los extractos celulares o en los medios de cultivo bacterianos. Salvo algunas excepciones, se destruyen fácilmente con el calor. Se reconocen tres tipos:
 - **Enterotoxinas**: que estimulan anormalmente a las células de la mucosa gastrointestinal, como la toxina colérica o las producidas por *Escherichia coli*.
 - **Citotoxinas**: que matan enzimáticamente a las células del huésped, como la toxina diftérica.
 - **Neurotoxinas**: que bloquean la transmisión sináptica de los impulsos nerviosos; por ejemplo las toxinas botulínica y tetánica.
- Las **endotoxinas** se corresponden con los lipopolisacáridos de las membranas bacterianas Gram -negativas. Todas son resistentes al calor. Su actuación cursa con diarreas, fiebre, *shock* y, en ocasiones, hemorragias internas.

| Característica | Exotoxinas | Endotoxinas |
|---------------------------------|--------------------------------------|--|
| Microorganismo productor | Bacterias Gram + y Gram - | Bacterias Gram - |
| Naturaleza química | Proteínas | Lipopolisacáridos |
| Efectos en el huésped | Específicos sobre tejidos | Generales, produciendo fiebre y <i>shock</i> |
| Tolerancia al calor | Se desnaturalizan | Son termoestables |
| Efectos inmunológicos | Inducen la producción de anticuerpos | No inducen la producción de anticuerpos |
| Toxicidad | Alta, hasta en dosis muy pequeña | Baja |

Se habla de **epidemia** cuando al mismo tiempo se dan muchos casos de individuos enfermos de la misma enfermedad en una determinada comunidad o área geográfica pequeña. En cambio, una **pandemia** es una enfermedad infecciosa distribuida por una zona extremadamente amplia de la Tierra. Si una enfermedad infecciosa afecta de manera constante a una determinada comunidad pero con una incidencia no muy alta en la población, se dice que es **endémica**.

Algunas enfermedades infecciosas que se producen primariamente en diversos animales como el ganado vacuno, los cerdos, los perros, los murciélagos y los conejos, pueden transmitirse secundariamente a la especie humana por el contacto con estos animales. A estas enfermedades se las denomina **zoonosis**. Se conoce por el nombre de **reservorios** a aquellos lugares donde los microorganismos patógenos pueden sobrevivir fuera de los huéspedes y desde donde pueden iniciar la infección. Los reservorios pueden ser tanto objetos inanimados como seres vivos. A los seres vivos que son imprescindibles para la transmisión del microorganismo patógeno hasta el hospedador definitivo se les llama vectores de la enfermedad. Hay personas que aun no teniendo síntomas de una enfermedad infecciosa, llevan en su interior el microbio patógeno y son, por lo tanto, potenciales transmisores de la enfermedad. Se les denomina individuos **portadores**. Puede ser que en ellos el microbio esté aún en fase de incubación o bien que hayan padecido la enfermedad y la hayan superado, pero el microbio siga estando en forma latente en ellos. El aislamiento o limitación de movimientos de personas y animales que están infectados se llama **cuarentena** y afecta al tiempo más largo de posible contagio de la enfermedad; en la actualidad, sólo se obliga a efectuar cuarentena en las siguientes enfermedades graves: fiebre amarilla, peste, cólera, fiebre tifoidea y fiebre recurrente.

2. Vías de transmisión

Las enfermedades infecciosas pueden ser transmitidas por el aire, por el agua o por contacto directo (entre ellas las enfermedades de transmisión sexual); en otros caso pueden ser transmitidas por vectores, como insectos chupadores, chinches, pulgas, etc.; por último hay enfermedades causadas por la ingestión de alimentos en mal estado (por ejemplo botulismo y salmonelosis). En el cuadro siguiente se resumen las principales rutas de entrada de algunos patógenos.

| Transmisión | Mecanismo | Entrada | Enfermedad | Microorganismo |
|--------------|---|--|---------------------|------------------------------|
| Respiratoria | Inhalación | Mucosas | Gripe | Virus de la gripe |
| | | | Tos ferina | <i>Bordetella pertussis</i> |
| | | | Neumonía | <i>Pneumocystis carinii</i> |
| Digestiva | Ingestión | Mucosas | Poliomielitis | Virus de la polio |
| | | | Cólera | <i>Vibrio cholerae</i> |
| | | | Salmonelosis | <i>Salmonella sp.</i> |
| | | | Disentería amebiana | <i>Entamoeba histolytica</i> |
| Sexual | Contacto sexual | Mucosas | Sida | Retrovirus del sida |
| | | | Sífilis | <i>Treponema pallidum</i> |
| | | | Candidiasis | <i>Candida albicans</i> |
| | | | Tricomoniiasis | <i>Trichomonas vaginalis</i> |
| Cutánea | Contacto | Folículos pilosos Conductos sudoríparos | Lepra | <i>Mycobacterium leprae</i> |
| Parenteral | Heridas Picaduras Inyección Materno-filial | Subepidermis Sistema circulatorio Tejidos internos | Rabia | Virus de la rabia |
| | | | Hepatitis B | Virus de la hepatitis B |
| | | | Tétanos | <i>Clostridium tetani</i> |
| | | | Paludismo o malaria | <i>Plasmodium sp.</i> |

3. Enfermedades producidas por microorganismos

Tablas

4. Medidas frente a las enfermedades infecciosas

Medidas profilácticas

La prevención es la clave para combatir muchas enfermedades infecciosas. Parte de esta prevención consiste simplemente en tomar medidas de **higiene** personal y con los alimentos. El empleo de **desinfectantes**, para eliminar los microorganismos de los objetos, y de **antisépticos**, para eliminarlos de los tejidos de los seres vivos, especialmente en clínicas y en hospitales es también fundamental como medida profiláctica.

Otra medida fundamental para la lucha contra las enfermedades infecciosas es la **vacunación**. Su aplicación sistemática a los niños o de forma masiva a los grupos de riesgo de la población ha permitido la práctica erradicación de numerosas enfermedades infecciosas, por lo menos en los países industrializados, y la contención de posibles epidemias.

La vacunación se basa en la estimulación artificial del sistema inmunológico mediante el suministro de los antígenos necesarios para que el organismo sintetice por sí mismo los anticuerpos contra ellos. De esta manera, si el individuo queda expuesto de nuevo a estos agentes patógenos, su cuerpo estará preparado para combatirlos rápidamente.

Según el origen y la naturaleza de los antígenos se distinguen varios tipos de vacunas: **atenuadas** (poliomielitis, sarampión, rubéola, ...), que consisten en la inoculación con organismos vivos pero debilitados que provocan una infección muy limitada; **inactivadas** (rabia, fiebres tifoideas, tos ferina, difteria, ...), en la que se inoculan microorganismos muertos, por lo que la dosis tiene que ser mayor para que contenga antígenos suficientes; y **acelulares** (tétanos, neumonía bacteriana, ...), formadas por partes o productos de los microorganismos, y no por células completas.

El efecto de algunas vacunas es de por vida, otras, en cambio, tienen una validez limitada.

Medidas curativas: agentes antimicrobianos y quimioterapéuticos

Los **agentes antimicrobianos** son productos químicos que matan o inhiben el crecimiento de los microorganismos. Según el tipo de microorganismos contra los que actúan, pueden ser antibacterianos, antivíricos, antifúngicos o antiparasitarios.

Los agentes químicos que se utilizan en el tratamiento de enfermedades producidas por microorganismos se denominan **agentes quimioterapéuticos**. Deben ser inocuos o presentar baja toxicidad para el organismo. Los principales agentes quimioterapéuticos son los antivirales, los antibióticos y las sulfamidas.

En la quimioterapia **antiviral** se utilizan una serie de productos sintéticos que, de una u otra manera, impiden la multiplicación de los virus. En la actualidad los únicos de eficacia probada actúan contra los herpesvirus. El más importante es el aciclovir, que actúa de forma específica contra la ADN polimerasa del herpes, impidiendo la síntesis del ADN vírico y, por tanto, su multiplicación. El AZT (azidodesoxitimidina) es otro agente antiviral que inhibe la transcripción inversa en los retrovirus (como el HIV) y se utiliza, combinado con otros fármacos, en el tratamiento del SIDA.

Los **antibióticos** son sustancias producidas de forma natural por bacterias del grupo de las actinomicetales y por ciertos hongos filamentosos u hongos que se emplean en el tratamiento de infecciones. Algunos antibióticos son semisintéticos, es decir, se obtienen por modificación de antibióticos naturales. En general actúan de dos maneras: matando los microorganismos existentes (acción bactericida) o impidiendo su reproducción (acción bacteriostática). Los antibióticos son muy útiles para el tratamiento de enfermedades producidas por bacterias; algunos, no obstante, también tienen efectos contra los hongos patógenos.

El mecanismo de acción de los antibióticos es variado, ya que va desde la inhibición de la síntesis de las paredes celulares de las bacterias patógenas y la destrucción de los fosfolípidos de las membranas celulares, hasta la inhibición de la síntesis del ADN, del ARN y de las proteínas de los microbios patógenos. Existen antibióticos de **amplio espectro** que ejercen su acción sobre una gran variedad de microorganismos y otros, de **espectro reducido**, que ac-

túan específicamente sobre ciertos microorganismos. Algunas bacterias son resistentes a ciertos antibióticos gracias a que son capaces de inactivarlos o bien sus cubiertas no son permeables al antibiótico. Además pueden aparecer cepas de bacterias mutantes capaces de resistir a los antibióticos, de ahí la importancia de controlar estrictamente su administración.

| Grupo | Ejemplos | Microorganismo productor | Modo de acción | Espectro de acción |
|------------------------|-------------------|-------------------------------------|---|---|
| b-lactámicos | Penicilinas | Penicillium (hongo) | Inhiben la síntesis de la pared bacteriana. | Gram-positivas |
| | Cefalosporinas | Cephalosporium (hongo) | | Gram-positivas y Gram-negativas |
| Aminoglucósidos | Estreptomina | <i>Streptomyces</i> (actinomicetos) | Inhiben la síntesis de proteínas | Gram-negativas |
| Macrólidos | Eritromicina | <i>Streptomyces</i> (actinomicetos) | Inhiben la síntesis de proteínas | Gram-negativas |
| Tetraciclinas | Clorotetraciclina | <i>Streptomyces</i> (actinomicetos) | Inhiben la síntesis de proteínas | Gram-positivas y Gram-negativas, incluidas rickettsias, clamidias y micoplasmas |

Las **sulfamidas** son agentes bacteriostáticos que actúan sobre las bacterias capaces de sintetizar ácido fólico. Químicamente son análogos del ácido paraaminobenzoico, componente del ácido fólico. Actualmente apenas se utilizan debido al desarrollo de gran cantidad de cepas resistentes a estos agentes y a sus efectos negativos sobre el organismo, sobre todo de tipo alérgico. No obstante, combinadas con el trimetoprim constituyen una terapia muy eficaz para el tratamiento de un tipo de neumonía que afecta con frecuencia a los enfermos de SIDA.