

TEMA 32 : CONTROL DE MICROORGANISMOS (Fundamentos)

- Las razones del control :

- ◆ Evitar transmisión de enfermedades
- ◆ Tratar enfermedades
- ◆ Tratar o evitar contaminaciones de alimentos
- ◆ Prevenir el biodeterioro

* **Para controlarlos se usan agentes químicos o físicos** (desinfectantes y quimioterapéuticos) : al principio al aplicar algún agente mueren muchos microorganismos , pero las cepas que quedan son más resistentes . Para determinar el efecto de un agente físico o químico se usa : tiempo de reducción decimal (**D**) , tiempo que tarda un agente en eliminar el 90% de las células de una población :

- El valor de D está influenciado por varios factores :

- Microorganismo : algunos son más resistentes que otros a los agentes
- Estado fisiológico : más susceptible al principio del crecimiento
- Temperatura : cualquier agente es potenciado con la T^a , las reacciones químicas se aceleran .
- Presencia de distintas sustancias : si hay más carbohidratos tienen más resistencia térmica . Con la materia orgánica el agente suele ser menos efectivo : normalmente precipita , se puede combinar y o inactiva , se puede acumular alrededor de las células actuando como barrera .

- Otros factores :

- Concentración del agente
- Tiempo de actuación (exposición)
- Tamaño de la población
- pH , viscosidad ...

- No hay ningún agente que sirva para esterilizar o desinfectar todo tipo de material . Los principales mecanismos de acción de los agentes antimicrobianos actúan a los siguientes niveles :

- Pared celular bacteriana : si se daña , las células mueren por lisis enzimática , se puede dañar la pared o inhibir la síntesis de algunos componentes .
- Membrana : por ella ocurre la entrada selectiva de moléculas , cualquier daño que afecte a sus funciones conduce a la muerte de la célula .
- Proteínas y DNA : hay muchos agentes que desnaturalizan proteínas y ADN , lo que produce graves daños estructurales y metabólicos , provocando la muerte . También agentes que inhiben la síntesis de proteínas y DNA .
- Actúan como antimetabolitos o análogos metabólicos : siempre son compuestos químicos análogos a alguna molécula esencial en reacciones celulares , si lo sustituyen bloquearán las reacciones posteriores .

CONCEPTOS IMPORTANTES

- ◆ **Esterilización** : eliminación de toda forma de vida , tanto vegetativa como esporas , de un objeto o sustancia (no hay grado intermedio o es estéril o no)
- ◆ **Desinfección** : eliminación de las formas vegetativas de los microorganismos que causan enfermedad (patógenos) , no implica eliminación de esporas . Suelen ser compuestos químicos y se usan sobre objetos o superficies .

- ♦ **Antisepsia** : destrucción de los microorganismos infecciosos , en sus formas vegetativas , de los tejidos . Suelen ser compuestos químicos , pero menos tóxicos que los desinfectantes , por eso no dañan los tejidos .
- ♦ **Asepsia** : antes era la prevención de la infección de heridas o tejidos , hoy las técnicas asépticas impiden la contaminación de medios de cultivo , recipientes ...
- ♦ **Saneamiento o higienización** : mecanismo por el que se reducen las poblaciones microbianas por debajo de los valores adecuados para la salud pública y que vienen registrados en legislaciones pertinentes , un ejemplo es la Pasteurización .
- ♦ **Antimicrobiano** : cualquier agente físico o químico que de alguna manera mata o interfiere en el crecimiento de los microorganismos . dependiendo del tipo de microorganismos hablamos de antibacteriano , antifúngico , antivírico ...
- ♦ **Microbicida** : agente microbiano que produce la muerte de los microorganismos (bactericida , fungicida ...) .
- ♦ **Microbiostático** : agente que detiene el crecimiento de los microorganismos , pero sin matarlos (bacteriostático ...)

CONTROL POR AGENTES FÍSICOS Y QUÍMICOS

- **Agentes físicos** : calor (calor húmedo – ebullición en agua , tindalización o esterilización fraccionada , pasteurización , vapor a presión – calor seco – flameado , incineración) , radiaciones (ionizantes , no ionizantes) , microondas , filtración , desección , presión osmótica .
- **Agentes químicos** : esterilizantes , desinfectantes , antisépticos
- **FÍSICOS**
- **TEMPERATURA** : (altas y bajas)

- ♦ **Punto térmico letal** : T^a más baja necesaria para matar a todos los microorganismos que están en una suspensión en medio líquido , en un tiempo de 10 minutos .
- ♦ **Tiempo térmico letal** : tiempo mínimo necesario para matar todos los microorganismo de una suspensión a una T^a dada

% Las altas temperaturas pueden ser :

- ♦ **Calor húmedo** : método muy efectivo para matar microorganismos y esporas
- **Ventajas** : poder de penetración muy alto en tiempos cortos , distribución uniforme , no deja residuos tóxicos , económico ... es muy usado .
- **Inconvenientes** : corrosivo (corroe la vasija y utensilios metálicos) , no se puede utilizar con sustancias grasas , polvo ni materiales secos ...
- **Mecanismos** :
- **Ebullición en agua** : se meten los materiales en agua y se hierven a 100°C , se destruyen las formas vegetativas , pero no las esporas . Así no esteriliza , pero desinfecta .
- **Tindalización o esterilización fraccionada** : el recipiente con el material a esterilizar se calienta a una T^a de $90-100^{\circ}\text{C}$ durante 30 minutos cada día , durante 3 días consecutivos y se incuba a 37°C entre cada calentamiento . Así se deja tiempo para que las esporas germinen y luego se eliminan con una nueva ebullición , no destruye las esporas en sí .
- **Vapor a presión** : las técnica más utilizada , se usan aparatos llamados autoclave . Fundamento : un líquido hierve cuando su presión parcial es igual a la atmosférica , incrementando esta presión podemos

calentar a una T^a superior sin que hierva el líquido , así pueden matarse esporas que resisten T^a de ebullición normales . Suele trabajarse a 121°C , se destruyen todas las formas de vida incluidas las esporas .

- **Pasteurización** : se usa para determinados materiales (vino , leche ...) , implica un calentamiento a bajas temperaturas , de lo contrario se estropearían los materiales (perderían sus propiedades) . Con esta técnica no se matan todos los microorganismos , pero sí se elige el tiempo y T^a se matan los que nos interesan . El mecanismo más conocido es el de la leche (se trata de eliminar bacterias patógenas como *Mycobacterium* o *Bucella*) , la T^a y tiempo se escogió en función de la resistencia de los patógenos . **Tipos de pasteurización** :

* **LTH** (63°C , 30') : es la que se usó al principio para eliminar *Mycobacterium* (tuberculosis) que es inicialmente el más peligroso , posteriormente se descubrieron más y se pasó a otras técnicas .

* **HTST** (72°C , 1' o 2' – incluso segundos) : se produciría ya un leve cambio de sabor

* **UHT** (hasta 150°C , 1' o 2') : no necesita nevera (tetra brick ...) , muchos cambios de sabor y pérdida nutricional .

♦ **Calor seco** :

- **Ventajas** : Sirve para sustancias en polvo secas , sustancias grasas , materiales metálicos ...
- **Inconvenientes** : poder de penetración menor , distribución menos uniforme , se necesita más tiempo y temperatura .
- **Mecanismos** :

a. **Horno** : alcanza T° $160\text{--}200^{\circ}\text{C}$, usado para material seco y resistente a estas T^a

b. **Flameado** : consiste en trabajar a la llama y sirve para que no entren microorganismos en los tubos de ensayo .

c. **Incineración** : se usa como medio de tratamiento de los desechos .

% **Temperaturas bajas** : no esterilizan , pero sí valen para la conservación de los alimentos y otros materiales . Las bajas T^a no son microbicidas , sino **microbioestáticas** : nunca se usan en esterilización ni desinfección , sino en preservación .

a. **Refrigeración** : por ejemplo las neveras ($4\text{--}5^{\circ}\text{C}$) detienen el crecimiento de la mayoría de los microorganismos patógenos .

b. **Congelación** : mata a la mayor parte de los microorganismos durante períodos largos , aunque algunos resisten por lo que tras la descongelación comienzan a crecer.

• **RADIACIONES**

a. **Ionizantes** : se usan **rayos X o rayos γ** al tener gran poder energético pueden arrancar los e^{-} de los átomos . Sirven para esterilizar porque matan las formas vegetativas y las esporas de microorganismos , surgieron para la esterilización de materiales termolábiles (por eso también se llama esterilización fría) . Es muy caro y no se usa para materiales líquidos o sustancias porque pueden alterarse .

b. **No ionizantes** : destaca la **radiación UV**, no es tan energética y no es capaz de arrancar los e^{-} de los átomos , pero sí produce transformaciones . Actúa sobre los ácidos nucleicos produciendo mutaciones y por eso puede matar los microorganismos , aunque las esporas pueden ser resistentes . Tiene poco poder de penetración y es dañina para los seres vivos , por eso sólo se usa en forma de lámpara para la desinfección de quirófanos ... (cuando no hay actividad en esas salas) .

- **MICROONDAS**

El plástico y vidrio dejan pasar estas ondas , pero los metales las reflejan , su acción provoca la vibración de las moléculas y como consecuencia calor . Tiene **efecto microbicida** , no sólo debido al calor también por ellas mismas . Permite esterilizar materiales de plástico de forma económica .

- **FILTRACIÓN**

Se usa para líquidos biológicos que no pueden ser tratados con calor , son **filtros de membrana de tamaño de poro variable** , puede pasar a través del filtro el líquido pero no la bacterias (el más usado en Microbiología es de 0,22 μ m) . Este método no destruye los microorganismos , sólo los separa . Este mecanismo también se usa para filtrar el aire , con los filtros HEPA , es un método de **desinfección** . En la industria la filtración sustituye a veces a la pasteurización , ya que ésta puede provocar cambios de sabor .

- **DESECACIÓN** :El agua es fundamental para la vida , si se elimina los microorganismos mueren o se inhibe su crecimiento , así que **desinfecta** pero no esteriliza . Se usa como mecanismo de conservación , como técnica de control se puede usar de 2 maneras :

a. **Evaporación** : por secado al aire o por calor (altas T^a) . No se usa en laboratorio , pero sí en industria , hay que ajustar muy bien los tiempos para no desecarse los alimentos .

b. **Sublimación** : paso directo de agua sólida a gas , esto se usa en la **lío filización** : primero se congela , luego se introduce en un liofilizador y se hace un vacío parcial , se baja la presión con lo cual pasamos a gas . esta técnica evita muchos daños físicos que se pueden producir con otras desecaciones , manteniéndose la calidad del producto . Muy usado en laboratorio para la conservación de cultivos , también muy usado en industrias : café instantáneo , huevo liofilizado , leche ... Para reconstruir añadimos líquido .

- **PRESIÓN OSMÓTICA** : los microorganismos deben tener un equilibrio osmótico con el medio , para que no salga el agua y no se desequie (medios concentrados) y para que no reviente (medios diluidos) . estos cambios de presión se usan en las conservas en salazón , ricas en azúcares ...

B. QUÍMICOS : se diferencian según se usen para curar (quimioterapéuticos) o para aplicarse a superficies (desinfectantes o antisépticos – no hay una separación muy clara) .

- **ANTISÉPTICOS / 2 . DESINFECTANTES** : hay muchos compuestos químicos con acción antimicrobiana , a la hora de seleccionar un compuesto hay que seleccionar una serie de características :

- ♦ **Espectro de acción** : viendo sobre qué actúa y cómo actúa
- ♦ **Solubilidad en agua y otros disolventes** : ya que se suelen usar disueltos
- ♦ **Estabilidad** : que se mantenga la actividad antimicrobiana
- ♦ **Homogeneidad** : deben ser homogéneos para que todas las dosis sean iguales
- ♦ **Inocuidad** : que no sea tóxico y no dañe los materiales ni produzca daños medioambientales .
- ♦ **Efectividad** : en las condiciones en que se va a usar
- ♦ **Disponibilidad** : en grandes cantidades
- ♦ **Buen olor , que no manche ...**

- **Evaluación antimicrobiana de un compuesto químico** :

- ♦ **Técnica de dilución en tubo** : se coge la sustancia a determinar (x) y se hacen diluciones que se añaden a distintos tubos de ensayo , se mete en el medio de cultivo adecuado y se inocula la misma cantidad de microorganismos en todos los tubos . Luego se mira si hay o no crecimiento por la turbidez , el último tubo en el que no hay crecimiento da la mínima

concentración inhibitoria .

- ♦ **Técnica de difusión en placa** : se inocula una placa con el microorganismo y luego se puede poner un papel de filtro con la solución que queremos evaluar , o también se hace un pocillo al que añadimos una concentración conocida de sustrato .
- ♦ **Técnica de coeficiente fenólico** : compara el compuesto con la efectividad del fenol , es una **técnica oficial** . Se usan siempre dos bacterias (*Stafilococcus aureus* – g⁺ – *Salmonella Typhi* – g⁻) .

Se hacen distintas diluciones con el compuesto a evaluar al igual que con el fenol , se mete medio de cultivo e inóculo , se incuba y se observa cual crece y cual no , se observa a que concentración se produce la muerte de la bacteria y se compara con la concentración del fenol que dio los mismos resultados (nos da el coeficiente fenólico , si el valor es superior a 1 el compuesto tiene más efecto que el fenol , si el valor es menor que 1 tendrá menos efecto) .

• **Tipos de desinfectantes y antisépticos :**

- **Fenol y compuestos fenólicos** : fue el primer desinfectante , también llamado ácido carbólico . Desnaturaliza proteínas y también afecta a lípidos , produce alteraciones , afecta a las membranas . Son efectivos contra la mayoría de microorganismos , no son activos contra las esporas .
- **Alcoholes** : su actividad se relaciona con la longitud de su cadena y de que aparezcan mezclados con agua . Se usa el **etanol e isopropanol** , actúan alterando lípidos de membrana y desnaturalizando proteínas , se usa de **desinfectante y antiséptico** (gran valor porque disuelve la grasa de la piel donde hay bacterias , suciedad , células muertas ...) .
- **Agentes oxidantes** : oxidan grupos funcionales „los más eficientes inactivan grupos OH y NH₂ , hay dos tipos :
 - ♦ **Halógeno** : **Cl** (se usa como **desinfectante** en distintas formas como lejías, se usa como desinfectante habitual de aguas potables , piscinas...) , **I** (se usa como **antiséptico** , en disolución acuosa o en tintura – betadine – puede provocar irritación , por lo que también se usan iodóforos , es I más transportador orgánico , liberan el I más lentamente permitiendo una acción más continuada , minimizando la irritación de la piel) .
 - ♦ **Peróxido de H** : se usa en solución al 3% como **antiséptico o desinfectante**
- **Metales pesados** : en forma de **sal de Mg , Ag y Cu** , desactivan proteínas al unirse a grupos sulfhidrilo , actúan a concentraciones mínimas . El Hg se usó como cloruro de mercurio y se sustituyó por compuestos orgánicos de mercurio (curocromo) .
- **Agentes surfactantes** : moléculas con parte hidrofílica e hidrofóbica que les permite penetrar en sustancias grasas que se rompen en pequeñas gotas y luego se arrastran por el agua .
 - ♦ **Naturales** (jabones)
 - ♦ **Artificiales** (detergentes)

Si se usan en la piel eliminan la película grasa con células muertas , pero no tiene actividad microbicida , sólo para limpieza . Hay algún detergente con efecto limpiador y antimicrobiano , como **las sales de amonio cuaternarias** , se usan como desinfectantes ya que no matan esporas .

- **Agentes alquilantes** : unen grupos alquilo a distintas moléculas celulares , como proteínas a las cuales inactivan (**ambos esterilizan**) :
 - ♦ **Aldehidos** : **formol** y glutaraldehído

♦ Óxido de etileno : en forma de gas

- Otros : **colorantes** que pueden ser **acridina** (tóxica) o **sin acridina** (para preparar medios de cultivo) , **ácidos** (como conservantes) y **bases** (hidroxilo de Na)

3. QUIMIOTERAPÉUTICOS

Deben tener toxicidad selectiva : a las dosis usadas deben atacar a los microorganismos sin dañar el tejido del hospedador . **No deben interferir con el sistema inmunitario** para que no se vuelvan resistentes a sí mismos .

Pueden ser naturales o sintéticos :

- ♦ **Naturales** : los más importantes son los **antibióticos** , compuestos producidos por microorganismos que tienen actividad contra otros , también pueden provenir de otras fuentes como plantas .
- ♦ **Sintéticos** : sólo una pequeña parte puede usarse como quimioterapéuticos porque **carecen de toxicidad selectiva** (**también para los naturales**) .
- **Principales mecanismos de acción de agentes quimioterapéuticos** : **hay 5 dianas en la célula** : pared , membrana , síntesis de proteínas , ácidos nucleicos y su actuación como análogos metabólicos .
- **Pared** : **inhiben la síntesis del peptidoglucano** , dado que éste no existe en eucariotas tienen toxicidad selectiva , **para actuar la célula debe estar en crecimiento activo** , su efecto es **bactericida** (penicilina) .
- **Membrana plasmática** : **dañan a la membrana plasmática destruyendo su permeabilidad selectiva** , lo que conduce a la muerte celular . Como la membrana plasmática es parecida % a la de eucariotas **no tiene toxicidad selectiva** , hay que usarlos con cuidado .
- **Síntesis de proteínas** : **inhiben la síntesis proteica** , no dañan a las que están formadas , la toxicidad selectiva se establece en función de saber que tipos de ribosomas actúan (70s , 80s o ambos) , la célula tiene que estar en crecimiento activo (sino no hay síntesis proteica) . El efecto puede ser **bactericida o bacteriostático** (depende si la unión al ribosoma es reversible o irreversible) .
- **Síntesis de ácidos nucleicos** : la **inhiben** , estos agentes **tienen poca toxicidad selectiva** , sólo hay **dos mecanismos de acción** , **a nivel de la DNA topoisomerasa y a nivel de la síntesis de RNA polimerasa** . La célula debe estar en **crecimiento activo** .
- **Análogos metabólicos** : como el ácido fólico que se introduce en reacciones metabólicas inhibiéndolas , **su toxicidad depende del análogo metabólico** . La célula debe estar en **crecimiento activo** y su **efecto bactericida o bacteriostático depende de la molécula que mimeticen** .
- **Resistencia a agentes quimioterapéuticos** : los compuestos no actúan contra todos los microorganismos (puede ser de amplio o corto espectro) .
- ♦ **Resistencia** : el microorganismo no se ve afectado por la presencia de un compuesto determinado :
- **Natural** : **propiedad innata inherente a la especie , ningún miembro de la especie es afectado por el compuesto** . Dos razones de resistencia : el microorganismo no tiene la diana celular donde actúa el agente , el compuesto no es capaz de penetrar .
- **Adquirida** : **capacidad de algunos miembros de la especie de resistencia a la acción de algún compuesto químico que sí es tóxico para el resto de miembros de la especie** . En ningún caso es el agente el que produce el cambio genético .

- **Mecanismos genéticos que permiten adquirir resistencia :**

- Mutación : cambio genético en el nucleóide

- Adquisición de un plásmido : se cree que los mismos organismos que produjeron los antibióticos necesitaron defenderse del agente teniendo información genética para defenderse , pudiendo pasar estos plásmidos a otras bacterias del suelo , adquiriendo una ventaja selectiva .

- **Mecanismos bioquímicos de resistencia** : los genes que dan resistencia codifican para proteínas que impiden el efecto del agente , los mecanismo más frecuentes son :

- Si transforma al compuesto en una forma inactiva .
- Modificación celular en el punto de acción del antibiótico
- Alteración de la permeabilidad celular
- El compuesto entra , pero al entrar rápidamente es bombeado al exterior sin poder realizar su acción
- Desarrollo de una vía metabólica alternativa a la bloqueada por el agente .

- **Uso de los compuestos que no son quimioterapéuticos** : en preparaciones de piensos para distintos tipos de animales , la adición de pequeñas concentraciones de agentes (antibióticos y otros quimioterapéuticos) estimula el crecimiento , por lo que es más económico , no se sabe a que se debe (puede que elimine infecciones leves , microbiota normal ...) . **En Europa su uso está restringido** , ya que en estos animales se desarrollan microorganismos muy resistentes que podrían transmitirse a humanos)

- **Principales grupos de agentes quimioterapéuticos según su mecanismo de acción** :

- **A nivel de la pared celular** : son los **— lactámicos** (penicilina y cefalosporinas) , contienen en su estructura un anillo lactámico y de su integridad depende su actividad , tienen un segundo anillo que es donde varían:
- **Penicilina** : la actividad la tiene el anillo principal , y el anillo secundario tiene como misión estabilizar el anillo lactámico . También tiene cadenas laterales que distinguen a las penicilinas entre ellas . El anillo lactámico se rompe con facilidad a pH ácido o penicilinasas y se vuelve inactivo , se separan los componentes , así puede unirse el núcleo central activo a cadenas sintéticas , dando penicilinas sintéticas . La penicilina tiene 3 objeciones : pH ácido , penicilinasas y son activas frente a Gram + , las penicilinas semisintéticas , al unirse a otras cadenas laterales , evitan estos 3 inconvenientes .
- **Cefalosporinas** : un anillo lactámico y un 2º anillo para estabilizarlo , también distintas cadenas laterales que dan la variedad . También se hidrolizan dando cadenas laterales y núcleo a partir de él obtenemos las semisintéticas .

- ♦ **El mecanismo de acción de ambas inhiben la síntesis del peptidoglucano de la pared bacteriana** , en **bacterias en crecimiento** , actúan a nivel del proceso de transpeptidación (las transpeptidasas se unen al anillo lactámico de manera irreversible) . **Esto por sí sólo no sería bactericida** , pero al inhibir las transpeptidasas , las autolisinas (rompen la pared celular para que crezca) se descontrolan y provocan la muerte bacteriana .

- **Resistencia a los lactámicos** : hay 3 mecanismos

- **Inactivación del antibiótico** : (es el más frecuente) Las enzimas que lo producen se llaman lactamasas , dando dos tipos de derivados inactivos : penicilinasas , cefalosporinasas . El mecanismo de síntesis de lactamasas es distinto en Gram + y Gram - , relacionado con sus diferentes susceptibilidades a los lactatos :

* En Gram + : la producción de lactamasas es inducida por el propio antibiótico, produciéndose en altas cantidades (ya que van diluidas) y soltándose al medio (alto gasto energético por lo que es inducible) destruyendo al antibiótico .

* En Gram - : la producción es de forma constitutiva , pero en bajas cantidades , no sale al medio se queda en el espacio periplásmico debido a la membrana externa que le sirve de protección a las Gram - . El antibiótico tiene que entrar para actuar , por lo que no necesita salir .

- **Alteraciones en PBP** (transpeptidasas)
- **Alteraciones en el transporte** (lípidos transportadores)
- **El ácido clavulámico y ácidos alivámicos** tienen **efecto antibiótico muy bajo** pero son **potentes inhibidores de lactamasas** . Actualmente se combinan dos compuestos uno muy potente y otro inhibidor de las lactamasas . Otros como la **bacitracina** (bacillus – Gram +) actúa inhibiendo la desfosforilación del lípido transportador (no sigue transportando) , no es muy selectiva (inhibe otras desfosforilaciones) resultando tóxica (uso tópico) . **Vancomicina e Histocetina** impiden que se libere el precursor y así no se produce la transpeptidación .

2. A nivel de la membrana plasmática :

- **Polimixinas** : polipéptidos con cabeza hidrofílica y cola hidrofóbica , actúan interaccionando con partes hidrofóbicas (fosfolípidos) de la MP . En el caso de Gram- actúan en la membrana externa de la pared celular . Parecen tener preferencia por la fosfatidiletanolamina , fosfolípido más frecuente en procariotas , pero no tienen selectividad .
- **Ionóforos** : alteran la permeabilidad de la pared celular a diferentes iones , tipos :
 - ♦ **Formadores de canales (Gramicidina)** : estructura química hidrófoba e hidrofílica que se integra en la membrana dejando un poro permeable a distintos iones , aumentando la permeabilidad lo que mata a la célula .
 - ♦ **Transportadores de iones (Valinomicina)** : estructura similar a la anterior , su parte hidrofílica se une al ión y atraviesa la membrana dejando al ión al otro lado (de 1 en 1) .
- **Polienos (Nistatina , Anfotericina B)** : Parte hidrofílica y parte hidrofóbica , actúan de manera antifúngica , su parte hidrofóbica se une a esteroides de membrana y su parte hidrofílica queda hacia el interior , creando un poro por el que pasan iones y moléculas de bajo Pm (no actúan frente a bacterias por que no tienen esteroides en su membrana)
- **Imidazoles y triazoles** : son sintéticos e inhiben la síntesis de esteroides de la membrana plasmática .
- **A nivel de la síntesis proteica**
 - a. **Aminoglucósidos** , el más importante **Streptomycin** : estructura compleja , solubles en agua , pero poco solubles en lípidos por lo que entran por transporte activo , actúan frente a Gram + y Gram - , inhibiendo la síntesis proteica y requiriendo crecimiento activo . Interacciona con la subunidad pequeña (30 s) del ribosoma , actúan en la fase de iniciación (la bloquea) y de elongación , (produciendo errores) dando proteínas no útiles . Ambos efectos son excluyentes , que actúen de uno u otro depende del estado del ribosoma , si está inactivo bloquea la iniciación , si está sintetizando produce errores en el reconocimiento . Las bacterias tienen mecanismos de transporte activo para estos antibiótico , los eucariotas no (no es tóxico para ellos) .
 - b. **Tetraciclinas** (Streptomyces) : nombre debido a su estructura química , inhiben reversiblemente la síntesis proteica , son bacteriostáticos , actúan sobre la subunidad 30 s alterando el sitio de unión de los a.a . , alterando el reconocimiento ,actúan a nivel de la elongación . Aunque también actúan sobre los 80 s no son tóxicos para eucariotas , porque las bacterias los transportan activamente y en eucariotas pasan de forma

pasiva en cantidades muy bajas .

c. **Cloranfenicol** (Streptomyces) : estructura sencilla por lo que también se produce por síntesis química , se une reversiblemente a la subunidad grande del ribosoma (50 s) , **es bacteriostático** , afecta a la transferencia del peptidilo bloqueando la síntesis proteica , también actúan sobre la subunidad 70 s , pero nunca sobre la 80 s , siendo tóxica para células eucariotas (inhiben la síntesis proteica mitocondrial) Su **uso está restringido** . Las bacterias han desarrollado **resistencia** frente a ellos

d. Los **Macrólidos** (cetonas cíclicas) , destaca la **Eritromicina** (Streptomyces) , inhiben la síntesis a nivel de la subunidad grande (afectan ala transferencia del peptidilo , bloquean la síntesis) . Actúan sobre los 70s pero no sobre los 80 s , pueden inhibir la síntesis mitocondrial . También hay **resistencias** contra ellos .

- **A nivel de los ácidos nucleicos :**

a. **Rifamicinas** (las más conocida producida por Streptomyces) : inhiben la síntesis de RNA en bacterias , uniéndose irreversiblemente a la RNA polimerasa , es bactericida , no permite la iniciación de la transcripción , no actúan si la RNA polimerasa ya ha iniciado la transcripción . Entran tanto en eucariotas como procariotas , pero no son tóxicas , debido a que las eucariotas no tienen RNA polimerasa bacteriana . Algunas actúan con enzimas como transcriptasa inversa. Inhiben la RNA polimerasa de mitocondrias y cloroplastos pero a cantidades elevadas , por lo que no son tóxicas para eucariotas .

b. **Quinotonas** (**ác. nalidíxico**) : **sintéticos** , actúan frente a topoisomerasas bacterianas , muy usadas en infecciones urinarias y en acuicultura .

c. **Griseofulvina** (Penicillium Griseofulvium) : actúan **frente a determinados hongos**

- **Actuación como antimetabolitos :**

a. **Sulfamidas** : **sintéticos** , actúan como **análogos metabólicos del ácido paraaminobenzoico** , necesario para la síntesis del ácido fólico (coenzima) , bloquean su síntesis y matan a la célula . Actúan en organismos que producen su propio ácido fólico , no en aquellos que lo toman en su dieta (animales superiores) . Muy útiles para tratar meningitis bacteriana .

b. **Isoniacida** : **sintético** , **análogo de la nicotinamida y vitamina B6** , por lo que la sustituye inhibiendo la síntesis de ácidos micólicos . Actúa bien contra micobacterias , se usa para tratar la tuberculosis .

CONTROL DE ESTERILIZACIÓN O DESINFECCIÓN : se usa para saber si los métodos anteriormente descritos son adecuados y funcionan . Para ello :

A. **Controles biológicos** : **usando microorganismos como indicadores biológicos** , además del material que queremos esterilizar tomamos una preparación de microorganismos que están en condiciones conocidas (concentraciones conocidas y especies definidas) , se somete a ese microorganismo al mismo mecanismo que al material . Hay que comprobar que el control biológico está muerto , de manera que si lo inoculamos en un medio adecuado y no crece : **Proceso adecuado**

B. **Controles físico-químicos**

- **Directo** : cuando tenemos una monitorización directa de las características del proceso (dosis de radiación , T^a ...) . Puede ocurrir que los registradores no funcionen bien , por lo que se debe hacer de vez en cuando un control biológico .
- **Indirecto** : cuando tenemos algún indicador químico que por algún cambio observable nos indica que se han alcanzado las condiciones físico – químicas que pretendíamos (como un cambio de color) .

– También se deben hacer controles de esterilidad y desinfección , si el material ha quedado realmente estéril , se hace de vez en cuando . Del material que sale se toma una muestra y se inocula a ver si crece (en industrias donde se trabaja con grandes cantidades deben tomarse muestras al azar) .

LABORATORIOS DE MICROBIOLOGÍA

- ♦ Necesarias una **serie de precauciones** , hay **dos riesgos añadidos** : el uso del fuego y que el material biológico con el que se trabaja puede ser potencialmente peligroso , no se puede contribuir a su dispersión .
- ♦ Dos consideraciones : el material ha de ser previamente esterilizado y la limpieza en el laboratorio elevada .
- ♦ **Normas generales** : evitar corrientes de aire , evitar hablar , toser , estornudar , no fumar , comer , beber , lavarse manos antes y después del trabajo , secarse con toallas desechables , uso de guantes cuando sea necesario , no tocar manos , ropa , cara ... , recogerse el pelo , esterilizar el material contaminado antes de tirarlo o lavarlo ...

TEMA 35 : LOS MICROORGANISMOS COMO COMPONENTES DEL ECOSISTEMA

- Dentro de la biosfera los microorganismos constituyen una parte fundamental porque **realizan transformaciones únicas** , de manera que la vida no existiría si no existiesen los microorganismos , que juegan papeles fundamentales en los ciclos biogeoquímicos
- **Características de los ecosistemas microbianos** :
 - **Ubicuidad** : los organismos se encuentran en cualquier hábitat , en los que no hay organismos superiores . Hay que hablar de **microhábitats** (presentan gradientes de T^a , físico-químicos de nutrientes) , ya que el tamaño medio es de 3 (bacterias) , una distancia de 2 mm es equivalente a 2Km para una persona . Los microambientes son extraordinariamente cambiantes (espacial y temporalmente) , la propia actividad de los microorganismos cambia su microhábitat al igual que cualquier factor ambiental .
 - **Potencialidad metabólica** : transforman la materia gracias a su elevada capacidad catalítica , debido a elevadas tasas de crecimiento y tasas metabólicas . Cuanto más pequeño es un organismo mayor es su relación superficie – volumen , que permite un mayor intercambio con el medio lo que influye en su tasa metabólica .
 - **Versatilidad metabólica** : referida a los microorganismos considerados en conjunto . Pueden **degradar muchos compuestos orgánicos diferentes** (todos pueden ser degradados por algún tipo de microorganismo) , pueden realizar procesos metabólicos únicos .
 - **Diversidad** : en la naturaleza hay **gran diversidad de especies interaccionando entre sí** .
 - **Dinámica de poblaciones** : **no son sistemas estáticos** , se suceden distintas poblaciones debido a sus elevadas tasas de crecimiento y corto tiempo de generación . Su capacidad metabólica puede variar su microhábitat y les puede afectar . Unas especies sirven de presa a otros microorganismos y los que mueren por cambios de las condiciones quedan como materia orgánica que puede ser aprovechada por otros microorganismos .
 - **Aportan biomasa** : la biomasa de todos los microorganismos juntos es **superior a la de todos los animales** (terrestres y marinos)
- **Dos tipos de esquemas para el crecimiento** :
 - **Crecimiento exponencial o en forma de J** : la población aumenta de forma exponencial , implicando que la variación de individuos con el tiempo es proporcional a la densidad de población . Depende de factores ambientales y densidad de población . Este crecimiento no se mantiene infinitamente , cuando llega al máximo se produce un brusco descenso , después se reinicia el crecimiento exponencial . Ocurre a partir

de poblaciones bajas y sin factores ambientales limitantes .

- **Crecimiento sigmoidal o logístico** : la variación del nº de individuos contempla el efecto de la densidad de población .

- El laboratorio es distinto al medio natural , en la naturaleza hay interacciones entre especies y con el medio ambiente , la especie que se reproduce más rápido no siempre es la más exitosa , para prevalecer depende de la tasa de crecimiento y otros factores .
- Raramente hay largos períodos de crecimiento exponencial , la disponibilidad de recursos es limitada , necesita que todos los factores sean óptimos lo que en la naturaleza es imposible , las tasas de crecimiento en laboratorio son mucho mayores (E.Coli en laboratorio tiempo de duplicación 20' , naturaleza 12 horas) .

- **El principio Allee o efecto Allee** : Control de poblaciones

- ♦ **Se refiere al control del tamaño de una población** , normalmente la especie tiene una densidad con **crecimiento y supervivencia óptima** , si hay superpoblación o infrapoblación , el crecimiento disminuye .
- ♦ **Cuando la densidad está por encima del óptimo** : hay competencia intraespecífica , por recursos o lugar , también por productos tóxicos .
- ♦ **Cuando la población está por debajo del óptimo** : las células necesitan reacciones de cooperación para tener crecimiento óptimo y si hay baja densidad se pierden ventajas que facilitan la cooperación (para captación de nutrientes ... se observa en hábitats oligotróficos , se agrupan para aprovechar los nutrientes , también si el sustrato es insoluble la cooperación ayuda a volverlo soluble)
- ♦ La necesidad de un tamaño poblacional explica por qué cuando sembramos en medios sólidos tienden a formar colonias , resultados de las interacciones cooperativas . En poblaciones no existen distintos mecanismos feed – back para que no haya infra ni superpoblación .

- **Selección de las poblaciones dentro de las comunidades** :

- ♦ Se debe a las distintas estrategias elegidas por los microorganismos , se dividen en **gradientes r–k** (sistema artificial) .
- ♦ **Estrategia de la r** : **altas tasas de reproducción** para seguir manteniéndose en la comunidad , carecen de otras adaptaciones **dirigiendo casi toda su energía ala reproducción** , tienden a prevalecer en condiciones donde no hay elevada cantidad de nutrientes , donde su capacidad de reproducción es una ventaja – Gradiente r
- ♦ **Estrategia de la k** : basan **su éxito en adaptaciones competitivas** , aunque su crecimiento es menor , su energía se usa más para adaptaciones fisiológicas que les permite mantenerse próximas a la capacidad de carga del ambiente , suelen mantenerse en condiciones de recursos limitantes y suelen ser miembros más permanentes y estables en la comunidad (bacterias del suelo que degradan humus)

- **La sucesión** :

- ♦ **Sucesión** : las poblaciones van cambiando , unas aparecen y otras desaparecen , lo cual normalmente continúa hasta llegar a una estabilidad .
- ♦ La sucesión comienza con la invasión o colonización de un hábitat , si éste no fue

previamente colonizado – **sucesión primaria** , si hubo colonización previa se llama **sucesión secundaria** , lo que implica que existió una perturbación (a nivel microbiano puede ser cualquier cosa , pisar el suelo ...) que eliminó las colonias de ese hábitat y ahora se inicia una nueva colonización .

- ♦ En la sucesión primaria los primeros individuos que llegan se llaman **microorganismos pioneros** , deben poseer la característica común de que han conseguido llegar al hábitat , pero normalmente también poseen algún factor de dispersión para poder conseguirlo . La colonización posterior dependerá de varios factores , en función de los cuales se habla de dos tipos de sucesión :
- **Sucesión autógena** : los cambios poblacionales se deben a factores bióticos , a la actividad de las propias poblaciones (ej : nitrobacter)
- **Sucesión alógena** : producidas por factores no bióticos como salinidad ... , suelen ser sucesiones ligadas a cambios ambientales , que en algunos casos pueden tener carácter estacionario .
 - ♦ En macroecología tras una sucesión queda una población estable , la población clímax , no se puede aplicar a poblaciones microbianas por sus especiales características (son muy sensibles a desaparecer suelen seguir sucesiones dinámicas)

- **Papel de los microorganismos en un ecosistema :**

- ♦ **Productores primarios** : la eficiencia de un ecosistema depende de la capacidad de estos productores para capturar energía y transformarla en útil , para luego transferirla al sistema . La captación inicial de energía en los ecosistemas depende de los organismos fotoautótrofos , pero también de bacterias quimiolitótrofas :
- **Fotoautótrofos** (microbianos) : depende del hábitat , en terrestres no tienen mucha importancia porque las plantas son los principales productores primarios , pero en hábitats acuáticos , los principales productores son las microalgas y cianobacterias (sólo hay plantas en una pequeña parte del océano) . Las bacterias fotosintéticas anoxigénicas sólo son importantes en hábitats concretos y poco extensos , la calidad de la luz varía con la profundidad , así los organismos se colocan en una zona u otra según sus pigmentos y no compiten por la luz .
 - Con la cantidad de agua que hay en los océanos la mitad de la productividad primaria se produce en ellos .
- **Quimiolitótrofos** : productores primarios , pero con menor importancia para la entrada de energía en el ecosistema . Tienen más importancia en aquellos ambientes donde no llega la luz (cuevas ...) o ecosistemas especiales como fuentes hidrotermales de las profundidades marinas de dorsales oceánicas del Pacífico y Atlántico . La productividad tan enorme en estas zonas se debe a que estos organismos oxidan materia inorgánica que sale de estas fuentes hidrotermales formando gran cantidad de biomasa , que puede ser consumida por otros microorganismos (por predación u otras relaciones nutricionales) .

- ♦ **Consumidores y descomponedores :**

- **Heterótrofos** : los microorganismos como consumidores son menos importantes , existen pocas bacterias que depredan a otras bacterias y aquí habría que incluir a Protozoos porque depredan bacterias . Tienen más importancia en ecosistemas acuáticos donde comparten papel con el zooplancton . **Como descomponedores** tienen más importancia , llevan a cabo la mineralización de la materia orgánica , para que pueda ser usada por productores primarios y continúe el ciclo de la materia .

* Tanto los consumidores como descomponedores son **heterótrofos** , usan como fuente de energía y C la materia orgánica , sintetizada por los primarios , compartiendo papel con los animales que también lo hacen .

* Los microorganismos son más versátiles , pueden usar la materia orgánica en distintas condiciones ambientales , en medios aerobios y anaerobios (los animales no) . Además son capaces de degradar compuestos extremadamente complejos (celulosa o lignina) que de acumularse impediría la continuación del ciclo del C .

* Los microorganismos pueden afectar a la disponibilidad de C y energía de los compuestos orgánicos para la comunidad biológica .

Pueden ser considerados incluso productores secundarios : son capaces de incorporar a su biomasa materia orgánica soluble , que puede ser usada por los predadores que se comen a esas bacterias , pueden usar compuestos cuando están muy diluidos haciendo de nuevo accesible esa materia orgánica ala comunidad .

- **Cadenas y redes tróficas** : la transferencia de energía almacenada en los compuestos orgánicos de un organismo a otro o de un eslabón a otros constituye una cadena trófica . En los ecosistemas hay varias cadenas tróficas que se interconectan en una red trófica . Podemos clasificarlas en :

- **Desasimilatorias**

- **Asimilatorias** : comienza con productores primarios , consumidos por consumidores primarios y éstos por secundarios . En la transferencia de energía de un eslabón a otro no se transfiere toda la E , sólo un 10–15% de la E almacenada en el eslabón anterior , el resto es consumido por la respiración o entra a formar parte de la porción de desecho . **La porción de desecho** supone un sumidero en el que se está perdiendo energía del ecosistema , integrada por materiales secretados , organismos muertos ... , **va a constituir una cadena alimenticia de detritos** :

- **Detritos** : materia orgánica que se pierde de forma no predadora desde cualquier nivel trófico , incluida excreción , exudación , secreción ... Se **descomponen en las redes alimentarias detriticas** , en la que la materia orgánica detritica se pone a disposición de la biota .
- Las bacterias usarán la materia orgánica de detritos incorporándola , mineralizándola y para formar más biomasa (+ bacterias) que puede ser aprovechada por depredadores .
- **Bucle microbiano** : materia orgánica procedente de todos los sitios puede ser aprovechada por las bacterias para ser depredada de nuevo por los predadores impidiendo que se pierda toda la energía de los detritos .

* **Organismos descomponedores de detritos : despolimerizadores** (excretan exoenzimas que degradan compuestos complejos produciendo monómeros que pueden utilizar descomponedores primarios y secundarios) , **descomponedores primarios y secundarios** .

TEMA 36 : INTERACCIONES MICROBIANAS

- **Tipos de interacciones entre distintas poblaciones** : las interacciones positivas permiten a los microorganismos usar de forma óptima los recursos de un ambiente determinado , las interacciones negativas limitan las densidades poblacionales y son mecanismos de autorregulación porque a largo plazo impiden la superpoblación .
- **Neutralismo** : implica la falta de interacciones entre dos poblaciones , no puede existir entre poblaciones con las mismas necesidades , es típico de poblaciones separadas espacialmente cuando las densidades

poblacionales son bajas , también puede darse cuando están separadas temporalmente , o cuando hay condiciones que no permiten el crecimiento (atrapados en un bloque de hielo , estados de reposo – esporas –) . Es difícil demostrar que 2 poblaciones no están interactuando .

- **Comensalismo** : Una población se beneficia mientras la otra no se ve afectada , son muy abundante y generalmente no obligatorias . Hay distintos casos : poblaciones que pueden cambiar de hábitat y esto beneficia a otra población sin perjudicar a la primera ; basados en la producción de factores de crecimiento (excreción de vitaminas que pueden usarlo otras poblaciones que no pueden sintetizarlas) ; la transformación de compuestos insolubles en solubles o la conversión de compuestos solubles en gaseosos ; la actividad microbiana puede hacer disponible un compuesto sin transformarlo ; poblaciones que transforman materia orgánica en sustratos aprovechables para otras poblaciones (acción de los despolimerizadores) ; cometabolismo ; retirada o neutralización de materia tóxica ; detoxificación de compuestos por inmovilización ; proporcionar hábitats adecuados para otros microorganismos (en la superficie de microalgas suelen vivir bacterias) .
- **Protocooperación o sinergismo** : se establece entre dos poblaciones en el que las dos se verán beneficiadas , se distingue del sinergismo en que es un mutualismo en que la interacción no es obligatoria , las sinérgicas suelen ser más estrictas y es fácil que uno de los componentes pueda sustituirse por otro . En casos se confunde con el comensalismo y el mutualismo .

- **Sintrofismo** : dos poblaciones en la que cada una suministra a la otra sus necesidades nutritivas . Se basa en proporcionar al otro los factores de crecimiento que éste necesita (*Lactobacillus arabinosus* y *Enterococcus faecalis*) A veces conlleva a estrechas relaciones espaciales (bacterias epifíticas que suelen crecer sobre algas que le dan a las bacterias compuestos orgánicos que la bacteria mineraliza a cambio de oxígeno o minerales) .

- **Mutualismo** : relación obligada entre dos poblaciones que se benefician mutuamente y requiere proximidad física y no pudiendo ser una población sustituida por otra . Implica la aparición de individuos capaces de vivir en ambientes desfavorables . La interacción puede ser tal que se dan cambios metabólicos y físicos permitiendo funcionar como si fuese uno sólo :

- **Líquenes** (alga + hongo) : son el mejor ejemplo de interacción positiva , que a veces se llama **simbiosis** . Están formados por uno o más socios fotosintéticos , es el ficobionte (microalga o cianobacteria) y el micobionte (socio heterótrofo) . El socio fotosintético sintetiza materia orgánica para el micobionte y éste le protege de la sequedad , exceso de luz , fijación al sustrato , aporta minerales e incluso factores de crecimiento . La asociación líquénica **sólo funciona en ambientes desfavorables** , por eso sólo se encuentran en lugares donde otros organismos no pueden vivir (superficie rocas , corteza árboles ...) . La capacidad de aprovechar sales minerales se debe a los compuestos liquénicos , que no pueden sintetizar ninguno de los individuos por separado . se cree que esto viene del hongo . Las microalgas también sintetizan compuestos que por si solas no lo harían , los **polialcoholes** que funcionan como solutos compatibles cuando hay un golpe de humedad . El mutualismo del liquen es muy equilibrado y puede romperse por cambios ambientales (no soportan la contaminación , no tienen medios de eliminar sustancias tóxicas , muy sensibles al SO₂)

- **Endosimbiontes de Protozoos** : muchos protozoos pueden tener en su citoplasma microalgas y cianobacterias endosimbióticas que también constituyen una asociación mutualista . En protozoos de agua dulce es típico que tengan algas de tipo verde que se suelen denominarse **zooclorelas** , en los de agua marina las algas suelen ser dinoflagelados o algas pardas y se les llama **zooxantelas** . También pueden tener cianobacterias y se llamarán **cianelas** . El protozoo suministra protección y movilidad alas algas y CO₂ , también puede darles factores de crecimiento , el protozoo obtiene C orgánico de la fotosíntesis y O₂ . Muchos protozoos tienen **fortotaxia** cuando tienen algas en su interior , actúan como fotoreceptores . En condiciones adversas el protozoo puede llegar a digerir a las células algales . También se dan **endosimbiosis entre protozoos y bacterias** , no está muy estudiado , el protozoo obtiene nutrientes de la bacteria pero no se sabe exactamente que es lo que obtiene la bacteria .

- **Competencia** : relación negativa entre dos poblaciones , afecta negativamente a su crecimiento y supervivencia . A través de ella opera la selección natural (importante) , la competencia tiende a provocar la separación ecológica de dos poblaciones , una se hace dominante y la otra queda excluida , lo que impide que ocupen el mismo nicho ecológico , las poblaciones podrían coexistir si consiguen omitir la competencia usando distintos recursos o de distinta manera . La ventaja competitiva no sólo se basa en usar el sustrato más rápido y mejor (tiene importancia cuando se produce crecimiento) , cuando no hay crecimiento se basa en la capacidad de tolerancia y supervivencia frente a las condiciones ambientales
- **Amensalismo o antagonismo** : una especie se ve perjudicada , mientras la otra no se ve afectada o se ve beneficiada . El consumo de O₂ puede alterar el ambiente nocivamente para otras poblaciones bacterianas (ej: si crecen anaerobios facultativos no podrán crecer aerobios estrictos) ; las poblaciones capaces de producir y tolerar altas concentraciones de ácido láctico pueden modificar el hábitat impidiendo el crecimiento de otras poblaciones ; la producción de ácidos grasos de bajo peso molecular inhiben a muchas especies bacterianas (ej: la microbiota normal de la piel producen ácidos grasos que impiden el crecimiento de patógenos que la colonicen) ; la producción de antibióticos , aunque en laboratorio producen altas concentraciones , hoy en día es discutible el papel de los antibióticos , porque los microorganismos que los producen no suelen ser los dominantes en los medios naturales y si no tuvieran importancia no serían seleccionados en la evolución , parece que pueden tener importancia en microalgas eliminando algunas bacterias que pueden competir por los recursos con otras .
- **Parasitismo** : relación en la que una población se beneficia (el parásito) que toma los elementos nutritivos de otra población (el hospedador) . La dependencia del parásito puede ser obligada (parásitos obligados) o no total donde los parásitos pueden tomar sus elementos nutricionales de otras fuentes (parásitos no obligados) . La relación parásito – hospedador suele ser bastante específica (ej: los virus) , también hay hongos y protozoos parásitos de otros protozoos , las algas pueden ser atacadas por hongos . Dentro de las bacterias también hay casos de relaciones parásito – hospedador , el más importante es el del *Bdellovibrio* , bacteria que parasita a otras bacterias , generalmente Gram– .
 - ♦ **Ciclo del *Bdellovibrio*** : bacilos curvados Gram– , atacan y matan a otras bacterias Gram– multiplicándose en su periplasma . Comienza con violento choque , el parásito se queda pegado a la pared de la bacteria por la parte donde no tiene flagelo , comienza a girar sobre sí mismo , el choque , giro y excreción de enzimas provoca que atraviese la pared celular y llegue al espacio periplásmico , el huésped se redondea y se le llama **bdeloplasto** . La membrana plasmática no se ve afectada , hace que se vuelva más porosa y empieza a crecer aumenta mucho su tamaño y produciendo nuevas células y como la pared celular está muy debilitada pueden salir a fuera . Hay autores que lo consideran depredación , el parásito no sintetiza carbohidratos y tienen un alto rendimiento de aprovechamiento de recursos .
 - ♦ **Importancia del parasitismo** : además del beneficio inmediato que adquiere el parásito , supone un importante control de la población ya que depende del nº de hospedadores que haya , si hay muchos aumenta el nº de parásitos y disminuye el nº de hospedadores siendo importante para controlar la población del hospedador .
- **Depredación** : interacción positiva para el depredador y negativa para la presa . Se produce cuando el depredador ingiere y engulle a la presa , implica contacto , muerte e ingestión de la presa . Además del beneficio para el predador y el perjuicio para la presa , **la depredación tiene un efecto ecológico como control de población** . Si la población de presa desaparece la del depredador terminaría también por desaparecer , se tiende a un equilibrio que asegure las dos poblaciones . Teóricamente **las relaciones depredador – presa siguen fluctuaciones** , aumentan las presas , aumenta depredador , disminuyen las presas , disminuye depredador , pero en el punto que ninguna de las poblaciones desaparezca . En la depredación microbiana hay más diferencias entre el tamaño depredador–presa , los más importantes predadores son los que engullen a las bacterias por fagocitosis , las digieren , degradan y excretan . Los paramecium depredan sobre bacterias 100–10000 veces más pequeñas , si tuviesen que cazar a las presas gastarían mucha energía , así evolucionaron hacia otro mecanismo , la filtración optimizando la energía y

tiene mecanismos de regulación , si las presas están en bajas concentraciones no filtra y permite que crezca el tamaño de la población para volver a depredarlas por filtración .

- ♦ **Un caso único es el de las Mixobacterias** , producen exoenzimas capaces de matar y lisar otros microorganismos (bacterias , algas e incluso hongos) , la interacción es difícil de encajar , algunos la describen como depredación pero no hay contacto , otros como parasitismo pero no hay contacto directo , tampoco amensalismo ...

TEMA 36 : INTERACCIONES DE MICROORGANISMOS CON PLANTAS

1. Micorrizas : **asociaciones entre raíces de plantas y hongos , da lugar a una modificación característica de la raíz** , constituye la micorriza , dos categorías :

- Endomicorrizas : el hongo penetra en la raíz
- Ectomicorrizas : queda como una vaina alrededor de la raíz .

La **asociación es menos específica y es obligatoria para el hongo** en las condiciones en las que se producen , **pero no para la planta** , aunque es **beneficiosa para ambos** , es mutualismo .

Los hongos de micorrizas no pueden crecer aisladamente en el suelo porque no hay azúcares simples , sino polisacáridos complejos y ellos son incapaces de hidrolizarlos , la planta suministra al hongo sustancias sencillas , alguna vez vitaminas y factores de crecimiento , de hecho el hongo secreta auxinas , que hace que los complejos se acerquen a las raíces de la planta . La planta puede crecer sin el hongo , pero crece mejor con él , porque produce una modificación micotómica de la raíz , aumenta extraordinariamente la superficie radicular , pudiendo captar hasta 40 veces más nutrientes del suelo , muy importante en suelos pobres (actualmente es usual micorrizar plantas para aumentar la producción) . La micorrización está muy extendida , todos los árboles de las zonas templadas lo están por sí solos (ej: encina – trufas)

2. Nódulos en las raíces de leguminosas : **proviene de la interacción de las raíces de las plantas y bacterias del género *Rhizobium* y *Bradyrhizobium*** (ambas Gram-) . Son **abultamientos que aparecen en la raíz y tienen la capacidad de fijar N₂ atmosférico** , que **ni la planta ni la bacteria pueden hacer por sí mismos** (mutualismo) , provoca una alta concentración de N₂ en el suelo , aumentando la riqueza . Casi el 90% de las leguminosas pueden nodularse y existe **especificidad** (cada especie de leguminosa con una determinada bacteria) aunque puede ser variada .

♦ Etapas de la nodulación :

- **Reconocimiento mutuo por parte de la planta con la bacteria** : la bacteria interacciona con los pelos radicales de la planta . Las *Rhizobium* son bacterias del suelo , su leguminosa específica produce en su raíz exudados que aumentan la concentración de sus rizobios específicos (destacan los **flavonoides**) . Las bacterias se unen específicamente a los pelos radicales por proteínas de adhesión .
- **Los flavonoides inducen genes de las bacterias (genes NOD)** : se transcriben y codifican para productos llamados factores NOD de los que depende la nodulación . Los factores NOD son específicos sólo existiendo nodulación si se trata de la raíz de la planta específica . Producen que se forme la curvatura del pelo radical y sólo así puede continuar el proceso .
- **Otros factores NOD producen la invasión de este pelo radical curvado** , van formando un tubo o canal de infección que comienza en los pelos de la raíz y se dirige hacia la zona principal (cortical) de la raíz . Estos factores también estimulan la división de las células radicales lo que conduce a la formación del nudo .
- **Las bacterias entran por los canales de infección y se dirigen a los nódulos** , allí sufren una diferenciación hasta encontrarse en el llamado estado de **bacterioide** , que no tiene forma definida , pierde la capacidad de dividirse y tiene nitrogenasa activa , junto a otros cambios a nivel metabólico .

Los bacteroides dependen absolutamente de la planta para obtener sus nutrientes , la bacteria usa como fuente de C y E los compuestos orgánicos formados en la fotosíntesis de la planta . La **bacteria es aerobia** , por lo que los e⁻ van por cadena de transportadores para dar ATP , la planta obtiene de esto la **fijación del N₂ atmosférico** , hasta obtener amonio que va al suelo y el que sobra va a la planta . La **nitrogenasa es muy sensible al O₂** por lo que la protección viene de la proteína **leghemoglobina** , ni la planta ni la bacteria la sintetizan por separado , siendo un **producto de la asociación** , la leghemoglobina capta el O₂ y lo va liberando a medida que lo necesite la cadena transportadora de e⁻ . Los genes que codifican para el grupo hemo están en las bacterias y los que codifican para la globina en la planta . Los bacteroides no tienen una vida muy larga por eso están constantemente en diferenciación .

- **Cuando la planta muere los bacteroides también mueren** , pero algún rizobio puede quedar en quiescencia quedando en el suelo para poder repetir el proceso de interacción con su leguminosa específica .

3. Tumores : Interacciones que no son positivas , las bacterias suelen ser Gram⁻ , abundantes en el suelo causando tumores en el tallo de la planta . La especie más estudiada es *Agnobacterium* , sólo causan **tumores** **aquellas cepas que poseen un plásmido** de gran tamaño llamado **Ti** , es **conjugativo** . Normalmente la bacteria entra en la planta por la zona del tallo próxima al suelo por una herida (actualmente no se conoce el mecanismo activo de entrada) . Cuando se produce una herida la planta secreta la planta que atraen a los lipolisacáridos de las bacterias . Producida la penetración una parte del plásmido es transferida a la planta por procesos muy complejos , se introduce en la células vegetal llegando al núcleo , se incorpora a algunos de los cromosomas , se dice que **la planta ha sido transformada** . Las células vegetales transformadas comienzan a proliferar desmesuradamente dando lugar al tumor que puede crecer hasta producir la muerte . La planta segrega opsinas (derivados de a.a. muy particulares) porque no le sirven para nada , pero sí al plásmido Ti como fuente de C y energía , la planta ayuda a la población de bacterias a aumentar su población , siendo una forma de autoperpetuarse . **El plásmido Ti es muy importante como vector de clonación** (eliminando sus oncogenes) . la transferencia del T DNA ha puesto de manifiesto el paso de DNA de una bacteria a una planta .

TEMA 36 : INTERACCIONES DE MICROORGANISMOS CON ANIMALES

Rumen : asociación del animal (rumiante) con microbiota que incluso llega a producir cambios metabólicos en el animal . Fundamentalmente la asociación del rumen les permite a estos animales usar como fuente de C la celulosa . La asociación ha provocado cambios metabólicos , los rumiantes tienen 4 estómagos . El lugar donde ocurre la digestión de la celulosa es en el 1º, el rumen o panza , de tamaño considerable y condiciones estables además de la ausencia de O₂ (anóxico) . El rumen trabaja de forma continua , de los materiales rumiados por el animal son mezclados con saliva (alta secreción y con una serie de sales que actúan como tampón para mantener el pH) . El alimento se mantiene ahí durante 9–12h (vacas) siendo víctima de un movimiento rotatorio . Hay hongos y bacterias en el rumen que hacen que el alimento rico en celulosa sea hidrolizado por la microbiota del rumen y no por las enzimas del animal (*Fibrobacter* , *Ruminococcus*) obteniendo finalmente glucosa que es usada por otras poblaciones microbianas (*Selenomonas*) que realizan distintas fermentaciones que genera ácidos orgánicos sencillos (**metano y CO₂**) . Los ácidos grasos sencillos atraviesan las paredes del

rumen y van a la sangre siendo el sustrato respiratorio de todas las células del animal , lo que **supone un cambio metabólico por ser los sustratos de respiración y no azúcares** . El metano y CO₂ son eliminados por eructación , puede haber problemas para eliminarlos (timpanitis enfermedad grave en rumiantes) .

La población de microorganismo en el rumen es muy alta , además de su función en la digestión también tienen otras , cuando los alimentos van a los otros estómagos se va parte de la población , en ellos sí hay enzimas e hidrolizan la población que va hasta allí sirviendo de fuente de N , vitaminas ... siendo fundamental este aporte , por ellos **los rumiantes tienen una fuente de N endógena** y no necesitan la

exógena .

– **La relación se define como mutualismo** , siendo el beneficio para el animal el visto y para las poblaciones de microorganismo el estar en un ambiente estable . Además en el rúmen también hay poblaciones de protozoos sin intervenir en la digestión , se cree que actúan como depredadores para mantener en equilibrio las poblaciones de microorganismos .

TEMA 37 : MICROORGANISMOS EN LOS CICLOS BIOGEOQUÍMICOS

1. CICLO DEL CARBONO :

- **Condiciones aerobias** : La transformación del CO₂ en materia orgánica , tiene lugar por la **fijación del C en la fotosíntesis** (vegetales , cianobacterias , microalgas) y las **bacterias quimiolitótrofas que oxidan los compuestos inorgánicos** .

La materia orgánica se mineraliza en CO₂ mediante la **respiración de los seres vivos** , los restos de materia orgánica de excreción y muerte vegetal son usados por las bacterias como sustratos de respiración liberando CO₂ . Hay también bacterias oxidantes del CO emitido por fuentes como automóviles , industrias , volviendo así al ciclo del C . También hay bacterias aerobias que oxidan el metano a CO₂ , siendo éste el **punto de conexión entre las partes aerobias y anaerobias del ciclo** .

- **Condiciones anaerobias** : El C inorgánico pasa a materia orgánica gracias a la **fotosíntesis anoxigénica** , realizada por bacterias (en hábitats reducidos implicaría poca producción primaria , pero la zona aerobia suele exportar materia orgánica a la anaerobia , existiendo más materia orgánica en condiciones anaerobias que aerobias , gracias a la sedimentación y otros procesos) . El C orgánico pasa a inorgánico por la **fermentación** . La materia orgánica en condiciones anaerobias puede dar lugar a metano por **bacterias metanogénicas** , pudiendo dar lugar a depósitos de gas natural o pasar a la zona aeróbica y ser oxidado a CO₂ .

La **acumulación de materia orgánica en condiciones anaerobias** da lugar a compuestos recalcitrantes como la lignina e hidrocarburos , originando los combustibles fósiles .

Las rocas sedimentarias y calcáreas se forman por deposición de conchas y rocas , quedando **reservorios de C inorgánico** no disponible para los seres vivos , pero vuelven a entrar en el ciclo por meteorización .

2. CICLO DEL NITRÓGENO :

- El mayor contenido de nitrógeno de la biosfera es el N₂ , que sólo unos pocos seres vivos pueden fijar , **el 90% de su fijación es biológica** . Las bacterias lo fijan y transforman en amonio , lo incorporan a sus a.a. y si están en simbiosis pasa al simbiote . Si se produce amonio en exceso pasa al suelo , no se acumula , o bien se adsorbe a las arcillas o se oxida en anaerobiosis , dando lugar a **nitrito** (**bacterias quimiolitótrofas**) es la **nitrificación** . Otras bacterias oxidan el nitrito a nitrato , principal forma de N disponible para las plantas , que pasará luego a los animales .
- El N orgánico está en forma reducida , los productos de excreción de los animales (urea , amonio , ácido nítrico) sufren un proceso de **amonificación** , realizado por bacterias . **El amonio creado es estable en anaerobiosis** , pero en aerobiosis se adsorbe a las arcillas o entra en la nitrificación .
- La **desnitrificación** implica el paso de nitrato a N₂ , realizado por bacterias anaerobias que utilizan el nitrato como último aceptor de e⁻ . **Supone una pérdida de nitrógeno** , el suelo pierde fertilidad , pero es importante porque cierra el ciclo , impidiendo una modificación en la composición atmosférica . Además por el efecto de lavado la vida se haría imposible en agua y fondos oceánicos .

3. CICLO DEL AZUFRE :

- El S puede aparecer en este ciclo como sulfato o reducido como sulfuro de H (inorgánico) o como grupos -SH (tiol orgánico) . **No existe forma atmosférica de S** , aunque el sulfuro de H es un gas nunca se acumula en cantidades suficientes en la atmósfera , porque reacciona con el oxígeno y se forma sulfúrico . **En la zona anaerobia tampoco hay reservorio** , porque reacciona con los metales del medio dando sulfuros metálicos , que precipitan formando nuevos minerales .
- En la atmósfera el H₂S (sulfuro de H) , puede provenir de la actividad volcánica , seres vivos o combustión de combustibles fósiles (ácido sulfúrico)
- En condiciones normales si no hubiese producción industrial , estos ácidos serían neutralizados por distintos compuestos de la atmósfera , pero la elevada producción industrial da lugar a **la lluvia ácida** .
- El **sulfato es la principal fuente de S para plantas y microorganismos** , lo asimilan directamente por reducción asimilatoria , los animales lo incorporan a través de los vegetales .
- Los restos biológicos y productos de excreción pasan a H₂S por efecto de microorganismos .
- El sulfato puede pasar directamente a sulfuro en una reducción asimilatoria , debido a que **determinadas bacterias estrictamente anaerobias** (sucede en anaerobiosis) usan el sulfato como aceptor final de e⁻ (pantanos , fondos marinos ...) . En los fondos marinos el sulfuro se combina con el Fe , formando **sulfuro de Fe** . Muy importante el equilibrio de estas bacterias en zonas costeras , porque si aumenta el aporte de materia orgánica las bacterias aumentan en n^o , implica elevadas concentraciones de H₂S que puede exceder al sulfuro que actúa con el Fe , produciéndose una acumulación de H₂S que es tóxico y provoca la muerte de los animales .
- **Hay otra vía de regeneración del sulfato por las bacterias fotosintéticas anoxigénicas** que tienen como donador de e⁻ el H₂S , produce acidificación del medio , se usa en prácticas agrícolas cuando el medio es muy alcalino .

TEMA 38 : MICROBIOLOGÍA EN EL HÁBITAT DEL AIRE

Hasta ahora se creía que los microorganismos están en el aire accidentalmente o transitoriamente , pero hace poco se han descubierto bacterias propias de las nubes . Los **microorganismos que están en el aire están en partículas de polvo o microgotas** , pudiendo encontrar todos los tipos de microorganismos y provienen de los animales porque simplemente al respirar , hablar ... exhalamos

microorganismos que vienen de la superficie de la tierra y del agua que es también su origen .

- Una vez **en el aire pueden ser transportados** desde pocos m hasta Km , depende de la resistencia de los microorganismos y de las condiciones ambientales . Se han encontrado bacterias terrestres incluso en la mitad del océano . Se suelen distinguir 2 ambientes :
- **Aire interior** : están en algún recinto (habitaciones) , tiene un n^o y tipo de microorganismos dependiente del tipo de actividad desarrollada en el recinto (cuantos más organismos más microorganismos) , así como la frecuencia y tipo de ventilación (buena ventilación se renueva aire menos microorganismos , por ello la mayor transmisión se da invierno , en ambientes cerrados durante más tiempo) .
- **Aire exterior** : no está en ningún recinto , la densidad de microorganismos es menor que en el anterior y provienen fundamentalmente del agua ... Hay actividades que pueden incrementar el n^o y variedad de microorganismos , como actividades agrícolas , tormentas ... desastres en general .

- **Análisis del aire** : se suele hacer cogiendo una palca Petri con medio de cultivo sólido , se le deja la tapa destapada y luego de incubada , nos dice lo que hay , pero no cuantitativamente . Actualmente **se usan filtros** , con una bomba que succiona aire y pasa por los filtros que se coloca sobre una placa Petri y se incubada .
- Para el **control de los microorganismos del aire** se habla de saneamiento (disminuir los niveles de microorganismos) , se usa la filtración como mecanismo de ventilación forzada , también por compuestos químicos en forma de aerosol .

MICROBIOTA DEL SUELO

- El suelo aunque pueda parecer **inerte tiene la mayor concentración de microorganismos que están realizando transformaciones químicas esenciales para los ciclos de materia** . Parte mineral y estructura física influye en la disponibilidad de nutrientes , aireación ... El suelo también tiene materia orgánica derivada de cuerpos muertos , excreciones ... la mayoría son insolubles .
- Los **microorganismos necesitan agua para crecer y ésta presenta una gran variación en el suelo** , según características del suelo y condiciones atmosféricas , de la retención del agua en el suelo depende de la vegetación
- La aireación también es importante para el crecimiento de los microorganismos , el suelo aunque parezca compacto tiene poros y canales que retienen agua y aire , en zonas específicas puede haber gas en el suelo por la acción de bacterias . También está relacionada con la humedad , en suelos encharcados los poros están ocupados por el agua , el aire se diluye en ésta , los suelos se vuelven anóxicos .
- **La actividad de los microorganismos en el suelo suele ser la mineralización** , sobre todo por bacterias y hongos , transforman la materia orgánica que llega al suelo en compuestos inorgánicos , fundamental para que vuelvan a estar disponibles para las plantas .
- También es importante la fertilidad (capacidad del suelo para permitir el crecimiento vegetal) , depende de la disponibilidad en el suelo de ciertos compuestos como el N , P , K que dependen a su vez de la mineralización por los microorganismos , fijación del N por determinadas bacterias y micorrización que facilita la absorción de los compuestos .
- **Factores que afectan a su nº** : cantidad de nutrientes en suelo , humedad , Tª , pH , actividad humana , tormentas , influencia de las raíces de plantas sobre la microbiota .
- **En el suelo donde hay más densidad de microorganismos se dan todo tipo de interacciones** (comensalismo ...)
- Los microorganismos que podemos encontrar **por orden de abundancia** :
 - **Bacterias** : mayor nº y variedad , aerobias , anaerobias , psicrófilas , termófilas , euritermas , suelen aguantar variaciones de pH . Destaca el género Streptomyces porque **aumenta el funcionamiento del suelo , favorecen la aireación y producen antibióticos y sustancias volátiles que le dan olor** característico al suelo de tierra mojada , pueden **degradar compuestos orgánicos complejos contribuyendo a la mineralización del suelo** . También encontramos bacterias fotosintéticas como las cianobacterias , aunque su contribución a la producción primaria es insignificante tienen **importancia** en algunas condiciones como **iniciadoras de la colonización** , pueden fijar N (aunque no tienen mucha importancia como fijadoras de N) y crecer en superficie de rocas produciendo materia orgánica hasta su

acumulación muy lenta , así otras bacterias y hongos pueden establecerse produciendo ácidos que destruyen las rocas y forman así el suelo .

- **Hongos miceliales** : suelen estar **en la zona superficial porque necesitan aire** , importante papel como descomponedores y la simple existencia del micelio favorece la aireación del suelo . Las levaduras (unicelulares) aparecen en hábitats concretos como viñedos , zonas próximas a colmenas ... porque necesitan altas concentraciones de azúcares sencillos . Algunos de estos hongos miceliales son depredadores , **producen hifas especializadas** que forman anillos para atrapar a presas , una vez atrapada segregan enzimas que degradan la presa . Algunos hongos que hay son micoparásitos (atacan otros hongos) , puede tener aplicaciones agrícolas destruyendo hongos que atacan cosechas , **se usan como bioplaguicidas** en el control biológico de cosechas
- **Algas** : en todo tipo de suelos , pero en menor proporción , **normalmente algas verdes o diatomeas** , están en la zona superficial porque necesitan aire , no tienen mucha importancia en la descomposición pero sí contribuyen a la colonización aunque no aguantan tanto las condiciones adversas como las bacterias .
- **Protozoos** : todo tipo de hábitats , requieren humedad , sin actividad descomponedora , se alimentan de bacterias , por lo que son importantes para controlar su población .
- **Virus** : difícil establecer su abundancia en el suelo , **no se pueden ubicar por orden de abundancia** , hay muchos bacteriófagos , virus de hongos , protozoos , animales y plantas con largos tiempos de permanencia en el suelo .

- **Un hábitat muy particular en el suelo es alrededor de las raíces de las plantas : rizosfera** , las actividades metabólicas de las plantas varían la composición del suelo lo que influirá a los microorganismos de la rizosfera . Se distinguen :

- **Rizosfera exterior** : desde las 10 micras (efecto más notable entre 10–20 micras)
- **Rizosfera interior** : va desde la superficie de la raíz (rizoplaneo , plano que constituye la superficie de la raíz) a una distancia de 10 micras , los microorganismos que están en el rizoplaneo tienen contacto directo con la raíz , cubriendo entre un 10–15% y su disposición no es aleatoria coincide con los puntos de intersección celular , por donde se producen los exudados de la planta , normalmente cuanto **más próximos a la raíz mayor nº de microorganismos y variedad** . En las plantas sanas van quedando células vacías que son invadidas por microorganismos , será la **endorizosfera** . El efecto de la rizosfera es tanto cuantitativo (cociente R/S) como cualitativo .

- Existen **muchos tipos de interacciones entre los microorganismos** , al tener tanta densidad de población abundan las relaciones de competencia , suelen prevalecer las de crecimiento más rápido .
- Además del **efecto cuantitativo** , tiene **efecto cualitativo** , la distribución entre las distintas especies es diferente a la población en el suelo en general , no se encontró todavía qué tipo de planta determina el tipo de bacteria . Las bacterias más abundantes son del género Pseudomonas , Agrobacter . Este efecto es mayor que el cuantitativo en hongos , los más frecuentes son del género Fusarium .
- En un principio la relación microbiota de la rizosfera con la planta se definió como comensalismo , **actualmente se establece que es una relación de mutualismo** , beneficio mutuo : las plantas por las raíces liberan a.a. , azúcares , vitaminas ... que pueden servir para la nutrición de los microorganismos y los microorganismos ejercen distintos tipos de efectos sobre la planta , incrementan el reciclado , solubilidad , disposición de la planta : sintetizan vitaminas , auxinas , giberelinas ... que estimulan el crecimiento de la planta ; mediante reacciones de antagonismo impiden la colonización por patógenos que la puedan perjudicar .

TEMA 39 : MICROBIOLOGÍA DEL AGUA

En un principio **podemos dividir las aguas en** :

- **Atmosférica** : normalmente en forma de vapor de agua , no suele considerarse hábitat acuático , como mucho su microbiota se incluye en la microbiología del aire . Parece que no tiene microorganismos

autóctonos , pero puede ser que sí

- **Subterránea** : en el subsuelo , suelen estar afectadas por el proceso de filtración que provoca que las partículas queden retenidas , así las que estén muy profundas contendrán muy pocos o estarán libre de microorganismos (la filtración los elimina – hasta 2Km) .
- **Superficial** : el reservorio más importante , sobre la superficie de la tierra , gran parte la constituyen los océanos , engloba hábitats muy distintos .

♦ **Particularidades de los grandes reservorios acuáticos que determinarán el tipo de microorganismo en ellos :**

- **T^a** : cuanto mayor volumen de agua más energía calorífica se puede eliminar sin variar la T^a , lo que hace que sea un **reservorio muy estable** (en el océano la T^a media es de 5°C la mayoría de los microorganismos serán psicrófilos) , en otros reservorios hay distintos tipos , aumentando la variedad con el tamaño del reservorio .
- **P** : cada 10m de profundidad aumenta 1 atm de presión , incluso a 1000m pueden encontrarse microorganismos , suelen ser barófilos .
- **Luz** : determinará la productividad primaria en casi todos los ecosistemas , la zona con luz en los acuáticos se denomina fótica , es donde están los microorganismos fotosintéticos , fundamentalmente microalgas y cianobacterias , siendo los principales productores primarios (macroalgas y macroorganismos necesitan soporte del sustrato , bentónicas , y la luz pudiendo estar en zonas de poca profundidad , siendo ahí su aportación ínfima a la producción^{1ª})
- **Salinidad** : en el mar como media 3.5% de salinidad , los continentes son más dulces , los estuarios son de aguas salobres (aguas dulces y saladas) .
- **Turbidez** : relacionado con la capacidad de penetración de la luz , depende de la materia en suspensión , si es orgánica suele estar en la costa , cuanto mayor sea la turbidez , menor será la penetración de la luz y por tanto la actividad fotosintética . La materia particulada sirve de soporte físico por otro lado .
- **pH** : el mar tiene cierta capacidad tampón próximo a la neutralidad , en la dulce no hay tanta capacidad amortiguadora y así sus microorganismos pueden verse afectados por cualquier vertido .
- **Nutrientes** : en los orgánicos , nitratos y sulfatos suelen ser los limitantes del crecimiento de los microorganismos fotosintéticos , cuando están en exceso se produce **eutrofización** , importante porque se producen **blooms** de estos microorganismos , generando gran cantidad de materia orgánica , favoreciendo el crecimiento de heterótrofos , sobre todo bacterias que consumen O₂ hasta provocar condiciones anóxicas que matan a peces ... El aporte de nutrientes es mayor en costas , en mar abierto es muy bajo , son **oligotróficas** , en reservorios más pequeños depende de lo que venga de la tierra siendo más variable .

♦ **Distribución de los microorganismos en el medio acuático** : los hay autóctonas y otros que provienen de otros hábitats , pueden permanecer allí poco o mucho tiempo Son muy importantes por su papel en la cadena trófica , en el reciclado de elementos y porque afectan a la salud humana y de otros animales .

- **La microbiota depende sobre todo del hábitat** , en zona oceánica superior la mayoría de microorganismos los encontramos en la zona superficial , donde están los productores primarios , el fitoplancton y en el fondo , donde hay bacterias descomponedoras heterótrofas .

En la **zona fótica** , relacionado con el fitoplancton está el zooplancton y bacterias heterótrofas , dependen de la actividad fotosintética que alimenta a las bacterias que alimentan al zooplancton (en condiciones especiales pueden desarrollarse blooms de estas cianobacterias y microalgas pudiendo ser tóxicos – las mareas rojas – blooms de dinoflagelados provoca diarreas) . Por lo general suelen abundar las Gram- , relacionado con la estructura de su pared celular , ventaja para ellos que no tienen que secretar exoenzimas para degradar azúcares complejos .

- **Purificación de aguas de consumo y tratamiento de aguas residuales** : en aguas de uso doméstico suelen tomarse reservorios naturales (ríos..) , en muchos casos estos reservorios están contaminados por contaminantes físicos , químicos y biológicos , de los que los más importantes son los

microorganismos , que llegan normalmente al agua por residuos fecales , suponiendo el agua si no se trata de un vehículo de transmisión . Implica el tratamiento de aguas residuales y la potabilización del agua , por lo que es necesario realizar análisis frecuentes .

- ♦ **Purificación del agua** : el agua potable debe estar libre de microorganismos para ser apta para el consumo .

La purificación va a depender de si el suministro es individual (pozos) o mayor .

- ◇ **El agua de pozos** suele venir de aguas subterráneas y no suele necesitar tratamiento , pero periódicamente hay que hacer análisis (por movimientos de tierra pueden contaminarse) , si necesita tratamiento suele ser casero , ebullición o cloración , añadiendo gotitas de lejía .
- ◇ **En los suministros grandes** , llamados municipales , lo primero es **elegir el reservorio de mejor calidad** , después se hace un **proceso de sedimentación** dejando sedimentar las partículas de agua más grandes , puede acelerarse el proceso añadiendo compuestos floculantes . Después viene el **proceso de filtración** , con filtros de arena que suelen retener partículas pequeñas incluyendo a la mayoría de microorganismos . Finalmente se somete a **cloración** , elimina todos los microorganismos , sobre todo patógenos , se suele hacer añadiendo Cl gas en forma líquida y teniendo en cuenta la cantidad de materia orgánica . A veces se usan mecanismos especiales , como aguas duras donde se retiran metales o ajustes de pH , eliminación de gustos o sabores desagradables del agua .
- ♦ **Los análisis microbiológicos del agua** : no trata de determinar la existencia de patógenos , ya que su aparición es imprevisible y su duración suele ser poca . Esto provocó que se desarrollasen una serie de procedimientos para identificarlos , los **microorganismos indicadores** , que no son dañinos por sí mismos pero indican la presencia de patógenos . En aguas para beber se usan como indicadores microorganismos de origen fecal , que indican la presencia de patógenos y que el agua no es potable .
 - ◇ **Las características ideales para estos microorganismos indicadores son:** presentes en aguas no potables y en potable no , que no sean dañinos para animales y hombres , que su cantidad esté relacionada con la cantidad de polución , tengan más capacidad de supervivencia que el patógeno , estén presentes en mayor nº que los patógenos , fáciles de detectar (+ importante) , con propiedades estables y uniformes .
 - ◇ **Normalmente se usan coliformes o enterobacterias** (por eso se llama colimetría) , *Enterococcus* y *Clostridios* sulfito reductores . **Debe haber una ausencia total en 100ml de muestra para considerarla potable** . también se hacen recuentos de bacterias a 37° y 22° puesto que la carga bacteriana también debe mantenerse entre unos límites , si nos dan muchos aerobios a 27–37° C aunque no haya indicadores puede significar que hay algún problema .
- ♦ **Tratamiento de aguas residuales** : implican las del alcantarillado doméstico , afluentes industriales y agrícolas , contienen materia orgánica e inorgánica y microorganismos es fundamental su eliminación . Hay distintos tipos de aguas residuales en cuanto a composición química y biológica (domésticas mayor carga orgánica , las agrícolas de elementos minerales y las industrias metales pesados , insecticidas ...requerirán tratamientos especiales) . **El tratamiento depende del nº y tipo de microorganismos que contengan** .
 - ◇ **Centrándonos en aguas residuales domésticas , el vertido tiene dos riesgos** : contaminación por agentes infecciosos y agotamiento de O₂ en el reservorio donde se viertan por la alta carga orgánica que llevan (las bacterias pueden consumir todos el O₂ matando a toda la fauna y flora del hábitat) .
 - ◇ **A la hora de tratar esta agua una de las características que la determinan es la DBO** , demanda bioquímica de O₂ , en realidad es una medición de la materia

orgánica dándonos el valor del O₂ que se requiere para degradarla , en lugar de usar mediciones de materia . Las aguas residuales suelen tener una alta demanda de O₂ y el tratamiento trata de disminuirlo a valores adecuados (a veces hasta 90% del valor inicial del DBO) . Si el agua se vuelve anóxica comienza el desarrollo de bacterias anaerobias y compuestos tóxicos .

◇ **Hay distintos mecanismos de tratamiento según el tipo de agua residual**

1. Unidades pequeñas o familiares : el más usado es la **fosa aséptica** , hermética donde es importante el material de construcción para que no haya filtraciones , se crea un fango anaerobio y el agua clarificada en la parte superior con un sistema de salida y drenaje , pero no asegura la eliminación de patógenos . En un determinado momento hay que cerrarla y hacer otra .

2. Unidades grandes o municipales : hay 3 tipos de tratamiento

- **Tratamiento primario – tipo físico** : proceso de separación física , el material entra en la planta de tratamiento y va pasando por rejillas donde van quedando atrapados los sólidos más grandes y luego los pequeños hasta llegar a un tanque de sedimentación , el sobrenadante pasa al siguiente tratamiento .
- **Tratamiento secundario – tipo biológico** : intenta reducir la carga orgánica de las aguas DBO , es microbiológico , realizado por microorganismos , hay distintos mecanismos los más frecuentes :
 - ◇ **Filtro de goteo** : disco de alto tamaño cubierto de material filtrante sobre el que se pulveriza el agua , existiendo condiciones aerobias , la materia orgánica se adhiere a las partículas filtrantes donde comienzan a crecer los microorganismos , suelen ser del género Zootea , que degradan la materia orgánica realizando su mineralización y reduciendo los niveles de DBO hasta 80% .
 - ◇ **Estanque de fango activado** : tanque de aireación , donde se pasa el sobrenadante del proceso 1º , se le inyecta aire por los que pueden crecer distintos microorganismos que degradan la materia orgánica hasta su mineralización , luego se pasa a un tanque de sedimentación y el agua ya tiene poco DBO y en el precipitado hay bacterias y materia orgánica no digerida , del fango resultante parte se reutiliza para volver a realizar el proceso y el resto se trata anaerobiamente , lo que implica fermentaciones y respiración anaerobia formándose metano (suele reutilizarse como fuente de E) y CO₂ .
- c. **Tratamiento terciario – químico ; químico-físico** : normalmente los tratamientos anteriores son suficientes para disminuir la DBO , pero a veces es necesario realizar éste que implica tratamientos químicos . Se retiran minerales , se hace filtración ... para luego hacer una cloración con cuidado (en exceso podría ser contaminante) . **Con este tratamiento el agua no sólo será utilizable , sino que será potable** . No suele usarse porque es muy caro .

TEMA 40 : MICROBIOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

◆ **Relaciones de los microorganismos con los alimentos :**

- ◇ + : se pueden usar para complementar alimentos y algunos son indispensables para fabricar determinados alimentos como el pan .
- ◇ – : cuando contaminan los alimentos , cuando el contenido en ellos será índice de calidad . Pueden deteriorar los alimentos hasta dañar la salud , cambiar su olor , gusto haciendo que no sea digerible .

◆ **Control de calidad de los alimentos** : implica análisis microbiológicos en todas las partes del proceso , el tipo de técnicas usadas suelen estar incluidas en leyes , las podemos dividir en :

- ◇ **Técnicas microscópicas** : análisis microscópico del alimento (de fluorescencia) ,

con tinciones específicas pueden hacerse recuentos .

◊ **Técnicas de cultivo** : usando distintos tipos de medio de cultivo para determinar los microorganismos que buscamos (problema : lentitud)

◊ **Técnicas moleculares** : pueden ser muy rápidas , con hibridación ...

- **TIPOS DE ALIMENTOS FRESCOS Y SUS MICROORGANISMOS**

Los tejidos animales y órganos internos están libres de microorganismos cuando están sanos , en su superficie (tanto animales como plantas) puede haber muchos microorganismos que dependerá : **calidad , método de manipulación , tipo y condiciones de almacenamiento** . Adecuadamente preparados los alimentos frescos deben tener pocos microorganismos , dependiendo del tipo de alimento :

- **Carnes** : la contaminación puede ser alta , **dependiendo del proceso de desangrado y evisceración** , si no es adecuado o rápido puede dar lugar a contaminaciones . Después de este proceso si se conservan en refrigeradores debería haber un nº bajo de microorganismos en la superficie y libre en el interior . Al cortar la carne hay más superficie expuesta aumentando la posibilidad de exposición de microorganismos , lo que implica que la carne picada tenga más microorganismos , al cocinarlos desaparecen .
- **Aves** : tienen gran cantidad de microorganismos en la superficie , sobre todo en plumas , **depende de cómo se críen** , también de las **condiciones higiénicas del gallinero** , proceso de **matanza , desplumaje y evisceración** .
- **Huevos** : el interior es estéril si proviene de animales sanos , las distintas envolturas del huevo lo protegen , también tiene lisozima que elimina bacterias , puede haber pequeñas roturas en la cáscara que facilitan la contaminación . Hay distintas bacterias que pueden contaminar huevos , como *Pseudomonas* , dan huevos verdes o *Proteus* que dan huevos negros , la *Salmonella* (principal problema de los huevos , si no son bien cocinados puede dar salmonelosis) .
- **Frutas y vegetales** : normalmente el interior suele estar libre , en el proceso de **transporte las mazaduras favorecer la contaminación** . Normalmente las frutas tienen pH ácido (pH 2) lo que evita la contaminación por bacterias , pero no por hongos (sus condiciones favorables son a pH más bajos) , en vegetales el pH es más cercano a la normalidad por lo que son más atacables .
- **Pescados y mariscos** : **depende del agua donde se cojan** , donde son importantes algunas especies de *Vibrios* que provocan trastornos intestinales , **el proceso de cocción los elimina** , el problema es cuando se comen crudos .
- **Leche** : caldo de cultivo ideal para microorganismos , puede llevar microorganismos del animal productor , por lo que es importante saber en qué condiciones se encontraba . **Todos los procesos desde el animal hasta llegar al consumo son susceptibles de contaminación** , es importante hacer todo el proceso en las mejores condiciones , leche pasteurizada ... La leche también es el punto de partida para que otros microorganismos la transformen en otros derivados importantes para el consumo .

- **PRINCIPIOS GENERALES PARA LA CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS**

Es importante que todos los mecanismos de procesado y manipulación sean realizados asépticamente (uso de guantes , condiciones higiénicas adecuadas ...) , así como el control de las personas que manipulan el alimento por poder ser transmisoras de enfermedades . Una vez preparado el alimento hay distintos **procesos de conservación** :

1. Altas temperaturas : lo primero que se hizo fue hervir los alimentos , aunque esto no eliminaba las esporas . La pasteurización tampoco esteriliza . La esterilización se suele hacer usando el vapor a presión , una vez esterilizado puede conservarse a Tª ambiente y no en refrigerador .

2. Deshidratación : permite conservarlos durante más tiempo sin que se contamine y no tiene porque ser guardado en refrigerador .

3. Conservación mediante presión osmótica elevada

4. **Uso de aditivos químicos** : añadiendo ácidos orgánicos , a veces el propio proceso de conservación genera estos compuestos que ayudan a la conservación .

5. **Se puede usar el ahumado**

6. **Radiaciones ionizantes y UV** : esterilizan , pero plantean dudas en cuanto a que pueden producir alteraciones en los alimentos .

• ALTERACIONES MICROBIOLÓGICAS DE LOS ALIMENTOS

Cuando se dan las condiciones adecuadas para que crezcan producen alteraciones que afectan a su color , sabor olor ... 3 tipos de alteraciones :

- **Putrefacción** : acción de **microorganismos proteolíticos** que actúan sobre las proteínas de los alimentos para producir aminas , amonio , sulfhidrilo producen el mal olor característico
- **Fermentación** : acción de **microorganismos sacarolíticos** para dar ácidos + alcoholes + gases
- **Enranciamiento** : acción de **microorganismos lipolíticos** sobre lípidos de los alimentos dando ác. grasos + glicerol
- ALIMENTOS PRODUCIDOS POR MICROORGANISMOS

Algunos microorganismos mejoran la calidad inicial del alimento o incluso lo transforman en uno nuevo , pueden ser microbiota normal del alimento o los podemos añadir para conseguir el efecto deseado (cultivos iniciadores) . Tipos de alimentos producidos :

- **Vegetales fermentados** : ejemplos son pepinillos , aceitunas ... al crecer sobre ellos microorganismos (**bacterias lácticas**) especialmente *Streptococcus* . Se producen en las siguientes etapas :
- **Iniciación** : se hace crecer a las bacterias lácticas que usarán los carbohidratos fermentables de los vegetales para dar ácido láctico , disminuyendo el pH lo que impide el crecimiento de otras bacterias Gram- o esporuladas indeseables .
- **Fermentación primaria** : continúan creciendo y produciendo más cantidad de ácido láctico , hasta que el descenso de pH o el agotamiento de carbohidratos inhiba su crecimiento .
- **Fermentación secundaria** : producida por levaduras ácido tolerantes que podrían crecer usando algún carbohidrato residual .
- **Postfermentación** : producida por otro tipo de levaduras y principalmente hongos filamentosos que le dan nuevo color y sabor al producto .
- **Productos lácteos fermentados** : leches fermentadas producidas al añadir a la leche pasteurizada un cultivo iniciador de bacterias lácticas . **El yogur** se hace concentrando la leche por evaporación y añadiendo luego bacterias (*Lactobacillus vulgaris* y *Streptococcus lactis*) . **El kéfir** es un yogur de Asia , hecho con una mezcla de bacterias lácticas y levaduras (por tanto lleva alcohol aunque en pocas cantidades) . **Los quesos** , los distintos tipos se deben a las distintas leches empleadas y en su formación hay distintos pasos :
- **Obtener la cuajada** : proteína de la leche coagulada separada del suero , se puede obtener añadiendo a la leche bacterias lácticas que dan ácido láctico o haciendo una coagulación enzimática (añadiendo renina provoca la coagulación de las proteínas) .
- **Corrección de la cuajada** : se la separa del suero y se sala (añadir sal)
- **Incubar la cuajada** : con determinadas bacterias y condiciones para que se den otros microorganismos y den lugar a los distintos tipos de quesos : los frescos , no tienen ningún crecimiento posterior de bacterias , los curados , tienen crecimiento posterior .
- **Productos obtenidos por acción de levaduras** : obtención de bebidas alcohólicas por la fermentación alcohólica (da alcohol , CO₂ ...) Además de las bebidas alcohólicas es **importante el**

pan , donde se fermenta la masa por acción de la levadura que genera gases como el CO₂ , al calentarlo se pierde el alcohol y el CO₂ dejando esas cavidades típicas .

- **Microorganismos como alimentos : bacterias , levaduras , microalgas** , pueden usarse como alimento para humanos , animales ... Alimento atractivo por su alto contenido en proteínas , por ello se les llama SCP (proteína de una sola célula) . Ventajas de estos alimentos SCP : se desarrollan rápido dando grandes cosechas , contenido proteico muy elevado , tienen todos los a.a. esenciales , el medio de cultivo para producirlas es barato , crecen sobre residuos , materiales industriales de desecho .. ayudando a degradarlos . Lo malo es que no es un alimento apetecible , alto contenido en ácidos nucleicos que puede provocar problemas intestinales .

TEMA 41 : MICROBIOLOGÍA APLICADA E INDUSTRIAL . INTRODUCCIÓN .

- ♦ **Requisitos para procesos microbiológicos industriales** : un proceso tecnológico microbiano implica un microorganismo (debe ser capaz de degradar una determinada cantidad de sustrato , debe ser estable) que actuará sobre un sustrato (debe ser barato y asequible en grandes cantidades) para dar lugar a un producto (se encontrará mezclado con otros elementos , deben haber técnicas para separarlo asequiblemente para su uso) .
- ♦ **Microorganismos y productos industriales** : La mayoría de los microorganismos usados son especializados , se obtienen por distintas técnicas . Se originan en los medios naturales , una vez evidenciada sus características adecuadas hay que mejorar la cepa por procesos microbiológicos , a veces dan lugar a microorganismos que no se parecen casi nada al original .
 - ◇ **Propiedades que debe tener un microorganismo para usarse en procesos industriales** :
 - ◇ Deben poder obtenerse cultivos puros , genéticamente estables y crecer a gran escala .
 - ◇ Deben poder mantenerse en cultivo
 - ◇ Crece rápidamente y producir el compuesto en el menor tiempo posible .
 - ◇ Poder crecer en medios de cultivo líquidos (de bajo precio)
 - ◇ Que no sea dañino para las personas
 - ◇ Que sean fáciles de separar del medio de cultivo
 - ◇ Deben ser susceptibles a manipulaciones genéticas
 - **Crecimiento y formación de productos en los procesos industriales** : desde el punto de vista industrial **es importante saber en qué fase se produce algún metabolito que nos interese** , habiendo dos tipos de metabolitos :
 - ◇ **Metabolitos primarios** : producidos durante la fase primaria del crecimiento
 - ◇ **Metabolitos secundarios** : se suelen producir al final de la fase exponencial o en la fase estacionaria . Son los más importantes en procesos industriales y sus características son : cada metabolito sólo lo forma un tipo de microorganismo , no son necesarios para el crecimiento y reproducción del microorganismo , su formación es muy dependiente sobre todo de la composición del medio de cultivo , suelen producir grandes estructuras muy complejas , se puede inducir a una superproducción de este metabolito (no se puede hacer con los 1º) .
 - **Trofofase e idiofase : fases del metabolismo secundario**
 - ◇ **Trofofase** : tiene lugar el propio crecimiento del microorganismo y no suele producirse el metabolito secundario , interesa que crezca en las mejores condiciones para obtener la mayor cantidad posible para que den más metabolito .
 - ◇ **Idiofase** : fase en la que se produce el metabolito secundario
 - **Características de la fermentación a gran escala** : recipiente donde se realizan son los **fermentadores** , de tamaño variable , el aerobio es el más frecuente por lo que necesita aireación , que se hace con aire estéril (importante) , si son muy grandes necesitarán agitadores para que la mezcla

de gases sea homogénea . A nivel industrial son de acero inoxidable , cilíndricos , cerrados por arriba y abajo , se mete el medio de cultivo estéril y luego el medio iniciador del microorganismo a usar .

· **El escalado o salto de escala** : uno de los **procesos más complejos** dentro de los industriales , algo que funciona a pequeña escala pasa a hacerlo a gran escala ., el **principal problema** es el de una **buena aireación** , más difícil en fermentadores pequeños por la relación superficie volumen . Fases en el escalado :

- ◇ Partimos de cultivos de laboratorio en tubos o matraces , que se descubren como interesantes industrialmente .
- ◇ Pasamos a uno o varios fermentadores de laboratorio , se hace el primer escalado , se estudian como afectan distintas variables , si es satisfactorio pasa a la
- ◇ Planta piloto : se usan equipos de volumen mayor , se van acondicionando a los mecanismos industriales empezando a plantearse estudios costo – beneficio
- ◇ Se optimizan las condiciones de cultivo , se pasan a volúmenes mayores , son los fermentadores industriales .

Importante económicamente es separar el producto que nos interesa de los demás , hay que tener en cuenta **varios factores** : suelen encontrarse en menor concentración que en otros procesos químicos , los mecanismos de separación son muy complicados y costosos , el producto en muchos casos puede alterarse por cambios en las condiciones ambientales .

Algunos de los procesos usados en la separación : filtración , centrifugación (para separar la célula del resto del medio en solución) después varía según el producto , para desintegrar la célula se usan medios mecánicos y químicos . después hay que extraer el producto , se pueden usar solventes y si necesita una purificación y después una liofilización o secado para mantener mejor los productos . (en la fermentación alcohólica es más sencilla porque el producto queda en el sobrenadante) .

TEMA 42 : ALGUNOS DE LOS PRINCIPALES PAPELES DE LOS PRODUCTOS OBTENIDOS MICROBIOLÓGICAMENTE

1. Productos de desasimilación microbiana : se **obtienen sustancias de desecho con valor** , como las fermentaciones alcohólicas por levaduras , fermentación del **ácido láctico** ... A partir de *Saccaromyces cerevisiae* que fermenta azúcares sencillos , suele ser importante una segunda fermentación , la **maloláctica** , por bacterias del ácido láctico importante sobre todo en vinos de zonas frías como Galicia y para vinos tintos .

– **El vinagre** implica una primera fermentación alcohólica y una siguiente inoculación de bacterias acéticas , se les baja el pH para que crezcan y transforman el etanol producido en la fermentación en ácido acético .

– **El ácido láctico** es producido por distintas especies bacterianas del tipo *Lactobacillus* , uso importante como lactato cálcico o férrico para tratar anemias o también elaboración de plásticos .

2. Productos de síntesis : según su aplicación **los más importantes son los antibióticos** , producidos por bacterias y hongos , normalmente **producto del metabolismo secundario** . también **se pueden obtener esteroides y compuestos químicos** de valor industrial , como la **amilasa** (*Aspergillus Níger*) para la hidrólisis

del almidón , clarificación de zumos de frutas , fabricación de colas y pegamentos ; la **invertasa** (Saccharomyces) para **bombones de licor , algunos caramelos ... ;** **proteasas** con aplicaciones para **detergentes ; pectinasas** para la **clarificación de zumos de frutas .**

– Otros productos de interés es que muchas bacterias pueden producir altas cantidades de **a.a. , glutamato , lisina y triptófano .**

3. Células microbianas : se usan en **inmunización** , como **insecticidas** (género *bacillus*) , aplicaciones en la **minería . Biorrecuperación** : se basa en usar microorganismos para eliminar productos contaminantes como manchas de petróleo , insecticidas ... sin producir efectos secundarios .

TEMA 43 : EVOLUCIÓN MICROBIANA

La Tierra se formó simultáneamente con todo el sistema solar , hace **4600 millones de años** . Se cree que inicialmente la T^a era superior a 100°C , por lo que no había agua líquida y no existía vida , el agua se formó al enfriarse la Tierra (las rocas sedimentarias más antiguas de la Tierra – 3800 m.a. – están en Groenlandia y necesitan para formarse agua líquida) . Hasta muy entrado el siglo XX no se encontraron fósiles de vida primitiva , se utilizaron los llamados **fósiles químicos** (moléculas que si aparecen tienen origen biológico) , ideales son proteínas y ácidos nucleicos , pero son muy difíciles de encontrar . Otro indicio de vida son los **isótopos ligeros** (si los seres vivos tienen a su disposición varios isótopos usarán los más ligeros – C^{12} – los que indica origen biótico) . **La vida debió aparecer hace 3500–3800 m.a.** , así la mayor parte de la vida del planeta estuvo habitado y los organismos tuvieron mucha importancia en las condiciones de la Tierra .

Un factor muy importante a considerar es la **composición atmosférica** , hasta hace poco se suponía muy reductora , pero los últimos hallazgos dicen que era ligeramente reductora e incluso oxidante , no había O_2 pero sí CO_2 , lo que explica las altas T^a en los primeros momentos . Los compuestos de la Tierra fueron reaccionando por descargas eléctricas , ondas de choque , radiactividad ... se fue produciendo una evolución en la atmósfera . **El cambio más importante sería hace 2000 m.a. , por la aparición del O_2 molecular** , debido fundamentalmente a la aparición de organismos fotosintéticos , es decir , a la actividad biológica , el O_2 resultaba ser un producto de desecho para esos microorganismos .

El oxígeno era muy reactivo y cuando no podía reaccionar se iba acumulando en la atmósfera , hasta estabilizarse hace 600 m.a. en las concentraciones actuales . Esto ha sido la **mayor catástrofe ecológica** en nuestro planeta hasta ahora , porque hasta ese momento la vida era anaerobia y supuso la pérdida de esa vida o su cambio . La **acumulación de oxígeno también fue fundamental** , al establecerse una pantalla para proteger de la radiación UV (**capa de ozono**) que **daña el ADN y es letal en muchas ocasiones** . Otro factor fundamental es que las bacterias fotosintéticas primitivas eran autótrofas , usan el CO_2 como fuente de C , por lo tanto disminuyó la cantidad en la atmósfera y aumentó la T^a de la Tierra hasta las condiciones actuales .

· **Evolución prebiótica** : (Oparin y Maldone , luego se modificó) :

Distintos experimentos de simulación con la composición de la atmósfera primitiva , demostraban que se podían formar moléculas orgánicas por descargas eléctricas . Al descubrir que la atmósfera primitiva no era como se pensaba se usó la nueva

composición y la síntesis de moléculas orgánicas fue mucho menor . Se estudió la presencia de materia orgánica en todo el universo y se sabe que se sintetiza materia orgánica en todo el universo , pero no se sabe como pudo llegar a la Tierra . La **primera molécula que se encontró fue el formaldehído y la más abundante el ácido cianhídrico** , se estudiaron los meteoritos viendo que hay materia orgánica (no quiere decir que haya vida) . Estos experimentos miran si es posible que se sinteticen moléculas pequeñas , pero la vida está compuesta por macromoléculas , la **polimerización** , que es una reacción de deshidratación . Inicialmente se creía que la materia orgánica estaba disuelta y eso favorecía la polimerización , pero sin catalizadores esto no podría pasar , así la polimerización abiótica debió ocurrir en superficies secas y no en soluciones , así los experimentos demuestran que los moléculas fundamentales para la vida se pudieron formar en las condiciones primitivas (no significa que ocurriera) .

· **Organización de los primeros organismos :**

Cómo **sucedio el ensamblaje funcional** de los compuestos resultaba una incógnita . Los ácidos nucleicos tienen la información , las tareas metabólicas las realizan las proteínas , para la síntesis de proteínas se necesitan ácidos nucleicos y para la de ácidos nucleicos proteínas , no se puede saber como surgió y parece que no fue al mismo tiempo . Se descubrió el **ARN autocatalítico o ribozima** , tipo de ARN que es capaz de desprenderse de parte de su molécula que actúa catalizando su propia replicación . Se planteó un **mundo ARN** , que llevaban información de las dos cosas , en algún momento esa ribozima unió algún a.a. hasta producirse el salto evolutivo y el desplazamiento de la actividad catalítica hacia las proteínas . Pudo ser que estas moléculas de ribozima quedasen aisladas por algún tipo de vesículas , se estudió en condiciones primitivas y se vio que era posible , las moléculas lipídicas al introducirse en una solución acuosa tienden a formar una bicapa que se circulariza (liposoma) . Actualmente la información genética está en el ADN y no en el ARN , tuvo que haber un paso evolutivo , en condiciones primitivas la ribosa es inestable , lo que lleva a pensar que antes del ADN existieron otras moléculas informativas y en una evolución posterior se pasase al ADN .

- **Origen de las células eucariotas** : dos tipos de teorías
- **Teorías autógenas** : la célula eucariota se formó por evolución progresiva , formándose compartimentos en si interior , hasta los modernos eucariotas , pero una evolución así debería ser muy larga y no se han encontrado intermediarios .
- **Teorías exógenas** : implica la **simbiosis** , es la más aceptada . Se usó el **ARN ribosómico o cronómetro evolutivo** , las características que deben tener estos cronómetros : estar universalmente distribuida , funcionalmente homogénea , poderse secuenciar y alinear y debe cambiar proporcionalmente a la distancia evolutiva . este cronómetro ha permitido hacer el **árbol filogenético universal** .

- **Teoría endosimbiótica** : la más aceptada , el origen de células eucariotas se basa en estudios comparativos , indica que a partir de un ancestro se dieron 3 líneas evolutivas distintas : **arqueobacterias , bacterias , la que dará posteriormente a eucariotas** .

Los eucariotas primitivos se supone que sufrió un aumento de tamaño , aumento en la cantidad de ADN y compartimentación y la aparición de cromosomas que asegurasen la replicación . Las células eucariotas actuales se formaron por procesos de endosimbiosis a partir de las primitivas ,

adquirieron una **bacteria aerobia** , dará lugar a **mitocondrias** y una segunda simbiosis con una **bacteria fotosintética** , que originará **cloroplastos** , primero serían relaciones parásitas , luego mutualistas y por último quedaron establecidos como orgánulos . Posteriormente estas células eucariotas dieron lugar a toda la variabilidad que origina también a organismos pluricelulares .

Hecho fundamental en que se apoya esta teoría está en que cloroplastos y mitocondrias : **tamaño parecido a bacterias , multiplicación independiente de la célula , ADN bicatenario circular , tienen secuencias de identidad de bacterias , ribosomas 70s** . está muy claro su origen procariota . También apoya la teoría que existen muchos tipos de simbiosis hereditaria y el paso del DNA del endosimbionte al hospedador .

- ♦ La **mitocondria** : propuestas sobre cual fue su bacteria de origen , bacteria heterótrofa , estudios indican que fue una bacteria del género de las **Rickettsias** (Gram +) , son pequeñas , caracterizadas por ser parásitos intracelulares obligados , tienen menos ADN que una bacteria libre , es imposible que realicen vida libre . la adquisición de esta bacteria fue hace **2000–3000 m.a.** y dio lugar a la **respiración aerobia** .
- ♦ Los **cloroplastos** : se pensó que podrían proceder de cianobacterias primitivas , pero éstas sólo contienen clorofila A y ficobiliproteínas . Se descubrió un nuevo género **Prochlorom** , bacterias fotosintéticas anoxigénicas , sin ficobilinas aunque sí tilacoides apilados como los cloroplastos . Con **estudios de ARNr** indica que cloroplastos , cianobacterias y Prochlorom tienen un antecesor común aún no encontrado . **La adquisición de los cloroplastos fue posterior a la de mitocondrias** .
- ♦ **Origen de flagelos y cilios** : también se propuso su origen endosimbionte y como antecesor las **espiroquetas** , bacterias delgadas con mucha movilidad que tienden a formar simbiosis superficiales con protistas , permitiéndoles moverse con agilidad . Se propuso que la asociación pudo ser en principio superficial , después taladrar para dar lugar a cilios y flagelos eucariotas . **Problemas** , porque las espiroquetas actuales carecen de ADN aunque pudo pasar todo su ADN al núcleo celular . **La adquisición de cilios y flagelos implica su relación con : adquisición de un citoesqueleto y de un sistema de endomembranas** . Si se acepta este origen de cilios y flagelos hay que tener en cuenta que si un cuerpo extraño entra en la célula tiende a envolverse con el sistema de endomembranas .
- **Evolución de los microorganismos** : las relaciones evolutivas de Metazoos no se han podido establecer hasta hace poco , por falta de fósiles ... **La filogenia microbiana se hace actualmente basada en el ARNr e implica 3 linajes** (archaeria , bacteria y eucaria) , uno de los datos que implica esta filogenia es que los eucariotas tienen relativa antigüedad . **En la raíz del árbol filogenético salen dos ramas , una para bacterias y la otra para archeobacterias y**

eucariotas (eucariotas actuales más cerca de archeobacterias que de bacterias , los eucariotas tienen intrones como las archeobacterias)
.Las arqueobacterias son las más antiguas y menos evolucionadas
, apoyado porque actualmente viven en condiciones extremas similares a las que había en la antigüedad . **En bacterias hay mucha diversidad** , próximas al ancestro común como las de fuentes hidrotermófilas , mitocondrias y cloroplastos también se sitúan dentro del dominio bacteriano .