

## Unidad Temática 4

# Ecología Microbiana

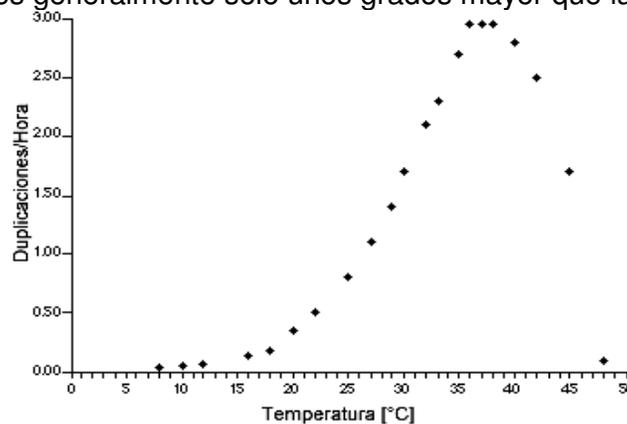
El ambiente afecta las actividades de los microorganismos a través de factores físicos, químicos y biológicos. Conocerlos implica interpretar su distribución en la naturaleza y permite idear métodos para controlar los microorganismos indeseables.

### ***Factores físicos y químicos que afectan a los microorganismos***

#### **a) Temperatura**

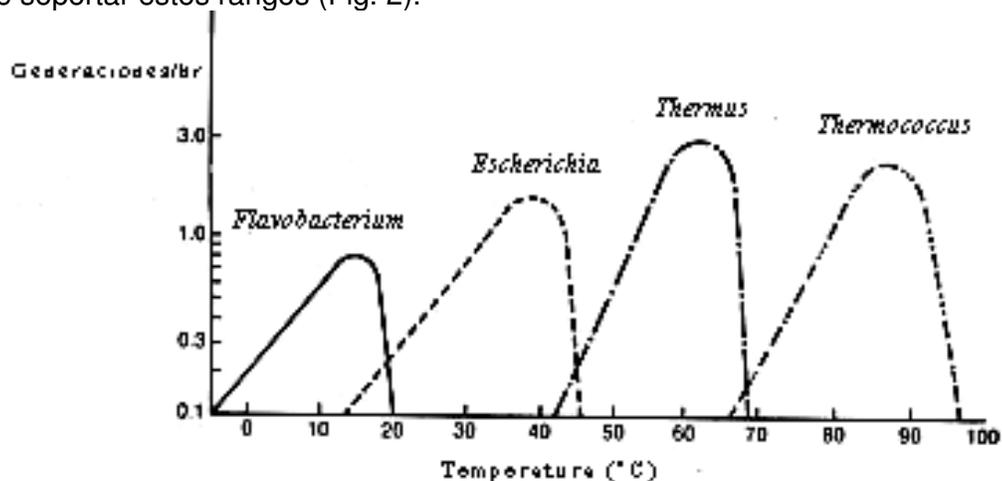
Es un factor fundamental que actúa sobre los organismos vivos aumentando, por un lado, la velocidad de las reacciones metabólicas y el crecimiento; y más allá de ciertos límites, actúa inactivando proteínas, ADN, ARN, etc.

Según ello existe para cada microorganismo una temperatura mínima por debajo de la cual no hay crecimiento, una temperatura óptima en la cual el crecimiento es máximo, y una temperatura máxima por encima de la cual no hay crecimiento posible (Fig.1). La temperatura máxima es generalmente solo unos grados mayor que la temperatura óptima.



**Fig. 1** Influencia de la temperatura sobre la actividad microbiana

Los microorganismos son muy variables en cuanto a las temperaturas a las que pueden crecer pudiendo ir estas desde  $-12^{\circ}\text{C}$  a más de  $100^{\circ}\text{C}$ , aunque un mismo microorganismo no puede soportar estos rangos (Fig. 2).



**Fig.2 Velocidad de crecimiento vs. Temperatura para cuatro microorganismos**

Generalmente el rango de temperatura a la que vive un microorganismo es de 30 °C a 40 °C, aunque hay bacterias cuyo margen es de 10 °C y otras de 50 °C.

Los microorganismos se pueden agrupar de acuerdo a la temperatura a las cuales se desarrollan en:

**Microorganismos de ambientes fríos:** los microorganismos que crecen a temperaturas bajas se denominan **psicrófilos** o **criófilos**. Se caracterizan porque su sistema enzimático y membranas celulares les permiten vivir a bajas temperaturas.

Existen psicrófilos obligados cuya temperatura óptima es de 15 °C o menos y pueden crecer a 0 °C, y los psicrófilos facultativos cuya temperatura óptima es de 25 °C a 30 °C pero pueden crecer a 0 °C.

Los psicrófilos obligados son microorganismos que crecen en los hielos de zonas polares (Ej. algas), mientras que los psicrófilos facultativos tienen una distribución más amplia (hay varios géneros de hongos, algas, protozoos que tienen miembros de este tipo). Los alimentos albergan a menudo microorganismos psicrófilos facultativos que le producen deterioro (Ej. carne en el congelador).

Cuanto más baja es la temperatura más lento es el desarrollo microbiano.

Existe un límite mínimo por debajo del cual la reproducción es imposible. A temperaturas de menos 30 °C el crecimiento celular se detiene pero siguen lentamente algunas reacciones enzimáticas. Probablemente sean los menos 140 °C recién el límite por debajo del cual no haya reacciones químicas. Estas temperaturas se logran en nitrógeno líquido.

La congelación impide el crecimiento pero no asegura la muerte de los microorganismos por lo que no puede ser usado para esterilización. La congelación afecta las células, especialmente por el daño físico de los cristales que se forman. Cuando las células se congelan rápidamente se forman pequeños cristales y se mantiene mayor viabilidad celular, más aún cuando se utilizan ciertas sustancias que disminuyen el efecto congelante (glicerol).

**Microorganismos de ambientes cálidos:** los microorganismos que tienen su óptimo de desarrollo de 25 °C a 40 °C se llaman **mesófilos** y se pueden encontrar en el suelo, plantas, animales. Por ejemplo *Escherichia coli* cuya temperatura óptima es 39 °C.

La temperatura mínima de los mesófilos raramente es menor a 10 °C.

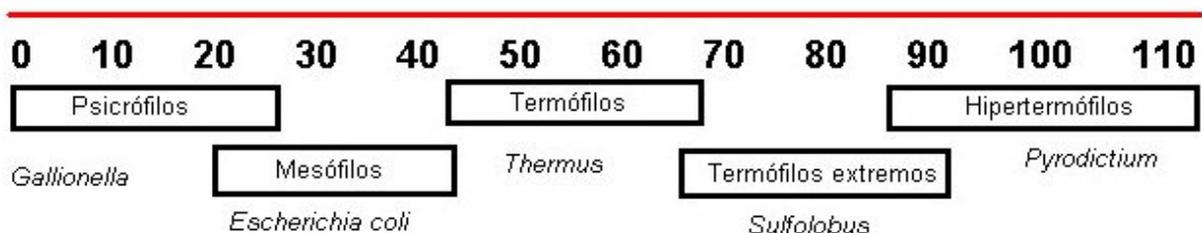
**Microorganismos de ambientes con altas temperaturas:** los microorganismos **termófilos** son aquellos que crecen a temperaturas mayores de 45 °C a 50 °C. Existen suelos que pueden alcanzar estas temperaturas, gran cantidad de abonos verdes que están en pilas de compostaje, ambientes naturales (aguas termales) que poseen altas temperaturas.

Las bacterias de los géneros *Bacillus*, *Clostridium*, *Methanobacterium*, etc. que viven entre 55 °C y 70 °C son representantes de este grupo.

Los microorganismos termófilos suelen causar problemas en los alimentos envasados, debido a que las temperatura de pasteurización a veces son óptimas para su desarrollo.

Según lo expuesto, se presenta en el siguiente gráfico algunos rangos de temperaturas de crecimiento para diversos microorganismos.

### Rangos de temperaturas que permiten el crecimiento de diversas bacterias



**Fig. 3.** Clasificación de los organismos según el rango de temperatura de crecimiento

Se ha comprobado que las proteínas de los termófilos permanecen estables a temperaturas en la que la de los mesófilos se desnaturalizan.

La adaptación de los microorganismos a distintas temperaturas también se debe a los lípidos que los componen, por ejemplo a nivel de membrana celular. Los adaptados a bajas temperaturas tienen gran cantidad de ácidos grasos insaturados que permanecen líquidos y estables a bajas temperaturas. Por el contrario los adaptados a temperaturas altas tienen gran proporción de ácidos grasos saturados que los hacen menos sensibles a las altas temperaturas ya que éstos permanecen estables a altas temperaturas.

Cabe destacar que la fluidez de los lípidos a bajas temperaturas es mayor si están compuestos por ácidos grasos insaturados, y el funcionamiento de la membrana está dado por la fluidez de ésta.

Entre los eucariotas no hay microorganismos que crezcan a más de 60 °C. Se cree que es debido a las membranas de las organelas que son especialmente sensibles. Tampoco hay procariontes fotosintéticos que vivan a más de 70 °C. Su sistema fotosintético (membranas tilacoideas) es sensible a las temperaturas elevadas.

### **b) Agua y su actividad**

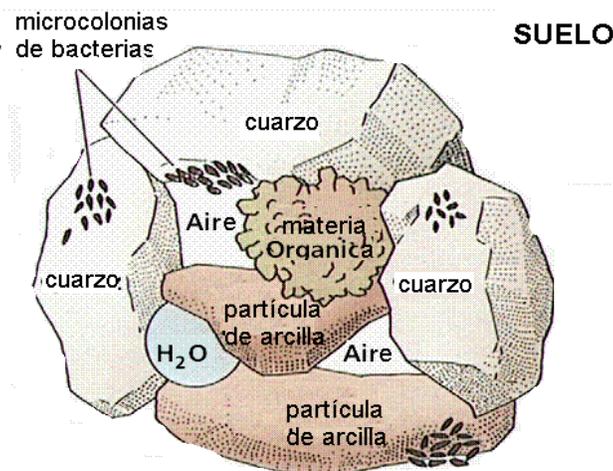
La disponibilidad del agua es uno de los factores más importantes que afecta el crecimiento de los microorganismos en sus ambientes naturales, ya que ésta constituye entre el 80 y 90% de su peso. La disponibilidad no depende solamente del contenido de agua, sino que es función de la cantidad de solutos presentes en una solución determinada y de la fuerza con que está retenida en los distintos materiales sólidos.

El parámetro que mide la disponibilidad de agua es la **actividad de agua** ( $A_w$ ), que es la relación entre la presión de vapor del agua del aire sobre una sustancia o solución, dividida por la presión de vapor del agua pura a la misma temperatura. La  $A_w$  se expresa como fracción de la unidad. Por ejemplo: 50% de HR = 0,50  $A_w$ .

La  $A_w$  está afectada por dos factores:

- ◆ la concentración de solutos en la solución, conocido como *efecto osmótico* y
- ◆ la adsorción a superficies, denominado *efecto matricial*.

La influencia de ambos factores depende del ambiente en el que se desarrollen los microorganismos. Así el efecto osmótico es el de mayor importancia en ambientes acuáticos o sustancias como la leche, mientras que el efecto matricial tiene mayor peso en materiales sólidos como madera o alimentos. En un ambiente como el suelo influyen ambos factores, aunque el efecto de los solutos disueltos en la solución (efecto osmótico) sea menor en relación a la fuerza con que el agua es retenida por los materiales sólidos (efecto matricial). (Fig. 4).



**Fig. 4.** Componentes del suelo

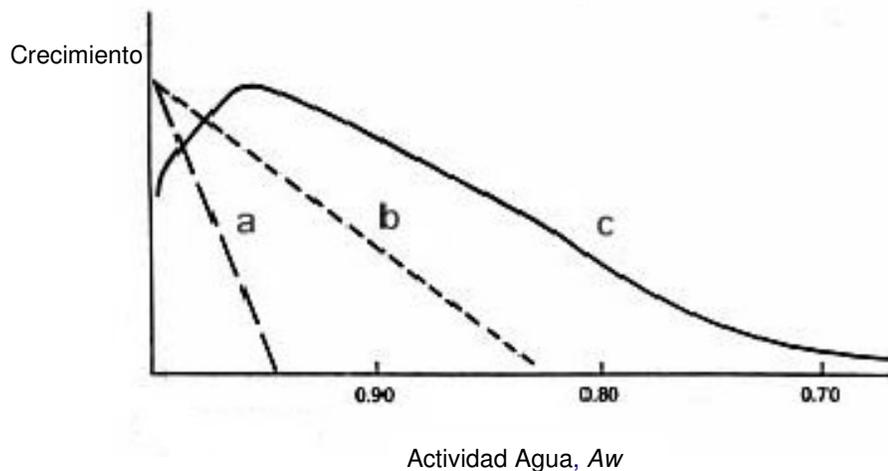
La actividad del agua afecta el desarrollo de los microorganismos. Una baja  $A_w$  (por adición de soluto o alta adsorción), obliga al microorganismo a realizar trabajo para extraer agua de la solución. Esto trae aparejado una disminución del crecimiento ya que se gasta energía en incorporar nutrientes a la célula (transporte activo).

Si la concentración de soluto aumenta en el medio externo (hipertónico) el agua tiende a salir de la célula y para contrarrestarlo incorpora soluto al interior gastando energía. Hay microorganismos que están más preparados para ello.

Los valores mínimos de  $A_w$  para ciertos microorganismos varían:

Organismos	Especie	$A_w$
Bacterias	<i>Escherichia coli</i>	0,935 a 0,960
	<i>Staphylococcus aureus</i>	0,900
	<i>Halobacterium halococcus</i>	0,75
Hongos	<i>Xeromyces bisporus</i>	0,60 (el de menor actividad)
Levaduras	<i>Sacharomyces rouxii</i>	0,60 (el de menor actividad)

El crecimiento microbiano es imposible con  $A_w$  suficientemente bajos, por lo que se pueden preservar ciertos materiales por desecación o aumento excesivo del efecto osmótico (dulces, charque -carne salada-, pescado salado), aunque muchos microorganismos pueden sobrevivir a la desecación (Fig. 5).



**Fig. 5.** Velocidad de crecimiento versus actividad agua para diferentes clases de procariontes. **a)** tasa de crecimiento de microorganismos como *Escherichia coli* o *Pseudomonas sp* (no halófito) **b)** tasa de crecimiento de una bacteria halotolerante como *Staphylococcus aureus* **c)** corresponde al crecimiento de un halófito extremo como *Halobacterium sp*.

### c) pH

El grado de acidez o alcalinidad de una solución es el pH, definido como el menos logaritmo de la concentración de  $H^+$  ( $pH = -\log [H^+]$ ).

Cada organismo tiene un rango de pH dentro del cual se puede desarrollar adecuadamente. Generalmente los microorganismos crecen entre pH que varían entre 5 y 9. Los hongos y levaduras crecen a pH que varían entre 5 y 6, y la mayoría de las bacterias prefieren pH 7 a levemente alcalino (aproximadamente 8).

Según el rango de pH del medio en el cual se desarrollan pueden dividirse en neutrófilos, acidófilos y basófilos (acalófilos) (Fig. 6).



**Fig. 6.** Esquema de distribución de preferencias de pH de algunas bacterias

Los microorganismos modifican los valores de pH del medio a través de su actividad. Por ejemplo los que producen fermentación láctica descienden el pH por acción del ácido láctico que producen. En los medios de cultivo, para que no produzcan descensos bruscos de pH que inhiba el desarrollo microbiano, se les agregan sustancias reguladoras (tampón o buffer) que tienen la propiedad de mantener el pH constante.

La acidificación natural de los materiales provocada por los microorganismos suele emplearse como forma de conservación de los mismos. Por ejemplo:

- ▶ la leche fermentada (yoghurt) permite aumentar el período de conservación de la leche. Se beneficia el desarrollo del ácido láctico (fermentación homoláctica) que provocan una disminución del pH, produciendo la coagulación de la caseína e impidiendo el desarrollo de otros microorganismos presentes en la leche común, cuyo desarrollo provocaría el deterioro del producto
- ▶ conservación del repollo (chucrut)
- ▶ conservación de forrajes en los silos

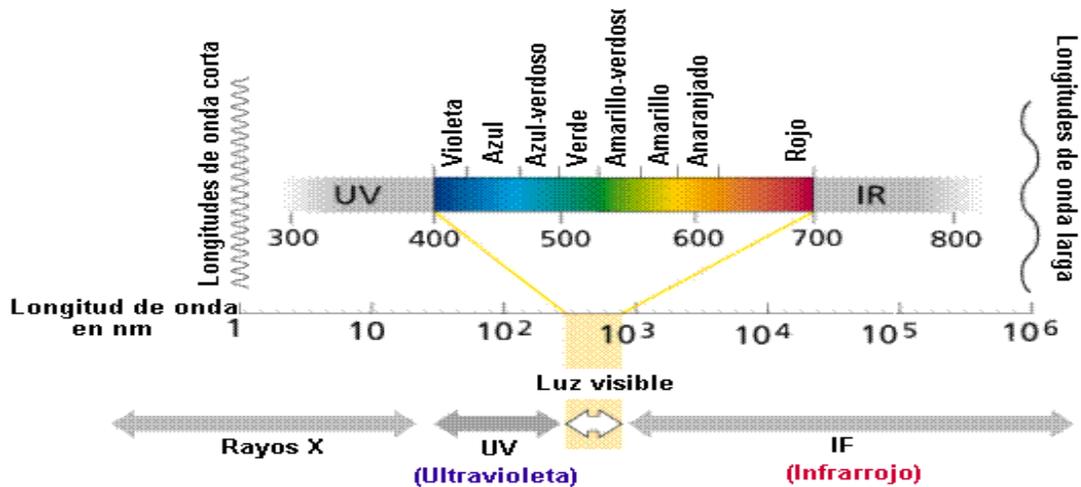
#### d) Oxigenación

Los microorganismos son afectados por la presencia o ausencia de O<sub>2</sub> de manera diferente.

	AMBIENTE		EFECTO DEL O <sub>2</sub>
	Oxidativo	Reductor	
Aerobios estrictos	Crec. (+)	Crec. (-)	Necesario
Anaerobios facultativos			
a. Respiran (con O <sub>2</sub> )	Crec. (+)	Crec. (+)	No es necesario pero beneficia
Fermentan (sin O <sub>2</sub> )			
b. Fermentan (con o sin O <sub>2</sub> ) aerotolerantes	Crec. (+)	Crec. (+)	No es necesario Crecen mejor sin O <sub>2</sub>
Anaerobios estrictos	Crec. (-)	Crec. (+)	Provoca muerte
Microaerófilos	Crec. (+) si el nivel no es muy alto	Crec. (+) si el nivel no es muy bajo	Necesario pero a presiones menores que la atmosférica

#### e) Radiación

Se define como la transmisión de una fuente de energía de un lugar a otro a través del aire o espacio exterior, incluyen ondas hertzianas (sin efecto biológico), los rayos infrarrojos (producen calentamiento), la luz visible (380 a 720 nm de longitud de onda (Fig. 7). Estas últimas tienen importancia por el efecto como fuente energética para los microorganismos fotosintetizadores como las algas o como inductor a la reproducción sexual en los hongos.



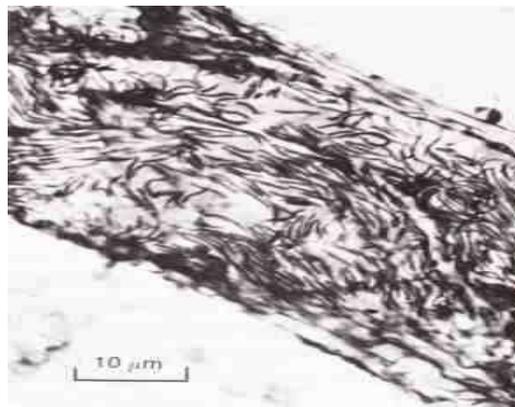
**Fig. 7** Espectro de radiación electromagnética

La radiación ultravioleta (200 a 380 nm) tiene efecto perjudicial para los microorganismos. Las radiaciones de menor longitud de onda son las radiaciones ionizantes (rayos X, gamma, cósmicos). Ionizan el agua y otras sustancias con efecto negativo sobre los microorganismos. La radiación UV y las radiaciones ionizantes se emplean para el control de microorganismos (ver Teórico – Práctico Esterilización).

## Factores Bióticos

### a) Relaciones con otros microorganismos

El **saprofitismo** se puede observar en gran parte de los microorganismos que viven en el suelo ya que la mayoría de estos viven sobre la materia orgánica en descomposición. Primeramente hacen una digestión extracelular de la materia orgánica y luego absorben nutrientes a través de la membrana celular. Como ejemplo se puede citar al grupo de organismos denominado celulolíticos, que con enzimas extracelulares digieren la celulosa hasta compuestos que luego son incorporados a la célula y siguen degradándose sirviendo como fuente de energía y carbono para los microorganismos (Fig. 8)



**Fig. 8** Fibra de celulosa atacada por *Cytophaga sp.*

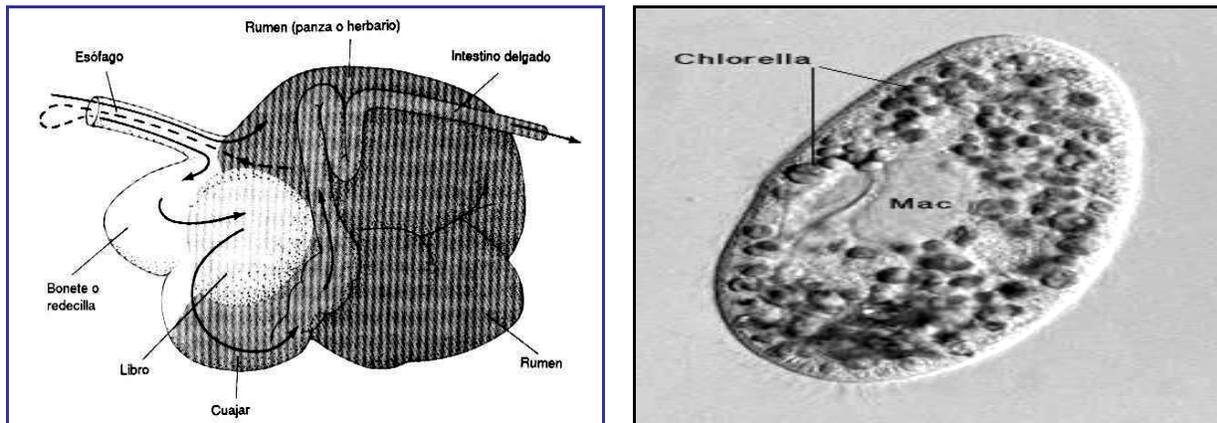
El **sinergismo** es una relación en la cual los grupos de microorganismos tienen un efecto mayor actuando juntos, que los efectos sumados cuando ambos grupos actúan por

separado. Como ejemplo se puede tomar la relación sinérgica que se establece entre los microorganismos que se emplean en la elaboración del yogurt, en donde

*Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricum* fermentan la lactosa produciendo ácido láctico y provocando la coagulación de la caseína; así la acidificación producida es mayor cuando actúan juntos que cuando actúan por separado. *Streptococcus thermophilus* produce ácido fórmico que estimula a *Lactobacillus bulgaricum* el cual produce aminoácidos y péptidos que tienen una acción benéfica sobre el primero.

La **simbiosis** es la asociación de microorganismos en los cuales ambos salen beneficiados. Un ejemplo de esto se produce en el rúmen en donde existen numerosos microorganismos en asociación simbiótica con los animales confiriéndole propiedades especiales (Fig. 9)

**Fig. 9** Esquema de los estómagos del rumiante a la izquierda y vista de protozoos del rumen a la derecha



Beneficios del animal superior al microorganismo	Beneficios del microorganismo al animal superior
<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Temperatura constante (37 °C).</li> <li>▶ Alta humedad.</li> <li>▶ Condiciones anaeróbicas.</li> <li>▶ Continuo aporte de sustrato a través del alimento masticado.</li> <li>▶ Suministro de gran cantidad de saliva con buffer (CO<sub>3</sub>HNa) que neutraliza los ácidos provocados por la fermentación.</li> <li>▶ Eliminación de los productos finales.</li> <li>▶ Agitación constante que provoca mejor crecimiento microbiano.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ <u>Digestión de la celulosa</u>: la hidrólisis de la celulosa por las enzimas extracelulares de los microorganismos, les permite a los rumiantes aprovechar este nutriente. Los microorganismos también degradan almidón y carbohidratos solubles. La fermentación de los HdeC tiene como productos finales ácidos grasos volátiles (acético, butírico y propiónico), CO<sub>2</sub> y metano. Éstos aportan energía al animal.</li> <li>▶ <u>Elaboración de proteínas</u>: los microorganismos del rumen sintetizan aminoácidos y proteínas de alto valor biológico que luego son usados por los animales cuando el contenido ruminal, incluidos los microorganismos, pasa a los estómagos subsiguientes. Esto permite suministrar N no proteico a los rumiantes y así sustituir parte de la proteína de la dieta. El N no proteico se transforma así en proteína de alto valor biológico en los microorganismos del rumen, que luego son digeridos junto con el resto del alimento en el cuajar.</li> <li>▶ <u>Vitaminas</u>: los rumiantes adultos no necesitan que se les aporte vitaminas en la dieta ya que éstas son elaboradas por los microorganismos ruminales y aprovechadas cuando son digeridas en el cuajar. Dentro de las vitaminas hidrosolubles se pueden citar: tiamina, niacina, ác. pantoténico,</li> </ul>

<p>piridoxina, riboflavina, biotina, ác. fólico, Vit. B12. Entre las liposolubles: vitamina K.</p>
--

Cuando uno de los organismos es beneficiado por los productos de excreción de otro que no es dañado se da la relación de **comensalismo**. Un ejemplo de este tipo de relación se da entre los microorganismos fijadores de N de vida libre y los microorganismos descomponedores anaeróbicos de la celulosa. Los descomponedores de la celulosa liberan como productos metabólicos compuestos carbonados de cadena corta (etanol, ác. acético, succínico, propiónico) que sirven como fuente de alimento a los fijadores libre de N (*Azotobacter*, *Derxia*, *Beijerinckia*) que no causan ningún daño a los celulolíticos.

Si en una relación uno de los organismos es beneficiado y el otro es dañado, es un caso de **parasitismo**.

La **virulencia** es la capacidad relativa de un parásito de causar una enfermedad, y está dada por dos aspectos:

1. capacidad de invasión al huésped (penetración y multiplicación en el huésped)
2. toxigenicidad: los microorganismos poseen compuestos celulares o productos metabólicos que pueden lesionar los tejidos del huésped. Estos compuestos son las toxinas que pueden ser de dos tipos: endotoxinas y exotoxinas. Las endotoxinas se dan generalmente en bacterias Gram (-) y son parte de su pared celular (lipopolisacáridos). Son liberadas por lisis celular.

Ejemplos de microorganismos con endotoxinas:

<i>Salmonella typhi</i>	(agente causal de la fiebre tifoidea)
<i>Salmonella paratyphi</i>	(agente causal de la fiebre paratifoidea)
<i>Shigella disenteriae</i>	(agente causal de la disentería bacteriana)

Las exotoxinas son liberadas por los microorganismos pudiendo trasladarse desde el foco de infección a distintas partes del cuerpo. Estas toxinas son muy potentes. Los microorganismos productores de exotoxinas son principalmente bacterias Gram (+).

Ejemplos de microorganismo con exotoxinas:

<i>Clostridium botulinum</i>	(agente causal del botulismo)
<i>Clostridium tetani</i>	(agente causal de tétanos)
<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	(agente causal de la difteria)

**Antibiosis** es la relación entre microorganismos en la cual uno produce sustancias que son tóxicas para el otro (antibióticos).

Los principales microorganismos productores de antibióticos son:

Hongos de los géneros *Penicillium* y *Aspergillus*.  
Bacterias del género *Bacillus*.  
Actinomycetes (bacterias).

### **Bibliografía**

Raisman, J. 2000. <http://fai.unne.edu.ar/biología/bacterias/>  
Ranea, F. 2000. <http://microbiologia.com.ar>