

Nutrición

Unidad IV

Introducción

- The adage “To eat well is to live well” is as true for microbes as it is for humans.
- Over eons, bacteria have evolved ingenious strategies to find, acquire, and metabolize a wide assortment of food sources
- This owes to the **remarkable plasticity** of microbial genomes

Introducción

- Para obtener energía y elaborar nuevos componentes celulares, los organismos tienen que disponer de materias primas, o nutrientes.
- Las células están constituidas de compuestos químicos y cuando una célula crece, todos sus constituyentes químicos aumentan en cantidad apropiada.
- Los elementos químicos básicos de una célula, viene del exterior, luego estos elementos químicos son transformados por la célula en los constituyentes característicos.

Nutrientes

- Compuestos químicos a partir de los cuales se construye una célula. Los nutrientes son tomados por la célula y transformados en constituyentes celulares.
- El proceso por el que una célula se construye a partir de nutrientes simples tomados del medio exterior se denomina ANABOLISMO (Biosíntesis).
- Como otros nutrientes, la energía se obtiene también del medio exterior, de tal manera que se pueden usar dos fuentes de energía:
 - » Luz
 - » Compuesto químicos

- Un determinado grupo de organismos obtienen su energía de la luz, la mayor parte lo hacen por oxidación de compuestos químicos.
- Los productos químicos utilizados como fuente de energía son rotos en constituyentes más simples, liberándose energía; a este proceso se denomina catabolismo.

Clases nutricionales

- Todos los organismos necesitan fuentes de energía, de electrones y carbono para su crecimiento. Los microorganismos pueden agruparse en clases nutricionales basadas en cómo satisfacen dichos requerimientos. Los microorganismos pueden ser agrupados en clases nutricionales de acuerdo a cómo satisfacen sus requerimientos de: **energía**, **H⁺** / **e⁻** y **carbono**.

Nutritional classification- based on how microorganism satisfy Carbon, Energy & Electron

Energy Sources	
Light	Phototrophs
Oxidation of organic or inorganic compounds	Chemotrophs
Electron Sources	
Reduced inorganic molecules	Lithotrophs
Organic molecules	Organotrophs
Carbon source	
CO ₂ sole biosynthetic carbon source	Autotrophs
Reduced, preformed, organic molecules from other	Heterotrophs

Tipos nutricionales

- De acuerdo a su fuente primaria de obtención de energía, fuente carbonada y de e^-/H^+ la mayoría de ellos puede ser considerado en uno de los cinco tipos nutricionales:
 - I. Fotolitotrófico autótrofo
 - II. Fotoorganotrófico heterótrofo
 - III. Quimiolitotrófico autótrofo
 - IV. Quimiolitotrófico heterótrofo
 - V. Quimioorganotrófico heterótrofo

I. Fotolitotrófico autótrofo

- También llamado fotoautótrofo, usa energía luminosa como fuente de energía y CO_2 como fuente de carbono.
- Las algas y las cianobacterias emplean H_2O como donadores de e^- y liberan O_2 .
- Las bacterias púrpuras y verdes del azufre no pueden oxidar el agua, pero extraen e^- de donadores inorgánicos como H^+ , H_2S y azufre elemental.

II. Fotoorganotrófico heterótrofo

- Grupo menos abundante. Importante desde un punto de vista ecológico.
- Utiliza la luz como fuente de energía y materia orgánica como donadores de e- y fuente de carbono
- Ej. Bacterias fotosintéticas púrpuras no sulfúreas y bacterias verdes no sulfúreas. Habitan en lagos contaminados y afloramientos naturales del agua

III. Quimiolitotrófico autótrofo

- Grupo que oxida compuestos inorgánicos reducidos como fierro, nitrógeno o moléculas de S para obtener energía y e^- para biosíntesis.
- El CO_2 es la fuente de carbono.
- Sus representantes cumplen un rol ecológico de importancia y son las bacterias azufre-oxidantes, las bacterias del hidrógeno, las del hierro y nitrificantes.

IV. Quimiolitotrófico heterótrofo

- Utiliza moléculas inorgánicas reducidas como fuente de energía y e-
- Fuente de carbono: moléculas orgánicas
- Los quimiolitótrofos contribuyen grandemente a las transformaciones químicas de los elementos. Por ej. la conversión de amoníaco a nitrato o azufre en sulfato que continuamente ocurre en el ecosistema

V. Quimioorganotrófico heterótrofo

- También llamado quimioheterótrofo, es el grupo nutricional más numeroso en representantes
- Utilizan compuestos orgánicos como fuente de energía, de carbono, de hidrógeno y de e-
- Por lo general, el mismo nutriente orgánico satisface todos estos requerimientos
- Sus representantes son la mayoría de bacterias no fotosintéticas y los hongos
- Todos los microorganismos patógenos pertenecen a este grupo.

Mixotróficos

- Un microorganismo puede pertenecer a uno de los cinco grupos metabólicos, sin embargo, se observa en algunas una flexibilidad metabólica, como respuesta a cambios medioambientales marcados.
- Ejemplo: Muchas bacterias púrpuras no sulfúreas actúan como fotoorganotróficos heterótrofos en ausencia de O_2 , pero oxidan moléculas orgánicas y funcionan quimiorganotróficamente a niveles normales de oxígeno.

Major Nutritional Types of Microorganisms

Nutritional Types	Energy source	Electron source	Carbon source	Representative Microorganisms
Photolithotrophic autotrophy (Photolithoautotroph) (photoautotrophs)	Light	Inorganic e- donor	CO ₂	Purple and green sulfur bacteria, cyanobacteria, diatoms
Photoorganotrophic heterotrophy (Photoorganoheterotroph) (Photoheterotrophs)	Light	Organic e- donor	Organic carbon	Purple nonsulfur bacteria, green nonsulfur bacteria
Chemolithotrophic autotrophy (Chemolithoautotroph) (Chemoautotrophs)	Inorganic chemical	Inorganic e- donor	CO ₂	Sulfur-oxidizing Bacteria, hydrogen-oxidizing bacteria, methanogens, nitrifying bacteria, iron-oxidizing bacteria
Chemolithotrophic heterotrophy (Chemolithoheterotroph)	Inorganic chemical	Inorganic e- donor	Organic carbon	Some sulfur-oxidizing bacteria (e.g., <i>Beggiatoa</i> spp.)
Chemoorganotrophic heterotrophy (Chemoorganoheterotrophy) (Chemoheterotrophs)	Organic chemical	Organic e- donor	Organic carbon	Most nonphotosynthetic microbes, including most pathogens, fungi, and many protist and archaea

Requerimientos nutricionales

Los nutrientes pueden ser divididos en dos grupos:

- 1) Macronutrientes.- Requeridos en grandes cantidades
- 2) Micronutrientes.- Requeridos en pequeñas cantidades

Macronutrientes

- **Carbono.**- Necesario para formar el esqueleto carbonado de las moléculas orgánicas, contribuyen también con átomos de O_2 e H_2 .

Puede utilizarse en su forma inorgánica como CO_2 en microorganismos autótrofos donde éste constituye la única fuente de carbono

- **Nitrógeno.**- Después del carbono, el segundo elemento más abundante en la célula es el nitrógeno. Es un componente mayoritario de proteínas, ácidos nucleicos.

Se encuentra en la naturaleza tanto en forma orgánica como inorgánica. Sin embargo, la globalidad del nitrógeno utilizable está en forma inorgánica (NH_3 , NO_3^- o N_2).

- **Fósforo.**- Se encuentra en la naturaleza en forma de fosfatos orgánicos o inorgánicos y es requerido por la célula para la síntesis de ácidos nucleicos y fosfolípidos
- **Azufre.**- es un elemento estructural en los aminoácidos cisteína y metionina y porque está presente en vitaminas tales como la tiamina, biotina, ácido lipoico así como coenzima A. La mayoría del azufre celular procede de fuentes inorgánicas ya sean sulfatos o sulfuros.

- **Potasio.**- Necesario en todos los organismos. Una gran diversidad de enzimas, incluyendo varias implicadas en la síntesis de proteínas lo requieren específicamente.
- **Magnesio.**- Estabiliza los ribosomas, las membranas celulares, los ácidos nucleicos y se requiere también para la actividad de muchas enzimas

- **Calcio.**- No es un nutriente esencial para el crecimiento de muchos microorganismos, ayuda a estabilizar la pared celular bacteriana y juega un papel fundamental en la termorresistencia de la endospora
- **Sodio.**- Es requerido por algunos microorganismos, se debe a la naturaleza química de su hábitat

- **Hierro.**- El hierro juega papel fundamental en la respiración celular siendo un componente clave de los citocromos y de las proteínas que contienen hierro implicadas en el transporte de e^- .

Muchos microorganismos producen agentes que unen hierro de manera muy específica, denominada sideróforos, que solubilizan sales de hierro transportándolo al interior celular.

- Un grupo importante de sideróforos son derivados del ácido hidroxámico, el cual quelata fuertemente el ión férrico.
- En algunas bacterias los sideróforos no son hidroxamatos sino compuestos fenólicos.
- Bacterias entéricas tales como, *E. coli* y *S. typhimurium* producen sideróforos fenólicos complejos llamados enterobactinas.

Micronutrientes

I.- Elementos traza.-

Son requeridos en muy pequeñas cantidades, son metales, muchos de los cuales forman enzimas. Debido a que el requerimiento de elementos traza es muy pequeño, para el cultivo de microorganismos en el laboratorio se hace innecesario su adición al medio.

Micronutrients needed by microorganisms^a

I. Trace Elements

<i>Elemento</i>	<i>Función</i>
Boro (B)	Autoinductor de la percepción de quórum en las bacterias; también se encuentra en algunos antibióticos policétidos
Cobalto (Co)	Vitamina B ₁₂ ; transcarboxilasa (solo en las bacterias del ácido propiónico)
Cobre (Cu)	En la respiración, citocromo c-oxidasa; en la fotosíntesis, plastocianina, algunas superóxido-dismutasas
Hierro (Fe) ^b	Citocromos; catalasas; peroxidasas; proteínas de hierro y azufre; oxigenasas; todas las nitrogenasas
Manganeso (Mn)	Activador de muchas enzimas; componente de ciertas superóxido-dismutasas y de la enzima que disocia el agua en los fotótrofos oxigénicos (fotosistema II)
Molibdeno (Mo)	Algunas enzimas que contienen flavinas; algunas nitrogenasas, nitrato-reductasas, sulfito-oxidasa, DMSO-TMAO-reductasas; algunas formiato-deshidrogenasas
Níquel (Ni)	La mayoría de las deshidrogenasas; coenzima F ₄₃₀ de los metanógenos; monóxido de carbono-deshidrogenasa; ureasa
Selenio (Se)	Formiato-deshidrogenasa; algunas hidrogenasas; el aminoácido selenocisteína
Tungsteno (W)	Algunas formiato-deshidrogenasas; oxotransferasas de los hipertermófilos
Vanadio (V)	Vanadio-nitrogenasa; bromoperoxidasa
Zinc (Zn)	Anhidrasa carbónica; polimerasas de los ácidos nucleicos; muchas proteínas de unión a DNA

^aNo todos los elementos traza o factores de crecimiento son necesarios para todos los organismos.

^bEl hierro es necesario normalmente en mayor cantidad que el resto de metales traza que se muestran.

Micronutrientes

II. Factores de crecimiento

Los factores de crecimiento son compuestos orgánicos que, como los elementos traza, son requeridos en muy pequeñas cantidades y sólo por algunas células

Los factores de crecimiento incluyen vitaminas, aminoácidos, purinas y pirimidinas

Aunque, la mayoría de los microorganismos son capaces de sintetizar estos compuestos, otros requieren tomar uno o más preformados del ambiente

- Las vitaminas son los factores de crecimiento más necesitados. La mayor parte de vitaminas funcionan como parte de coenzimas.
- Las bacterias lácticas, que incluyen los géneros *Streptococcus*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc* y otros son reconocidas por su complejo requerimiento de vitaminas, incluso mayores que los humanos.
- Vitaminas: Tiamina (B1), biotina, piridoxina (B6) y cobalamina (B12).

II. Growth Factors

<i>Factor de crecimiento</i>	<i>Función</i>
PABA (ácido <i>p</i> -aminobenzoico)	Precursor del ácido fólico
Ácido fólico	Metabolismo de compuestos de un solo carbono; transferencias de grupos metilo
Biotina	Biosíntesis de ácidos grasos; algunas reacciones de fijación de CO ₂
B ₁₂ (cobalamina)	Metabolismo de compuestos de un solo carbono; síntesis de desoxirribosa
B ₁ (tiamina)	Reacciones de descarboxilación
B ₆ (piridoxal)	Transformaciones aminoácido/ cetoácido
Ácido nicotínico (niacina)	Precursor de NAD ⁺
Riboflavina	Precursor de FMN, FAD
Ácido pantoténico	Precursor del coenzima A
Ácido lipoico	Descarboxilación de piruvato y α -cetoglutarato
Vitamina K	Transporte de electrones

Macronutrientes en la naturaleza y en los medios de cultivo

Elemento	Forma habitual del nutriente en el ambiente	Forma química utilizada en medios de cultivo
Carbono (C)	CO ₂ , compuestos orgánicos	Glucosa, malato, acetato, piruvato. Cientos de otros compuestos o mezclas complejas (extracto de levadura, peptona, etc.)
Hidrógeno (H)	H ₂ O, compuestos orgánicos	H ₂ O, compuestos orgánicos
Oxígeno (O)	H ₂ O, O ₂ , compuestos orgánicos	H ₂ O, O ₂ , compuestos orgánicos
Nitrógeno (N)	NH ₃ , NO ₃ ⁻ , N ₂ , compuestos orgánicos nitrogenados	Inorgánicos: NH ₄ Cl, (NH ₄) ₂ SO ₄ , KNO ₃ , N ₂ Orgánicos: aminoácidos, bases nitrogenadas de nucleótidos, otros muchos compuestos orgánicos que contienen nitrógeno
Fósforo (P)	PO ₄ ⁻³	KH ₂ PO ₄ , Na ₂ HPO ₄
Azufre (S)	H ₂ S, SO ₄ ²⁻ , compuestos orgánicos azufrados, sulfuros metálicos (FeS, CuS, ZnS, NiS, etc.)	Na ₂ SO ₄ , Na ₂ S ₂ O ₃ , Na ₂ S Compuestos orgánicos azufrados
Potasio (K)	K ⁺ en solución o como sales K	KCl, KH ₂ PO ₄
Magnesio (Mg)	Mg ²⁺ en solución o como sales de Mg	MgCl ₂ , MgSO ₄
Sodio (Na)	Na ⁺ en solución o como NaCl u otras sales de sodio	NaCl
Calcio (Ca)	Ca ²⁺ en solución o como CaSO ₄ u otras sales de Ca	CaCl ₂
Hierro (Fe)	Fe ²⁺ o Fe ³⁺ en solución o como FeS, Fe(OH) ₃ u otras sales de Fe	FeCl ₃ , FeSO ₄ , varias soluciones de Fe quelado con EDTA, citrato, etc.

Examples of defined media

Defined medium or synthetic medium.-

medium in which all components are known. Some microorganisms, particularly photolithotrophic autotrophs such as cyanobacteria can be grown on relatively simple media containing CO₂ as a carbon source, nitrate or ammonia as a nitrogen source, sulfate, phosphate, and a variety of minerals.

Many chemoorganotrophic heterotrophs also can be grown in defined media with glucose as a carbon source and an ammonium salt as a nitrogen source. Defined media are used widely.

BG-11 Medium for Cyanobacteria	Amount (g/liter)
NaNO ₃	1.5
K ₂ HPO ₄ ·3H ₂ O	0.04
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0.075
CaCl ₂ ·2H ₂ O	0.036
Citric acid	0.006
Ferric ammonium citrate	0.006
EDTA (Na ₂ Mg salt)	0.001
Na ₂ CO ₃	0.02
Trace metal solution ^a	1.0 ml/liter
Final pH 7.4	

Medium for <i>Escherichia coli</i>	Amount (g/liter)
Glucose	1.0
Na ₂ HPO ₄	16.4
KH ₂ PO ₄	1.5
(NH ₄) ₂ SO ₄	2.0
MgSO ₄ ·7H ₂ O	200.0 mg
CaCl ₂	10.0 mg
FeSO ₄ ·7H ₂ O	0.5 mg
Final pH 6.8–7.0	

Some common complex media

Complex media.- Media that contain some ingredients of unknown chemical composition. Complex media contain undefined components like peptones, meat extract, and yeast extract. **Peptones** are protein hydrolysates prepared by partial proteolytic digestion of meat, casein, soya meal, gelatin, and other protein sources. They serve as sources of carbon, energy, and nitrogen

Nutrient Broth	Amount (g/liter)
Peptone (gelatin hydrolysate)	5
Beef extract	3
Tryptic Soy Broth	
Tryptone (pancreatic digest of casein)	17
Peptone (soybean digest)	3
Glucose	2.5
Sodium chloride	5
Dipotassium phosphate	2.5
MacConkey Agar	
Pancreatic digest of gelatin	17.0
Pancreatic digest of casein	1.5
Peptic digest of animal tissue	1.5
Lactose	10.0
Bile salts	1.5
Sodium chloride	5.0
Neutral red	0.03
Crystal violet	0.001
Agar	13.5

Medio definido para *Escherichia coli*

K_2HPO_4	7 g	
KH_2PO_4	2 g	
$(NH_4)_2SO_4$	1 g	
$MgSO_4$	0,1 g	
$CaCl_2$	0,02 g	
Glucosa		4-10 g
Elementos traza		2-10 μg
(Fe, Co, Mn, Zn, Cu, Ni, Mo)		
Agua destilada	1000 ml	
pH7		

Medio definido para *Leuconostoc mesenteroides*

- K_2HPO_4 0,6 g
 - KH_2PO_4 0,6 g
 - NH_4Cl 3 g
 - MgSO_4 0,1 g
 - CaCl_2 0,02 g
 - Glucosa 25 g
 - Acetato sódico 20 g
 - **Aminoácidos** (ala, arg, asn asp, cis, glu, gln, gly, his, iso, leu, lis, met, phe, pro, ser, thr, trp, tyr, val).
100-200 μg de cada uno
 - **Purinas y pirimidinas** (adenina, guanina, uracilo, xantina).
10 mg de cada una
 - **Vitaminas** (biotina, folato, ácido nicotínico, piridoxal, piridoxamina, piridoxina, riboflavina, tiamina, pantotenato, ácido p-aminobenzoico)
0,01-1 mg de cada una
 - **Elementos traza** 2-10 μg
(Fe, Co, Mn, Zn,
Cu, Ni, Mo)
 - **Agua destilada** 1000 ml
- pH7

Medio complejo para *Escherichia coli* y
Leuconostoc mesenteroides

Glucosa	15 g
Extracto de levadura	5 g
Peptona	5 g
KH ₂ PO ₄	2 g
Agua destilada	1000 ml
pH = 7	

Otros compuestos

CO₂

- Ciertos microorganismos pueden desarrollar mejor si se les incrementa la concentración de CO₂ en la atmósfera.
- Ej.: *Haemophilus*, *Neisseria*, *Brucella*, *Campylobacter* requieren para iniciar el crecimiento al menos 5 a 10 % de CO₂ en la atmósfera.

Oxígeno

- a) **Aerobios**, microorganismos que requieren O_2 para los procesos metabólicos que producen energía
- b) **Anaerobios**, aquellos microorganismos que no pueden utilizarlo o no lo toleran
 - b.1) **Anaerobio facultativo**, no requieren O_2 para el crecimiento pero, pueden crecer bien en su presencia
 - b.2) **Anaerobio aerotolerante**, *Streptococcus faecalis*, ignora el O_2 y crece igual en su presencia
 - b.3) **Anaerobio estricto**, *Clostridium*, *Methanococcus*, *Bacteroides*, no toleran el oxígeno y mueren en su presencia
- c) **Microaerófilo**, algunos *Clostridium*, resultan dañados en concentraciones normales de O_2 (20 %) y requieren concentraciones bastante inferiores (2 - 10 %).

Términos usados para describir las relaciones del O₂ con los microorganismos

Grupo	Ambiente		Efecto O ₂
	Aeróbico	Anaeróbico	
Aerobio obligado	Crecimiento	No hay crecimiento	Requerido (utilizado para la respiración aeróbica)
Microaerófilo	Crecimiento si el nivel no es demasiado alto	No hay crecimiento	Requerido pero a niveles debajo de 0.2 atm
Anaerobio obligado (estricto)	No hay crecimiento	Crecimiento	Tóxico
Anaerobio facultativo	Crecimiento	Crecimiento	No requerido para el crecimiento, pero utilizado cuando está disponible
Anaerobio aerotolerante	Crecimiento	Crecimiento	No requerido y no utilizado

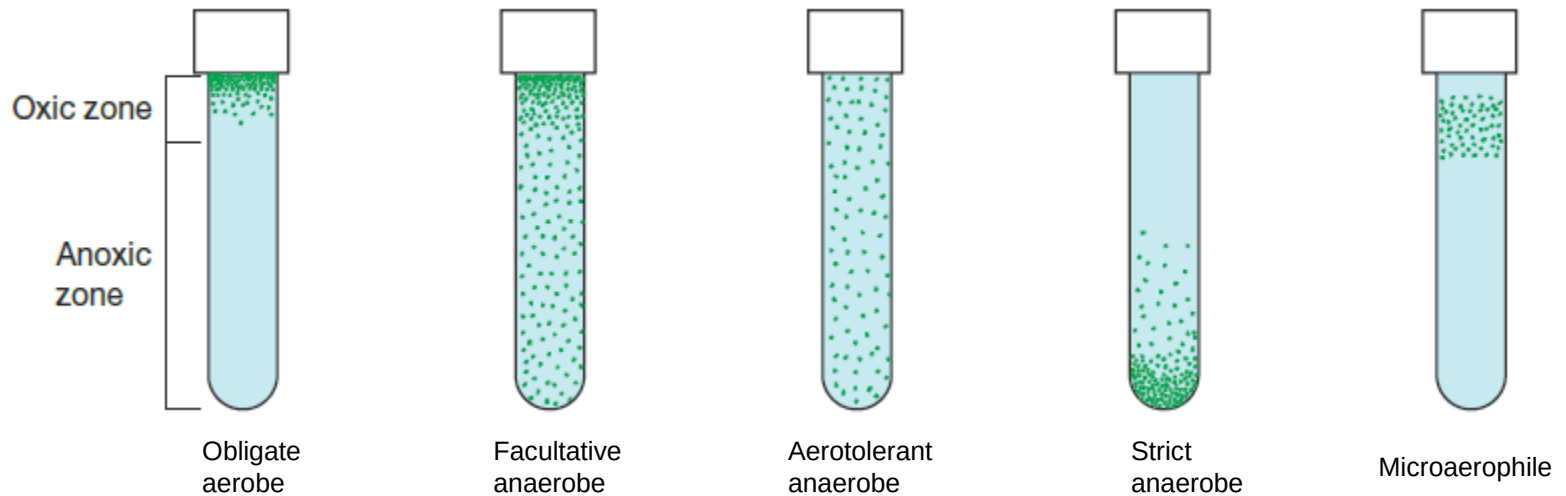
Oxygen relationships of microorganisms

Group	Relationship to O ₂	Type of metabolism	Example ^a	Habitat ^b
Aerobes				
Obligate	Required	Aerobic respiration	<i>Micrococcus luteus</i> (B)	Skin, dust
Facultative	Not required, but growth better with O ₂	Aerobic respiration, anaerobic respiration, fermentation	<i>Escherichia coli</i> (B)	Mammalian large intestine
Microaerophilic	Required but at levels lower than atmospheric	Aerobic respiration	<i>Spirillum volutans</i> (B)	Lake water
Anaerobes				
Aerotolerant	Not required, and growth no better when O ₂ present	Fermentation	<i>Streptococcus pyogenes</i> (B)	Upper respiratory tract
Obligate	Harmful or lethal	Fermentation or anaerobic respiration	<i>Methanobacterium formicicum</i> (A)	Sewage sludge, anoxic lake sediments

^aLetters in parentheses indicate phylogenetic status (B, *Bacteria*; A, *Archaea*). Representatives of either domain of prokaryotic cells are known in each category. Most eukaryotes are obligate aerobes, but facultative aerobes (for example, yeast) and obligate anaerobes (for example, certain protozoa and fungi) are known.

^bListed are typical habitats of the example organism; many others could be listed.

Oxygen and Bacterial Growth



Each dot represents an individual bacterial colony within the agar or on its surface. The surface, which is directly exposed to atmospheric oxygen, is oxic. The oxygen content of the medium decreases with depth until the medium becomes anoxic toward the bottom of the tube.

MICRO INQUIRY Why do facultative anaerobes grow best at the surface of the tube while aerotolerant anaerobes demonstrate a uniform growth pattern throughout the tube?

Hidrógeno

- Los requerimientos de H^+ están limitados al mundo microbiano a aquellas bacterias litótrofas que utilizan el hidrógeno como fuente de energía
- La concentración de iones de hidrógeno en términos de pH tiene mucha importancia.
- Cada especie tiene un pH definido de crecimiento y un pH óptimo:

Relationships of microorganisms to pH

<i>Physiological class (optima range)</i>	<i>Approximate pH optimum for growth</i>	<i>Example organism^a</i>
Neutrophile (pH > 5.5 and < 8)	7	<i>Escherichia coli</i>
Acidophile (pH < 5.5)	5	<i>Rhodopila globiformis</i>
	3	<i>Acidithiobacillus ferrooxidans</i>
	1	<i>Picrophilus oshimae</i>
Alkaliphile (pH ≥ 8)	8	<i>Chloroflexus aurantiacus</i>
	9	<i>Bacillus firmus</i>
	10	<i>Natronobacterium gregoryi</i>

^a*Picrophilus* and *Natronobacterium* are Archaea; all others are Bacteria.

	pH óptimo entre
Acidófilos	1.1 y 5.5
Neutrófilos	5.5 y 8.0
Alcalinófilos	8.5 y 11.5

- En general, las bacterias son consideradas neutrófilas, hongos en ambientes ligeramente ácidos (pH 4-6)
- Al margen de las variaciones de pH en el medio externo, en el ambiente interno de los microorganismos el pH se mantiene cercano a la neutralidad.

- Ej. Organismos acidófilos como *Thiobacillus ferrooxidans* que vive en ambientes de pH 2 y tiene un pH interno de 6.0.
- La bacteria utiliza la gradiente electroquímica creada a nivel de membrana por esta diferencia de pH, para la síntesis de ATP.

Requerimientos de agua

- La disponibilidad de agua depende de dos factores:

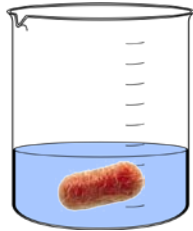
1. **Factores de absorción.**- La cantidad de agua disponible a los microorganismos puede ser reducida por adsorción a la superficie de sólidos (efecto mátrico).
2. **Factores de solución.**- La cantidad de agua disponible puede verse afectada por la interacción con moléculas de soluto (efecto osmótico).

- El grado de disponibilidad de agua se expresa cuantitativamente como A_w
- La actividad de agua de una solución es la relación entre la presión de vapor de la solución (p_a) y la presión del agua pura (p_o) y se estima midiendo la humedad relativa de la fase vapor

$$A_w = p_a/p_o$$

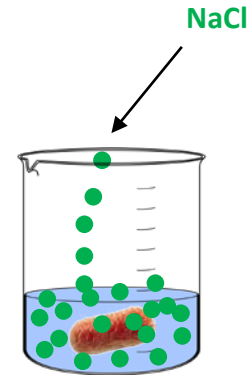
$$A_w = HR/100$$

- La A_w es inversamente proporcional a la presión osmótica. Si una solución tiene una alta presión osmótica su actividad de agua es baja. Los microorganismos viven en actividad de agua de 0.63 a 0.99.
- Los microorganismos difieren grandemente en su habilidad para adaptarse en hábitat con baja actividad de agua, lo cual requiere alcanzar internamente una alta concentración de solutos que permita retener agua

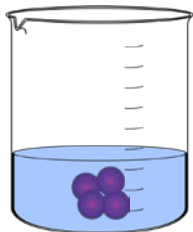


$a_w = 0.98$

E. coli

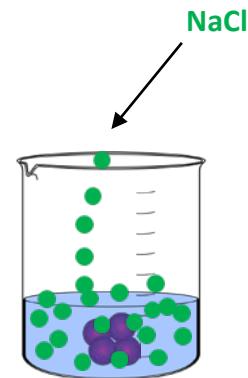


$a_w = 0.85$



$a_w = 0.98$

Staphylococcus aureus



$a_w = 0.85$

o s m o t o l e r a n t e

- Osmotolerantes: Crecen en un amplio rango de valores de actividad de agua

Ej. *Staphylococcus aureus*, *Saccharomyces rouxii*

- Halófilos : Adaptados completamente a condiciones salinas, a tal grado que requieren altos niveles de NaCl en el medio para crecer

Ej. *Halobacterium* sp.

Valores de actividad de agua (Aw) limitante para el crecimiento de algunos procariotas

Organismo	Aw mínima para el crecimiento
<i>Caulobacter</i>	1.00
<i>Spirillum</i>	1.00
<i>Pseudomonas</i>	.91
<i>Salmonella/E. coli</i>	.91
<i>Lactobacillus</i>	.90
<i>Bacillus</i>	.90
<i>Staphylococcus</i>	.85
<i>Halobacterium</i>	.75

Water activity of several substances

<i>Water activity (a_w)</i>	<i>Material</i>	<i>Example organisms^a</i>
1.000	Pure water	<i>Caulobacter, Spirillum</i>
0.995	Human blood	<i>Streptococcus, Escherichia</i>
0.980	Seawater	<i>Pseudomonas, Vibrio</i>
0.950	Bread	Most gram-positive rods
0.900	Maple syrup, ham	Gram-positive cocci such as <i>Staphylococcus</i>
0.850	Salami	<i>Saccharomyces rouxii</i> (yeast)
0.800	Fruit cake, jams	<i>Zygosaccharomyces bailii</i> (yeast), <i>Penicillium</i> (fungus)
0.750	Salt lakes, salted fish	<i>Halobacterium, Halococcus</i>
0.700	Cereals, candy, dried fruit	<i>Xeromyces bisporus</i> and other xerophilic fungi

^aSelected examples of *Bacteria* and *Archaea* or fungi capable of growth in culture media adjusted to the stated water activity.

Requerimientos físicos

Temperatura

- Es uno de los factores ambientales más importantes que influyen en la proliferación y sobrevivencia de los organismos.
- Conforme aumenta la temperatura, las reacciones químicas y enzimáticas en la célula tienen lugar a velocidades más rápidas
- Sin embargo, más allá de cierta temperatura, las proteínas, los ácidos nucleicos y otros componentes celulares se vuelven sensibles a estas temperaturas elevadas y pueden inactivarse en forma irreversible.

- Generalmente, conforme la T° aumenta, dentro de cierto límite, la proliferación y las funciones metabólicas aumentan
- Por encima de este punto, las funciones celulares caen drásticamente
- Para cada organismo existe una temperatura **mínima** (por debajo del cual no tienen lugar la proliferación), temperatura **óptima** (el crecimiento es más rápido) y temperatura **máxima** (por encima de la cual no existe crecimiento).

- La temperatura óptima siempre está más cerca de la máxima que de la mínima
- A estas tres temperaturas se les denomina temperaturas cardinales y suelen ser características de cada organismo y pueden modificarse debido a factores ambientales

	T°	°C	
Psicrófilos	Min	0	Temperatura óptima muy baja. Ej. <i>Flavobacterium</i> , <i>Pseudomonas</i> .
	Opt	15	
	Max	<20	
Mesófilos	Min	15 - 20	Temperatura óptima dentro de los límites regulares. Ej. <i>E. coli</i>
	Opt	20 - 45	
	Max	45	
Termófilos	Min	45	Temperatura óptima alta. Ej. <i>Thermus</i> , <i>Thermococcus</i> (80° C a más)
	Opt	55 – 65	
	Max	80	

- Mesófilos, en animales de sangre caliente y en entornos terrestres y acuáticos, en latitudes templadas y tropicales.
- Psicrófilos y termófilos.- Se encuentran en entornos excepcionalmente fríos o calientes. En los manantiales calientes se encuentran termofílicos extremos, así como en los géiseres y en las aberturas de los mares profundos.

Temperature Ranges for Microbial Growth

Microorganism	Cardinal Temperatures (°C)		
	Minimum	Optimum	Maximum
Nonphotosynthetic Procaryotes			
<i>Bacillus psychrophilus</i>	−10	23–24	28–30
<i>Micrococcus cryophilus</i>	−4	10	24
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	4	25–30	40
<i>Staphylococcus aureus</i>	6.5	30–37	46
<i>Enterococcus caecalis</i>	0	37	44
<i>Escherichia coli</i>	10	37	45
<i>Neisseria gonorrhoeae</i>	30	35–36	38
<i>Thermoplasma acidophilum</i>	45	59	62
<i>Bacillus stearothermophilus</i>	30	60–65	75
<i>Thermus aquaticus</i>	40	70–72	79
<i>Sulfolobus acidocaldarius</i>	60	80	85
<i>Pyrococcus abyssi</i>	67	96	102
<i>Pyrodictium occultum</i>	82	105	110
<i>Pyrolobus fumarii</i>	0	106	113
Photosynthetic Bacteria			
<i>Rhodospirillum rubrum</i>	ND ^a	30–35	ND
<i>Anabaena variabilis</i>	ND	35	ND
<i>Oscillatoria tenuis</i>	ND	ND	45–47
<i>Synechococcus eximius</i>	70	79	84
Protists			
<i>Chlamydomonas nivalis</i>	−36	0	4
<i>Fragilaria sublinearis</i>	−2	5–6	8–9
<i>Amoeba proteus</i>	4–6	22	35
<i>Euglena gracilis</i>	ND	23	ND
<i>Skeletonema costatum</i>	6	16–26	>28
<i>Naegleria fowleri</i>	20–25	35	40
<i>Trichomonas vaginalis</i>	25	32–39	42
<i>Paramecium caudatum</i>		25	28–30
<i>Tetrahymena pyriformis</i>	6–7	20–25	33
<i>Cyclidium citrullus</i>	18	43	47
<i>Cyanidium caldarium</i>	30–34	45–50	56
Fungi			
<i>Candida scotti</i>	0	4–15	15
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	1–3	28	40
<i>Mucor pusillus</i>	21–23	45–50	50–58

^aND, no data

Radiación

- Se refiere a aquellas fuentes de energía que son transmitidas de un lugar a otro a través del aire o espacio externo. Dentro de las radiaciones que tienen interés biológico:
 - Radiaciones electromagnéticas
 - Radiaciones ionizantes

Radiaciones electromagnéticas

Dentro de estas tienen efecto sobre los organismos vivos la radiación UV, visible, IR

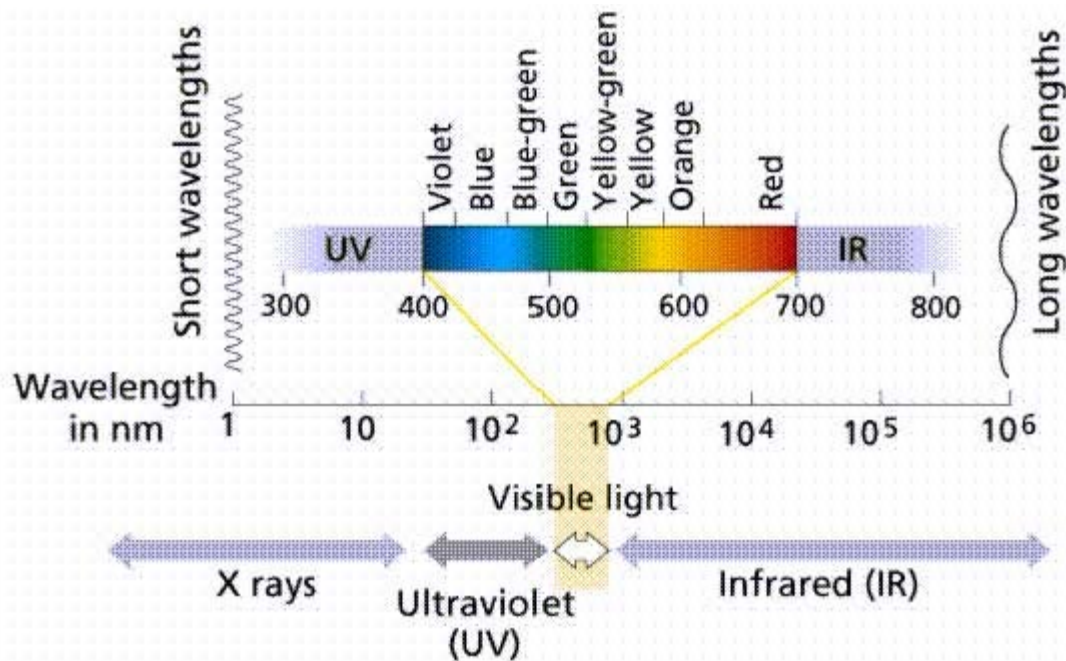
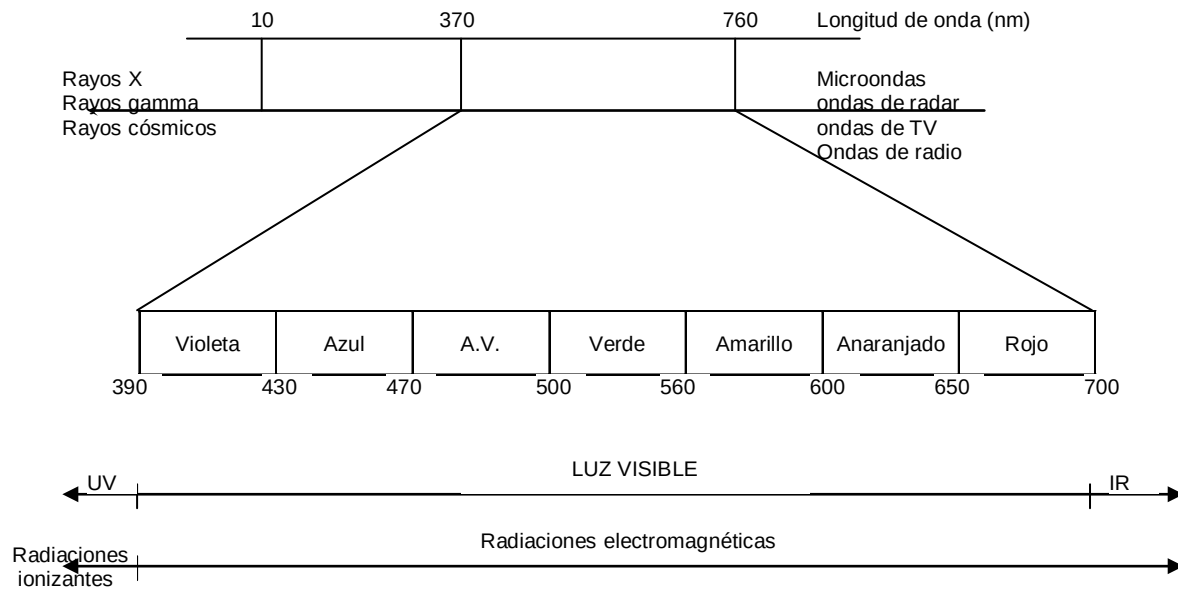
- **Radiación UV** (10 – 300 nm), acción letal sobre los microorganismos. El sol emite radiación UV. Sólo las de mayor longitud de onda atraviesa la atmósfera, las de menor longitud de onda son extremadamente letales y son retenidos. Las lámparas germicidas tienen una longitud de onda corta

- **Radiación visible** (380 – 760 nm), beneficioso para organismos vivos que constituye su fuente de energía para la fotosíntesis. Puede causar daño y muerte celular (fotooxidación), provoca inactivación de enzimas.

Radiaciones ionizantes

Tienen longitud de onda más corta que la luz visible y mucha más energía.

- Rayos X.- energía tan grande que causa ionización de átomos y radicales químicos muy reactivos que pueden causar mutaciones y muerte celular.
- Efectos de los rayos X: Ruptura de enlaces de H, oxidación de enlaces dobles, destrucción de estructuras anilladas, polimerización anormal de moléculas.
- La destrucción del DNA es la principal causa de muerte celular



Presión

- La mayoría de microorganismos viven normalmente en la tierra, en el aire o en la superficie del agua sometidos a una presión de una atmósfera.
- Los efectos de alta presión en microorganismos no tolerantes, se manifiestan en la síntesis de proteínas, actividad de algunas enzimas y en los fenómenos de transporte a través de membrana.
- En la profundidad del mar, la presión puede alcanzar 1100 atmósferas.

- Microorganismos barotolerantes, con presiones por encima de los normales, mas no extrema, pueden crecer y adaptarse bien.
- Microorganismos piezofílicos (barofílicos), crecen rápidamente en altas presiones como 500 a 600 atm.
- Ej. Bacterias que crecen dentro del intestino de invertebrados marinos en el mar profundo.

Microbial Responses to Environmental Factors

Descriptive Term	Definition	Representative Microorganisms
Solute and Water Activity		
Osmotolerant	Able to grow over wide ranges of water activity or osmotic concentration	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Saccharomyces rouxii</i>
Halophile	Requires high levels of sodium chloride, usually above about 0.2 M, to grow	<i>Halobacterium</i> , <i>Dunaliella</i> , <i>Ectothiorhodospira</i>
pH		
Acidophile	Growth optimum between pH 0 and 5.5	<i>Sulfolobus</i> , <i>Picrophilus</i> , <i>Ferroplasma</i> , <i>Acontium</i> , <i>Cyanidium caldarium</i>
Neutrophile	Growth optimum between pH 5.5 and 8.0	<i>Escherichia</i> , <i>Euglena</i> , <i>Paramecium</i>
Alkalophile	Growth optimum between pH 8.0 and 11.5	<i>Bacillus alcalophilus</i> , <i>Natronobacterium</i>
Temperature		
Psychrophile	Grows well at 0°C and has an optimum growth temperature of 15°C or lower	<i>Bacillus psychrophilus</i> , <i>Chlamydomonas nivalis</i>
Psychrotroph	Can grow at 0–7°C; has an optimum between 20 and 30°C and a maximum around 35°C	<i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Pseudomonas fluorescens</i>
Mesophile	Has growth optimum around 20–45°C	<i>Escherichia coli</i> , <i>Neisseria gonorrhoeae</i> , <i>Trichomonas vaginalis</i>
Thermophile	Can grow at 55°C or higher; optimum often between 55 and 65°C	<i>Geobacillus stearothermophilus</i> , <i>Thermus aquaticus</i> , <i>Cyanidium caldarium</i> , <i>Chaetomium thermophile</i>
Hyperthermophile	Has an optimum between 80 and about 113°C	<i>Sulfolobus</i> , <i>Pyrococcus</i> , <i>Pyrodictium</i>
Oxygen Concentration		
Obligate aerobe	Completely dependent on atmospheric O ₂ for growth	<i>Micrococcus luteus</i> , <i>Pseudomonas</i> , <i>Mycobacterium</i> ; most protists and fungi
Facultative anaerobe	Does not require O ₂ for growth, but grows better in its presence	<i>Escherichia</i> , <i>Enterococcus</i> , <i>Saccharomyces cerevisiae</i>
Aerotolerant anaerobe	Grows equally well in presence or absence of O ₂	<i>Streptococcus pyogenes</i>
Obligate anaerobe	Does not tolerate O ₂ and dies in its presence	<i>Clostridium</i> , <i>Bacteroides</i> , <i>Methanobacterium</i> , <i>Trepomonas agilis</i>
Microaerophile	Requires O ₂ levels below 2–10% for growth and is damaged by atmospheric O ₂ levels (20%)	<i>Campylobacter</i> , <i>Spirillum volutans</i> , <i>Treponema pallidum</i>
Pressure		
Barophilic	Growth more rapid at high hydrostatic pressures	<i>Photobacterium profundum</i> , <i>Shewanella benthica</i> , <i>Methanocaldococcus jannaschii</i>