

## Clase 2 – Transformaciones del carbono y de la energía

### LECTURAS PARA LA PRÓXIMA CLASE:

- Krebs, capítulo 25: *Ecosystem Metabolism I: Primary Productivity*
- Luria. 1975. *Overview of photosynthesis*. (H, W)
- Stowe, S. 2003. *When swans inspire not a ballet, but a battle*. *NY Times*. 3 de septiembre. (H,W)
- Kaiser, J. 1995. *Can deep bacteria live on nothing but rocks and water?* *Science*. **270**:377. (L)
- Stevens, TO y JP McKinley. 1995. *Lithoautotrophic microbial ecosystems in deep basalt aquifers*. *Science*. **270**: 450. (L)
- Pace, N. 1997. *A molecular view of microbial diversity and the biosphere*. *Science*. **276**:734. (L)
- Newman, DK y JF Banfield. 2002. *Geomicrobiology: How molecular-scale interactions underpin biogeochemical systems*. *Science*. **296**:1071. (L)
- Sarbu, S *et al.* 1996. *A chemoautotrophically-based cave ecosystem*. *Science*. **272**:1953. (L)

“La naturaleza se ha propuesto a sí misma como reto atrapar la más volátil de todas las formas de energía, la luz solar que fluye hacia la Tierra, y almacenarla en estado sólido.”  
*Mayer: Ley de la conservación de la energía (1842)*

### Esquema de la clase:

- I. Evolución
- II. Autótrofos
  - A. Fotosíntesis
  - B. Fotosíntesis bacteriana
  - C. Quimiosíntesis
- III. Heterótrofos
  - A. Respiración aeróbica
  - B. Fermentación
  - C. Respiración anaeróbica

Pregunta clave: ¿cómo obtienen los organismos vivos el carbono y la energía que necesitan para vivir?

### I. Evolución

Antigua concepción del mundo: los cinco reinos

Desarrollo de nuevas teorías sobre la vida orgánica:

Nuevas técnicas genéticas de identificación (C Woese, década de 1970)

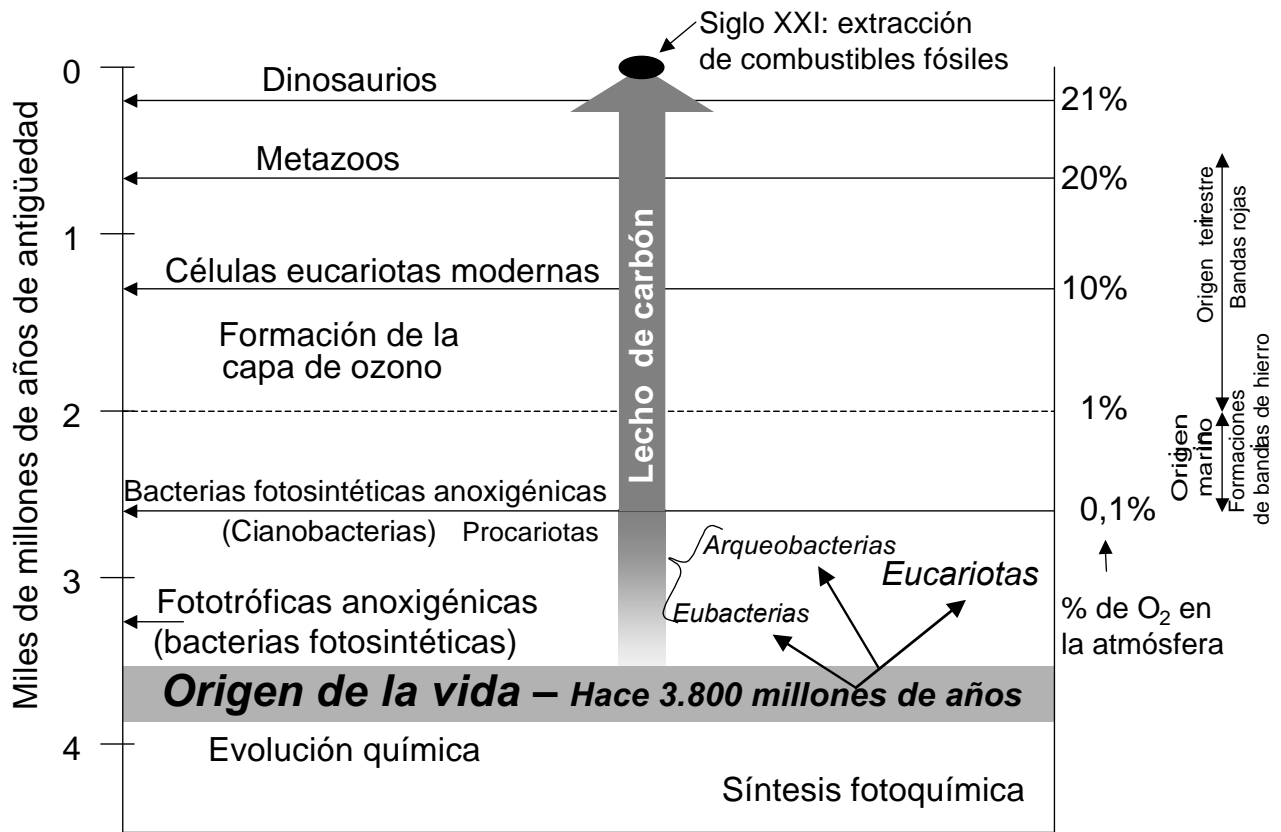
“El árbol de la vida” y sus 3 dominios: eubacterias, arqueobacterias y eucariotas

Corrientes hidrotermales y fuentes termales

Clasificaciones genotípicas, no fenotípicas

**Árbol filogenético universal basado en secuencias de la unidad pequeña del rRNA**

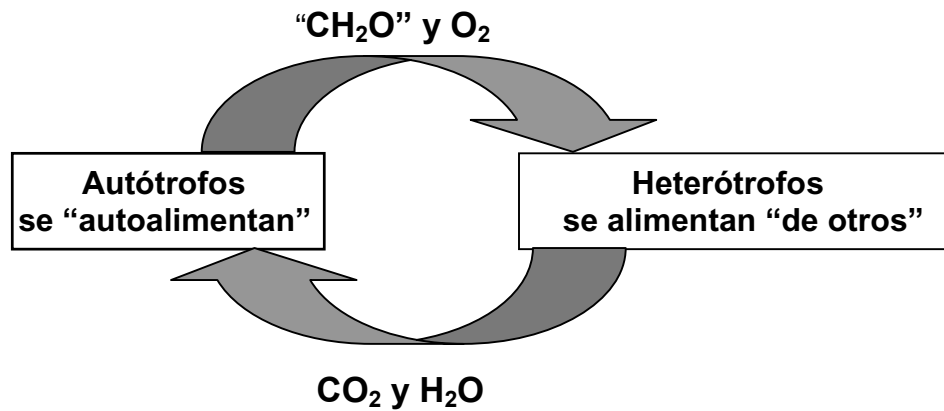
Tras alinear 64 secuencias de rRNA representativas de todos los dominios filogenéticos conocidos se obtuvo un primer árbol mediante el programa FASTDNAML (43, 52). Para llegar al árbol compuesto que se muestra más abajo se modificó aquél, recortando líneas y ajustando nodos para incorporar resultados de otros análisis. La escala gráfica corresponde a 0,1 mutaciones por nucleótido. (Pace, N. 1997. *Science*. 276:734-740)



**Formación de la Tierra, hace 4.500 millones de años**

Figura 2. Adaptada de Brock y Madigan, *Biology of Microorganisms*. Datos principales de la evolución biológica.

## Esquema básico de la vida orgánica:



## II. Autótrofos

Estos organismos que se "alimentan a sí mismos" utilizan como fuente de energía la luz solar (fotoautótrofos) o compuestos inorgánicos reducidos (quimioautótrofos) para obtener carbono a partir del CO<sub>2</sub>.

Para ello, se ven sometidos a dos reacciones. La primera produce ATP\* y NADPH\*\*, que proporcionan energía almacenada y poder reductor. Es lo que en los organismos fotosintéticos se conoce como reacción de Hill. En la segunda reacción, común a todos los autótrofos y conocida como ciclo de Calvin, la energía almacenada y el poder reductor se emplean para convertir el CO<sub>2</sub> en CH<sub>2</sub>O (azúcar).

### A. Fotosíntesis (aeróbica)

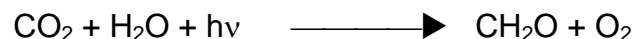
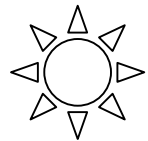
¿Qué organismos? Plantas, cianobacterias, algas eucarióticas

¿Fuente de carbono? CO<sub>2</sub>

¿Fuente de energía? Luz solar

¿Donador de electrones? H<sub>2</sub>O

¿Entorno? Condiciones ambientales de luz y aeróbicas



### B. Fotosíntesis bacteriana (anaeróbica)

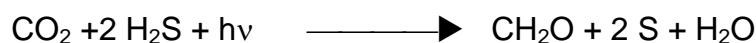
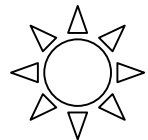
¿Qué organismos? Bacterias (p.ej., bacterias rojas del azufre)

¿Fuente de carbono? CO<sub>2</sub>

¿Fuente de energía? Luz solar

¿Donador de electrones? H<sub>2</sub>S

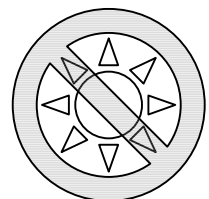
¿Entorno? Condiciones ambientales de luz y anaeróbicas



### C. Quimiosíntesis

¿Qué organismos? Bacterias quimioautótrofas (quimiolitautótrofas)

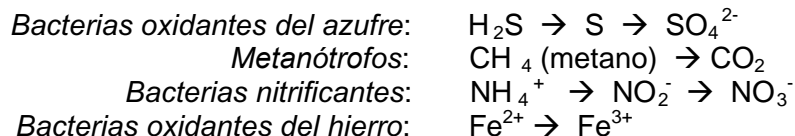
¿Fuente de carbono? CO<sub>2</sub>



¿Fuente de energía? Compuestos inorgánicos reducidos (CH<sub>4</sub>, NH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S, Fe<sup>2+</sup>)

¿Donador de electrones? Compuestos inorgánicos reducidos

¿Entorno? Condiciones de oscuridad, microaeróbicas o anaeróbicas



\*ATP = adenosíntrifosfato. (ADP = adenosínDifosfato)

\*\*NADPH = nicotinamida adenina dinucleótido fosfato

### III. Heterótrofos

Estos organismos (“alimentados por otros”) obtienen carbono y energía a partir de compuestos orgánicos reducidos.

Producen ATP y NADH<sup>\*\*\*</sup>, que pueden utilizar en cualquier parte de los tejidos celulares.

#### A. Respiración aeróbica

¿Qué organismos? Aeróbicos: eucariotas y procariotas

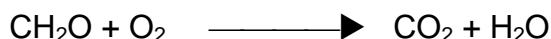
¿Fuente de carbono? CH<sub>2</sub>O

¿Fuente de energía? CH<sub>2</sub>O

¿Aceptor de electrones? O<sub>2</sub>

¿Entorno? Condiciones aeróbicas

Básicamente, se trata de la reacción contraria a la del ciclo de Calvin. O<sub>2</sub> es el aceptor final de electrones. Las plantas también efectúan esta reacción, a fin de obtener energía para su crecimiento y su metabolismo.



#### B. Fermentación

¿Qué organismos? Eucariotas y procariotas

¿Fuente de carbono? CH<sub>2</sub>O

¿Fuente de energía? CH<sub>2</sub>O

¿Aceptor de electrones? Compuestos orgánicos

¿Entorno? Condiciones anaeróbicas

Esta es la primera fase de la respiración, que da como resultado la descomposición parcial de la glucosa, produciendo ácidos orgánicos o alcoholes (ácido láctico, etanol, ácido acético, entre otros) en vez de CO<sub>2</sub>.

## C. Respiración anaeróbica

¿Qué organismos? Solamente procariotas

¿Fuente de carbono? CH<sub>2</sub>O

¿Fuente de energía? CH<sub>2</sub>O

¿Aceptor de electrones? Compuestos inorgánicos oxidados (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Fe<sup>3+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>+</sup>, etc.)

¿Entorno? Condiciones anaeróbicas

Prácticamente igual que la aeróbica; se diferencia de ella en que el aceptor final de electrones no es O<sub>2</sub> sino un compuesto oxidado: SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, o CO<sub>2</sub>.

*Bacterias oxidantes del hierro:* Fe<sup>3+</sup> → Fe<sup>2+</sup>

*Bacterias desnitrificantes:* NO<sub>3</sub><sup>-</sup> → NO<sub>2</sub><sup>-</sup>

NO<sub>2</sub><sup>-</sup> → N<sub>2</sub>

*Bacterias reductoras de sulfatos:* H<sub>2</sub>S → S → SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>

*Metanógenos:* CO<sub>2</sub> → CH<sub>4</sub> (metano)

\*\*\*NADH = nicotinamida adenina dinucleótido (compuesto que guarda relación con el NADPH y es utilizado para producir ATP. El NADPH, en cambio, va asociado a la biosíntesis).

### Preguntas prácticas:

- ¿Qué es una columna de Winogradsky? ¿Qué niveles de luz, oxígeno y sulfuros hay en cada capa? ¿Qué organismos predominan en cada una de ellas? ¿De qué fuentes obtiene carbono y energía cada clase de organismo?
- Explique la importancia del descubrimiento de corrientes hidrotermales en las profundidades marinas.
- ¿Por qué se dice que la rubisco es la proteína más importante que hay en la Tierra?
- ¿Qué tienen de extraordinario los ecosistemas existentes en cuevas que describe el artículo de Sarbu? ¿En qué se parecen a las corrientes hidrotermales y en qué se diferencian de ellas?
- En el artículo de Banfield y Newman se mencionan las ventajas que los avances en las técnicas genéticas aportan al estudio de la estructura de las comunidades microbianas y a la identificación de los distintos microorganismos. Partiendo de lo que usted ya sabe acerca de la diversidad metabólica, ¿por qué resulta tan difícil el cultivo en laboratorio de la mayoría de los microorganismos?
- En los lagos cubiertos de algas, ¿cómo consiguen las bacterias fotosintéticas anoxigénicas, que viven bajo la superficie, la luz solar necesaria para realizar la fotosíntesis?