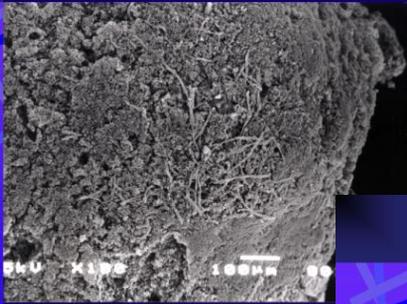


Outside Edge of Granule

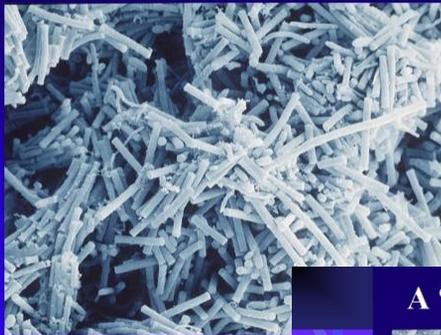


Close look at *Methanosaeta* filaments on outer edge of granule



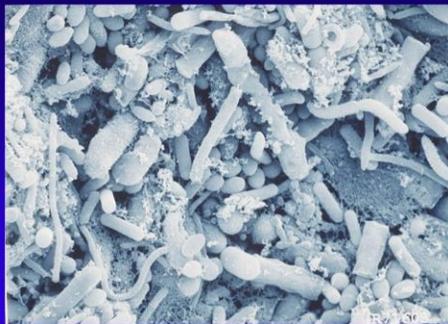
21

A *Methanosaeta* Granule



Cultivated in a UASB w

A "Mixed Culture" Granule



22

Temperatura

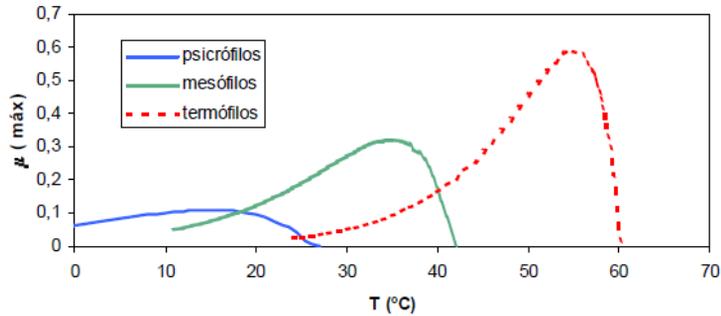
Cinética enzimática sigue Arrhenius: $r = K e^{-E_a/(RT)}$

hasta la temperatura en que empieza la desnaturalización

Dos rangos óptimos:

Mesofílico: 20 a 40 °C

Termofílico: 40 a 60 °C



Dentro del rango mesofílico $E_a \sim 60 \text{ kJ/mol}$ (cada 10°C se duplica la velocidad)

23

Aspectos Termodinámicos - Acetogénesis

Reacciones	$\Delta G^{0'}$ (kJ/mol)
Butirato + 2H ₂ O → 2Acetato + 2H ⁺ + 2H ₂	+48.1
Propionato + 3H ₂ O → Acetato + HCO ₃ ⁻ + 2H ⁺ + 2H ₂	+76.1
Lactato + 2H ₂ O → Acetato + HCO ₃ ⁻ + 2H ⁺ + 2H ₂	-15.1
Etanol + H ₂ O → Acetato + H ⁺ + 2H ₂	+9.6
Benzoato + 7H ₂ O → Acetato + HCO ₃ ⁻ + 4H ⁺ + 3H ₂	+89.7

24

Aspectos Termodinámicos - Acetogénesis

- **Algunas fermentaciones son energéticamente desfavorables en condiciones estándar.**
- **Sin embargo si en el ecosistema existen bacterias consumidoras de H_2 , este puede mantenerse en bajas concentraciones y el cambio de energía libre se vuelve favorable.**

25

Aspectos Termodinámicos

- **Sintrofismo**
 - **Caso especial de cooperación simbiótica entre dos clases de microorganismos metabólicamente diferentes que dependen una de otra para la degradación de cierto sustrato, en general por causas energéticas.**
- **Asociación sintrófica**
 - **Asociación que existe entre las bacterias que degradan ácidos grasos y las archeas metanogénicas consumidoras de hidrógeno**

26

Aspectos Cinéticos

- Dado que la digestión anaerobia de materia orgánica es un proceso compuesto por muchos pasos que involucran la acción sucesiva de distintas poblaciones microbianas, la velocidad global de conversión del sustrato está determinada por las características cinéticas del paso más lento.
- Cual de los pasos individuales es el más lento? Depende fuertemente de la composición del sustrato.

27

Aspectos Cinéticos – Paso limitante

Sustratos difícilmente biodegradables

El paso de **hidrólisis** ha sido reportado como el que gobierna la velocidad global de degradación.

Sustratos fácilmente biodegradables

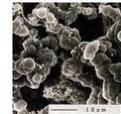
El paso de acetogénesis y la metanogénesis han sido reportados como los que gobiernan la velocidad global de degradación.

28

Metanogénicas

29

Metanogénicas



- Pertenecen al reino de las archeas
- Son anaerobias estrictas y crecen solamente a bajos potenciales redox, por debajo de -400mV .
- Son las únicas capaces de producir metano
- Pueden consumir un número limitado de sustratos: [H_2 y CO_2 , formiato], [acetato], [metanol, etanol, isopropanol, metilaminas, piruvato y metilsulfuros]

30

Metanogénicas

- Sensibles a sustancias tóxicas
 - Presentes en el sistema (metales pesados, detergentes, etc.)
 - Generadas en el proceso (amonio, sulfuro y ácidos grasos volátiles)

- Presencia de otros aceptores de electrones (NO_3) inhiben reversiblemente el proceso de la metanogénesis

31

Parámetros que influyen en la formación de metano

32

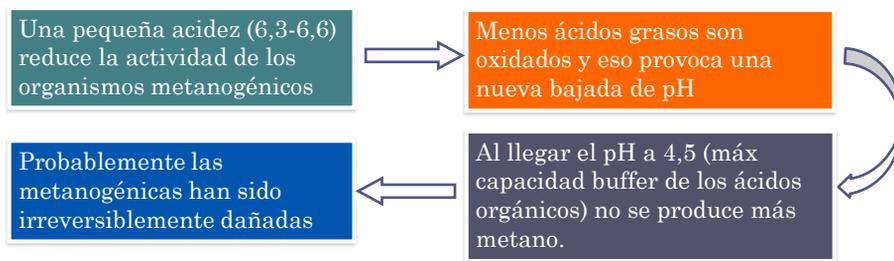
Parámetros que influyen en la formación de metano

- Además de los parámetros termodinámicos, influyen en la formación de metano:
 - La composición del sustrato
 - La temperatura del proceso
 - El pH del líquido
 - El sulfuro de hidrógeno presente

33

Parámetros que influyen en la formación de metano

- pH
 - La producción de metano presenta una importante dependencia con el pH y una región muy pequeña donde se da el óptimo.
 - Muy importante el control del pH



34