



MEJORAS PARA EL APROVECHAMIENTO DEL POTENCIAL ENERGÉTICO DE LODOS



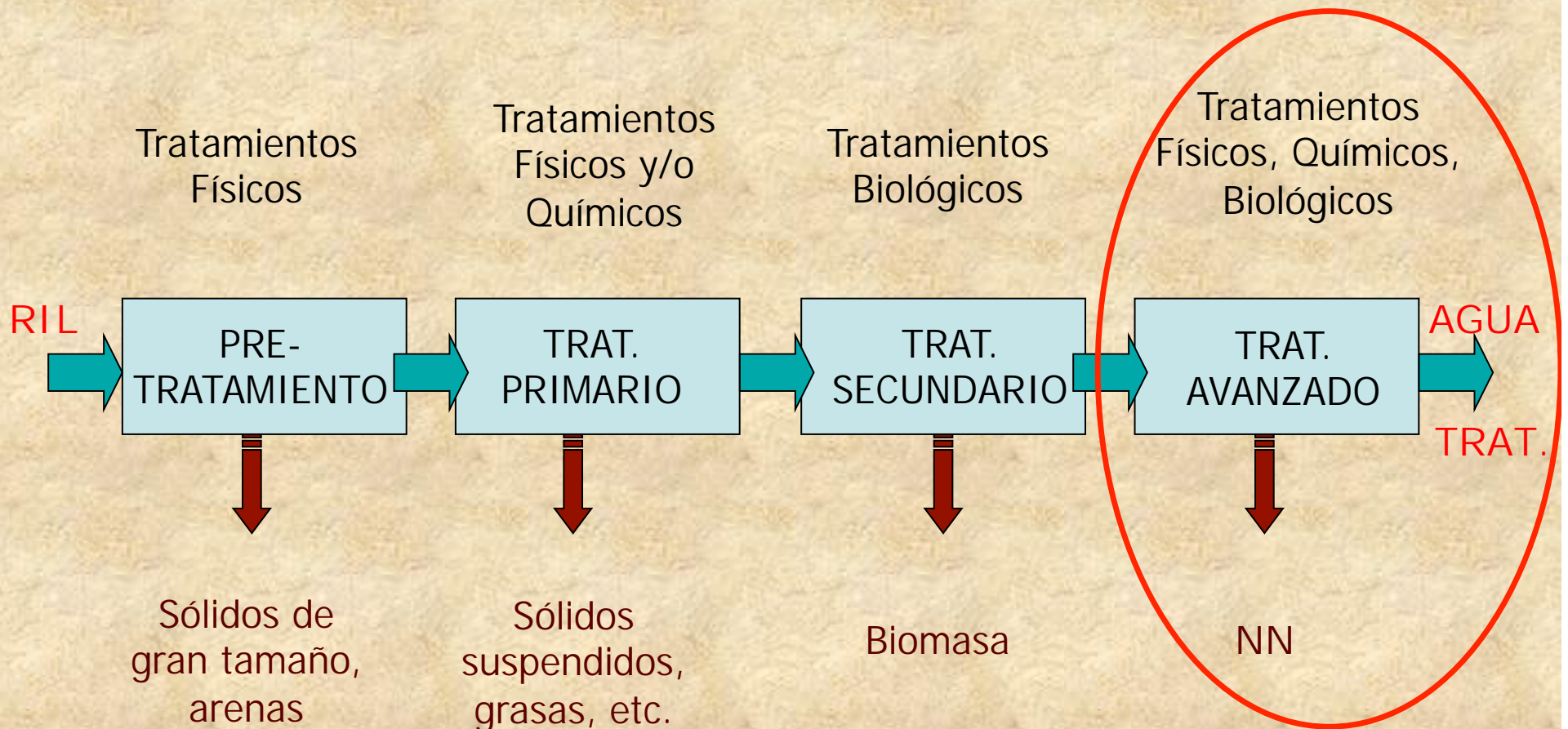
Dr. Silvio J. Montalvo M
Jefe Laboratorio Biotecnología Ambiental
Dpto Ingeniería Química
Universidad de Santiago de Chile

¿QUÉ SON LOS LODOS?



Residuo líquido generado en las PTAR que puede contener sólidos en suspensión por debajo del 1 %

TRATAMIENTOS TERCIARIOS O AVANZADOS



Procedencia y concentración de SS en lodos

Operación o proceso	Tipo de sólidos o lodos	SS (%)
Decantación primaria	Lodos primarios y espuma	2 - 7
Tratamiento químico	Lodos químicos	????????
Tanques de aireación	Sólidos suspendidos	0,5 – 1,5
Sedimentación Secundaria	Lodos secundarios y espumas	1 - 2

PROCESOS AEROBIOS Y ANAEROBIOS

MATERIA ORGÁNICA EN LAS AGUAS RESIDUALES

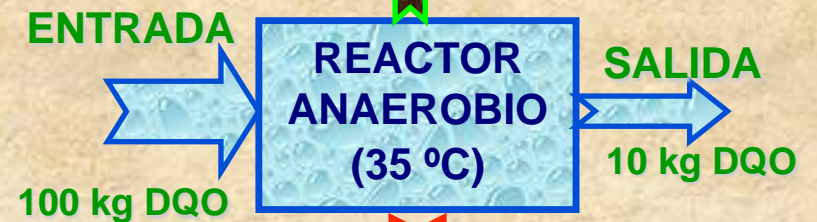
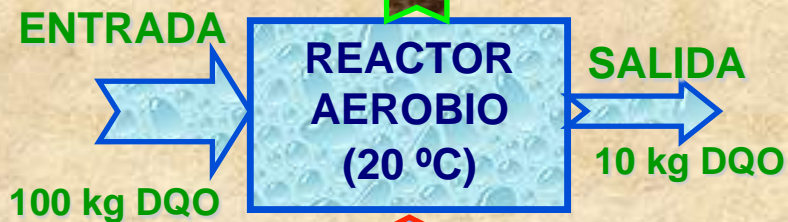
NUEVAS
CÉLULAS

PRODUCTOS

FINALES

Lodo a tratar
60 kg DQO

Lodo estabilizado
10 kg DQO



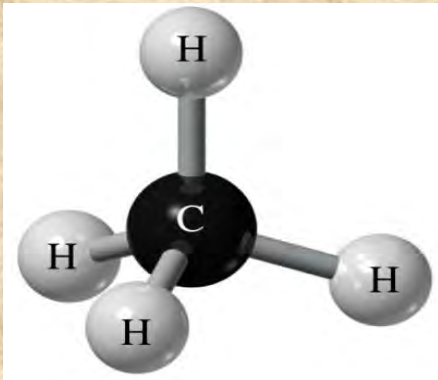
Electricidad para
aireación

Calor
Máximo 195 KWH

Metano
31 m³

Electricidad
Máximo 78 KWH

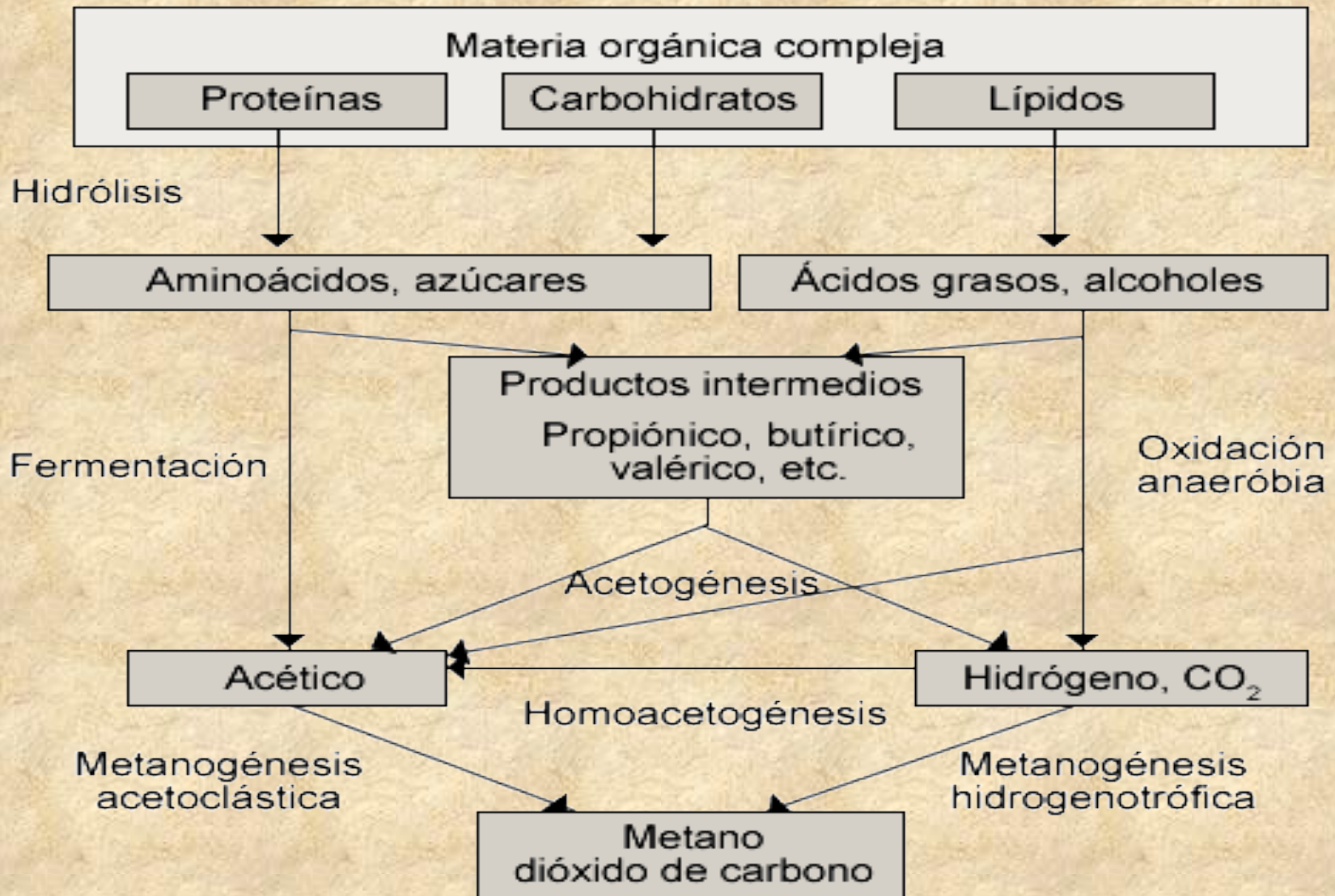
Efecto Invernadero



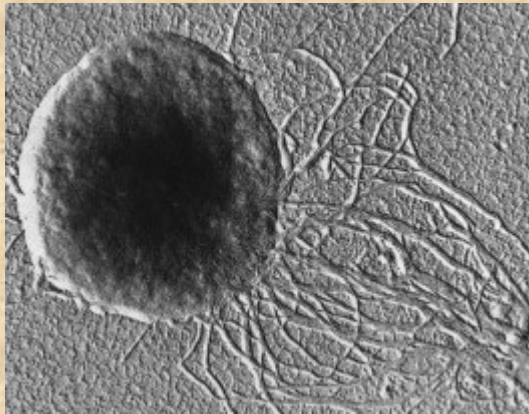
= 25



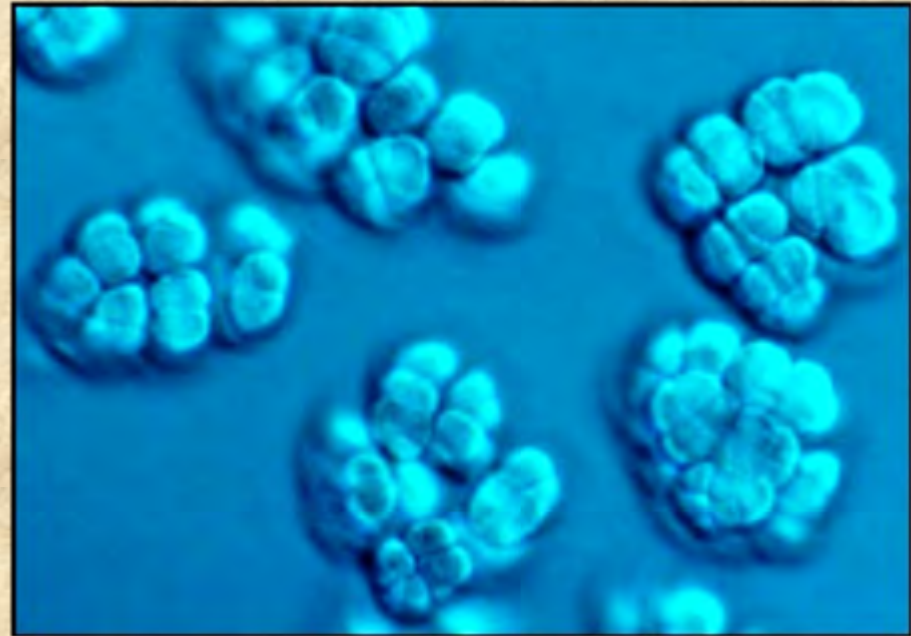
Etapas de la digestión anaerobia



ARQUEAS METANOGENÍCAS



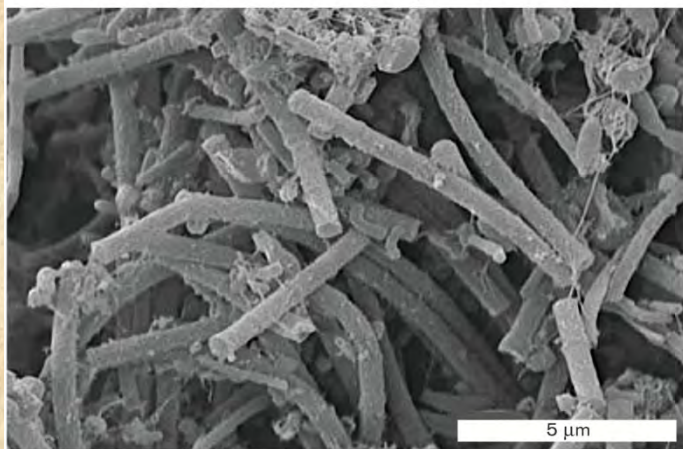
Methanococcus jannischii



Methanosarcina barkeri

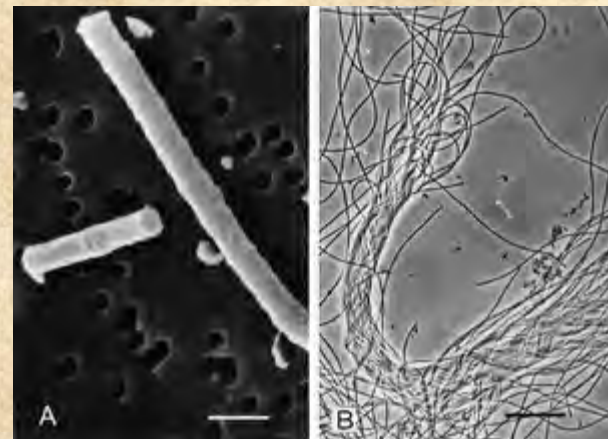
Methanogens show a wide range of shapes

Methanobacterium thermoautotrophicum



Microbiology: An Evolving Science, Third Edition Figure 19.24c
Copyright © 2014 W. W. Norton & Company, Inc.

SALLIS ET AL., 2003, BIORESOUR. TECHNOL. 89:255

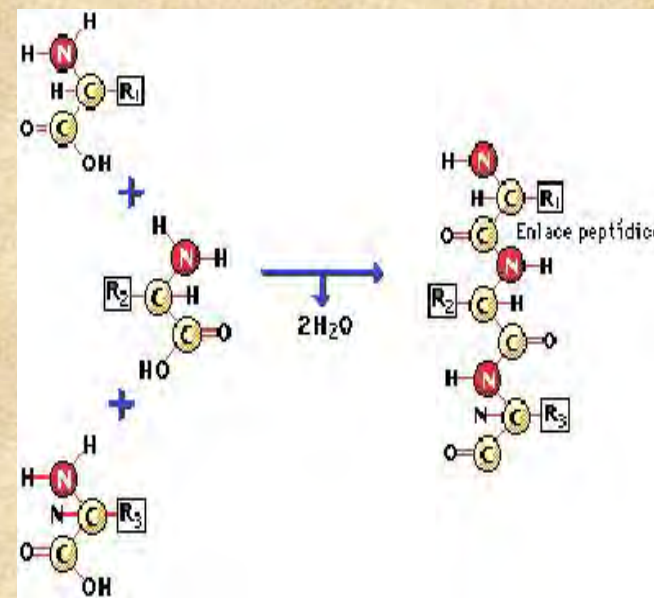


Methanosaeta concilii

PRINCIPALES AMENAZAS DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA DE LODOS



Sulfuro de hidrógeno



Hidrólisis

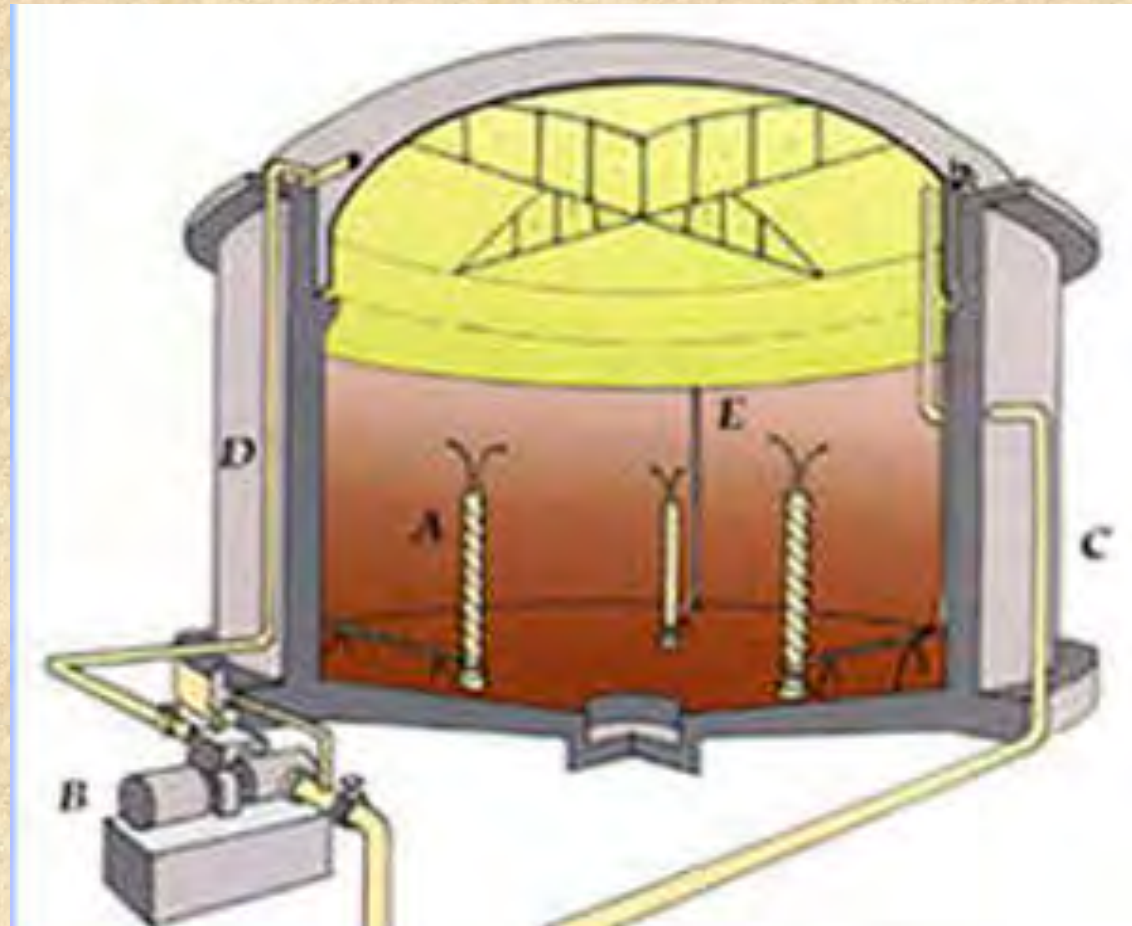


Arqueas metanogénicas



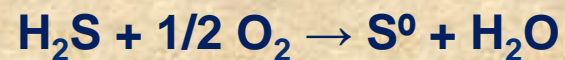
¿Qué pasa cuando uno de estos GIGANTES se destabiliza?

MEJORA DESDE 1933



RECIRCULACIÓN DE BIOGÁS

REMOCIÓN DE SULFUROS



$$\Delta G^0 = -209.4 \text{ kJ}$$

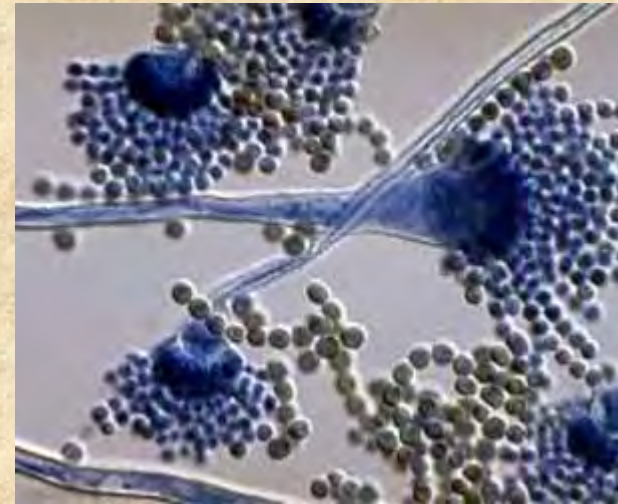
Micro aireación (mL/min)	DQO/sulfato	DQO/sulfato	DQO/sulfato	DQO/sulfato
	1	5	10	15
	% Remoción de sulfuros	% Remoción de sulfuros	% Remoción de sulfuros	% Remoción de sulfuros
5	98.21	81.62	93.50	88.67
7,5	98.76	87.38	95.81	87.64
10	98.29	87.57	90.87	92.42
0 (control)	0	0	0	0

Tecnologías para Hidrólisis de lodos

CAL



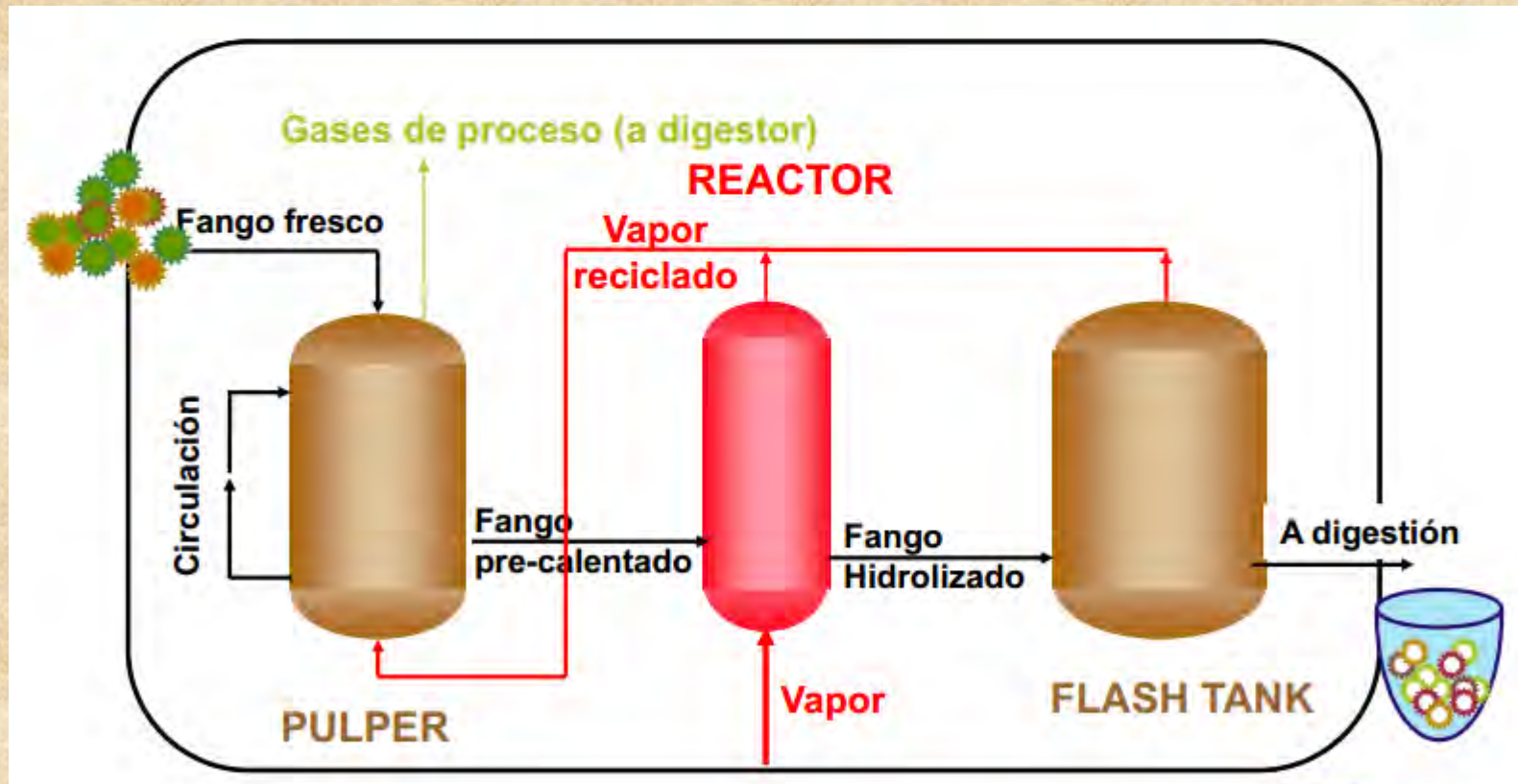
HIDRÓLISIS TÉRMICA



H
O
N
G
O
S



6. Funcionamiento de la Hidrólisis Térmica en Sistema Discontinuo o Batch

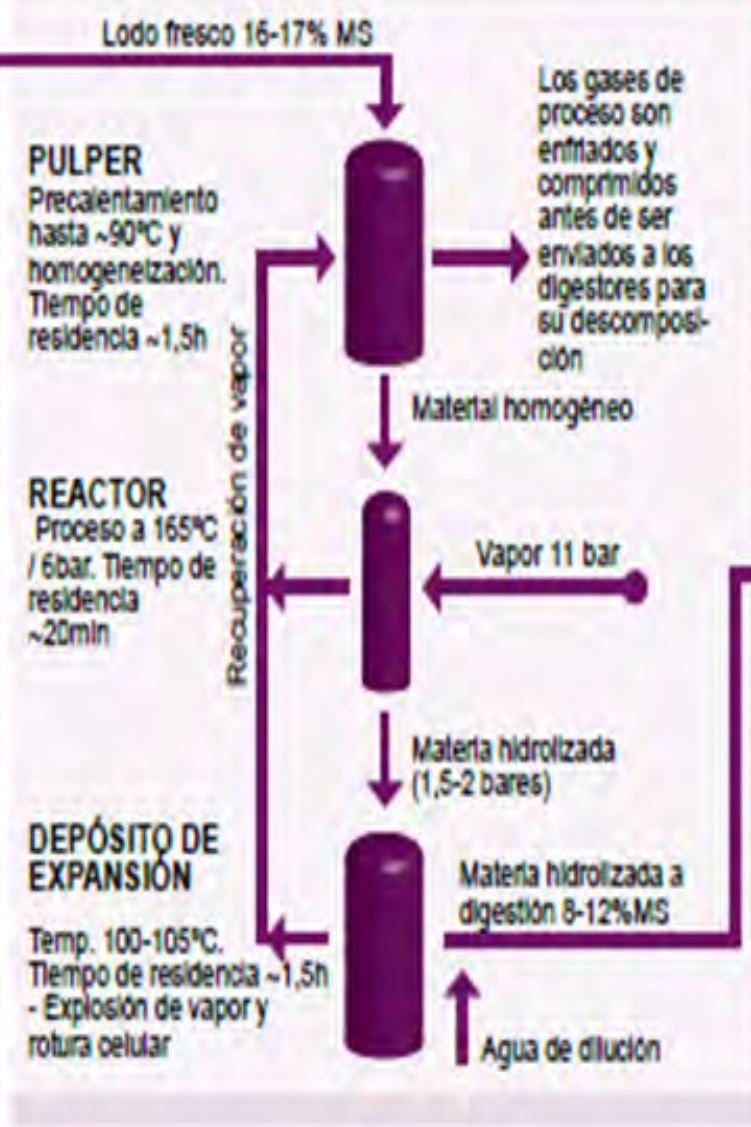


LODO FRESCO



- Bacterias vivas
- Bacterias muertas
- Sólidos suspendidos inertes (SS)
- EPS

HIDRÓLISIS TÉRMICA



LODO HIDROLIZADO



- SS hidrolizados
- Contenido celular
- Pared celular
- Sólidos suspendidos inertes (SS)
- EPS hidrolizados

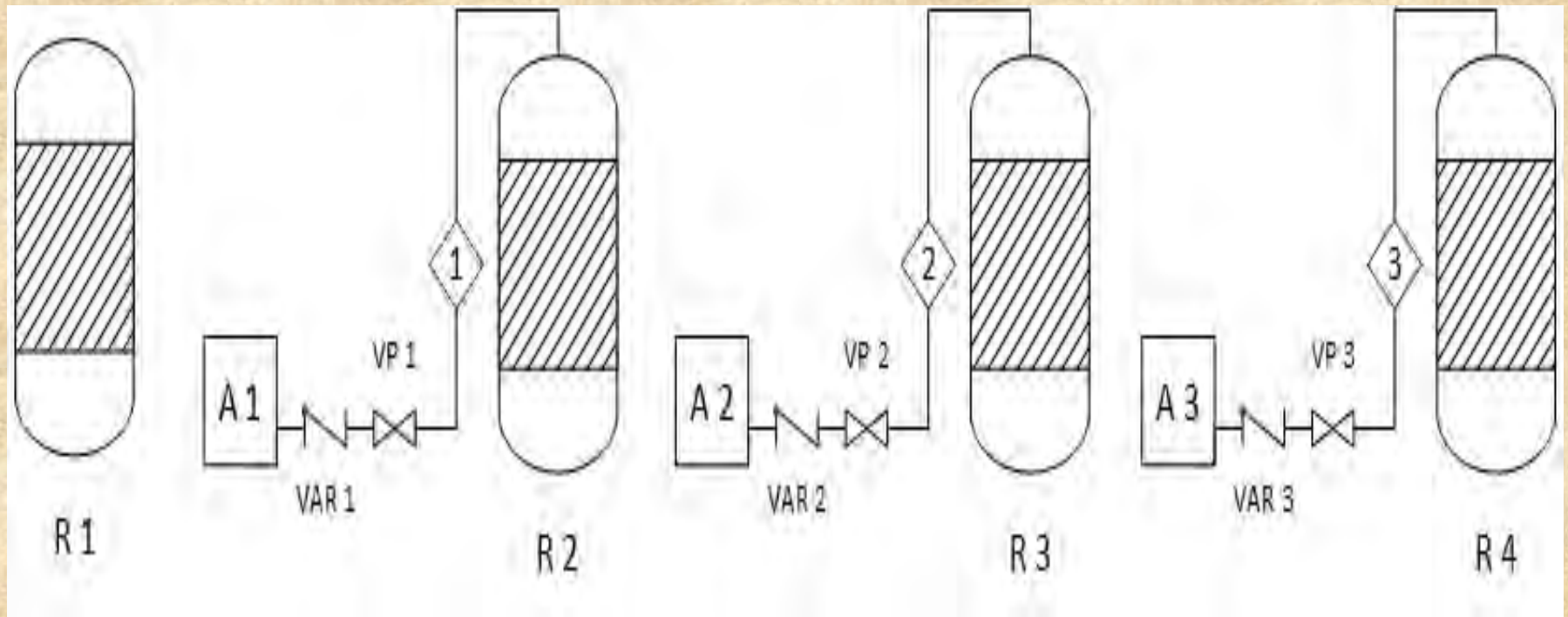
Hidrólisis Térmica en Plantas de Chile

Planta Mapocho:

- En El Trebal en la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas Mapocho recientemente se construyó y entró en operación la primera planta en América Latina en aplicar esta tecnología
- SE supone que habrá una reducción del 20% de la cantidad de lodos, y una mayor cantidad de generación de biogás, en torno a un 10 %.

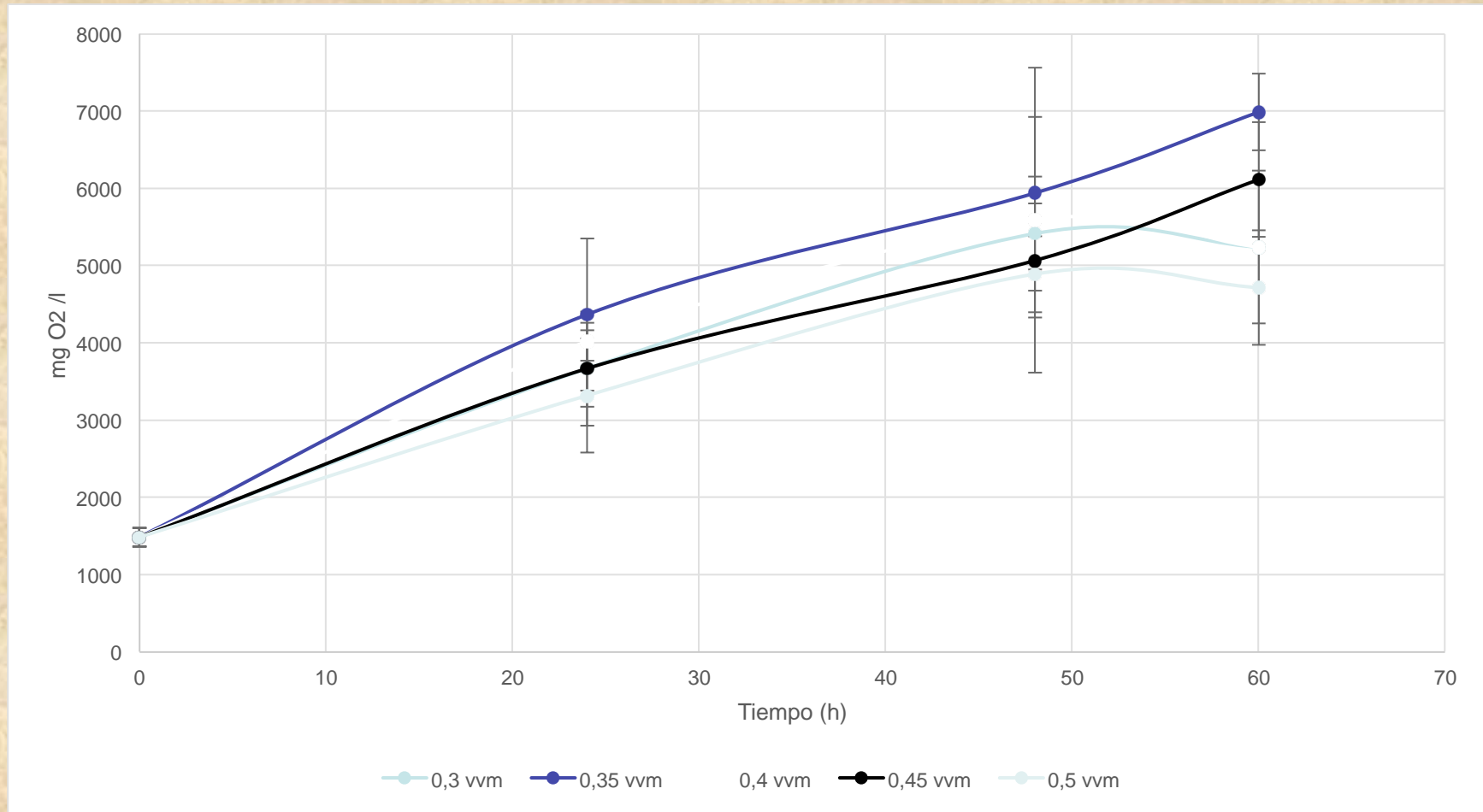


Hidrólisis aerobia de lodos

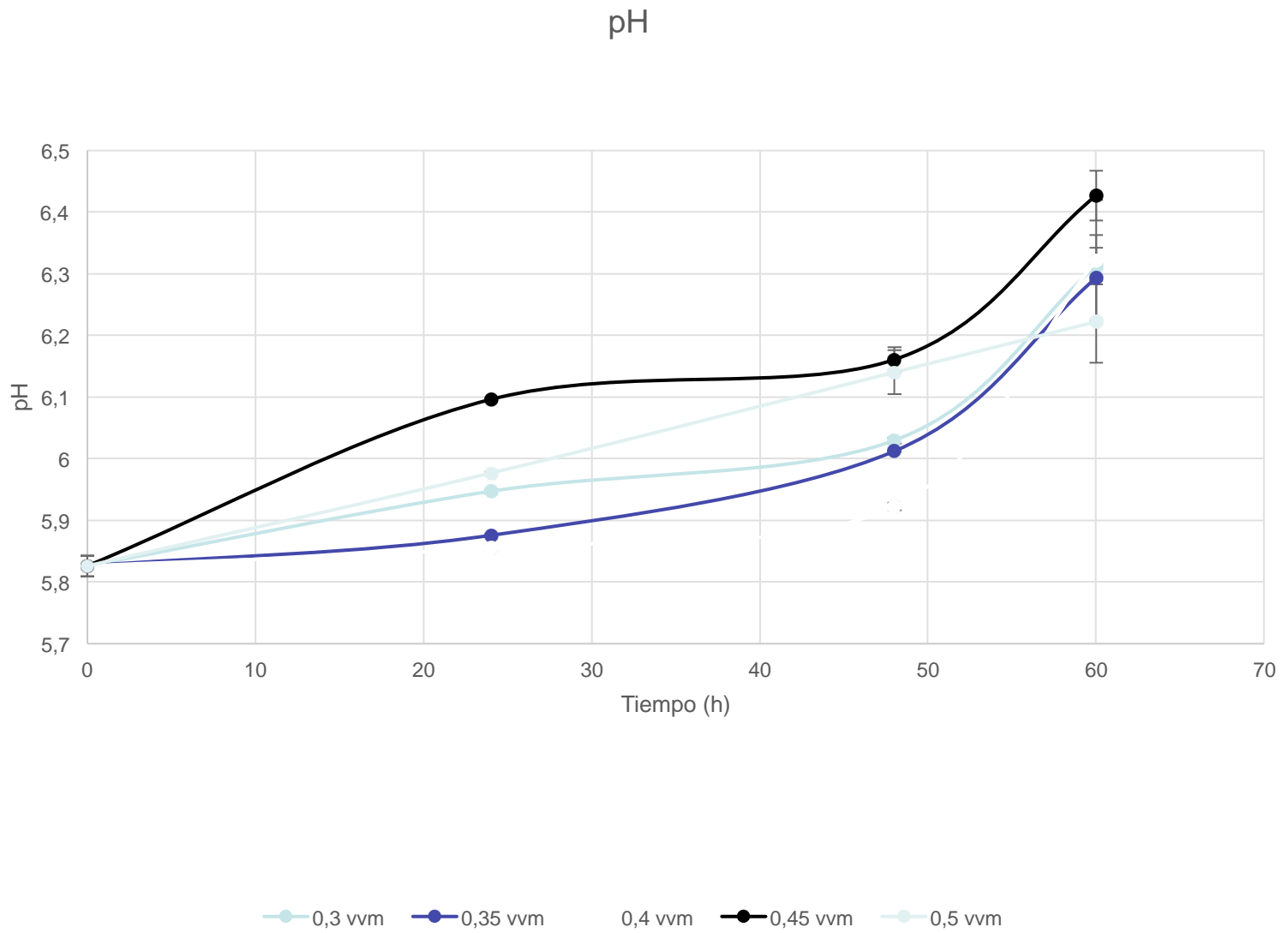


- Inóculo
- Volumen de aireación
- Tiempo de aireación

Hidrólisis aerobia



Hidrólisis aerobia



Conclusiones

- La aireación controlada del lodo aumenta el rendimiento de la hidrólisis, incrementando la DQO soluble entre un 26,3 a 85%, y disminuyendo la concentración de los sólidos suspendidos volátiles entre un 14,1 a un 36,2%.
- De los caudales utilizados, 0,35 vvm es el más adecuado para trabajar, ya que generó una disminución de la concentración de los sólidos suspendidos volátiles y un aumento de la DQO soluble por sobre el resto de los caudales analizados, favoreciendo la hidrólisis.
- El tiempo más adecuado de aireación fue de 48 horas
- Al aumentar la temperatura en el rango mesófilo, aumenta el rendimiento de la hidrólisis, incrementando su constante de velocidad de $0,0094 \text{ h}^{-1}$ a $0,0112 \text{ h}^{-1}$.

METANOGENESIS

	μ (d ⁻¹)	Y (g SV/ mol)
Cinética del hidrógeno:		
<i>Desulfovibrio vulgaris</i>	5,52	1,00 - 1,25
<i>Desulfovibrio sp.</i>	1,37	0,85
<i>Desulfovibrio gigas</i>	1,37	1,75 - 2,00
<i>Methanobacter formicicum</i>	2,00	0,80
<i>Methanobacter hungatei</i>	1,20	0,20
<i>Methanobacterium sp.</i>	-	0,60
Cinética del acetato:		
<i>Desulfobacter postagei</i>	1,03	2,56
<i>Desulfotomaculum acetoxidans</i>	0,55	5,52
<i>Desulfonema limicola</i>	0,55	-
Cultivo mixto de BRS	0,51	3,72
<i>Methanotherix soehengeni</i>	-	1,47
<i>Methanosarcina barkuse</i>	0,21	-

Ecuación termodinámica	ΔG° (kJ)
$4H_2 + SO_4^{2-} + H^+ \rightarrow HS^- + H_2O$	-38,0
$4H_2 + HCO_3^- + H^+ \rightarrow CH_4 + 3H_2O$	-32,7
$CH_3COO^- + H_2O \rightarrow CH_4 + HCO_3^-$	-28,2
$CH_3COO^- + SO_4^{2-} + H^+ \rightarrow HS^- + 2HCO_3^-$	-39,5

MEJORAMIENTO DE LA METANOGENESIS: Metales



CENIZAS VOLANTES



Uso de cenizas volantes en la digestión anaerobia

Especie	Unidad	Valor	Especie	Unidad	Valor
SiO ₂	%	29,06	Sr	mg/kg	267,6
Ca	%	1,07	Zr	mg/kg	217
Fe	%	5,5	Pd	mg/kg	163,8
Ti	mg/kg	4334	Hg	mg/kg	0,00519
V	mg/kg	356,6	Ba	mg/kg	1109,2
Cr	mg/kg	131			
Mn	mg/kg	554			
Co	mg/kg	70,2			
Ni	mg/kg	52,8			
Cu	mg/kg	109,4			
Zn	mg/kg	97			
Rb	mg/kg	90,2			

Cenizas volantes: Resultados

- Rendimiento de biogás de cada adición de concentración de cenizas en relación al control*

Concentración de cenizas (mg/l)	Rendimiento de CH ₄ por gramo de SSV agregado [mL/g SSV]	Rendimiento en relación al control [%]
0	48,93	-
50	52,04	6,35
100	60,36	23,36
250	67,18	37,3

RESIDUOS MINEROS



Uso de residuos mineros la digestión anaerobia

Especie	Unidad	Valor
Mo	mg/kg	51,2
Fe	mg/kg	24500
Mn	mg/kg	320
Co	mg/kg	40
Ca	mg/kg	4800
Cu	mg/kg	2878
Zn	mg/kg	137,8

Residuos mineros (lastre)

Concentraciones de residuos mineros sólidos agregadas a los digestores

Concentración	Cobre (mg/L)	Lastre (g)
Control	0	0
Concentración 1	0,1	0,0087
Concentración 2	1	0,0869
Concentración 3	10	0,8687
Concentración 4	25	2,1716
Concentración 5	50	4,3433
Concentración 6	20	1,7373

Concentración (10 mg Cu/l)	Remoción STV (mg/l)	Rendimiento en relación al control (%)	Remoción DQOs (mg/l)	Producción de CH4 acumulada (mL/g SSV)
0	29,78	-	35,99	36,00
10	41,58	28,38	48,18	101,33
25	48,66	38,80	53,46	109,86
50	38,33	22,30	44,82	82,46

	Producción de CH4 acumulada (mL/g SSV)	Rendimiento en relación al control (%)
Control	28,23	-
Concentración 4	83,60	196,18
Sal de cobre (25 mg Cu/ l)	43,96	55,73

CONCLUSIONES:



SI O SI

Fe

Cu

Co

Mo

Ni

Otros

PROCESO MÁS EFICIENTE
Y ESTABLE

ENERGÍA
RENOVABLE

FERTILIZANTE
ORGÁNICO

MÁS ESTUDIOS CON
RESIDUOS METÁLICOS

CONCLUSIONES:



SI O SI

Fe
Cu
Co
Mo
Ni
Otros

**PROCESO MÁS EFICIENTE
Y ESTABLE**

**ENERGÍA
RENOVABLE**

**FERTILIZANTE
ORGÁNICO**

**MÁS ESTUDIOS CON
RESIDUOS METÁLICOS**

PROYECTO FONDECYT 1130315 – PTAS “LA FARFANA”

14th Congreso Mundial de Digestión Anaerobia Viña del Mar, 15-18 Noviembre 2015

Lugar de Celebración

Hotel O'Higgins



Temas Conferencia

- Gestión Ambiental
- Pre-Post Tratamientos
- Microbiología
- **Energías Renovables**
- Instrumentación, Modelado y Control
- Tecnologías emergentes

5 Cursos
Especializados

- **Cambio Climático**
- Pre-Tratamiento
- AD y bionegocios
- Microorganismos Extermófilos
- Modelación



Propósito Congreso: cero emisiones

