

PROCESOS BIOQUÍMICOS

Fermentación por **levaduras**: FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA

Fermentación por **bacterias**: DIGESTIÓN ANAEROBIA

FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA

Energía almacenada en los vegetales como **hidratos de carbono**:

- X Azúcares
- X Almidón
- X Celulosa

Biomasa fermentable a etanol	
Tipo	Ejemplos
Azucarada	Mostos y jugos de diversas frutas Remolacha y caña de azúcar Sorgo azucarado Algarroba Mandioca

Biomasa fermentable a etanol		
Tipo	Ejemplos	
Amilácea	Cereales	Maíz Cebada Malta Trigo Avena Centeno Arroz
	Tubérculos	Patata Boniato Pataca
		Raíz de girasol

Biomasa fermentable a etanol	
Tipo	Ejemplos
Celulósica	Madera Bagazo de caña de azúcar Residuos de paja de trigo Despojos de maíz Líquidos residuales del papel Pulpa de remolacha

Proceso de fermentación a **etanol**:

- ✗ Pretratamiento de la biomasa
- ✗ Hidrólisis (HC complejos)
- ✗ Fermentación alcohólica
- ✗ Separación y purificación del etanol

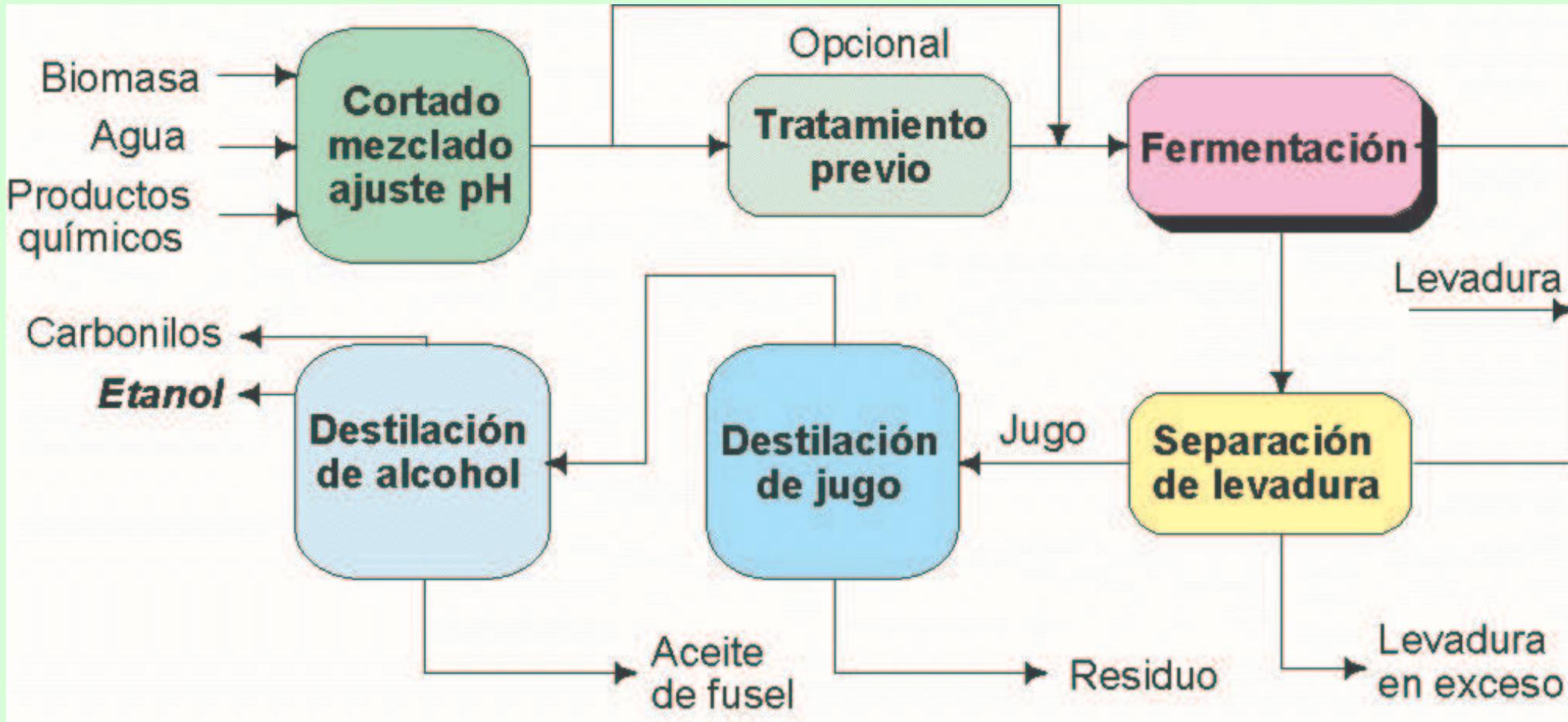
Pretratamiento de la biomasa:

✗ Trituración, molienda o pulverización

Hidrólisis:

- ✗ Transformación de las moléculas complejas en azúcares sencillos:
- ✧ Hidrólisis **enzimática**: enzimas
 - ✧ Hidrólisis **química**: reactivos químicos (ácidos)

Diagrama de operación:



Fermentación alcohólica:

✗ Conversión de los azúcares en etanol por la acción de microorganismos (levaduras) durante 2 a 3 días bajo condiciones controladas:

- ✧ Temperatura: 27 - 32 °C
- ✧ Acidez: pH entre 4 y 5
- ✧ Concentración de azúcares: inferior al 22%
- ✧ Concentración final de etanol: inferior al 14%
- ✧ Rendimiento teórico: 51%
- ✧ Rendimiento real: 45%

Separación y purificación del etanol:

✗ Destilación de la masa fermentada para obtener:

- ✧ Etanol comercial (96%)
- ✧ Etanol absoluto (99,5%): destilación con un disolvente (benceno)

El etanol como combustible

Propiedad	Gasolina	Etanol
Fórmula	$C_5 - C_{12}$	C_2H_5O
Densidad (kg/l)	0,70 - 0,78	0,79
Solubilidad en agua a 20 °C (ppm)	240	infinita
Punto de ebullición (°C)	88	78,3
Relación estequiométrica aire/combustible	25 - 225	9
Índice de octano	95	106
Máxima compresión admisible	15:1	9:1
Poder calorífico inferior (MJ/kg)	44	26,7
Poder calorífico superior (MJ/kg)	47,1	29,8
Calor latente de vaporización (kJ/kg)	348,8	920,9

Comparación del etanol con la gasolina:

- ✓ Poder calorífico menor: menor potencia y mayor consumo
- ✓ Calidad antidetonante mayor (mayor índice de octano): mayor aceleración y velocidad punta
- ✓ Calor de vaporización mayor: dificultades en el arranque pero mayor rendimiento
- ✓ Punto de ebullición constante: problemas de arranque

Rediseño de motores para utilizar etanol:

- ✧ Aumento de la relación de compresión
- ✧ Recalibrado del carburador
- ✧ Calentamiento del aire de entrada al carburador
- ✧ Modificación del sistema de encendido
- ✧ Uso de bujías especiales
- ✧ Resultados:
 - 15% más potencia
 - 30% más eficacia térmica
 - 20% más consumo

Problemas de implantación:

- ✗ Gasolina y etanol **comercial** **NO** son miscibles
- ✗ Gasolina y etanol **absoluto** **SI** son miscibles
- ✗ Utilización de gasolina+etanol absoluto (10%) (“*gasohol*”)
- ✗ Utilización de etanol comercial en nuevos motores

DIGESTIÓN ANAEROBIA

Definición:

Fermentación microbiana en ausencia de oxígeno que produce:

- ✗ Biogás (metano, dióxido de carbono)
- ✗ Efluente (minerales, materia orgánica no degradable)

Materia primas:

- ✗ Residuos de alto contenido en humedad:
 - ✓ Agrícolas
 - ✓ Ganaderos
 - ✓ Lodos de depuradora (aguas residuales urbanas)

Ventajas:

- ✗ Residuos localizados
- ✗ Residuos de gran contenido en agua
- ✗ Aporte de nutrientes para el crecimiento bacteriano
- ✗ El efluente del proceso es un buen abono orgánico

Proceso complejo esquematizable en tres etapas:

- ✗ Hidrólisis: degradación por bacterias a moléculas más simples
- ✗ Acidogénesis: producción de ácidos simples (que sirven de alimento a otras bacterias) por bacterias acidogénicas
- ✗ Metanogénesis: degradación de los ácidos simples a CH_4 y CO_2 por bacterias metanogénicas

Esquema del proceso:

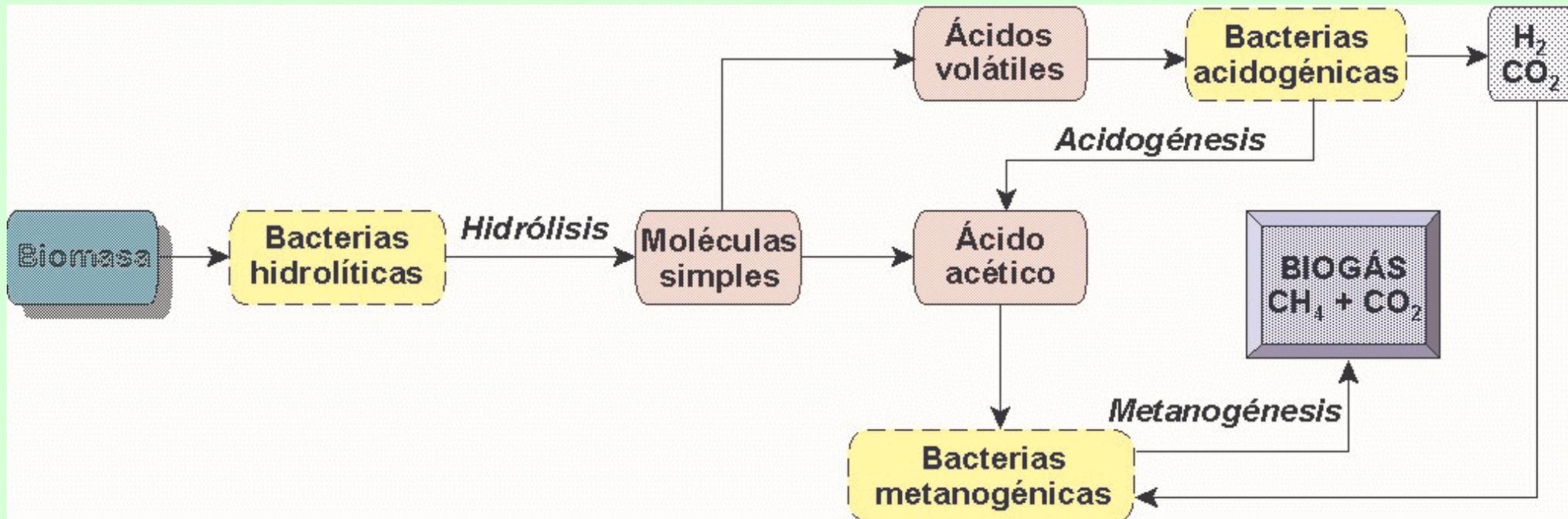
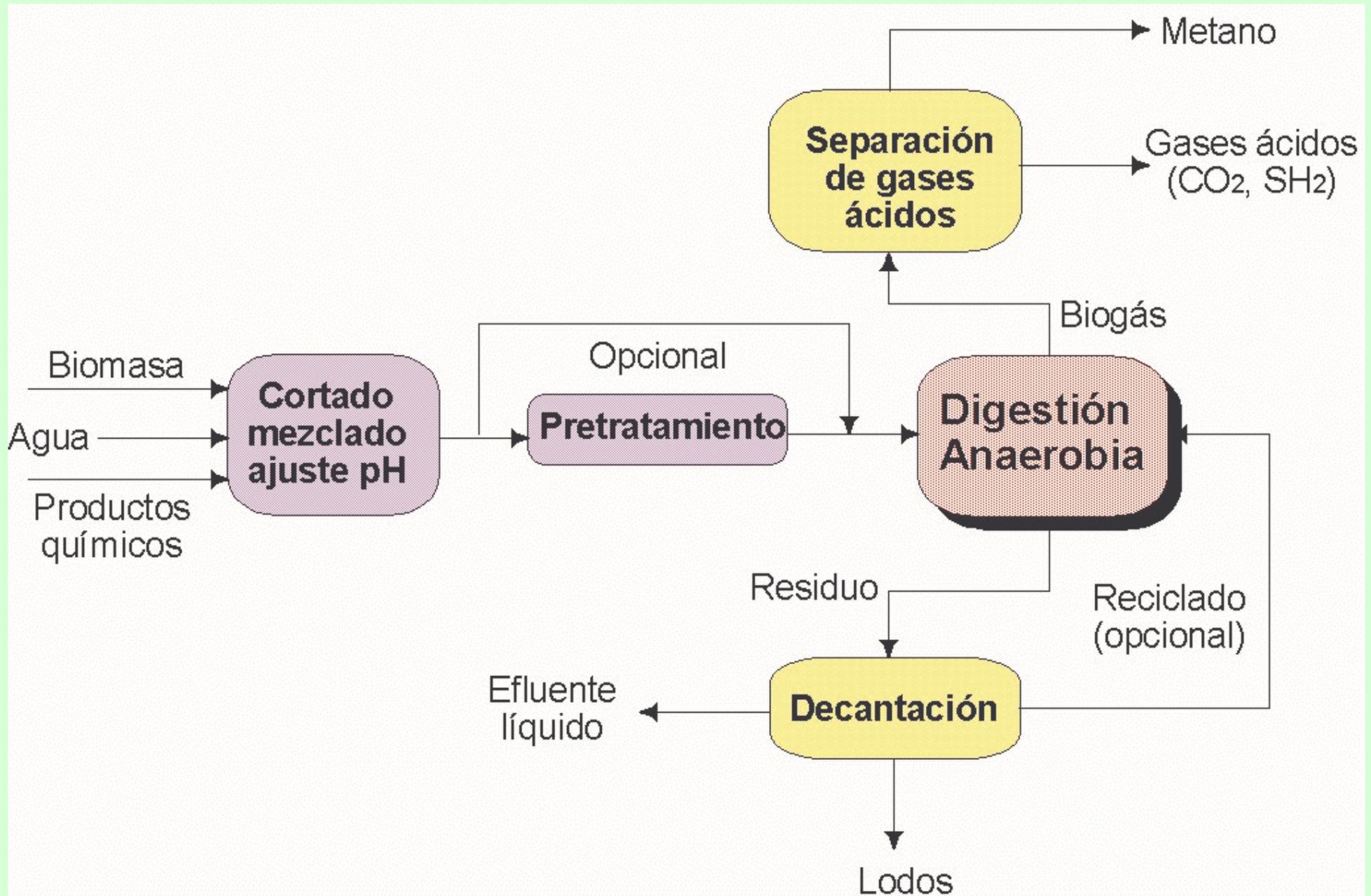


Diagrama de operación:



Variables que influyen en el proceso:

- ✓ Temperatura: óptimo de funcionamiento alrededor de 35 °C
- ✓ Acidez: determina la cantidad y el porcentaje de metano en el biogás
el valor óptimo de pH oscila entre 6,6 y 7,6 y además:
 - ✧ pH < 6,2: inhibición de bacterias metanogénicas
 - ✧ pH < 4,5: inhibición de todas las bacterias
 - ✧ pH > 8,5: inhibición de todas las bacterias
- ✓ Contenido en sólidos: inferior al 10% (movilidad de bacterias)
- ✓ Nutrientes: para el crecimiento y la actividad de las bacterias
 - ✧ carbono, nitrógeno, fósforo, azufre
 - ✧ algunas sales minerales
- ✓ Tóxicos: inhiben el crecimiento de las bacterias
 - ✧ oxígeno
 - ✧ amoníaco
 - ✧ sales minerales
 - ✧ detergentes y pesticidas

Digestores, factores de diseño:

- ✗ Materia a digerir:
 - ✓ Cantidad
 - ✓ Contenido en sólidos
 - ✓ Digestibilidad

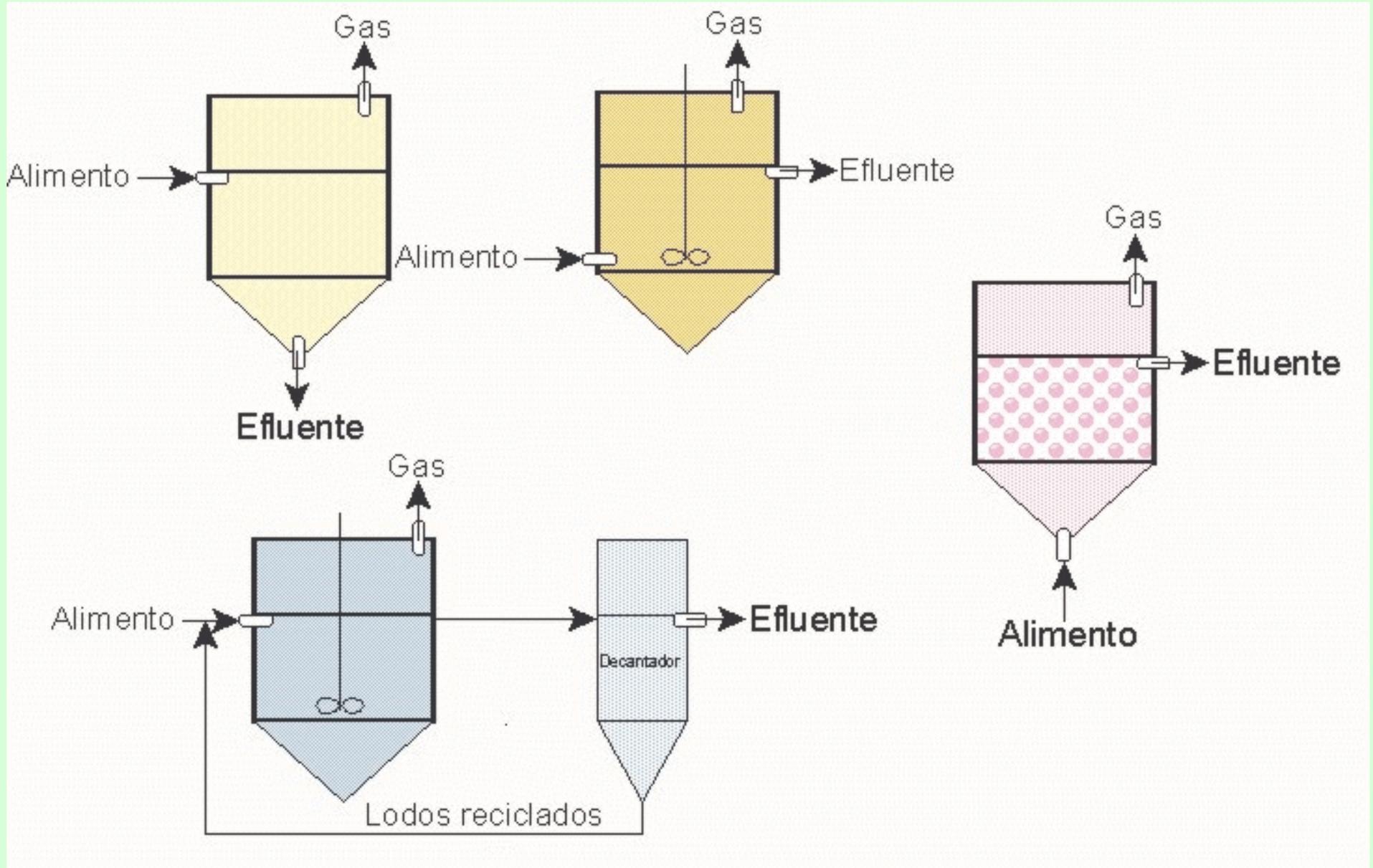
- ✗ Sistema de digestión:
 - ✓ Frecuencia de la alimentación
 - ✓ Sistemas auxiliares
 - ✓ Medida y control

Digestores, características:

- ✓ Tamaño: determinado por tres variables interdependientes:
 - ✧ Concentración de sólidos degradables
 - ✧ Velocidad de alimentación de sólidos
 - ✧ Tiempo de permanencia de los sólidos en el digestor

- ✓ Tipo: existen diversos tipos de digestores:
 - ✧ Discontinuo
 - ✧ Mezcla completa
 - ✧ De contacto
 - ✧ Filtro anaerobio

Tipos de digestores:



Biogás:

Composición aproximada del biogás	
Componente	% en volumen
Metano (CH ₄)	50 -70
Dióxido de carbono (CO ₂)	30 -50
Nitrógeno (N ₂)	< 3,0
Oxígeno (O ₂)	< 0,1
Hidrógeno (H ₂)	1 - 10
Sulfuro de hidrógeno (SH ₂)	trazas

✗ Rendimiento variable (biogás con 70% de metano):

- ✓ Cantidad: 360 - 430 l gas/kg SV
- ✓ Poder calorífico: 1 m³ biogás = 0,25 m³ butano
 - ✧ Composición de la biomasa
 - ✧ Temperatura
 - ✧ Velocidad de alimentación
 - ✧ Tiempo de retención
 - ✧ Tipo de digestor

✗ Aplicaciones:

- ✧ Fuente de calor (cocina, alumbrado)
- ✧ Combustión en calderas de vapor para calefacción
- ✧ Combustible de motores acoplados a generadores eléctricos

Algunas equivalencias energéticas

1 m³ Biogás
70% Metano
(25 MJ)

0,66 m³ gas natural

0,22 m³ butano

0,81 l gasolina

0,70 l gasóleo

1,20 l etanol

Efluente:

✗ Lodo negrozco

✗ Sin olores

✗ Sedimenta fácilmente

✗ Neutro

✗ Contenido:

✓ Productos inorgánicos insolubles y solubles (sales)

✓ Productos orgánicos no biodegradables (proteínas, grasas, celulosa, lignina)

✓ Bacterias

✗ Aplicaciones:

✧ Abono agrícola

✧ Alimentación animal (en estudio)