

# GENERALIDADES Y CONCEPTOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES



DIANA CAROLINA HERNÁNDEZ M  
QUÍMICA DE ALIMENTOS  
TECNOVA LTDA

# CONTENIDO



1. Conceptos Generales.

2. Objetivos Sistema tratamiento de Aguas Residuales (STAR)

3. Alternativas para el tratamiento de Aguas Residuales

4. Etapas STAR-Principios de Funcionamiento.

5. Variables de Operación STAR.

6. Normatividad Ambiental



# **CONCEPTOS GENERALES TRATAMIENTO EFLUENTES**

# CONCEPTOS GENERALES



## EFLUENTE

Conjunto muy variado de residuos líquidos que se obtienen como consecuencia de la actividad industrial.

¿De dónde provienen los efluentes en la planta extractora?

## ESTERILIZACIÓN

- Condensación de vapor utilizado en esterilización

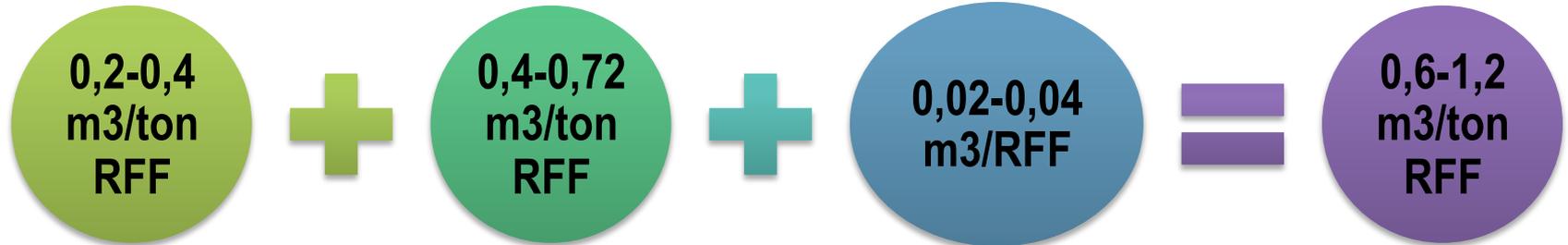
## CLARIFICACIÓN

- Descarga de centrifugas
- Agua lodosa tricanter
- Descarga de florentinos

## PALMISTERIA

- Hidrociclones
- Trampas de vapor, condensados
- Lavados y regueros

# BALANCE EFLUENTES PLANTA EXTRACTORA



**ESTERILIZACIÓN**

**36%**

**CLARIFICACIÓN**

**60%**

**PALMISTERÍA  
PALMÍSTE**

**4%**

**POME  
(Palm Oil Mill  
Effluent)**

# CONCEPTOS GENERALES



## CARGA ORGÁNICA

Concentración de contaminantes orgánicos en unidades de caudal

## DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)

Es la medida del grado de concentración de materia orgánica susceptible a ser oxidada.

## DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO<sub>5</sub>)

Cantidad de oxígeno disuelto necesario para que determinado microorganismo pueda oxidar la materia orgánica biodegradable. (Toma 5 días su determinación).

*La carga orgánica al caer a un cuerpo de agua, se oxida, consumiendo oxígeno necesario para los seres vivos allí presentes. A mayor carga orgánica menos oxígeno para los seres vivos del medio.*

# CONCEPTOS GENERALES



## PROCESOS ANAEROBIOS

Permiten la remoción de materia orgánica por actividad biológica (bacterias) en ausencia de oxígeno.

## PROCESOS AEROBIOS

Se consigue la eliminación de la materia orgánica por actividad biológica (bacterias) en presencia de oxígeno disuelto.

## PROCESOS FACULTATIVOS

Son procesos que permiten la eliminación de la materia orgánica tanto de forma anaerobia como aerobia.

## EFICIENCIA DE REMOCIÓN

Capacidad de un sistema para remover una carga contaminante.



# **OBJETIVOS SISTEMA TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES**

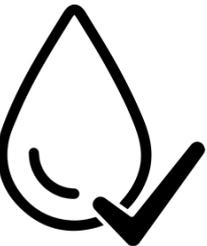
# OBJETIVOS DEL TRATAMIENTO DE EFLUENTES



Retirar grasas, sólidos y lodos profundos.



Reducción de carga orgánica por tratamientos microbiológicos.



Cumplir con reglamentaciones ambientales (carga orgánica, temperatura, sólidos, etc.).



Descontaminación de aguas para reutilización.



# ALTERNATIVAS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

# TIPOS DE TRATAMIENTOS



---

Tratamiento convencional con lagunas

---

Bioreactores

---

Filtros

---

Sistemas alternativos

---

Otros

---

# TRATAMIENTO CONVENCIONAL CON LAGUNAS ABIERTAS



## Ventajas

- ✓ Bajos costos de inversión
- ✓ Facilidad de operación y control
- ✓ Capacidad de amortiguar importantes fluctuaciones de carga orgánica (para producciones variables y procesos discontinuos a lo largo del año)



## Desventajas

- ✓ Resisten baja carga orgánica entre 0,1-0,3 kg de DQO/m<sup>3</sup> día
- ✓ Son exigentes en las condiciones de pH y temperatura de sistema
- ✓ No funcionan en presencia de exceso de grasas y aceite
- ✓ Elevados tiempos de retención hidráulica para degradar la materia orgánica (Grandes extensiones de tierra)
- ✓ Requerimiento de grande áreas

# SISTEMAS COMPLEMENTARIOS DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES

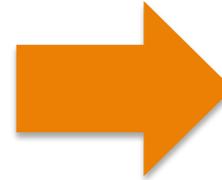


Estas tecnologías no reemplazan los sistemas de tratamiento convencionales, sino que deben implementarse de manera complementaria:

---

Lagunas Facultativas de Alta tasa  
Flotación por aire disuelto (DAF)  
Bioreactores continuos  
Bioreactores de membrana

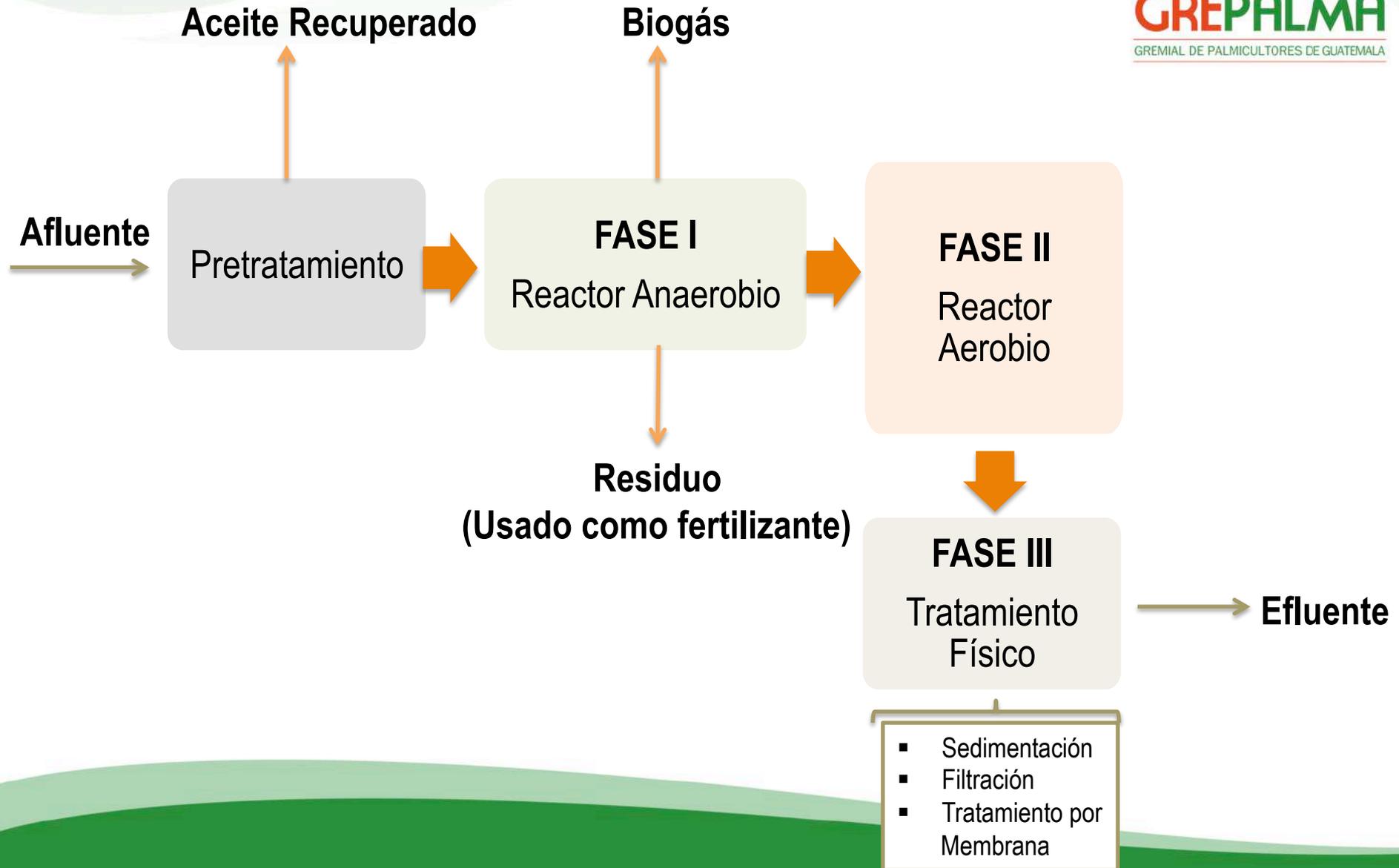
---



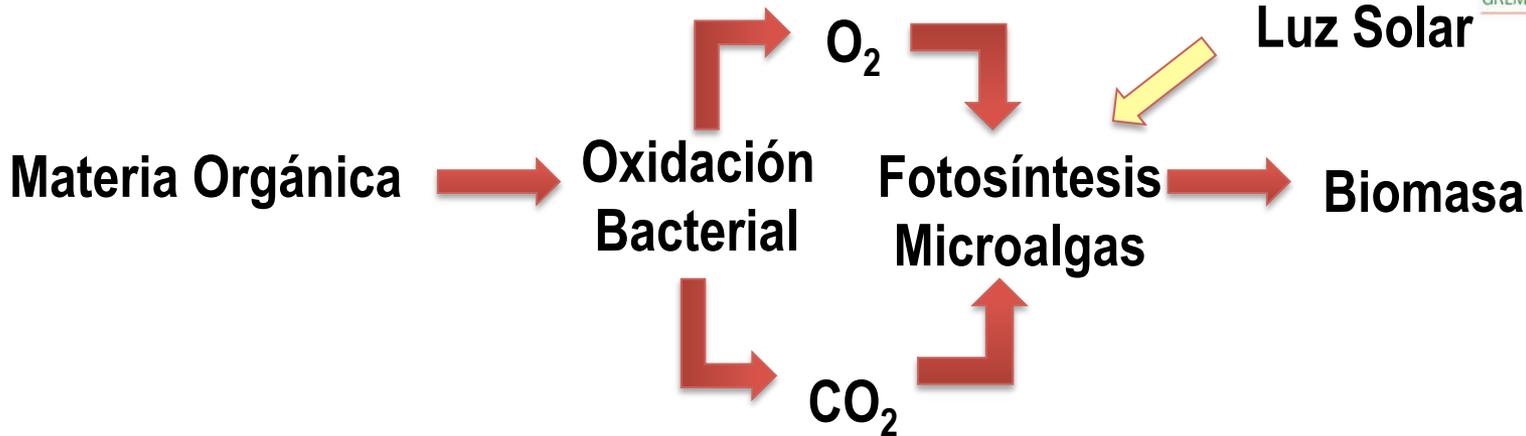
Para dar cumplimiento de Legislación mas exigente para:

- DQO
- DBO<sub>5</sub>
- Fósforo total
- Nitrógeno Total

# TRATAMIENTO COMPLEMENTARIO



# LAGUNAS FACULTATIVAS DE ALTA TASA



## Ventajas

- ✓ Usadas Principalmente para la remoción de Nitrógeno y Fósforo, con una eficiencia entre el 50-95%.

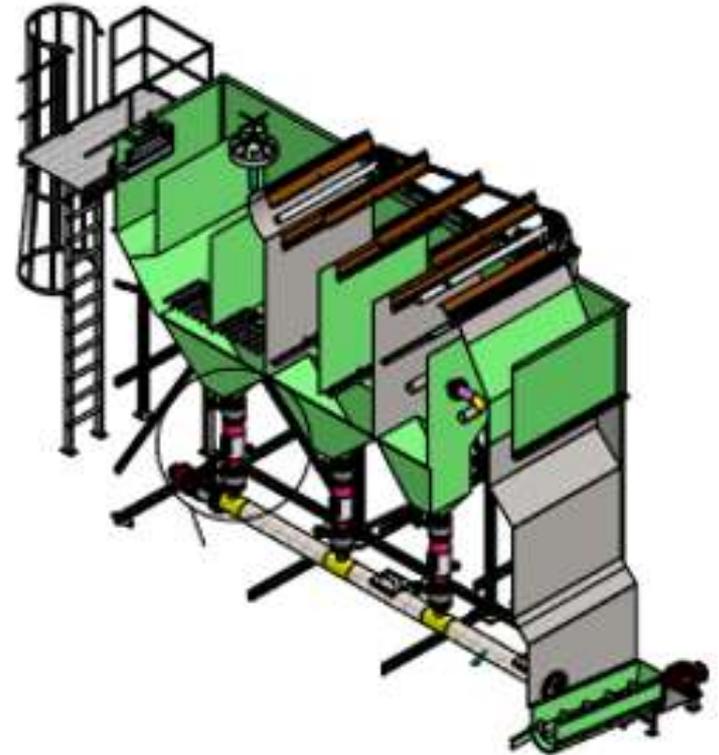


## Desventajas

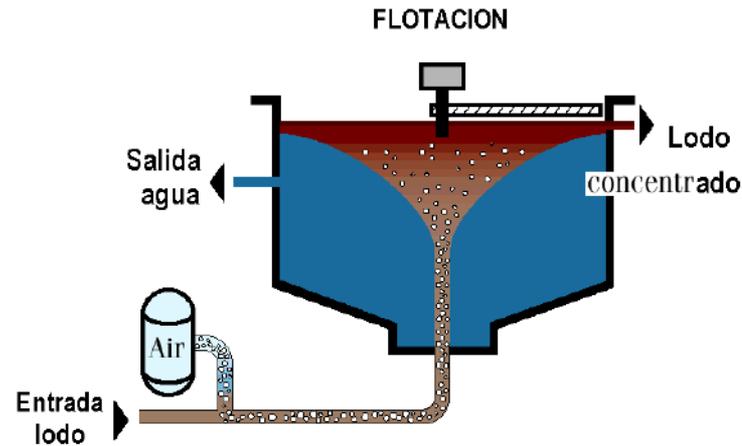
- ✓ Se requieren altos tiempos de retención hidráulica y por tanto mayores áreas.
- ✓ Se ven afectadas por la actividad fotosintética de las algas, lo que causa variaciones en el oxígeno disuelto y pH, durante el día.

# TECNOLOGÍA DE FLOTACIÓN POR AIRE DISUELTO (DAF)

- Fenómeno de flotación por la interacción entre micro-burbujas de aire y partículas contenidas en el efluente, que en conjunto ascienden hasta la superficie del líquido formando una capa sobrenadante.
- Esta capa es evacuada por el accionamiento de un mecanismo de cepillos barreadores.
- Cuenta con dos cámaras adicionales para la recolección de grasas y aceites.



# TECNOLOGÍA DE FLOTACIÓN POR AIRE DISUELTO (DAF)



## Ventajas

- ✓ Promete remover entre el 40-50% de sólidos del efluente.
- ✓ Alta velocidad de separación.
- ✓ Bajos tiempos de residencia.
- ✓ Puede considerarse como una mejora de los florentinos convencionales.

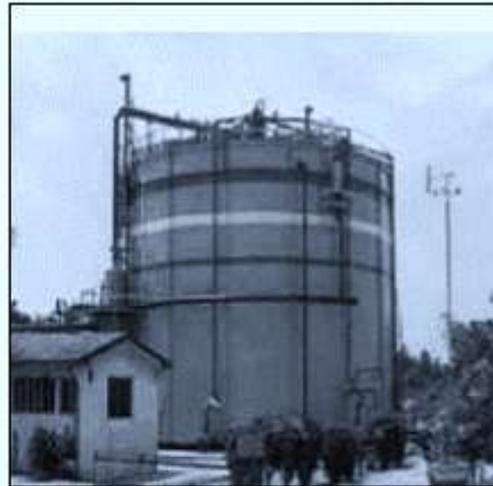
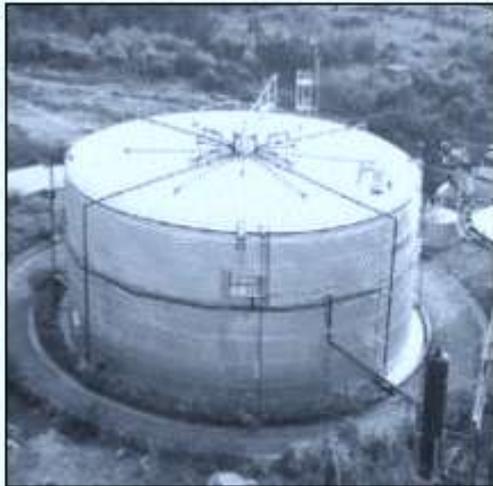
## Desventajas



- ✓ Es una tecnología en prueba.
- ✓ No tiene ninguna acción bacteriana, por lo que puede ser limitado para remoción de DQO.
- ✓ Requiere equipos electromecánicos y electroneumáticos.

# BIOREACTORES CSTR

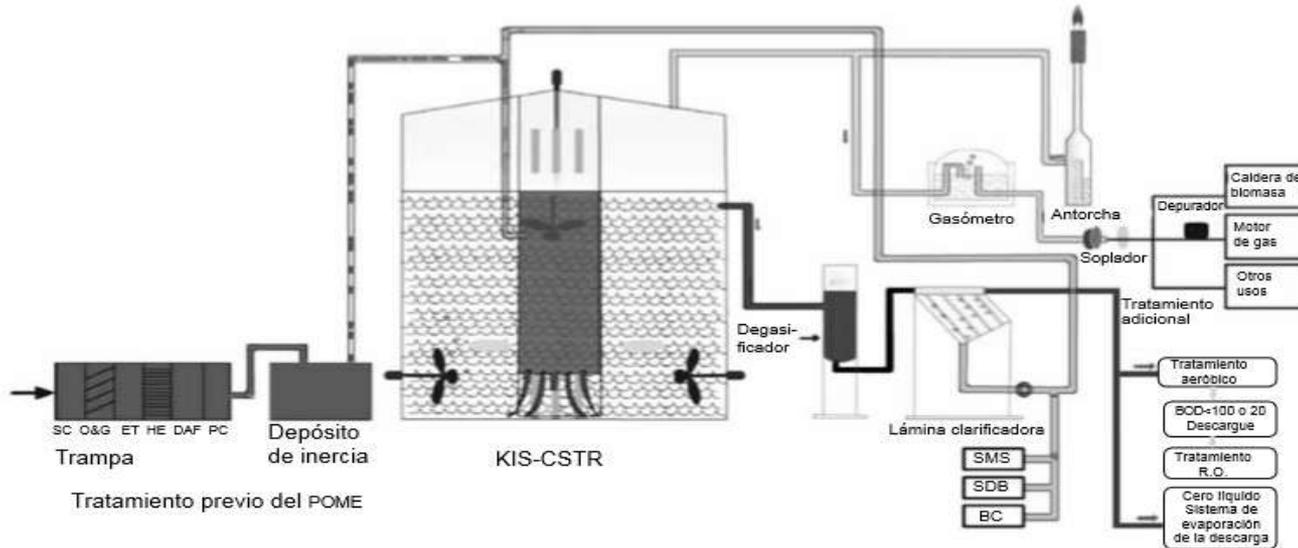
## (Continuously Stirred Tank Reactor)



Reactor anaerobio con agitación, construido típicamente de acero con propiedades físico-químicas especiales.

- **Los componentes del CSTR**
- Tanque reactor
- Agitador central
- Agitadores laterales
- Desgasificador
- Clarificador
- Gasómetro

# BIOREACTORES CSTR (Continuously Stirred Tank Reactor)



## Ventajas



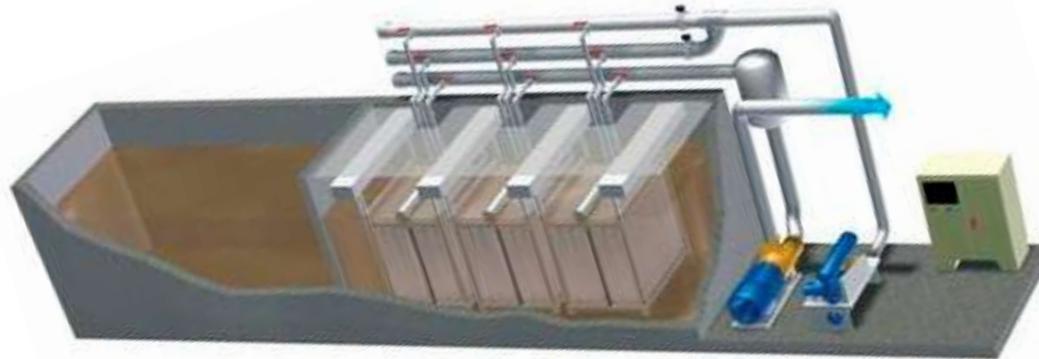
- ✓ Menor requerimiento de área.
- ✓ Mayor tasa de degradación de materia orgánica.
- ✓ Captación de gases.
- ✓ Potencial para generar energía.
- ✓ Elimina riesgo de contaminación de áreas subterráneas.

## Desventajas



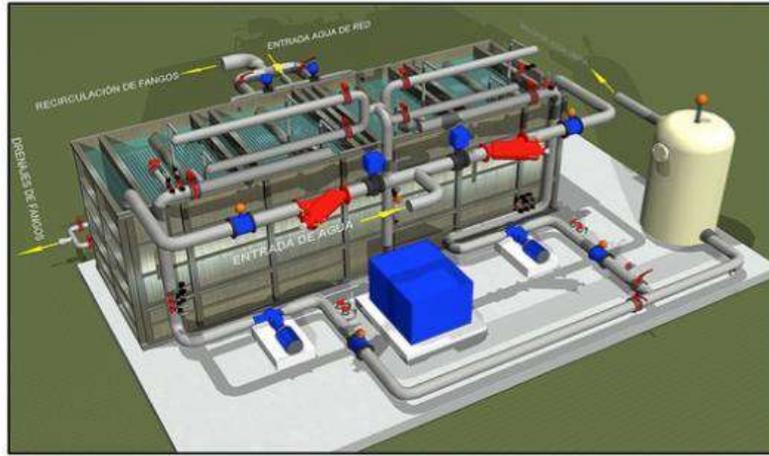
- ✓ Mayores costos de inversión.
- ✓ El sistema requiere de etapas y equipos complementarios como tanque equalizador, de aireación y buffer.
- ✓ No es muy usado en la industrial de extracción de palma en América.

# BIOREACTORES DE MEMBRANA



- Los reactores biológicos de membrana (MBR)
- Acción combinada del tratamiento biológico del reactor
- Filtración mediante membranas (separación física).
  
- Esta tecnología es similar al sistema de lodos activados convencional
- La separación sólido/líquido se realiza mediante filtración de membranas
- No se realiza mediante sedimentación en un decantador secundario.

# BIOREACTORES DE MEMBRANA



## Ventajas

- ✓ Necesidad de menor volumen.
- ✓ Desarrollo de biomasa especializada.
- ✓ Mejor calidad del efluente.
- ✓ Facilidad de adaptación a sistemas tradicionales.

## Desventajas



- ✓ Altos costos de instalación y mantenimiento.
- ✓ Alto nivel de colmatación.
- ✓ Capacidad limitada de 10 – 100 m<sup>3</sup>/día



# ETAPAS STAR LAGUNAS DE OXIDACIÓN

# CARACTERÍSTICAS DEL EFLUENTE DE LA PLANTA EXTRACTORA

*Se produce entre 0,55 a 1,2 m<sup>3</sup> de efluente por tonelada de fruta*

- Lodo con contenidos de aceite (aprox. 7-9 gramos de aceite por litro de efluente)
- Alta carga de material vegetal
- Alta carga de sólidos totales y suspendidos
- Bajo pH (ácido)
- Elevada temperatura (más de 60°C)
- Alta carga orgánica y Demanda Química de Oxígeno (DQO)



## PRODUCCIÓN EFLUENTES EXTRACTORA

Aforo Efluentes Promedio (m<sup>3</sup>/ton RFF)

0,6

# CARACTERIZACIÓN DEL EFLUENTE DE UNA PLANTA EXTRACTORA

PARÁMETRO	UNIDAD	RANGO	PROMEDIO
pH	unidad	3,87-5,25	4,6
Temperatura	°C	53-77	67,4
DBO5	mg/l	18.700-175.521	48873,0
DQO	mg/l	45.256-232.000	79729,6
Sólidos Totales	mg/l	32.482-111.029	45669,8
Sólidos Suspendidos	mg/l	19.129.88.258	35105,0
Sólidos Disueltos	mh/l	5.150-13.074	9112,0
Sólidos Sedimentables	ml/h	0-1000	564,2
Sólido Totales Volátiles	mg/l	26.530-98.445	48988,0
Fósforo Total	mg/l	15,7-113-6	66,1
Nitrógeno Total	mg/l	67.5-695	284,1
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	11-25.5	18,3
Grasas y Aceites	mg/l	5.400-19.420	9611,0
Acidez total	mg/l	750-2548	1611,0
Alcalinidad total	mg/l	0-807,3	161,5

$$\frac{DBO_5}{DQO} = 0,61$$



>0,45  
Fácilmente  
Biodegradable

# SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

## Acondicionamiento del Efluente

Laguna de enfriamiento, desaceitado y equalización



## Lagunas de Oxidación

Anaeróbicas (sin  $O_2$ )

Aeróbicas (con  $O_2$ )



## Lagunas Facultativas

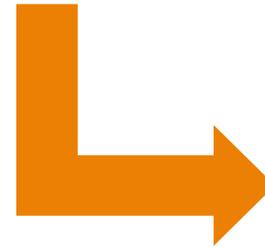
Remoción aproximada del 95% de la carga orgánica

# LAGUNAS DE ENFRIAMIENTO, DESACEITADO Y EQUALIZACIÓN

## OBJETIVOS

- Reducir la temperatura para garantizar el trabajo óptimo de los microorganismos ( $T < 40^{\circ}\text{C}$ )
- Recuperar el aceite ácido
- Regular el flujo de alimentación a las otras lagunas

Para hacer más eficiente el enfriamiento del efluente se usan torres de enfriamiento



Para la descarga final de lagunas se recomiendan canales abiertos para mantener bajas temperaturas y favorecer la oxigenación



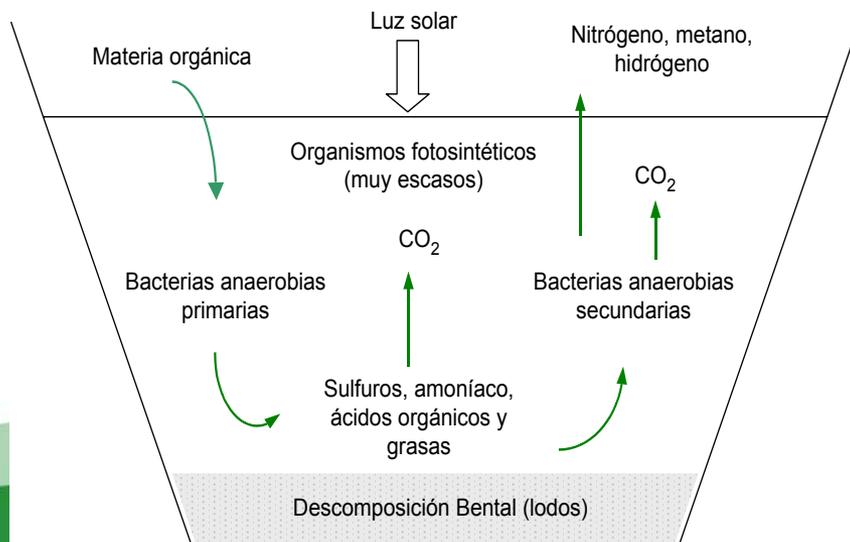
# LAGUNAS ANAEROBIAS



Tratamiento biológico donde la digestión del material orgánico es realizada por la acción metabólica de bacterias anaerobias.

**Etap 1:** un grupo de bacterias descompone las moléculas orgánicas en ácidos orgánicos y óxido de carbono, amoníaco y materia celular.

**Etap 2:** un grupo de bacterias, en condiciones favorables de pH y temperatura transforman los ácidos orgánicos en metano, dióxido de carbono y materia celular



## Ocurre:

- Los sólidos en suspensión se sedimentan 60%.
- Parte de la materia orgánica es digerida.
- Se remueve la gran mayoría del DBO<sub>5</sub>, DQO y ST (entre 80 y 90 %).

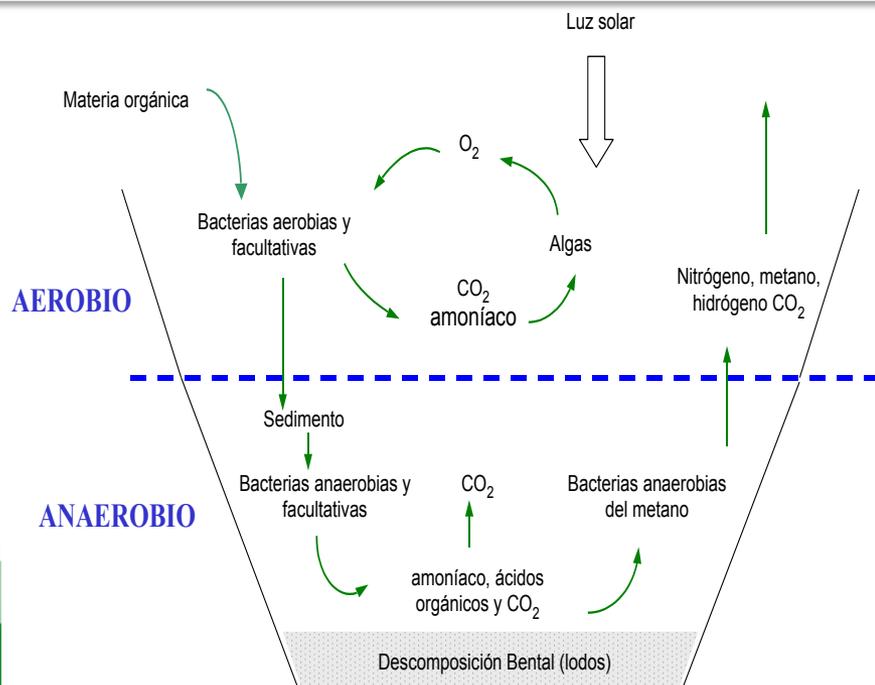
# LAGUNAS FACULTATIVAS



El objetivo es la remoción de la carga orgánica que no se removi6 en el proceso anaerobio.

Procesos involucrados: oxidaci6n, sedimentaci6n, hidr6lisis, fotos6ntesis nitrificaci6n, digesti6n anaerobia, transferencia de ox6geno.

Las lagunas facultativas remueven alrededor del 75 % del DQO que qued6.



Las lagunas se caracterizan por tener dos estratos diferentes. La capa superior que es aerobia y la del fondo que es anaerobia y adem6s existe una capa intermedia de caracter6sticas facultativas (mixta)



# CONTROL EN SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE ELFUENTES

# VARIABLES DE OPERACIÓN STAR

Capacidad de amortiguamiento del sistema.

**Capacidad buffer**

Acidez o alcalinidad del sistema.

**pH**

**AGUA RESIDUAL**

**Temperatura**

Impacto al medio por alta temperatura.

**DQO**

Contenido de carga orgánica del efluente (Impacto ambiental).

# PARÁMETROS DE CONTROL



Variable	Unidad	Periodicidad	Punto de Muestreo
Potencial de hidrogeno (pH)	-	Diaria	Afluyente y efluente de cada laguna
Temperatura (T)	°C	Diaria	Afluyente y efluente de cada laguna
Capacidad Buffer (pK)	-	Diaria	Toda la laguna anaerobia –facultativa
Sólidos sedimentables	ml/h	Semanal	Afluyente y efluente
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/l	Semanal	Entrada al sistema Efluente laguna facultativa
Sólidos totales (ST)	mg/l	Semanal	Efluente lagunas anaerobias Efluente laguna facultativa
Sólidos disueltos (SD)	ml/h	Semanal	Efluente laguna facultativa
Altura de lodos	cm	Cada 2 meses	Laguna ecualización Lagunas anaerobias Laguna facultativa

# NORMATIVIDAD VERTIMIENTOS



PARÁMETRO	COLOMBIA	ECUADOR	HONDURAS	GUATEMALA
pH	6 - 9	5 - 9	6 - 9	6 - 9
Temperatura	$\Delta < 5^{\circ}\text{C}$	$< 35^{\circ}\text{C}$	$< 25^{\circ}\text{C}$	$\Delta < 7^{\circ}\text{C}$
Grasas y aceites	$< 20 \text{ mg/l}$	$< 0.3 \text{ mg/l}$	$< 10 \text{ mg/l}$	$< 10 \text{ mg/l}$
DQO	$< 1500 \text{ mg/l}$	$< 250 \text{ mg/l}$	$< 200 \text{ mg/l}$	N.A
DBO5	$< 600 \text{ mg/l}$	$< 100 \text{ mg/l}$	$< 50 \text{ mg/l}$	$< 100 \text{ mg/l}$
Sólidos suspendidos totales	$< 400 \text{ mg/l}$	$< 100 \text{ mg/l}$	$< 100 \text{ mg/l}$	$< 100 \text{ mg/l}$
Sólidos sedimentables	$< 2 \text{ mg/l}$	$< 1 \text{ mg/l}$	$< 1 \text{ mg/ml}$	NA

# Gracias