



Ciclo de 20

MasterClass

AGUASRESIDUALES.INFO

AGUASRESIDUALES.INFO



# MasterClass 5

**“Problemas y soluciones para el funcionamiento de la EDAR.”**

## **Pedro María Polo Cañas**

Consultor Independiente.

Experto en Diagnóstico y Control de Procesos de Plantas de Tratamiento de Aguas.



**17**  
Febrero

Ciclo de **20**  
**MasterClass**

AGUASRESIDUALES.INFO

**Un soneto me manda hacer Violante  
que en mi vida me he visto en tanto aprieto;  
catorce versos dicen que es soneto;  
burla burlando van los tres delante.**

**Yo pensé que no hallara consonante,  
y estoy a la mitad de otro cuarteto;  
más si me veo en el primer terceto,  
no hay cosa en los cuartetos que me espante.**

**Por el primer terceto voy entrando,  
y parece que entré con pie derecho,  
pues fin con este verso le voy dando.**

**Ya estoy en el segundo, y aun sospecho  
que voy los trece versos acabando;  
contad si son catorce, y está hecho.**

**Lope de Vega Carpio, Fénix de los Ingenios.**

# PRÁCTICA DE LA OPERACIÓN DE UNA E.D.A.R.

**Implantación de criterios eficientes en la  
operación de tratamientos biológicos  
de fangos activados de una E.D.A.R.**

**Problemas en operación del tratamiento biológico.**

**Pedro María Polo Cañas.**

**[ppoloc@hotmail.com](mailto:ppoloc@hotmail.com)**

**Castelldefels 2022.**

# **PROBLEMAS DE OPERACIÓN. Tratamiento biológico de fangos activados.**

- **Introducción.**
- **Método operativo.**
- **Características de la operación de una E.D.A.R.**
- **Tratamiento biológico de fangos activados.**

# INTRODUCCIÓN.

- Agradecimiento a todos los colegas cuyas experiencias se incorporan a estas reflexiones.
- Uso de principios básicos, de forma relativizada, por la multi- variabilidad del proceso.
- Los problemas pueden generarse en el **interior** o en el **exterior** de la E.D.A.R.
- Interconexión causal de las operaciones unitarias. Ejemplos:
  - Colapso total o parcial de digestiones anaeróbicas por fallos en gestión o diseño de pre- tratamientos.
  - Colapso total o parcial de digestiones anaeróbicas por fallos en gestión de tratamientos biológicos.
  - Problemas serios en tratamiento biológicos con origen en la línea de fangos.
- ▶ **Tanto la localización y/ o solución a los problemas de diseño, como las disfunciones en la gestión recaen sobre el operador.**

## **METODO OPERATIVO.**

- Caracterización previa del conjunto de efectos indeseados.  
Importancia del examen visual y del control de desviaciones.
- Definición del problema. Datos o ensayos de laboratorio.
- Definición de la causa.
- Definición de la solución:
  - Ajuste del punto de funcionamiento.
  - Ejecución de la solución, si existe.

## **SUMARIO: INTRODUCCIÓN.**

- El tratamiento biológico como ecosistema artificial.
- Factores que influyen en el tratamiento biológico.
- Esquema y controles necesarios.
- IVF. Comparación ensayos.
- Estructura, funciones, fases de formación y tipos de flóculo biológico.



# TRATAMIENTO BIOLÓGICO COMO ECOSISTEMA ARTIFICIAL.

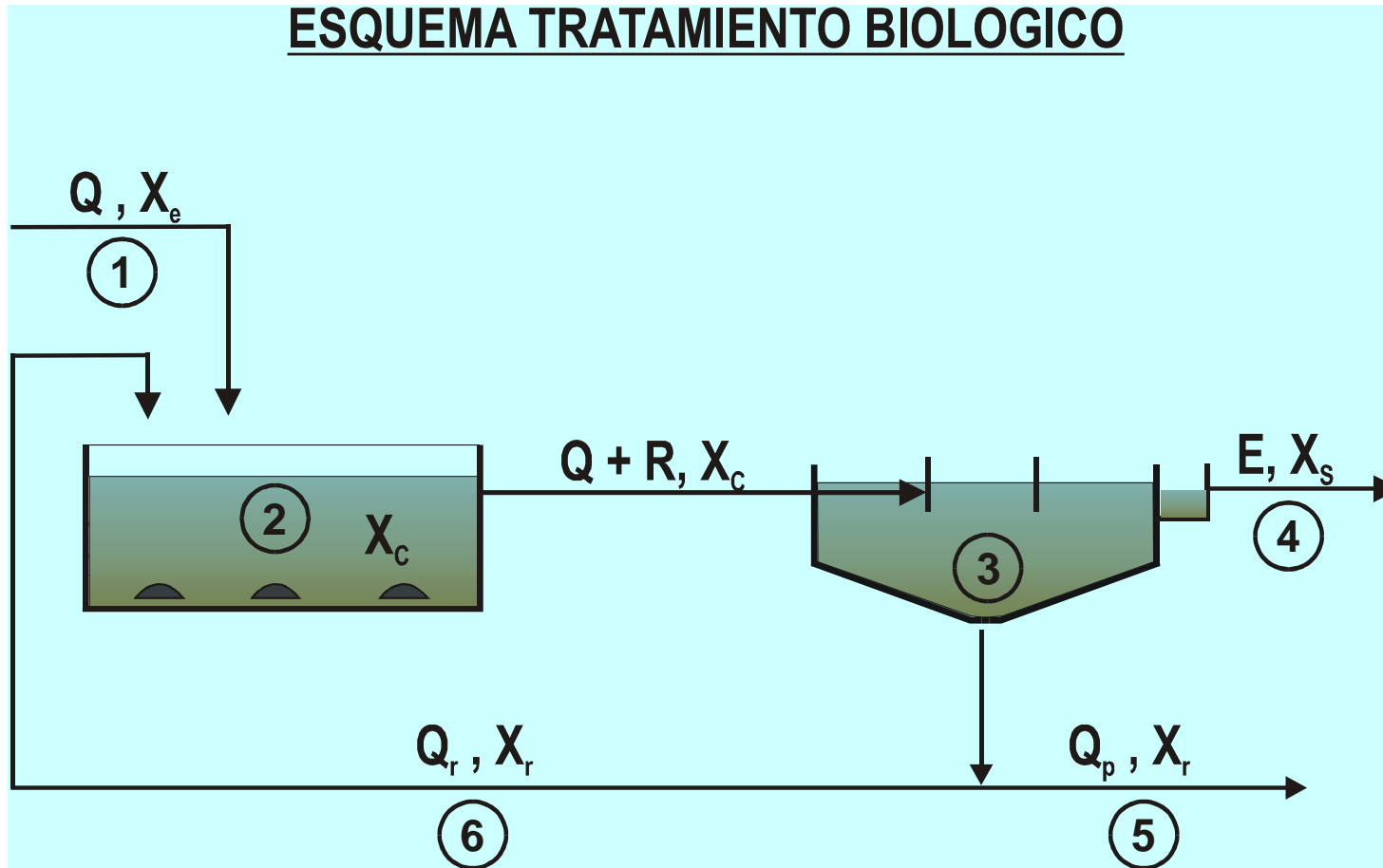
COMPONENTES	ABIOTICOS	Instalaciones y equipos.
	BIOTICOS	Microorganismos.
FACTORES	ABIOTICOS	Físicos: clima, temperatura.
		Químicos: características cuali y cuantitativas del agua, O <sub>2</sub> .
	BIOTICOS	Relaciones entre individuos y especies.

## FACTORES QUE INFLUYEN EN EL TRATAMIENTO BIOLÓGICO.

- **Poco manipulables:** presentan fuertes variaciones que no están en manos del operador. Como la caracterización **cualitativa y cuantitativa** del agua, ó la temperatura.
- **Muy manipulables:** pueden ser usados por el operador, tales como el suministro de oxígeno, la recirculación, la adición de productos químicos, etc.

# ESQUEMAS Y CONTROLES NECESARIOS.

## ESQUEMA TRATAMIENTO BIOLÓGICO



# CONTROLES NECESARIOS.

SITUACION	PARAMETRO
1.- INFLUENTE.	Caudal, DBO, D.Q.O., M.E.S., ciclos de N y P y tóxicos.
2.- DECANTADOR PRIMARIA.	Caudal, DBO, D.Q.O., M.E.S., ciclos de N y P y tóxicos.
2.- REACTOR.	M.L.S.S., M.L.V.S.S., I.V.F., microbiología, oxígeno disuelto, TEMPERATURA y M.C.R.T.
3.- DECANTADOR SECUNDARIO.	Carga volumétrica específica de lodos, carga hidráulica, altura de lecho de fangos.
4.- EFLUENTE.	Caudal, DBO, D.Q.O., M.E.S., ciclos de N y P. <b><u>PARÁMETROS DISUELTOS.</u></b>
5.- FANGOS EN EXCESO.	Caudal, M.L.S.S.
6.- RECIRCULACION EXTERNA.	Caudal, M.L.S.S.

# IVF. COMPARACIÓN ENSAYOS (I).

## IVF (Índice Volumétrico de Fango o Sludge Volumetric Index, SVI).

### General.

El Índice Volumétrico de Fangos (IVF) es un índice que se usa como indicador de la decantabilidad de un fango activo, y mide el volumen ocupado por el fango de un litro de licor mezcla, respecto de la masa de SS del mismo volumen, después de un periodo de sedimentación de 30 minutos. O sea:

$$\text{IVF (ml/g)} = \frac{V_{30} \text{ (ml/l)}}{\text{MLSS (g/l)}}$$

### Tipos de IVF.

Dependiendo de cómo se haga el ensayo de  $V_{30}$  se definen 3 tipos de índice.

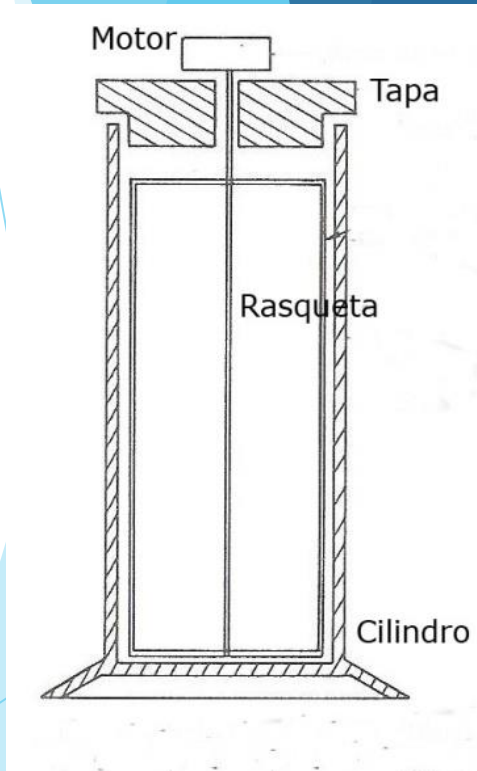
- $\text{IVF}_{\text{standard}}$ , stIVF: es aquel que se calcula con el  $V_{30,\text{standard}}$  o clásico, es decir el que se realiza poniendo a decantar el licor mezcla directamente en una probeta cilíndrica durante 30 minutos y tomando entonces la medida...

## IVF. COMPARACIÓN ENSAYOS (II).

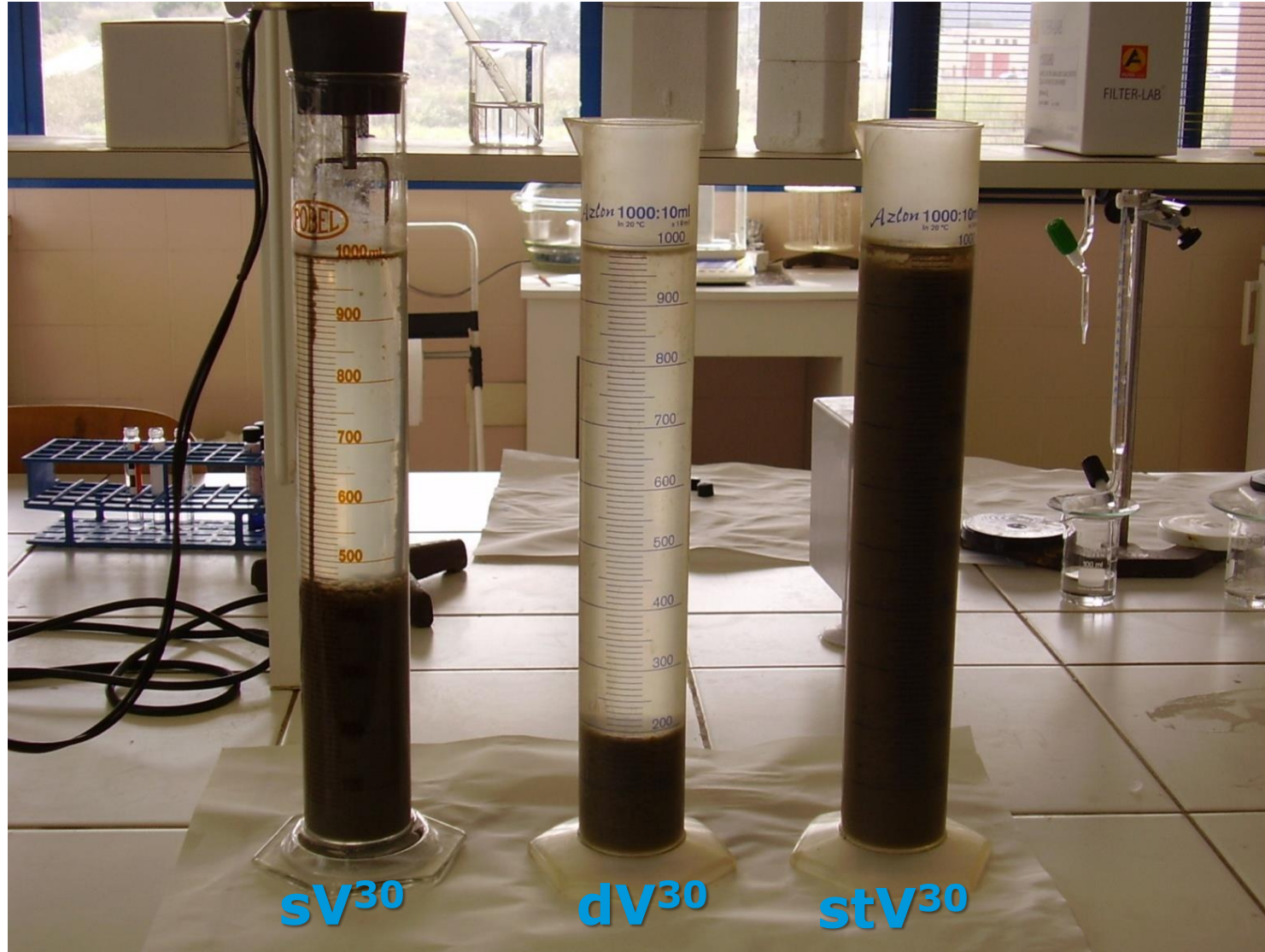
- IVF agitado o sIVF: muy propio de los standards norteamericanos, en los que la probeta de sedimentación se completa con una tapa que soporta un conjunto motor/varillas agitadoras a modo de rasquetas.
- IVF diluido o dIVF: muy propio de los standards europeos, y desde luego es el usado en los cálculos derivados de la aplicación de la Norma ATV A131, que se cita con frecuencia. Cuando  $V_{30,standard}$  es mayor de 250 ml/l se suele recurrir al  $V_{30,diluido}$  hasta que el valor de  $V_{30}$  es  $\leq 250$  ml/l. A continuación se calcula el dIVF teniendo en cuenta la dilución. Ej. Si se diluye al 50%, también los MLSS serán el 50% de los existentes en el reactor.
- En cualquiera de los ensayos, es normal tomar medidas del volumen decantado cada cinco minutos, cuando interese dibujar la curva.
- También, con cierta frecuencia, se mantiene, la prueba de decantación, durante el tiempo necesario para que la gráfica llegue a la horizontal, apuntando el volumen final que es el que nos permitirá calcular la concentración máxima alcanzable por el fango. Esta medida define la concentración máxima obtenible por el fango e indica la recirculación mínima de la que no se puede bajar.

MasterClass  
patrocinada por:

Endress+Hauser 

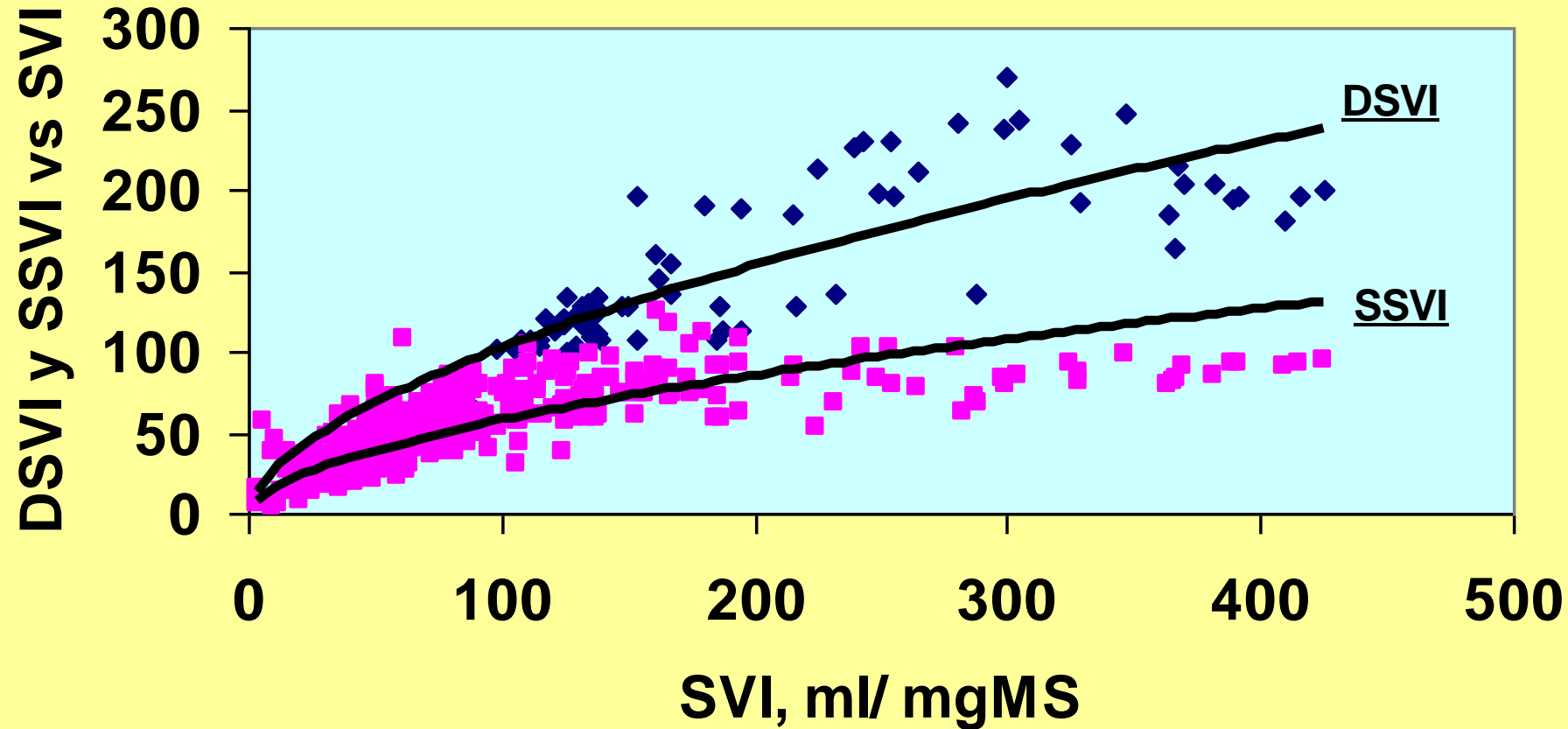


## IVF. COMPARACIÓN ENSAYOS (III) .



## IVF. COMPARACIÓN ENSAYOS (IV) .

### DSVI y SSVI vs SVI





# ESTRUCTURA , FUNCIONES, FASES DE FORMACIÓN Y TIPOS DE FLÓCULO BIOLÓGICO (I).

## Estructura.

El flóculo es un agregado de:

- Microorganismos.
- Partículas orgánicas e inorgánicas.
- Productos exo- celulares.

# ESTRUCTURA , FUNCIONES, FASES DE FORMACIÓN Y TIPOS DE FLÓCULO BIOLÓGICO (II).

## Funciones.

- Dar soporte a las reacciones biológicas de asimilación y transformación de M.O.
- Incluir dentro de él una serie de partículas (orgánicas ó no) que al no ser biodegradables, son retiradas del agua por esta vía.
- Facilitar la separación líquido/ sólido (agua/ biomasa), mediante sistemas de decantación convencional. Este aspecto es tan importante como el de la transformación de la M.O.

# ESTRUCTURA , FUNCIONES, FASES DE FORMACIÓN Y TIPOS DE FLÓCULO BIOLÓGICO (III).

## Fases de formación.

### 1.- MICROESTRUCTURA DEL FLÓCULO.

- Agregación de bacterias floc- formadoras.
- Generación de exo- polímeros.
- Agregación de partículas a la masa viscosa.
- Aumento de tamaño del flóculo.

### 2.- MACROESTRUCTURA DEL FLÓCULO.

- Aporte de fibras y bacterias filamentosas: forma tridimensional, y aporte de resistencia mecánica.

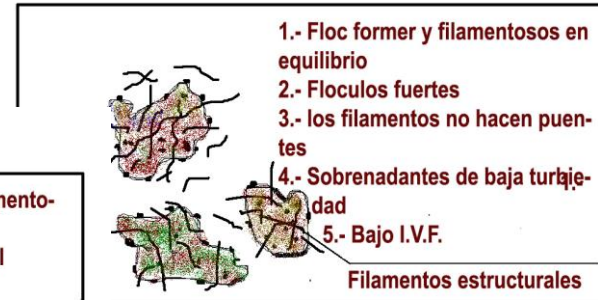
### 3.- MADURACIÓN DEL FLÓCULO.

- Crecimiento de protozoos sobre la superficie, que consolidan el flóculo mediante la secreción de exo- polímeros.

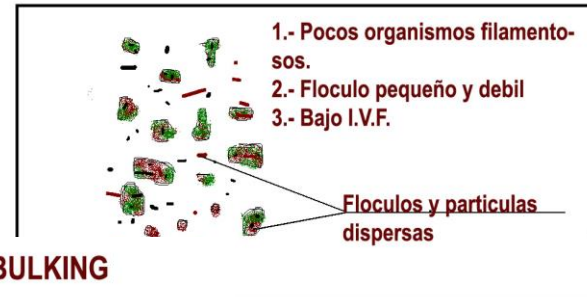
# ESTRUCTURA , FUNCIONES, FASES DE FORMACIÓN Y TIPOS DE FLÓCULO BIOLÓGICO (IV).

## Tipos de flóculo biológico.

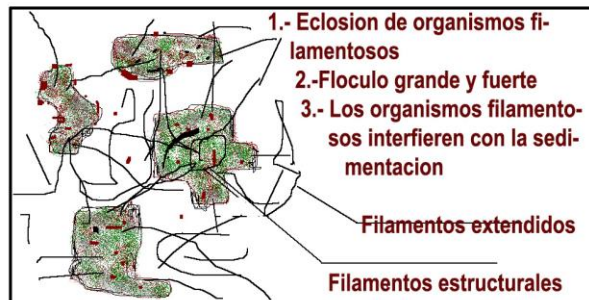
### A.- FLOC IDEAL SIN PROBLEMAS DE BULKING



### B.- FLOC PIN POINT O PIN FLOC



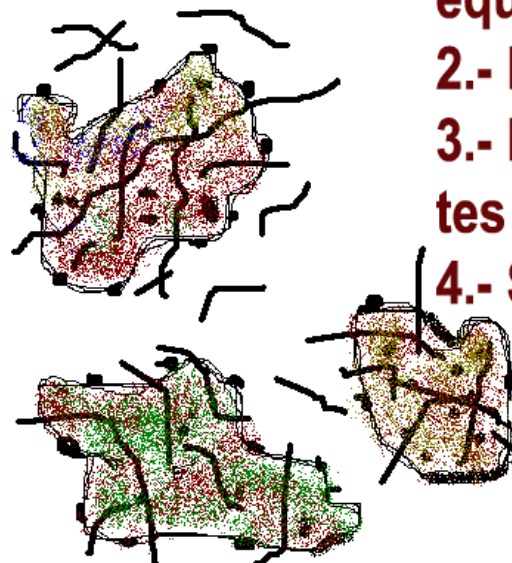
### C.- FLOC EN SITUACION DE BULKING



# ESTRUCTURA , FUNCIONES, FASES DE FORMACIÓN Y TIPOS DE FLÓCULO BIOLÓGICO (V).

## Tipos de flóculo biológico.

### A.- FLOC IDEAL SIN PROBLEMAS DE BULKING



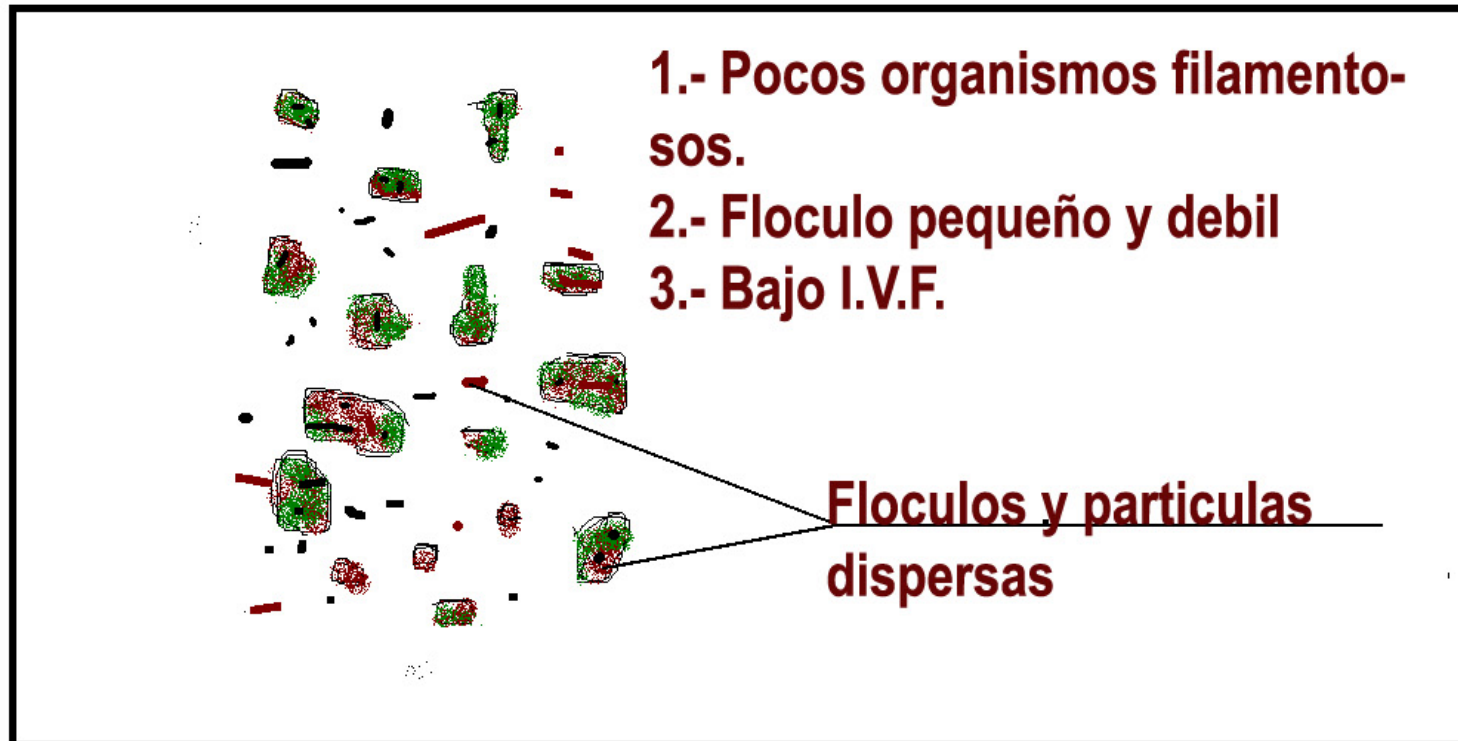
- 1.- Floc former y filamentosos en equilibrio
- 2.- Floculos fuertes
- 3.- los filamentos no hacen puentes
- 4.- Sobrenadantes de baja turbiedad
- 5.- Bajo I.V.F.

Filamentos estructurales

# ESTRUCTURA , FUNCIONES, FASES DE FORMACIÓN Y TIPOS DE FLÓCULO BIOLÓGICO (VI).

**Tipos de flóculo biológico.**

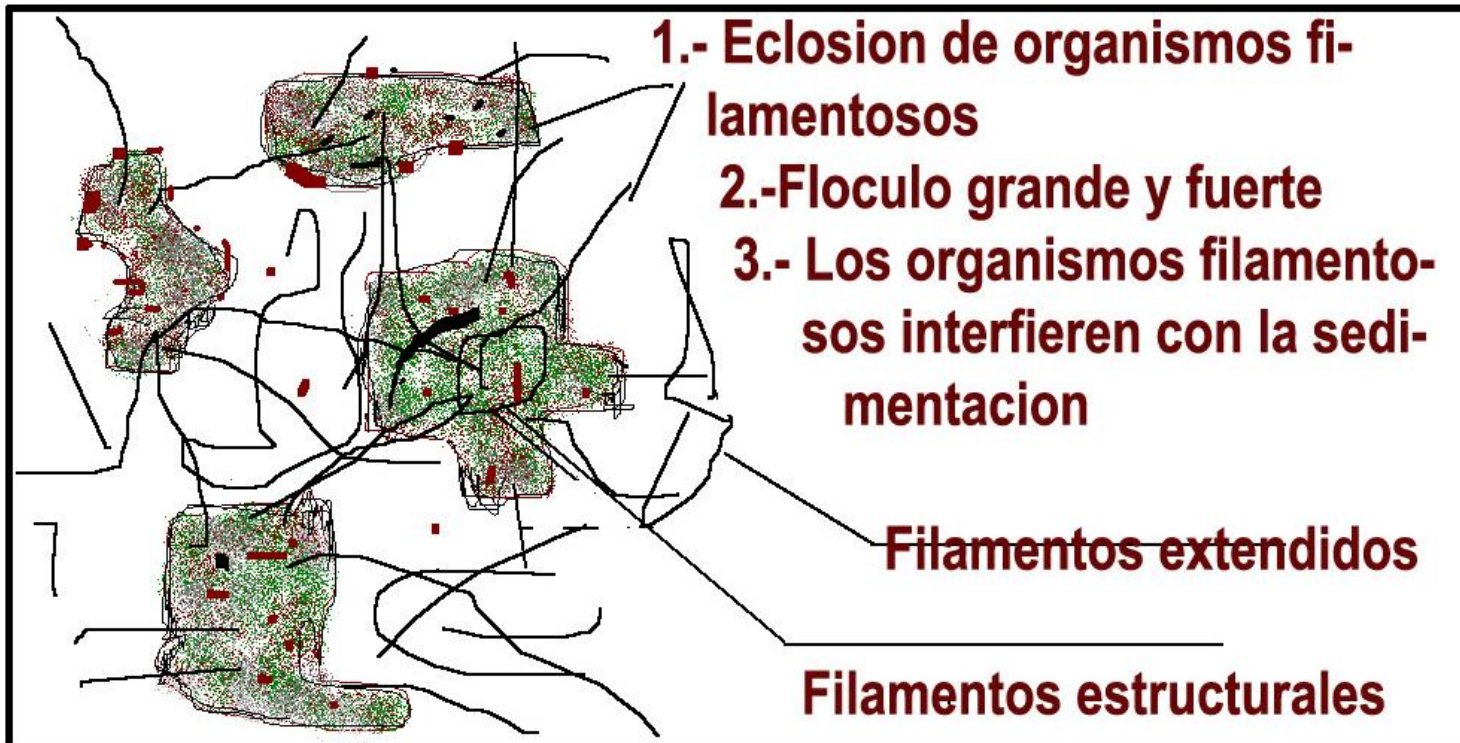
## **B.- FLOC PIN POINT O PIN FLOC**



# ESTRUCTURA , FUNCIONES, FASES DE FORMACIÓN Y TIPOS DE FLÓCULO BIOLÓGICO (VII).

**Tipos de flóculo biológico.**

## **C.- FLOC EN SITUACION DE BULKING**



## SUMARIO: PROBLEMAS DE PROCESO.

- Bajo rendimiento en la eliminación de D.B.O.
- Bajo rendimiento en nitrificación.
- Bajo rendimiento en des- nitrificación.
- Bajo rendimiento en la eliminación biológico de fósforo.



# BAJO RENDIMIENTO EN LA ELIMINACIÓN DE DBO (I).

- Se tratará aquí solamente de los problemas de transformación de materia orgánica, dejando para el tema de decantación secundaria, aquellos problemas que aún teniendo su raíz en procesos biológicos, interfieren con la separación líquido sólido.
- Se considera la existencia de un problema, cuando se pone en peligro la obtención de la calidad del agua tratada. En nuestro caso nos referimos a la DBO<sub>5</sub> (DQO).
- Los MES que escapan con el agua tratada, también transportan DBO<sub>5</sub> (DQO) en los siguientes ratios:
  - DBO<sub>5</sub>: 0,3 a 1 mgO<sub>2</sub>/ mg SS.
  - DQO: 0,8 a 1,4 mgO<sub>2</sub>/ mg SS.
- Por tanto, ante la presencia de un problema en los datos de DBO<sub>5</sub>, habrá que controlar que el problema no reside en escapes de sólidos suspendidos, es decir analizar el agua **tratada filtrada**. En general las plantas deberían poseer una pequeña biblioteca de datos de estos parámetros, para seleccionar el tipo de problemas cuando estos aparecen.

## BAJO RENDIMIENTO EN LA ELIMINACIÓN DE DBO (II).

Causa asociada.	Solución propuesta.
Alta (F/ M) o baja M.C.R.T.	Subir M.C.R.T. o bajar (F/ M), bajando,- no suprimiendo-, purgas de fangos. La edad de fango a 10-12 °C debe ser de 4- 5 días.
Bajo oxígeno disuelto.	Comprobar los sistemas de suministro y control.
Choque de tóxicos o sustancias inhibidoras.	El choque debe ser muy fuerte, pues el sistema normalmente resiste fenómenos de vertidos importantes, excepción hecha de los procesos de nitrificación, que son muy sensibles. Bajar temporalmente la edad de fangos, aumentando la purga.

## SUMARIO: BAJO RENDIMIENTO EN NITRIFICACIÓN.

- Baja velocidad de nitrificación, (A.U.R., amonía-uptake rate).  $AUR \approx 4 \times 1,059^{(T-20)}$ , gN<sub>oxidado</sub>/ kgMV x h.
  - Bajo M.C.R.T. ó edad del fango.
  - Presencia de tóxicos y sustancias inhibidoras, disueltos ó bio-acumulados.
  - Falta de alcalinidad.
- Bajo oxígeno disuelto.

Causas asociadas.		Solución propuesta.
Baja velocidad de nitrificación (A.U.R.).	Baja edad del fango (M.C.R.T.)	Ajustar la edad de fango al alza. $\theta_{aeróbica} = SF \times 3,4 \times 1,103^{(15 - T)}$ días. SF= 1,8 para P < 20.000 e-h y P= 1,45 para P > 6.000 e- h.
	Presencia de tóxicos o sustancias inhibidoras.	Bioacumulables: bajar $\theta_{aeróbica}$ Solubles: subir $\theta_{aeróbica}$
	Falta de alcalinidad.	Normalmente solo se observa en aguas muy alpinas. Suplementar. Debe quedar TAC= 50- 100 p.p.pm CO <sub>3</sub> Ca.
Bajo oxígeno disuelto.		Comprobar los sistemas de suministro y control. Se recomienda control por sonda de NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> . Supervisión por sonda de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> .

## SUMARIO: BAJO RENDIMIENTO EN DESNITRIFICACIÓN.

- Baja velocidad de des- nitrificación, (N.U.R., nitrate uptake rate).
  - $NUR \approx 3 \times 1,059^{(T-20)}$ ,  $gN_{\text{desnitrificado}} / kgMV \times h$ .
- Falta de materia orgánica.
- Presencia de  $O_2$  disuelto, por saltos ó cascadas o proveniente de la recirculación interna.
- Falta de recirculación interna.
- Poco tiempo de retención.
- Regulación redox de aireación para EDAR/ ETAP de mezcla completa o canales de oxidación trabajando en aireación ON/ OFF.

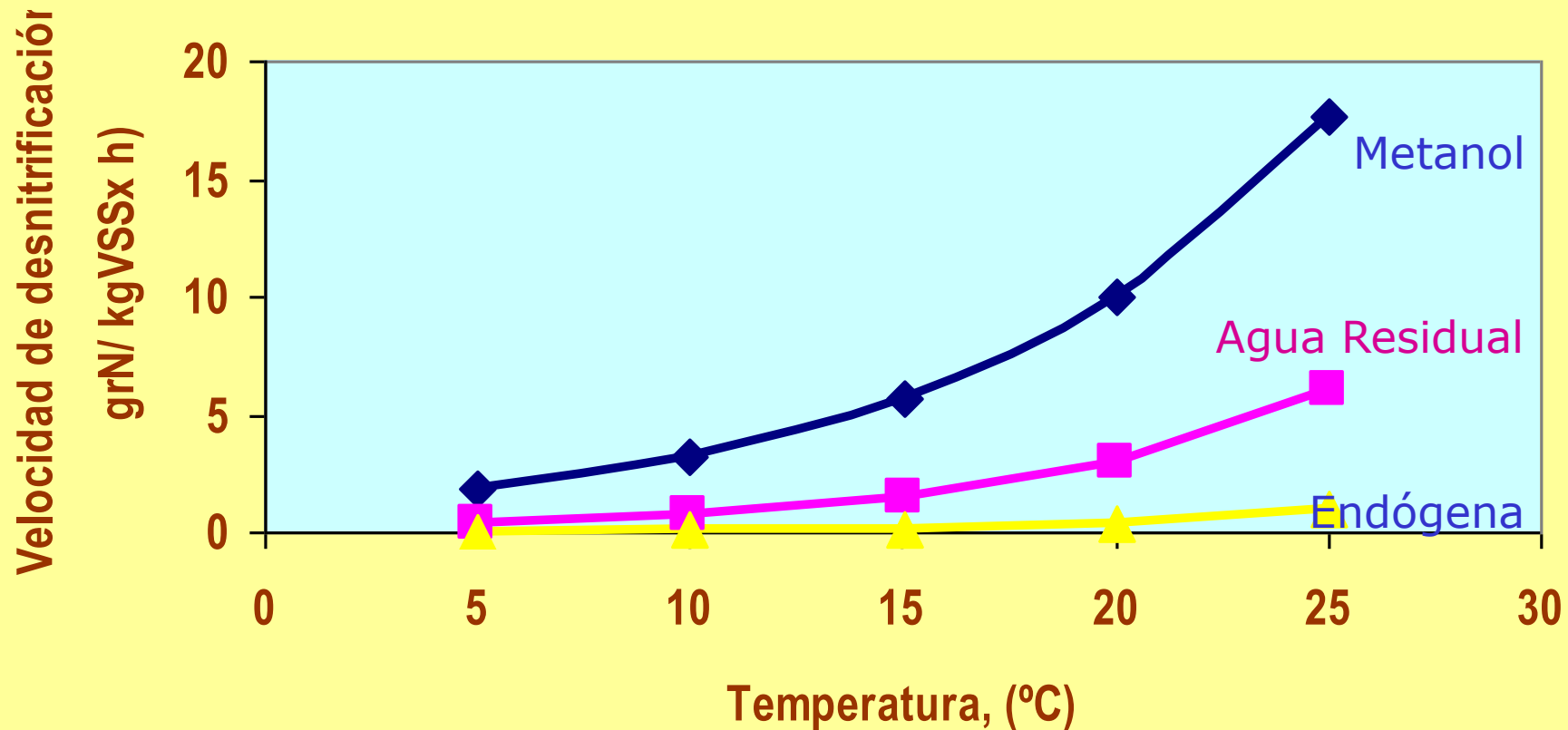
# BAJO RENDIMIENTO EN DESNITRIFICACIÓN (I).

Causas asociadas.	Solución propuesta.
Falta de materia orgánica.	8,6 KgDQO de A.R./ Kg N- NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ↑ o 5,0 KgDQO fácilmente biodegradable/ Kg N- NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ↑ Pre- fermentación en decantación primaria o en espesadores por gravedad.
Presencia de oxígeno disuelto en zona anóxica.	El oxígeno aportado por las recirculaciones internas equivale a 0,35 Kg N- NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> / KgO <sub>2</sub> .
Falta de recirculación interna.	Solo en sistemas A/ O.
Poco tiempo de retención.	Depende de la disponibilidad de DBO. Ver norma ATV A 131 de mayo de 2000, tabla 3. Mínimo 30 ´ incluyendo R <sub>i</sub> y R <sub>e</sub> .

# BAJO RENDIMIENTO EN DESNITRIFICACIÓN (II).

Velocidades de desnitrificación.

Velocidades de desnitrificación según fuente de carbono



# BAJO RENDIMIENTO EN DESNITRIFICACIÓN (III).

Presencia de oxígeno disuelto en zona  
anóxica.





# BAJO RENDIMIENTO EN DESNITRIFICACIÓN (IV).

Falta de recirculación interna.

$$\eta_{\text{desn}} = \frac{R_{\text{int}} + R_{\text{ext}}}{1 + R_{\text{int}} + R_{\text{ext}}}$$

R int.= recirculación interna/ caudal planta.

R ext.= recirculación externa/ caudal planta.

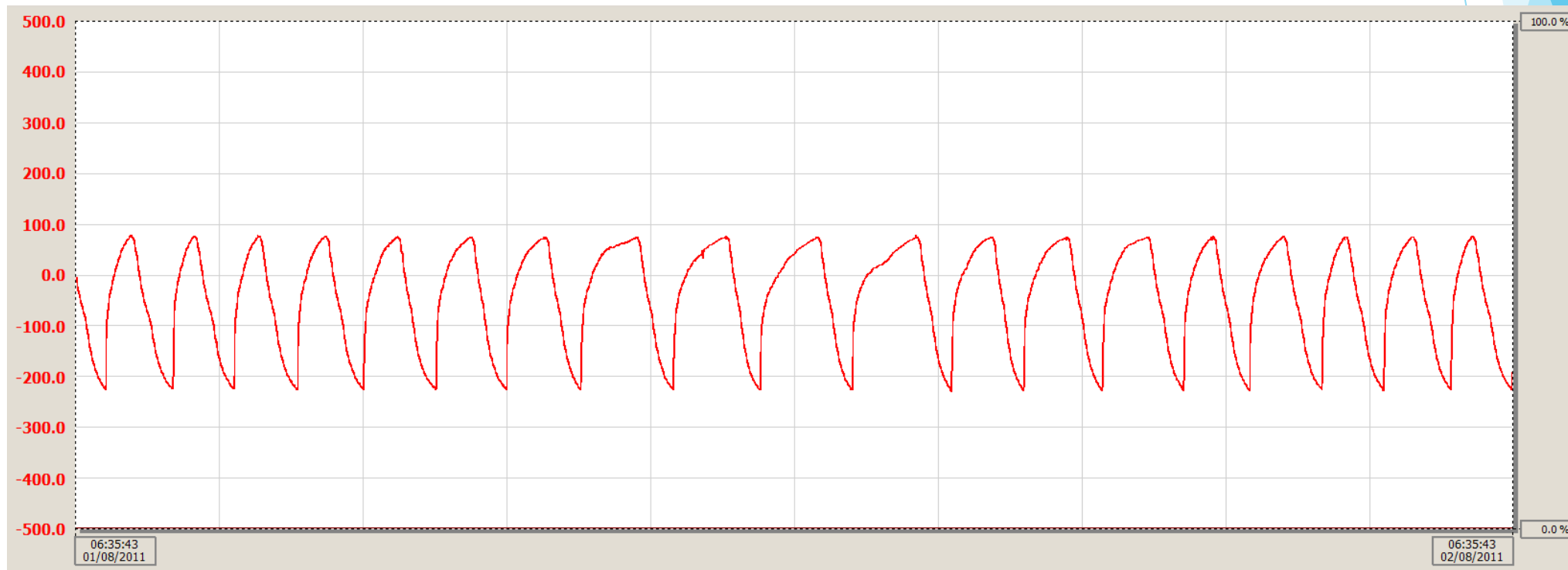
## BAJO RENDIMIENTO EN DESNITRIFICACIÓN (V).

Bajo tiempo de retención.

$V_D / V_R$	Carga de nitrógeno a desnitrificar/ Carga de DBO disponible	
	Des- nitrificación pre- conectada y procesos comparables.	Des- nitrificación simultánea e intermitente
0,2	0,11	0,06
0,3	0,13	0,09
0,4	0,14	0,12
0,5	0,15	0,15

# BAJO RENDIMIENTO EN DESNITRIFICACIÓN (VI).

Regulación redox de aireación para EDAR/ ETAP de mezcla completa o canales de oxidación trabajando en aireación ON/OFF.



## SUMARIO: BAJO RENDIMIENTO EN ELIMINACIÓN BIOLÓGICA DE P.

- Presencia de oxígeno disuelto ó nitratos en el reactor anaeróbico.
- Sustrato carbonoso insuficiente en el reactor anaeróbico.
- Sustrato carbonoso inadecuado en el reactor anaeróbico y/ o edad global del fango muy alta.
- Fuga de sólidos suspendidos con el efluente.
- Altas concentraciones de sulfatos.
- Alta edad de fango.
- Aumento de fósforo por retornos de la línea de fangos.

# BAJO RENDIMIENTO EN ELIMINACIÓN BIOLÓGICA DE P (I).

Causas asociadas.	Solución propuesta.
Presencia de oxígeno disuelto ó nitratos en el reactor anaeróbico.	Revisión y corrección de instalaciones.
Sustrato carbonoso insuficiente en el reactor anaeróbico.	$DQO/P > 50$ cuando $DBO/DQO > 0,5$ . Se pueden usar fuentes externas de C.
Sustrato carbonoso inadecuado en el reactor anaeróbico y/ o edad global del fango muy alta. Altos contenidos de sacáridos.	Buscar y eliminar causa. GAO ganan en competencia a PAO, almacenando glucógeno, en vez de polifosfatos.
Fuga de sólidos suspendidos con el efluente.	Regular la operación de decantación secundaria. Si bien los MLSS de los procesos convencionales contienen un 2- 4% de P, este porcentaje puede subir hasta 10- 12% en el caso de la eliminación biológica de fósforo por la presencia de organismos PAO que pueden contener hasta un 30% P.

# BAJO RENDIMIENTO EN ELIMINACIÓN BIOLÓGICA DE P (II).

Causas asociadas.	Solución propuesta.
Altas concentraciones de sulfatos.	Las reacciones reductoras de sulfatos consumen DQO, que se resta a la necesaria para eliminar fósforo.
Alta edad del fango.	Pulir el efluente con sales de $Fe^{+++}$ en la salida del reactor biológico.
Aumento de P por retornos de la línea de fangos.	Suplementar sales de $Fe^{+++}$ en la salida del reactor biológico.

# BAJO RENDIMIENTO EN ELIMINACIÓN BIOLÓGICA DE P (III).

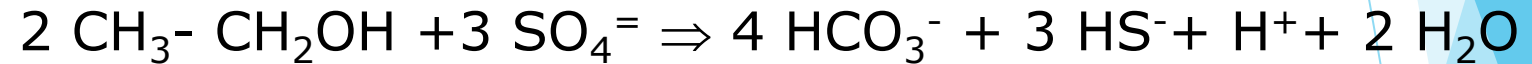
Presencia de oxígeno disuelto ó nitratos en el reactor anaeróbico.



# BAJO RENDIMIENTO EN ELIMINACIÓN BIOLÓGICA DE P (IV).

Altas concentraciones de sulfatos.

ETANOL.



ACETATO.



RELACIÓN MÍNIMA PARA LA REDUCCIÓN TOTAL DEL SULFATO.

$$\text{DQO} / \text{SO}_4^{=} \geq 0,67$$



# SUMARIO: SEPARACIÓN LIQUIDO – SOLIDO.

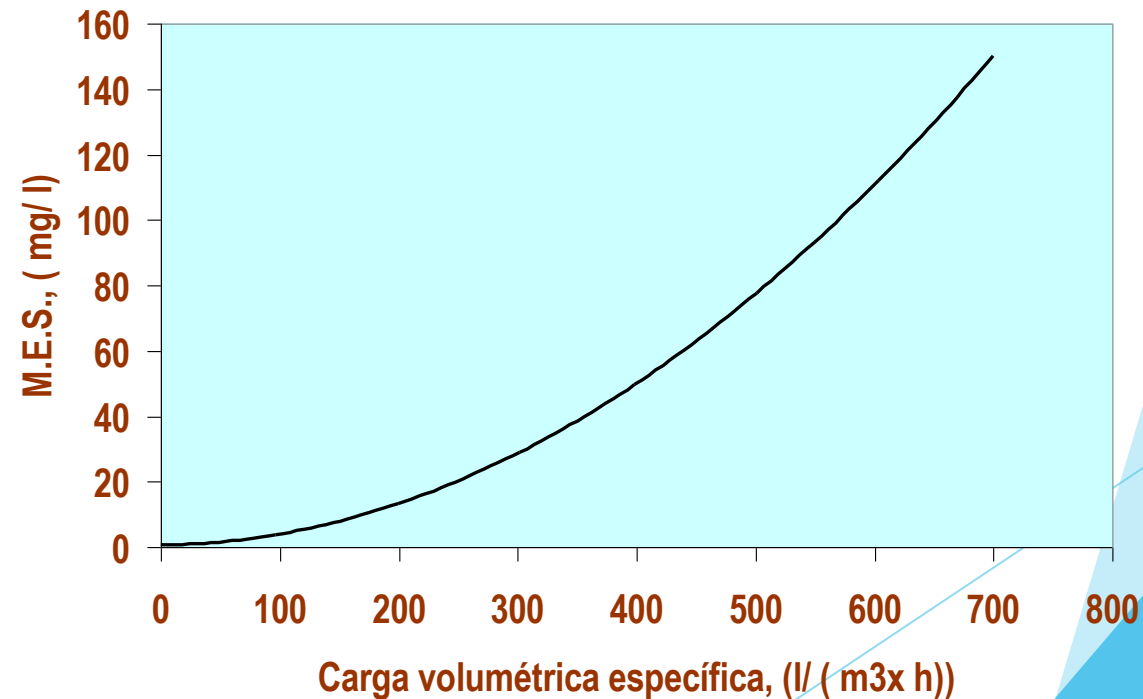
- Operación del decantador secundario.
- Esponjamiento ó bulking.
- Espumas ó foaming.
- De- floculación por choque tóxico.
- Des- nitrificación incontrolada.
- Alta carga de sólidos al decantador secundario.
- Pint- point floc.
- Crecimiento disperso.

# SEPARACIÓN LIQUIDO – SOLIDO (I).

Operación del decantador secundario.

$$C_{v, sv} = \frac{(Q + Q_{RE}) \times IVF_d \times SST_R}{V_{ds}} \left[ l / (m^3 \times h) \right]$$

M.E.S. de salida vs carga volumétrica específica



# SEPARACIÓN LIQUIDO – SOLIDO (II).

Operación del decantador secundario.

MasterClass  
patrocinada por:

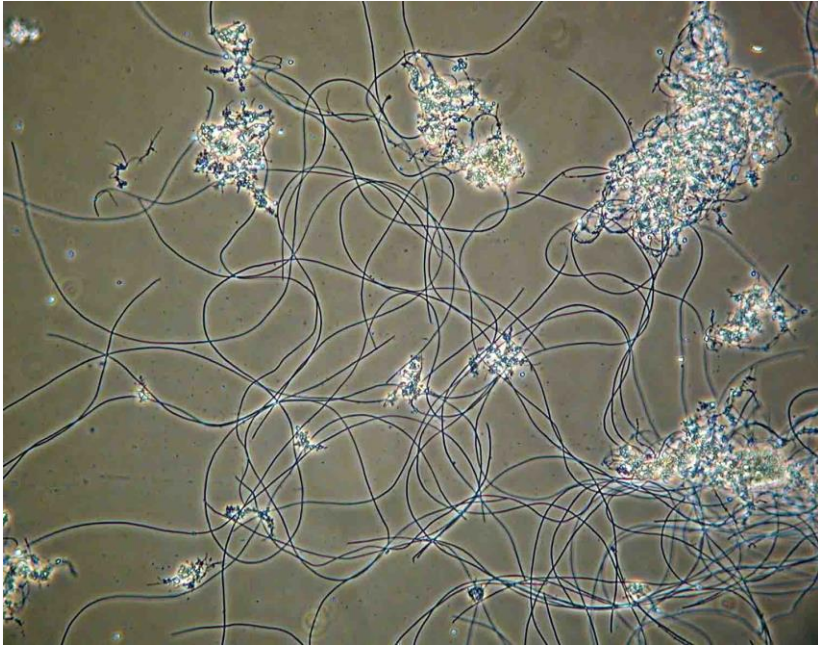
Endress+Hauser 



# SEPARACIÓN LIQUIDO – SOLIDO (III).

Causas asociadas.	Comentarios generales.
Esponjamiento ó bulking.	Filamentoso: debido a bacterias filamentosas extra floculares. No filamentoso: debido a zoogleas. Rectificar el equilibrio de DBO: N: P a 100: < 5: <1.
Espumas ó foaming.	Eclosión de bacterias filamentosas de carácter hidrófobo con separación por <u>flotación</u> de estas. Se produce acumulación en <u>superficie</u> de estos microorganismos que son producidos en el proceso pero que <u>no son eliminados</u> con los fangos en exceso como el resto de las especies, por no existir una buena solución técnica al problema.
De- floculación por choque tóxico.	Bajar la edad del fango de forma provisional, para recuperar el sistema.
Des- nitrificación incontrolada.	Des- nitrificar en el reactor biológico y no permitir más de 5 mgN- NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> / l en la entrada al decantador secundario.
Alta carga volumétrica específica en decantación secundaria.	Ajustar el funcionamiento a la gráfica de Billmeier ya vista.
Pint- point floc.	Propio de una alta MCRT. Bajarla si es necesario.
Crecimiento disperso.	Propio de baja edad de fango o puesta en marcha.

# ESPONJAMIENTO O BULKING.



- Eliminación de causas endógenas y exógenas.
- Disminución de M.C.R.T.
- Regulación de la carga volumétrica específica al decantador secundario.
- Comprobación del O<sub>2</sub>D.
- Selectores aeróbicos (anaeróbicos para *Micothrix parvicella*).
- Adición de reactivos (excepto *micoothrix parvicella*). Cloro en recirculación < 30 mgCl/ l. Dosis total: 5- 10 KgCl/ KgMLSS x día.

Tipo	Causas orientativas asociadas a su eclosión.
<i>Sphaerotilus natans</i>	BOD, DNP
T 1701	BOD
<i>Haliscomenobacter hidrossis</i>	BOD, DNP y BCO
T 0041	DNP, BCO
T 0675	DNP, BCO
T 1851	BCO
T 021 N	BOD, DNP , BCO y S
<i>Nostocoida limícola</i>	
<i>Micothrix parvicella</i>	BCO y GA
T 0581	BCO
T 0803	BCO
T 0092	BCO
T0961	BCO
T 0914	
<i>Beggiatoa</i>	S
<i>Thiothrix</i>	BOD, DNP y S

# ESPUMAS O FOAMING.



## Especies productoras.

T 1863.

Nocardiformes.

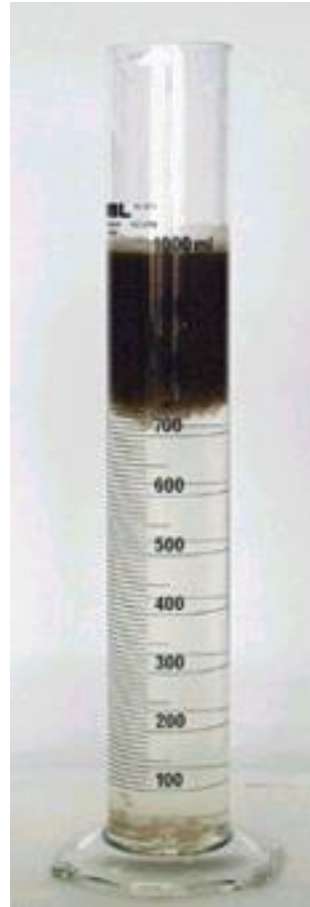
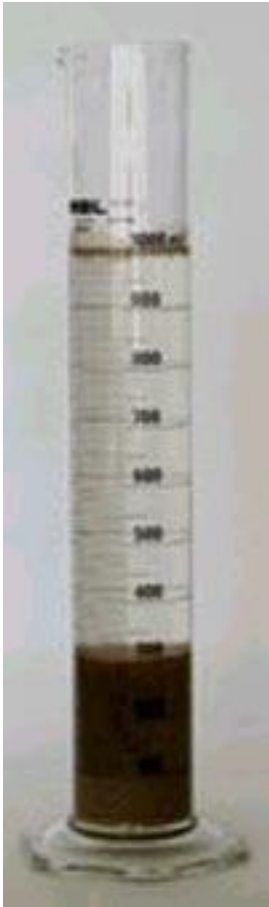
Microthrix parvicella.

- Eliminación de causas endógenas y exógenas.
- Disminución de M.C.R.T.
- Eliminación de confinamientos superficiales en reactores aeróbicos.
- Comprobación del  $O_2D$ .
- Selectores aeróbicos (anaeróbicos para *Microthrix parvicella*).
- Adición de reactivos (excepto *Microthrix parvicella*). Cloro en recirculación  $< 30 \text{ mgCl/ l}$ . Dosis total:  $5- 10 \text{ KgCl/ KgMLSS x día}$ .

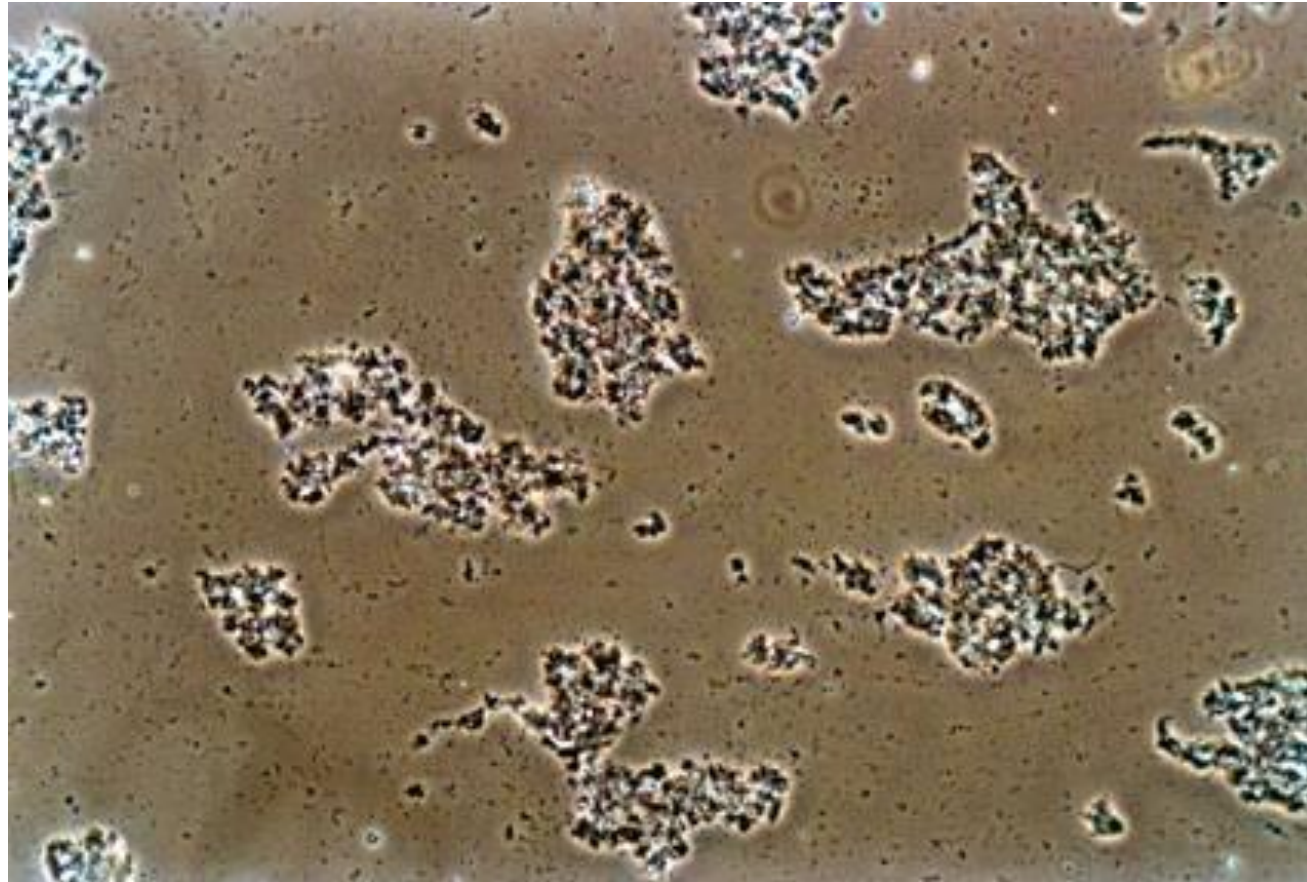
# DESNITRIFICACIÓN INCONTROLADA EN EL DECANTADOR SECUNDARIO.

**MasterClass**  
patrocinada por:

Endress+Hauser **EH**



# PIN POINT FLOC.

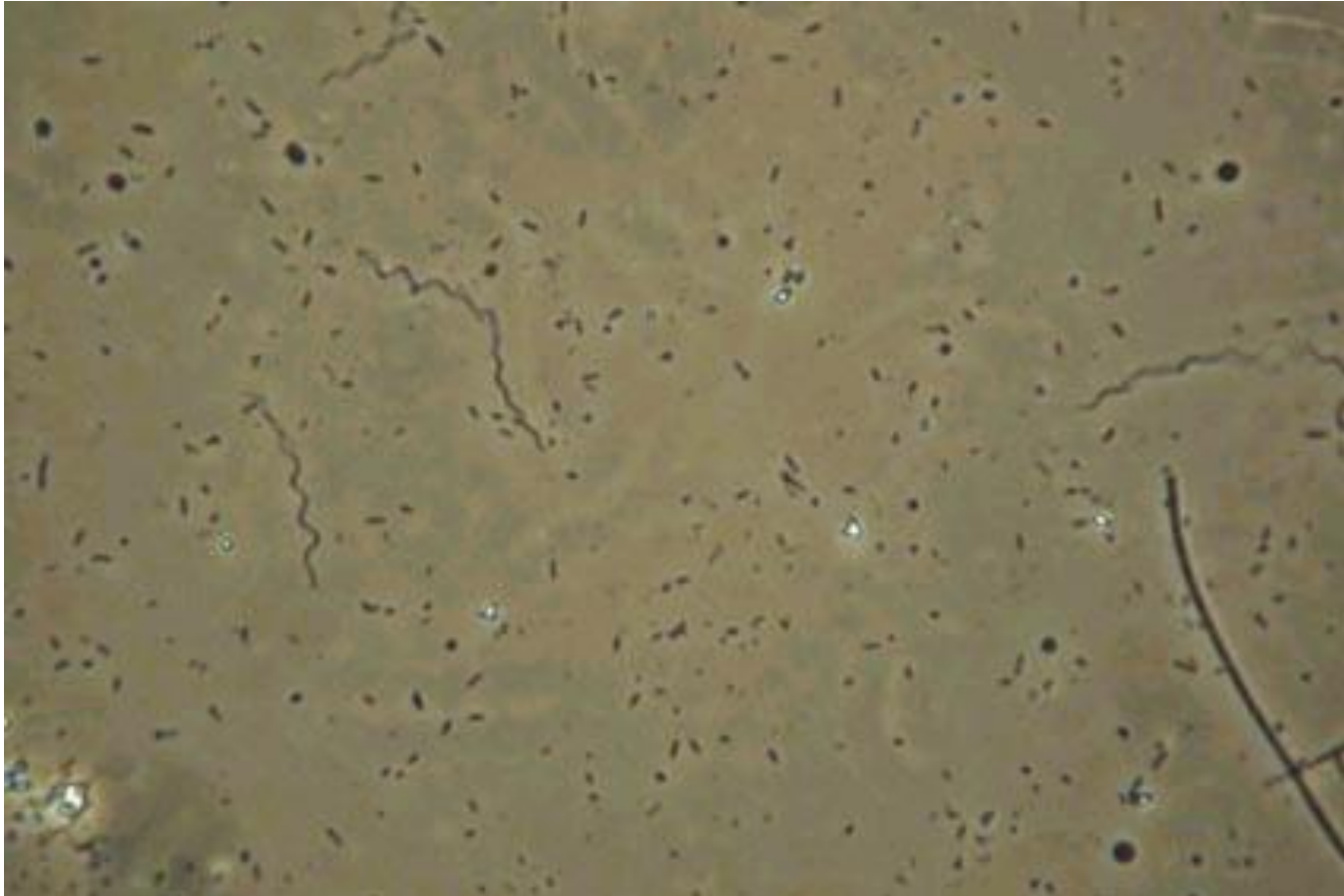


**MasterClass**  
patrocinada por:

Endress+Hauser 



# CRECIMIENTO DISPERSO.



**MasterClass**  
patrocinada por:

Endress+Hauser 

**MasterClass**  
patrocinada por:

Endress+Hauser 

**Muchas gracias  
por su atención.**

AGUASRESIDUALES.INFO



Ciclo de **20**  
**MasterClass**

AGUASRESIDUALES.INFO