

# **IV Jornada de Transferencia de Tecnología sobre Microbiología del Fango Activo**

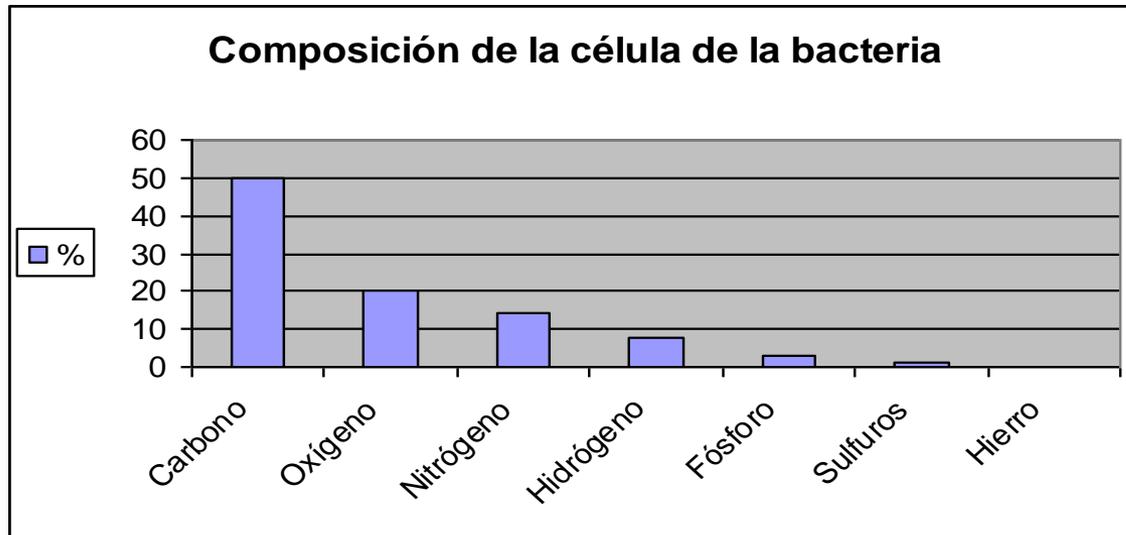
## **Determinación de la fracción de Nutrientes por Respirimetría**

**en procesos de depuración biológica aerobia**

**Emilio Serrano  
SURCIS, S.L.**

# El Papel de los Nutrientes en los Fangos Activos

Para el correcto desarrollo de la flora bacteriana de los fangos activos, la presencia de nutrientes como nitrógeno y fósforo es necesaria en adecuada proporción con el carbono.



Aunque los micro-nutrientes pueden jugar un importante papel en la formación de la biomasa, los macro-nutrientes **Nitrógeno y Fósforo son fundamentales.**

# Relación de Nutrientes recomendada

**C/N/P Aguas Urbanas**       $\Rightarrow$       **100: 5 : 1**

C/N/P Aguas Mixtas - Industriales       $\Rightarrow$       100 : 2,5 : 0,5

- C: DQO soluble biodegradable (DQOrb) de entrada a biológico.
- N: Nitrógeno Total
- P: Fósforo Total

**Cualquier relación debe tomarse a modo de guía  
y no como dato definitivo**

La relación definitiva la podemos obtener a partir de  
**Ensayos de Respirometría**

# **Control de la Fracción de Nutrientes**

El control de nutrientes puede pasar por los siguientes pasos:

- 1. Análisis de posible deficiencia de nutrientes**
- 2. Cálculo de la relación de nutrientes**
- 3. Cálculo de la carga de nutrientes**
- 4. Seguimiento**
- 5. Reajuste**

# Deficiencia de nutrientes

**El nitrógeno y fósforo son un factor limitante de la actividad biológica en caso de que no estén presentes en cantidad suficiente en el proceso de depuración biológica.**

# Indicadores que evidencian una falta de nutrientes

1. Concentración de nitrógeno inorgánico total y orto-fosfato en el efluente por debajo de 1 mg/l.
2. Bulking
3. IVF menor de 150 ml/g
4. Presencia de bacterias filamentosas.

En este caso, como filamentosas representativas podemos citar la proliferación del tipo Thiothrix I y II, tipo 021N y N. Limicola. Pueden coexistir *S. Natans*, *H. Hydrosis* y Tipos 0041 y 0675.

5. Fango viscoso y/o con espumas: con contenido de polímero extracelular.
6. Inhibición parcial o total del proceso de Nitrificación.

# Cálculo de la relación de nutrientes

1. **E** (%): Rendimiento de la DQO biodegradable.
2.  **$Y_{H.vss}$**  (mgVSS/mgDQOs): Coeficiente del rendimiento de crecimiento de la biomasa, referido a VSS
3. **Asumimos** que el contenido de N en la biomasa es del 12,3% y el contenido en P es del 20%. Con ello, para una eliminación de la DQO soluble biodegradable, el valor de  $Y_H$  es de 0,41. Con esta condición, la relación de las fracciones de nutrientes son las siguientes:

$$C : N : P = 41 / (E * Y_{H.vss}) : 5 : 1$$

**Bashaar Y. Ammary – 2004**  
**Nutrients requirements in biological wastewater treatment**

# Coeficiente observado de crecimiento de la biomasa ( $Y_{obs}$ )

Procedimiento:

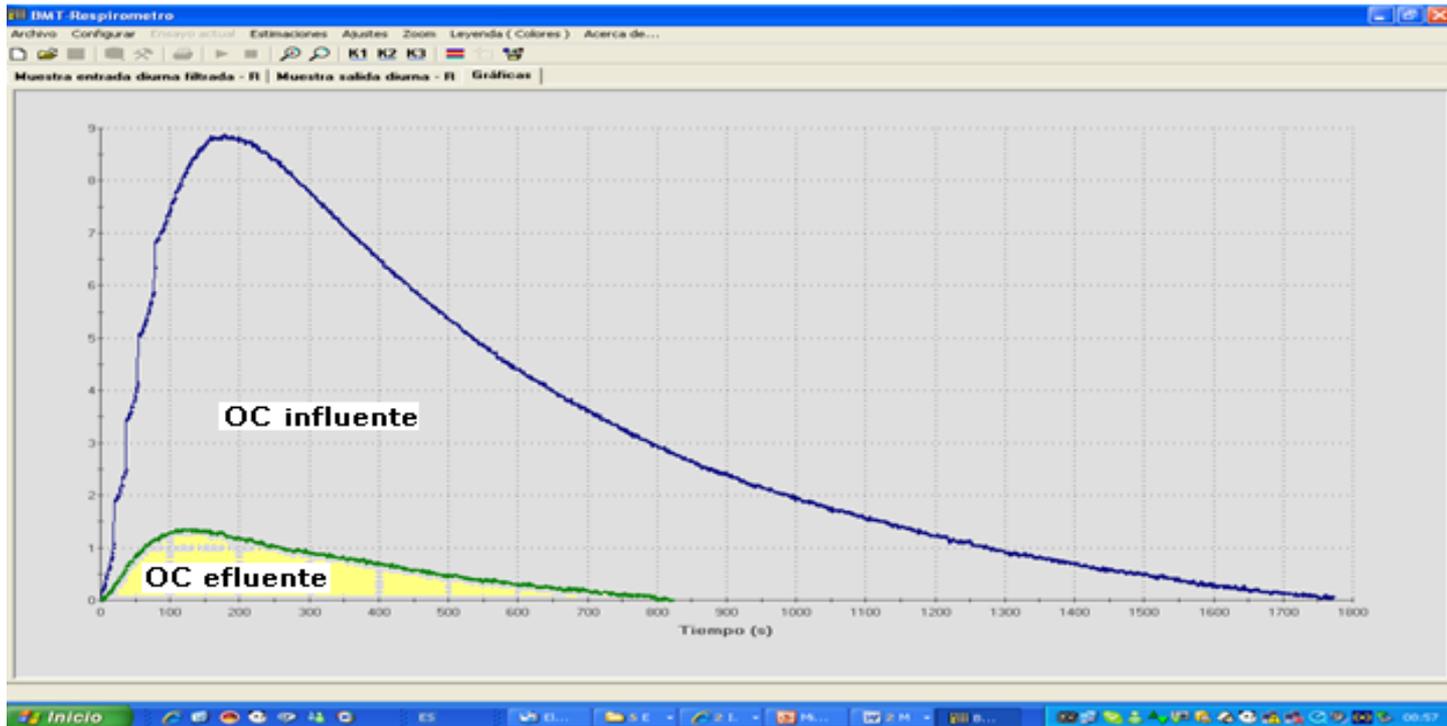
**1. Determinación de  $Y_{DQO}$**

**2. Cálculo de  $Y_{VSS}$**

**3. Cálculo de  $Y_{obs}$**

# 1. Determinación de $Y_{DQO}$

Respirogramas del oxígeno consumido (OC)



$$Y_{DQO}(\text{DQO } \{b\} / \text{DQOs}) = 1 - (\text{OC}_{in} - \text{OC}_{ef}) / \text{DQOs}_{eliminada}$$

## 2. Determinación de $Y_{VSS}$

$$f_{cv} = DQO / VSS = \Delta DQO \{b\} / \Delta VSS$$

$$f_{cv} = 1,42$$

K.C. Lindrea- The Activated Sludge Resource Book  
La Trobe University, Bendigo (Australia)

$$Y_{VSS} (VSS / DQOs) = Y_{DQO} / f_{cv}$$

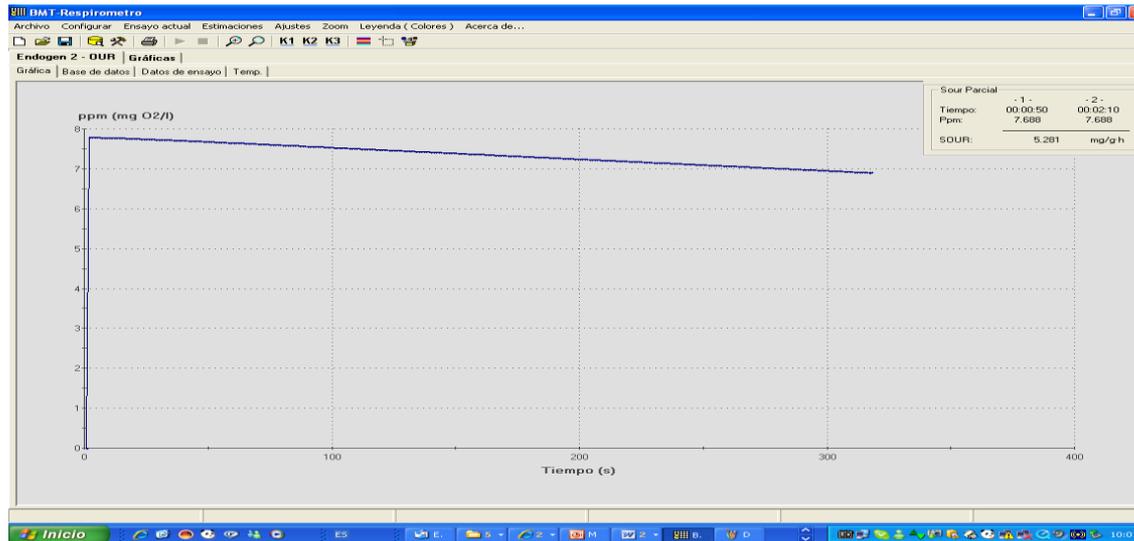
# 3. Cálculo de $Y_{obs}$

Fracción de MLVSS/día, oxidada en la respiración endógena

$$k_d = \text{SOUR end} / 1,42$$

Tratamiento de Aguas Residuales - R.S. Romalho

Respirograma SOURend



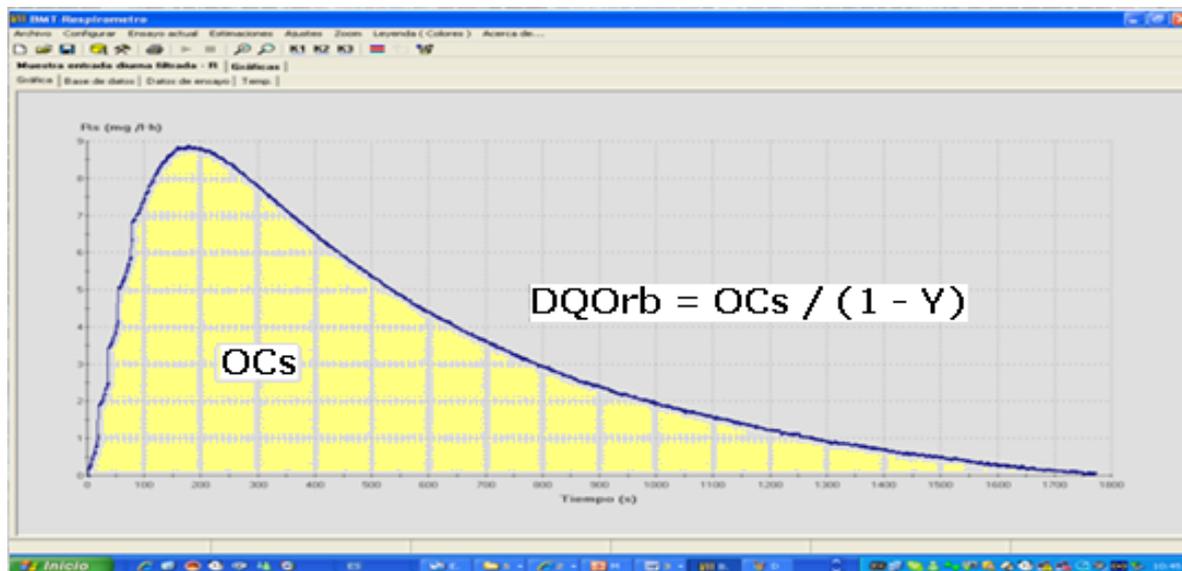
$$Y_{obs} \text{ (mg VSS/mg DQOs)} = Y_{vss} / (1 + k_d * \text{TRC})$$

TRC (d): Edad del fango

# DQO rápidamente biodegradable

La DQO soluble biodegradable se puede asociar a la fracción fácilmente biodegradable de la DQO que se calcula por Respirometría como **DQOrb**

## Respirograma de la DQOrb



$$DQOrb = OCs / (1 - Y)$$

OCs (mg/l): Oxígeno consumido

# Cálculo de la relación de nutrientes

## 1. Relación C : N

$$\rightarrow C : N = 5 * 41 / (E * Y_{obs})$$

$$\text{Carga DQOrb} : \text{Carga N} = 5 * 41 / (E * Y_{obs})$$

$$\text{Carga DQO (kg DQO/d)} = \text{Caudal (m}^3\text{/d)} * \text{DQOrb (kg/m}^3\text{)}$$

$$\text{Carga N (kg N/d)} = \text{Caudal (m}^3\text{/d)} * \text{N (kg/m}^3\text{)}$$

$$C : N : P = 41 / (E * Y_{obs}) : 5 : 1$$

## 2. Relación C : P

$$\rightarrow C : P = 41 / (E * Y_{obs})$$

$$\text{Carga DQOrb} : \text{Carga P} = 41 / (E * Y_{obs})$$

$$\text{Carga P (kg P/d)} = \text{Caudal (m}^3\text{/d)} * \text{P (kg/m}^3\text{)}$$

# Cálculo de la carga de nutrientes

## 1. Carga N

$$\rightarrow \text{Carga N} = \text{Carga DQOrb} * (\text{E} * \text{Yobs}) / 5 * 41$$

$$\text{Carga real N} = \text{Carga N} - \text{Carga N existente}$$

A efectos de cálculo se debe tener en cuenta lo siguiente:  
1 g de Urea corresponde 0,47 g de N

$$\text{Carga DQOrb} : \text{Carga N} : \text{Carga P} = 41 / (\text{E} * \text{Yobs}) : 5 : 1$$

## 2. Carga P

$$\rightarrow \text{Carga P} = \text{Carga DQOrb} * (\text{E} * \text{Yobs}) / 41$$

$$\text{Carga real P} = \text{Carga P} - \text{Carga P existente}$$

# Fuentes de nutrientes

## Fuente de nitrógeno

Normalmente se usa la **UREA**.

Se recomienda dosificarla en cabecera de planta con el fin de permitir un tiempo suficientemente largo como para que la enzima Ureasa (presente en el licor-mezcla) la pueda hidrolizar y dar paso a la formación de aminas que subsecuentemente serán utilizadas por las bacterias.

**1 g de Urea corresponde 0,47 g de N**

## Fuentes de fósforo

Los más utilizados son los siguientes:

- **Una mezcla 50/50 % de  $\text{PO}_4\text{K}_2\text{H}/\text{PO}_4\text{KH}_2$**
- **$\text{PO}_4\text{H}_3$**  (con control de pH)

**1 g de orto P corresponde a 0,33 g de P**

# Seguimiento

Si importante es el cálculo de la fracción de nutrientes, no menos importante es el seguimiento de la reacción del proceso ante un restablecimiento de la relación de nutrientes.

El seguimiento debe aplicarse a los siguientes puntos:

## Laboratorio

- P y N en el efluente

## Proceso

- Condiciones

## Respirometría:

- Parámetros operativos
- Actividad en la biomasa

## Microbiología

- Bioindicación

- **N y P en efluente entre 1 y 2 mg/l**

**Se trata de un indicador práctico con un nivel de seguridad que nos puede demostrar que la biomasa a hecho uso de nutrientes en la medida de sus necesidades.**

**Unos niveles por debajo de 1 y/o 2 mg/l o ausencia de N y/o P nos puede indicar una deficiencia de Nutrientes.**

**Un exceso de N y/o P nos puede indicar un exceso de nutrientes, o una falta de asimilación.**

## Proceso

## Condiciones

De poco nos pueden servir los cálculos de las fracciones de nutrientes y su aplicación, si las condiciones del proceso no son las adecuadas.

- pH
- Oxígeno Disuelto
- Temperatura

...

## Edad del Fango (TRC)

- Para la eliminación de la DQO biodegradable debe guardar una relación con la F/M

$$1/\text{TRC} = Y * F/M - kd$$

Se determinan por Respirometría

- Para la Nitrificación, TRC debe situarse por encima de un valor mínimo establecido

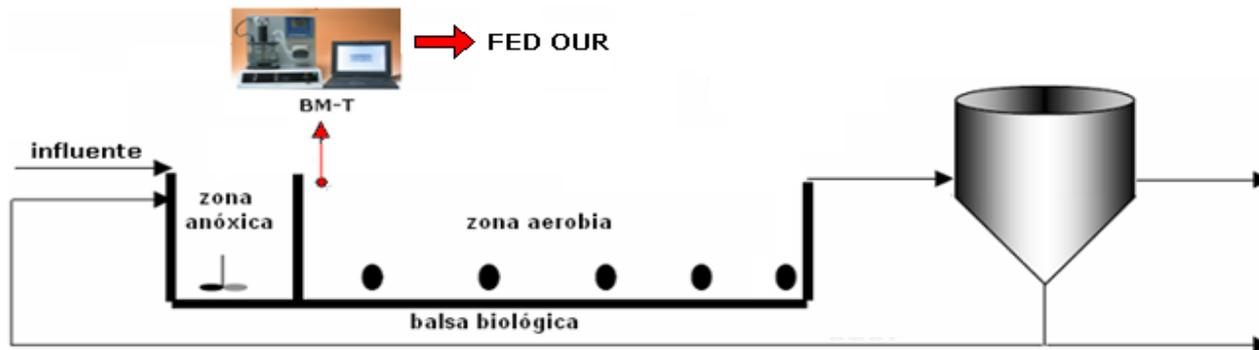
$$\text{TRC min} = 1 / (\mu_A - kd)$$

Se determinan por Respirometría

$\mu_A$ : Tasa de crecimiento máxima de la biomasa autótrofa (nitrificantes)

## Carga Másica (F/M)

- Debe ajustarse al tipo de proceso
- No debe ser superior a la velocidad de eliminación del sustrato

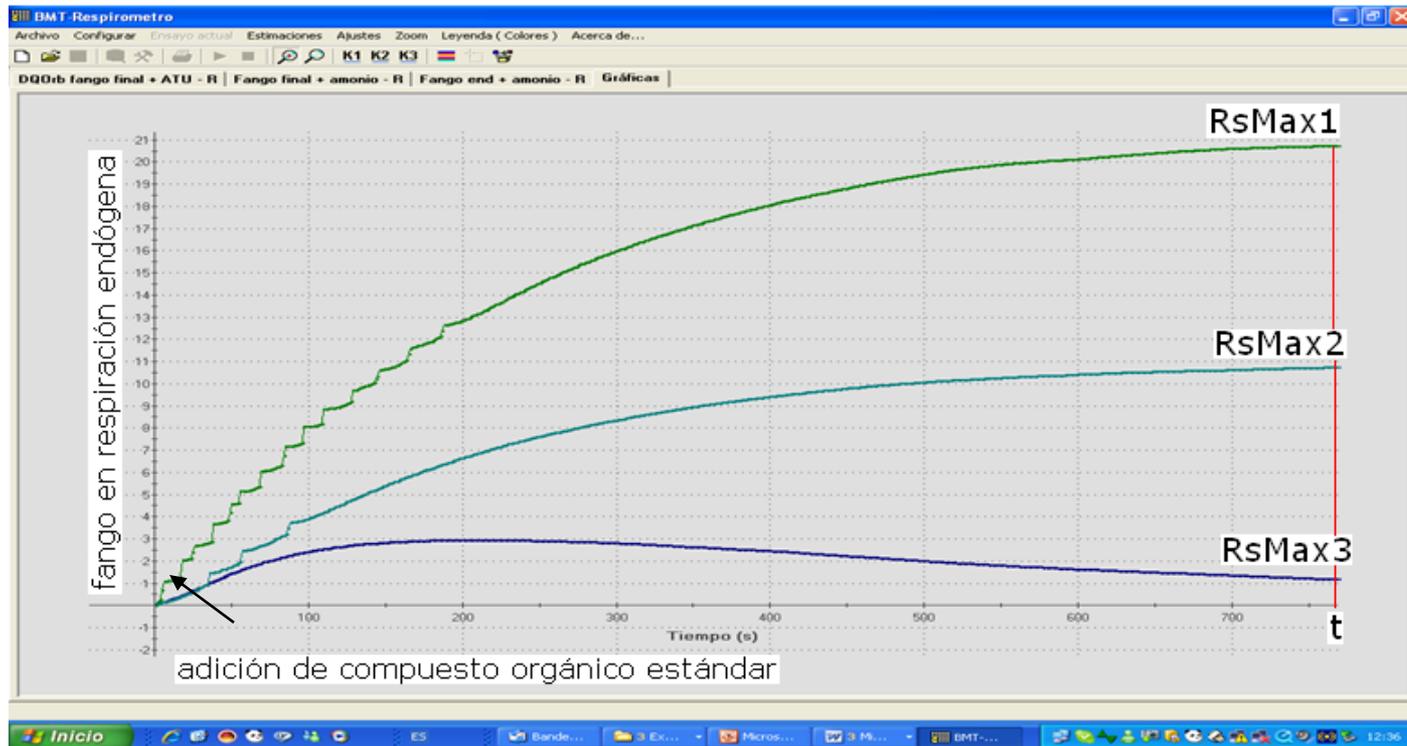


$$\mathbf{FED\ OUR_s} \text{ (mg O}_2\text{/l.h)} > \mathbf{K * F/M}$$

Se determina por Respirometría

- Debe ser coherente con TRC

Mediante la utilización de muestras estándar, por ensayos de respirometría periódicos, podemos valorar la evolución de la actividad de la biomasa por medio del análisis de la tasa de respiración máxima para un determinado tiempo.



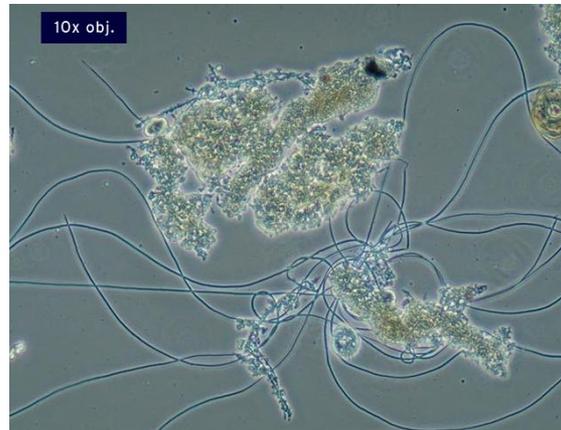
Con la restauración de la relación de nutrientes, la densidad de bacterias filamentosas indicativas de una deficiencia de nutrientes debe ir disminuyendo.

## Thiothrix



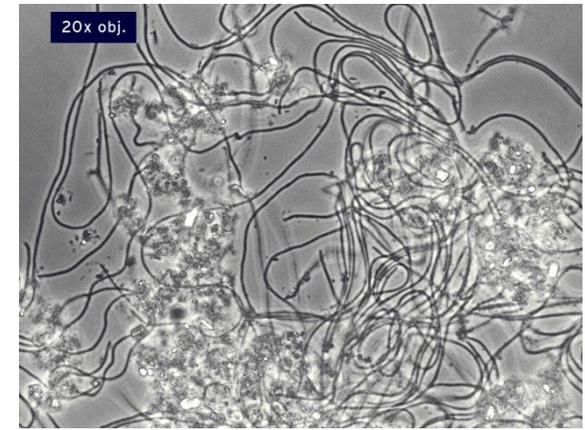
- Deficiencia de N y P
- Deficiencia de oxígeno
- F/M > 0,1

## Tipo 021N



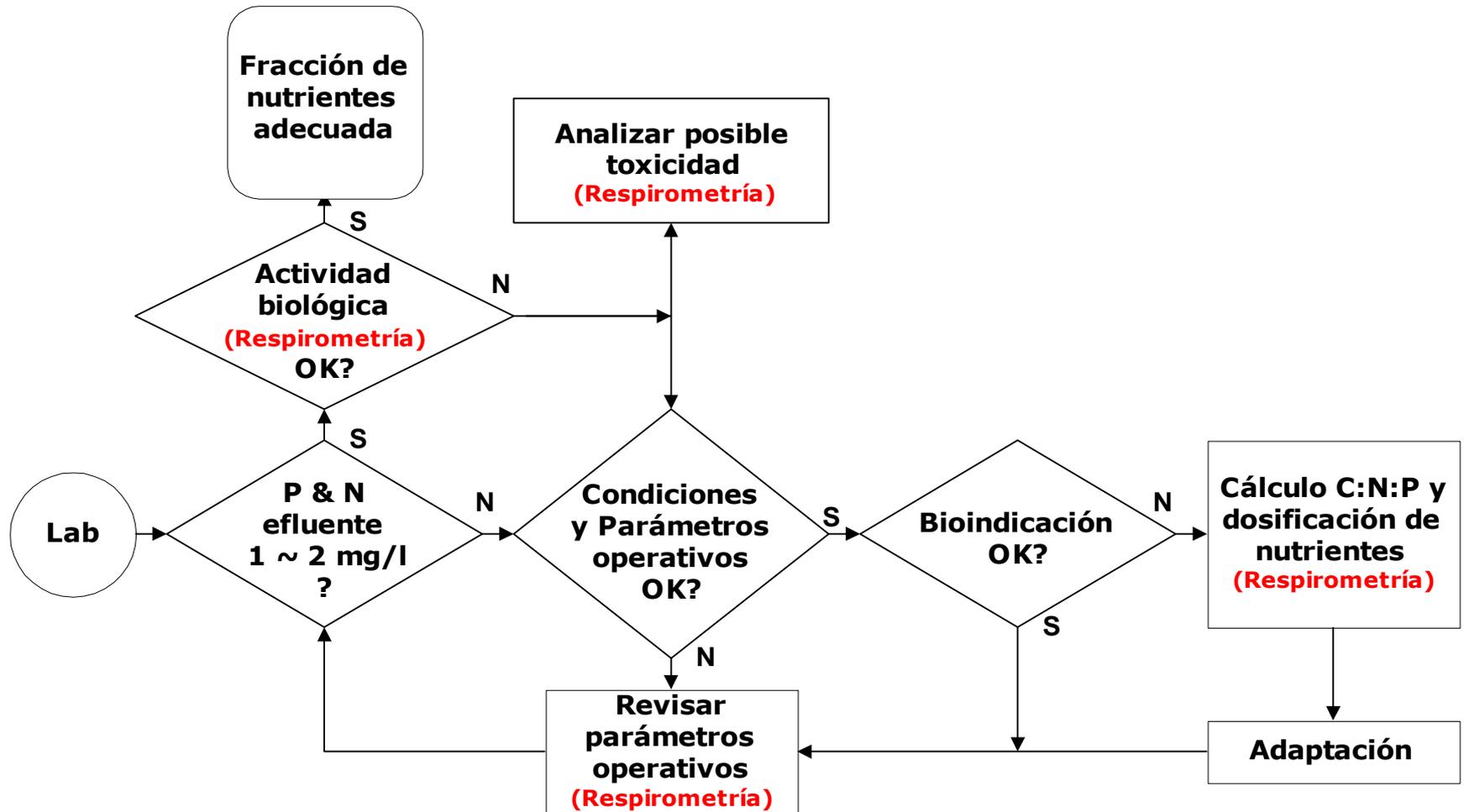
- Deficiencia de nutrientes
- Deficiencia de oxígeno
- Presencia ácidos grasos
- ...

## Nostocoida Limicola



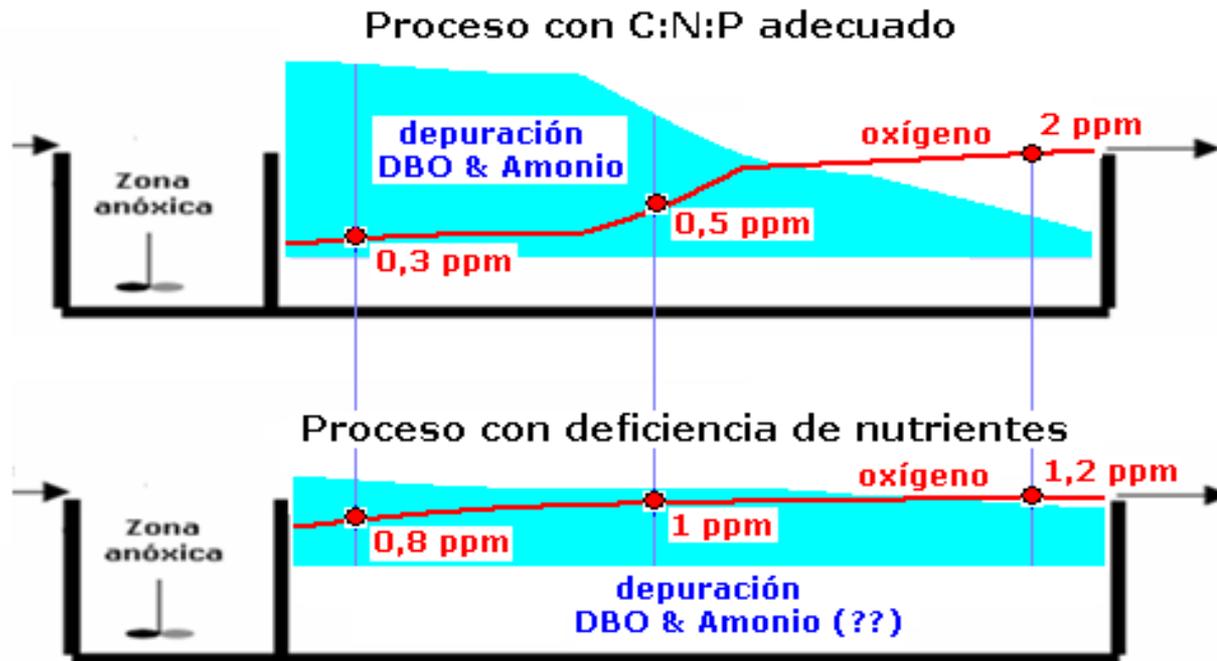
- Deficiencia de Carbono
- F/M excesivamente baja
- ...

# Protocolo de actuación en el fraccionamiento de Nutrientes



# Una relación equilibrada de nutrientes es un factor importante en la optimización de la energía

Cuando se reduce la actividad biológica por causa de una deficiencia de nutrientes, el oxígeno en una buena parte de las balsas se mantiene más elevado de lo normal y puede crear un control incoherente en el sistema de aireación.



# Conclusiones

- **El desequilibrio y deficiencia de nutrientes representa un alto factor de probabilidad para la aparición del bulking, inhibición de la nitrificación y sensible reducción de la actividad biológica.**
- **La Respirometría es una herramienta fundamental para la determinación de la correcta revisión de la relación de nutrientes.**
- **La Bioindicación microscópica constituye un complemento decisivo para la confirmación del correcto fraccionamiento de nutrientes.**
- **Un proceso que trabaja con una relación equilibrada de nutrientes da coherencia a la optimización de la energía utilizada en el sistema de aireación.**

# **SURCIS, S.L.**

Encarnación, 125

08024 Barcelona (Spain)

Tel. +34 932 194 595

E-mail: [eserrano@surcis.com](mailto:eserrano@surcis.com)

Web: [www.surcis.com](http://www.surcis.com)