

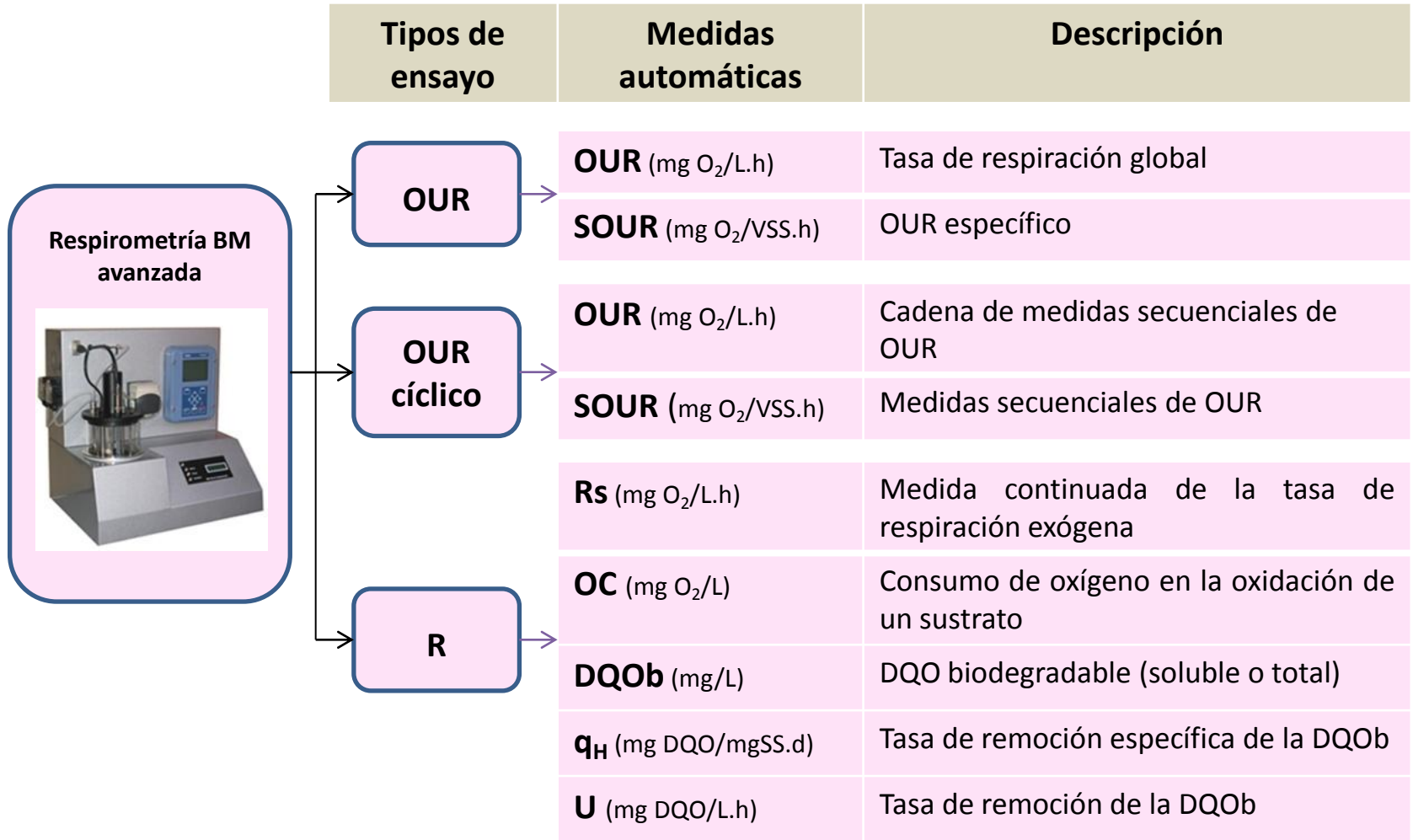
**CASOS DE ESTUDIO  
DE INHIBICIÓN – TOXICIDAD  
EN PROCESOS DE FANGOS ACTIVOS**

**Respirometría**

***SURCIS S.L.***

# Modos de trabajo en respirometría BM

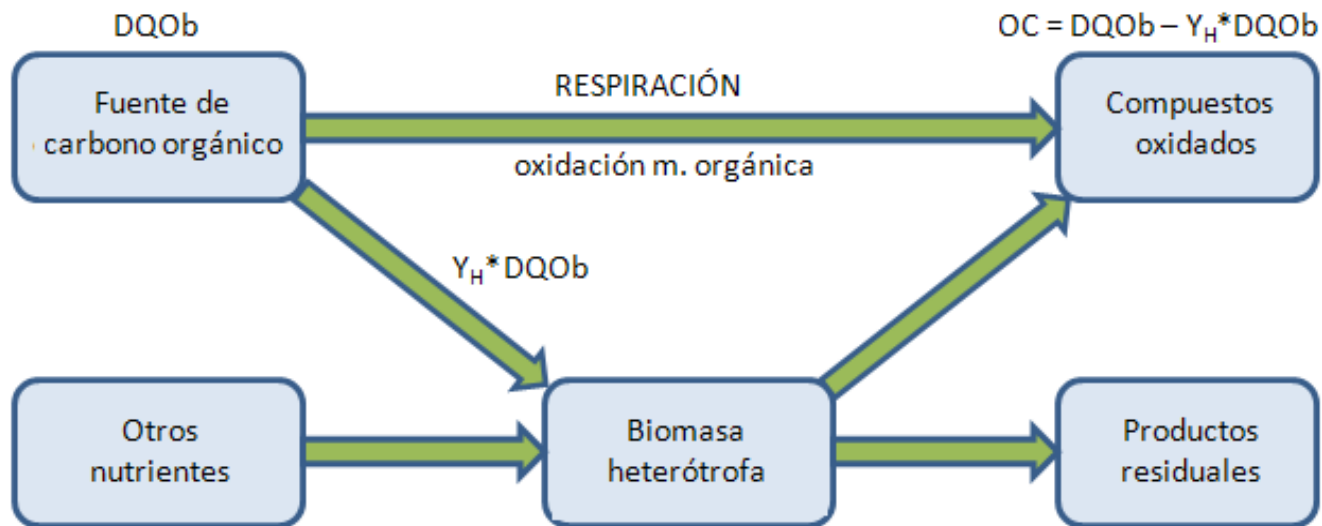
La respirometría debe operar bajo un software avanzado que le permite operar con diferentes modos de trabajo.



# Coeficiente estequiométrico en b. heterótrofa ( $Y_H$ )

$Y_H$ : Tanto por uno de la DQO biodegradable que se utiliza en el crecimiento de la biomasa heterótrofa. Su rango de normalidad suele situarse entre 0,6 y 0,8  $O_2/DQO$ .

Relacionado con los VSS formados ( $/1,42$ ), indica la biomasa que se forma por unidad de DQO oxidada.



DQOb: DQO biodegradable (mg/L)

OC: Oxígeno efectivo consumido en la oxidación de la materia orgánica

**Cuando  $Y_H < 0,6$  mg  $O_2$ / mg DQO**

→ Bajo crecimiento de biomasa

→ Posible inhibición o toxicidad global

→ Deficiencia o ausencia de protozoos en el fango

# Inhibición / Toxicidad por Respirometría BM

***SURCIS S.L***

# Conceptos Inhibición y Toxicidad

## Inhibición

Concepto global por sensible reducción de la actividad biológica

## Toxicidad

Inhibición + Efecto letal en los microorganismos

**En resumen** podríamos decir que cuando se reduce la actividad biológica por influencia de las condiciones o compuesto se produce una Inhibición y esta inhibición pasa a ser Toxicidad cuando el efecto es letal y la pérdida de biomasa activa existente es irre recuperable.

# **Selección casos de estudio de Inhibición & Toxicidad Interlaboratorios GBS**

***SURCIS S.L***

**2º Interlaboratorio GBS 2010**

**Inhibición parcial de la nitrificación  
por pH bajo**

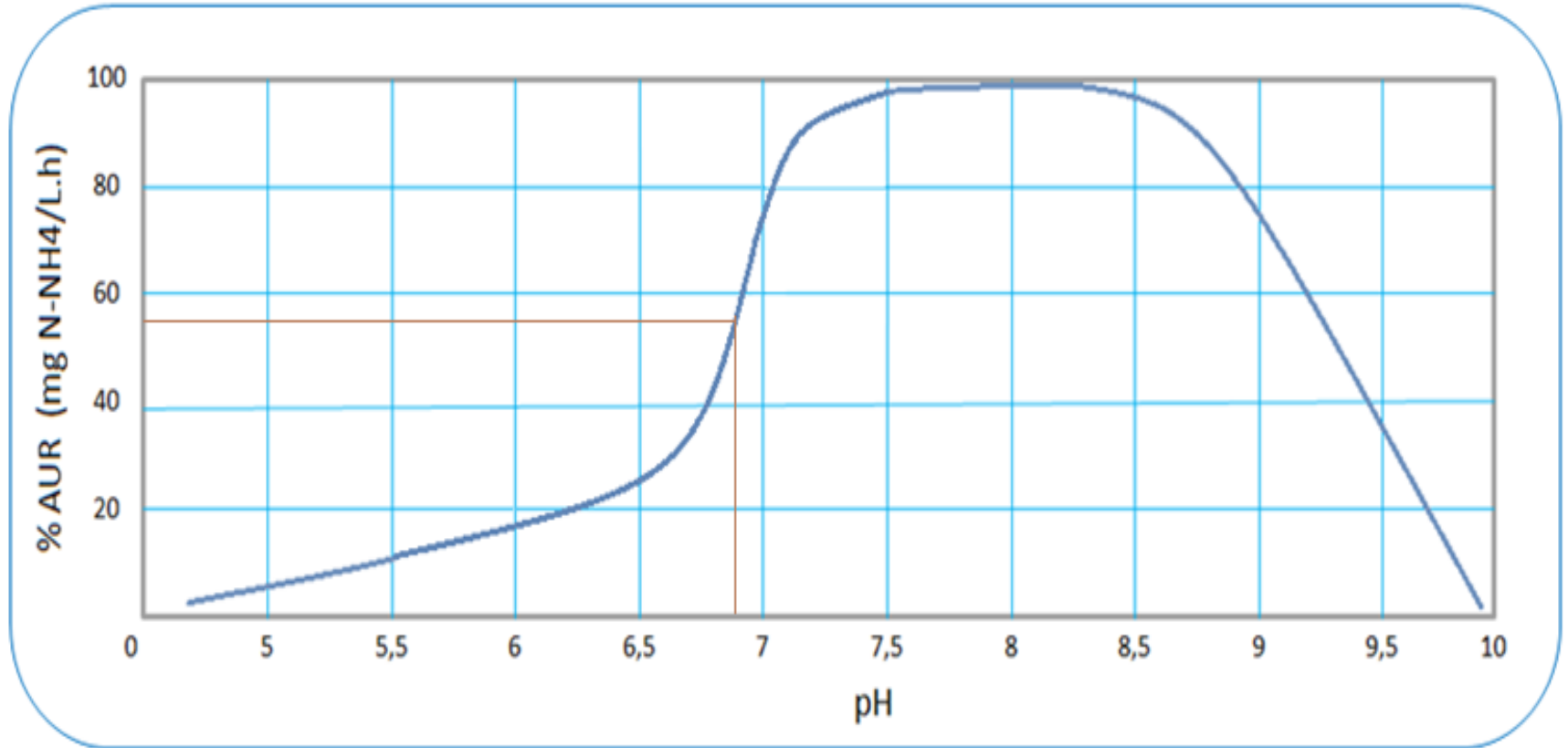
***SURCIS S.L***

# Datos del proceso

Parámetro (valor medio)	Modo / Valor
Tipo de proceso	Canal de oxidación
Nitrificación / Desnitrificación	<u>SI/SI</u>
<b>pH</b> medio en zona de Nitrificación	<b>6.77</b>
Temperatura actual media en el biológico	19
<b>Amonio</b> (mg/l) medio de entrada / Salida	<b>35±5/15±5 mg/l</b>
MLSS / MLVSS (mg/l) medio del fango actual	2000/1350
Tiempo (h) medio de Retención Hidráulica dedicada a la Nitrificación	35
F/M: Carga Másica	0.02 ~ 0,03
<b>Oxígeno Disuelto</b> en biológico	<b>2</b>
En caso de que los fangos presenten espumas: color	Marrón oscuro



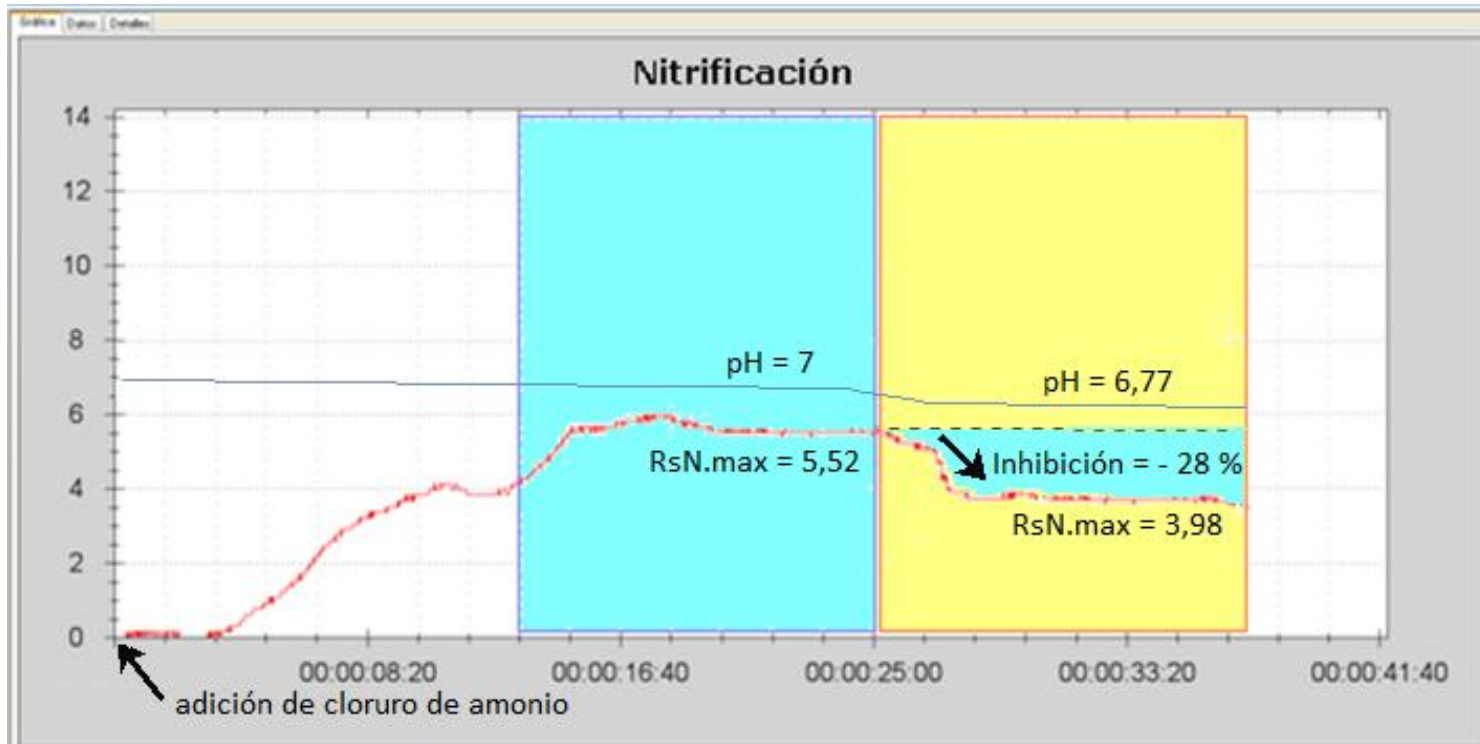
# Influencia del pH en la Tasa de Nitrificación



AUR: Tasa de Nitrificación (mg N-NH<sub>4</sub>/l.h)

# Tasa de respiración por nitrificación ( $R_{sN}$ )

Analizamos el comportamiento de la nitrificación con la referencia de un pH 7 del que ya sabemos que nos da un buen rendimiento



## Análisis

$R_{sN}(\text{pH } 6,77) \ll R_{sN}(\text{pH } 7) \rightarrow$  Inhibición relativa de la tasa de nitrificación

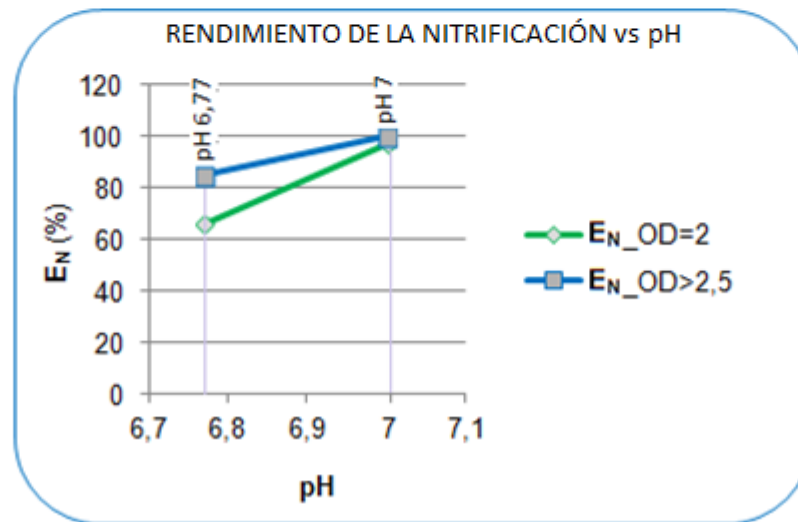
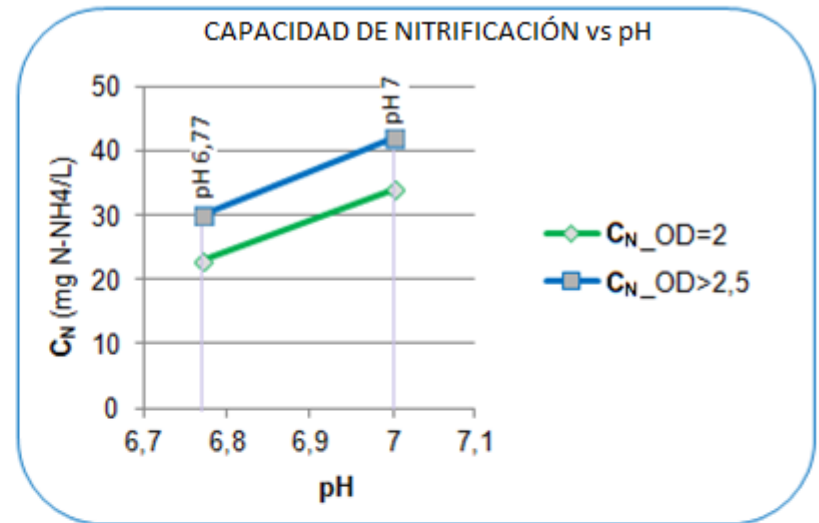
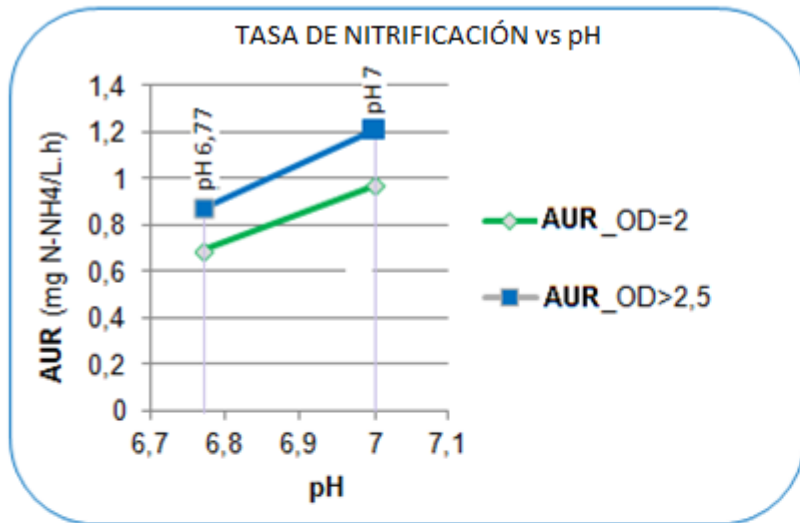
# \* Resumen resultados derivados de los $R_{sN}$ a pH 6,77 y 7 para valores de OD = 2 ppm y OD $\geq$ 2,5 ppm

pH 6,77				pH 7			
	AUR	$C_N$	$E_N$		AUR	$C_N$	$E_N$
OD = 2 ppm	0,69	23	66	OD = 2 ppm	0,97	34	97
OD $\geq$ 2,5 ppm	0,87	30	85	OD $\geq$ 2,5 ppm	1,21	42	100

**OD: Oxígeno Disuelto (ppm)**  
**AUR** : Tasa de nitrificación (mg N-NH<sub>4</sub>/L.h)  
 **$C_N$**  : Capacidad de nitrificación (mg N-NH<sub>4</sub>/L)  
 **$E_N$**  : Rendimiento estimado de la nitrificación (%)

Aquí se demuestra que, en caso de no poder subir el pH  $\geq$  7, para incrementar el rendimiento hay que subir el oxígeno a 2,5 ppm

# Parámetros de la Nitrificación a pH 7 y 6,77 operando a OD > 2,5 ppm y OD = 2 ppm



# Conclusiones

1. El nivel de pH a 6,77 se puede considerar como de efecto inhibitorio vs pH 7 en la actividad nitrificante.
2. Con el pH medio actual el rendimiento aproximado es del 66%
3. Simplemente con la subida del pH al valor 7 de referencia, la capacidad de nitrificación sería suficiente para trasladar el rendimiento del 66 al 97%
4. Por Respirometría se demuestra que la forma de paliar el bajo rendimiento de la nitrificación, conservando el pH actual, sería la de subir el nivel de oxígeno disuelto a valores iguales o superiores a 2,5 ppm.

**2º Interlaboratorio GBS 2012**  
**Inhibición producida**  
**por el agua residual**

***SURCIS S.L.***

# Descripción del problema

La línea de fangos se opera de modo que el fango deshidratado salga de centrifuga con una sequedad para que sea auto-combustible y para ello se controla la mezcla de fango primario y secundario ambos espesados.

El humo se depura en un lavador de gases tipo scrubber cuyas purgas van directamente a cabeza sin tratamiento, con elevados valores de sulfatos y sulfitos, que aportan gran **septicidad** al agua a tratar de nuevo en la EDAR.

Como consecuencia del complejo tratamiento del agua (influyente + retornos), el fango activo presenta siempre una importante **defloculación** y **poca densidad de protozoos** y solo se llega a oxigenar bien, con bajas cargas influentes, se empieza a observar correcta floculación.

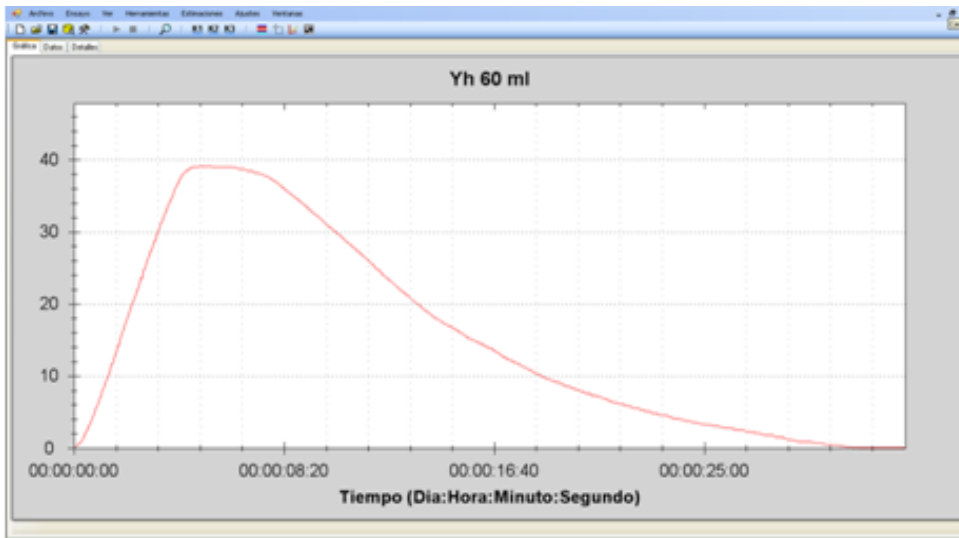
# Datos del proceso

Parámetro (valor medio)	Modo / Valor
Tipo de proceso	Contacto – estabilización
Nitrificación	No
Temperatura actual media en el biológico / día / noche	23 °C
MLSS / MLVSS (mg/l) medio del fango actual	2.86 g/l y 85,4 % MV
$\Theta$ media: Edad del Fango (d)	3 d
F/M: Carga Másica	0.24 DBO <sub>5</sub> / MLSS.d
IVF (mg/l) media	93 mg/l
Oxígeno Disuelto en biológico inicio – medio – final	1 ppm – 0.8 ppm y 0.3 ppm





# Coeficiente estequiométrico ( $Y_H$ ) y tasa de utilización del sustrato de referencia ( $q_H$ )



Resultados		Resultados	
OD (ppm)		OD (ppm)	
T. (°C)		T. (°C)	
pH		pH	
Rs (mg/l.h)		Rs (mg/l.h)	
Rsp (mg/g.h)		Rsp (mg/g.h)	
OC (mg/l)		OC (mg/l)	
DQOb (mg/l)		DQOb (mg/l)	
		U (mgDQOb/l.h)	
		<b>q (mgDQOb/mgVSS.d)</b>	
Último valor :	147,1	Último valor :	0,18
Máximo :	147,1	Máximo :	1,06
Promedio :	130,18	Promedio :	0,45

$$Y_{H.DQO} = 1 - OC / DQO_{ac} = \mathbf{0,5} \text{ (O}_2\text{/DQO)}$$

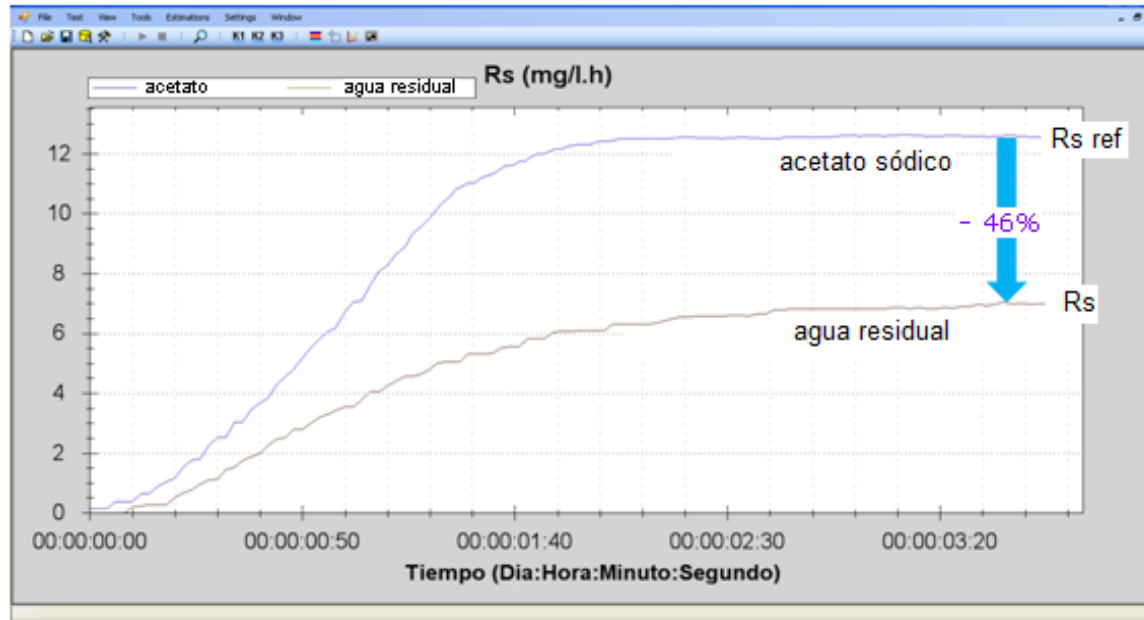
$$q_{H.ref} \text{ medio} = 0,45 \text{ mg DQOs / (mg SSV.d)} \approx \mathbf{0,63} \text{ mg DBO / (mg SS.d)}$$

## Análisis

$Y_H$  está algo bajo para un rango habitual (0,6 – 0,8) → Bajo crecimiento biomasa  
 $q_H >$  Carga Másica → No hay toxicidad

# Confirmación de la Inhibición por el agua residual

Asumimos que la tasa de respiración máxima en el acetato sódico de DQO equivalente corresponde al 100% de actividad normal en la biomasa; y que el % de descenso del valor de la tasa de respiración máxima en el agua residual respecto al valor de referencia representa el % de inhibición.



$$I = 100 * (Rs_{[\text{acetato}]} - Rs_{[\text{agua residual}]} ) / Rs_{[\text{acetato}]} \approx 46 (\%)$$

## Análisis

**Rs.ref normal** → No hay toxicidad

**Rs << Rs.ref** → Inhibidor en el agua residual




# Conclusiones

1. Un  $R_s$ .ref normal nos indica que la actividad de los microorganismos es normal
2. El hecho de que la  $R_s$  (agua residual) sea muy inferior a la  $R_s$ .ref nos confirma que existe una inhibición provocada por el agua residual
3.  $Y_H = 0,5$  confirma que los microorganismos presentan un bajo nivel de crecimiento debido al efecto del agua residual y probablemente con una gran influencia del bajo nivel de oxígeno disuelto.
4. Con la  $Y_H < 0,6$  y actividad normal con sustrato estándar se confirma la causa de la poca densidad de protozoos

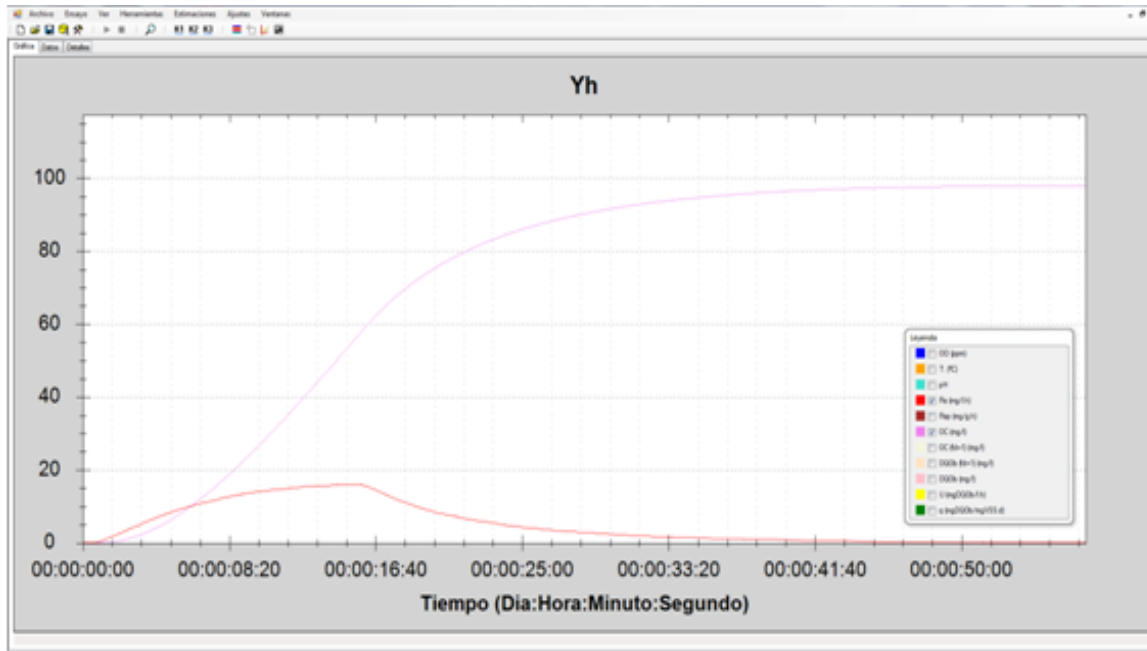
**1<sup>er</sup> Interlaboratorio GBS 2015**  
**Baja actividad**  
**por presencia de DQO recalcitrante**

***SURCIS S.L***

# Datos del proceso

Parámetro (valor medio)	Modo / Valor
Tipo de proceso	4 balsas paralelas con turbinas. Flujo pistón
Nitrificación	No
 Zona anóxica	37% - sólo agitación para evitar sedimentación
Temperatura actual media	15 °C
DQO media de entrada	444 mg/L
MLSS / MLVSS	1800 mg/L / 1422 mg/L
$\theta$ media: Edad del Fango (d)	5 d
 IVF (mg/l) media	160 mg/l
Oxígeno Disuelto en biológico	3 ppm (al final de la balsa)
 Grasas - Aceites	Sí
Espumas	Sí – Color marrón

# Coeficiente estequiométrico ( $Y_H$ )



Resultados

Selecciona el tipo de datos de la siguiente lista para ver todos sus resultados :

- OD (ppm)
- T. (°C)
- pH
- Rs (mg/l.h)
- Rsp (mg/g.h)
- OC (mg/l)**
- OC (fd=1) (mg/l)
- DQOb (fd=1) (mg/l)
- DQOb (mg/l)
- U (mgDQOb/l.h)
- q (mgDQOb/mgVSS.d)

Primer valor : 0

Último valor : 97,84

Mínimo : 0

Máximo : 97,84

Promedio : 85,27

$$Y_{H.DQO} = 1 - OC / DQO_{ac} = \mathbf{0,67} \text{ (O}_2\text{/DQO)}$$

## Análisis

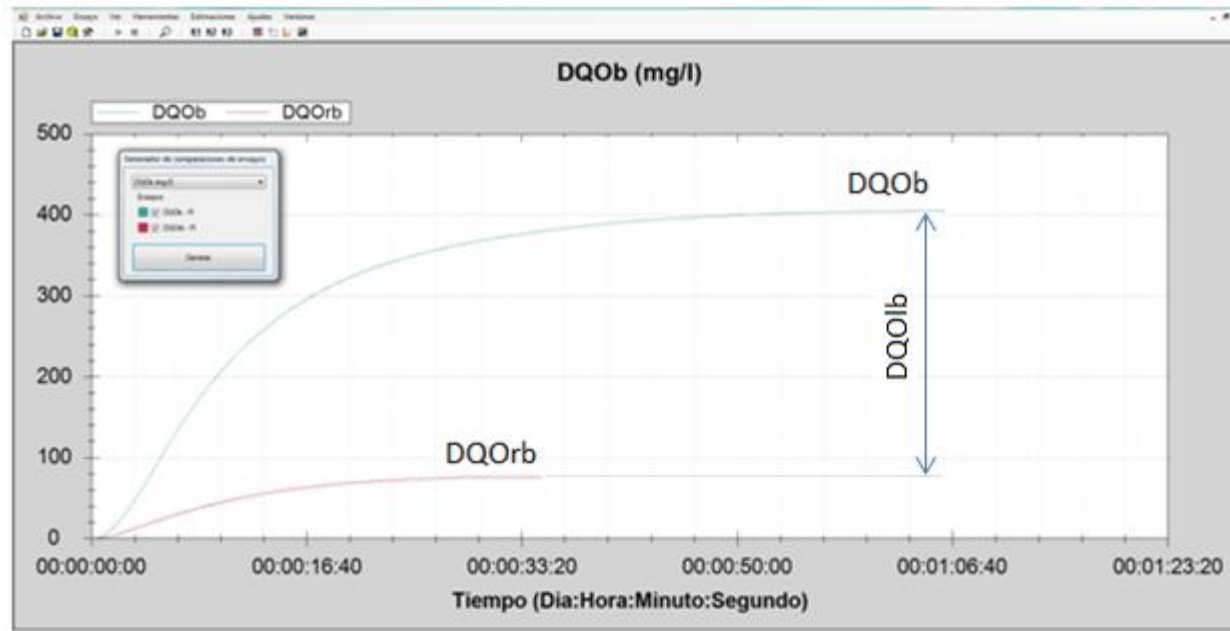
$Y_H$  normal (rango 0,5 – 0,8)

→ Reproducción normal de la biomasa

→ Confirmación de que la biomasa activa no se encuentra afectada por toxicidad

# Porcentaje DQO lentamente biodegradable en DQO (% DQOlb)

Por medio de ensayos R determinamos la DQOb y DQOrb y sus porcentajes en la DQO total.



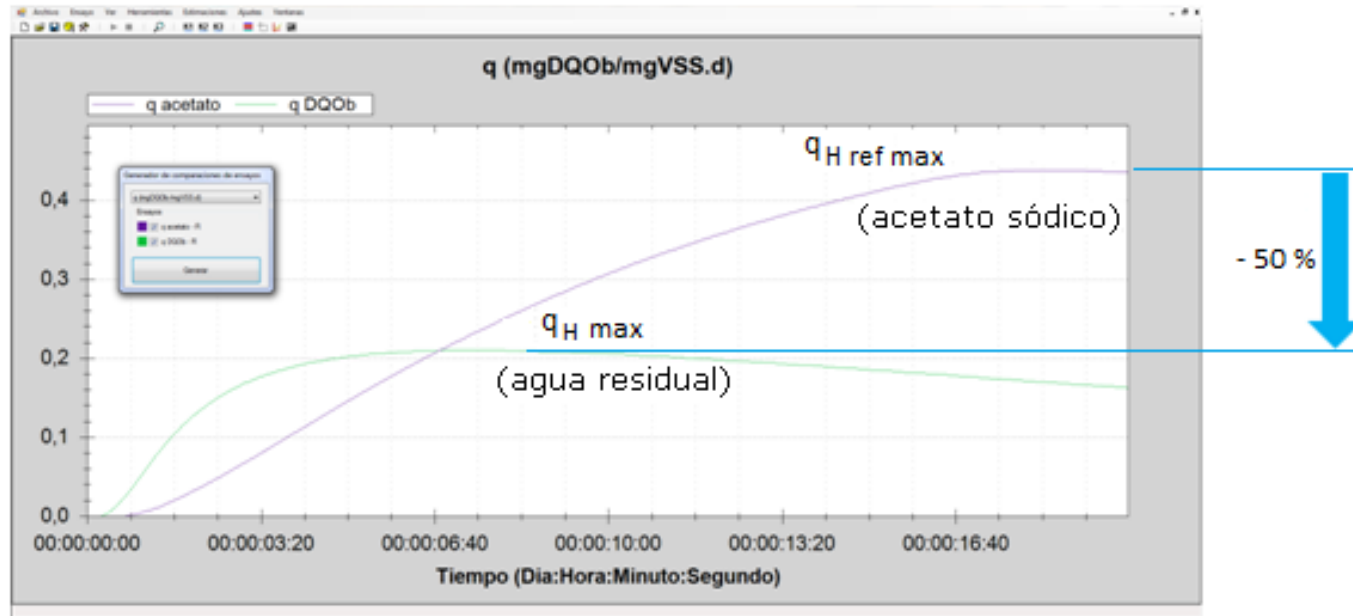
$$\% \text{ DQOlb} = \% \text{ DQOb} - \% \text{ DQOrb} = \mathbf{73}$$

## Análisis

**73 % de DQOlb >> rango habitual (40 – 65 % de la DQO)**

→ Presencia de elevada DQO recalcitrante (DQOlb)

# Comparación de la tasa de utilización máxima de la DQO del agua residual con la de un sustrato estándar



## Análisis

$$q_H \ll q_{H \text{ ref max}}$$

- Confirmación de que la baja actividad y ralentización de la degradación de la DQO proviene del agua residual y no de la biomasa del fango activo.
- El efecto de una baja actividad biológica es debido al elevado porcentaje de DQOlb en la DQOb y en la DQO total (elevada concentración de aceites y grasas)



# Conclusiones

1. Valores normales de  $Y_H$  (0,67) y  $q_{H.ref}$  nos confirma que el fango no se encuentra bajo efectos tóxicos.
2. Elevada fracción de DQO particulada lentamente biodegradable (DQOlb)
3. La elevada DQOlb en la DQO provoca una baja actividad biológica con un descenso del 50 % respecto a la actividad de referencia
4. Temperatura 15 °C + elevado % de DQOlb → promotor del bulking filamentoso
5. Elevada DQOlb + zona anóxica al inicio + OD irregular → Desestabilización del proceso y bajo rendimiento

*Según documentación bibliográfica, para empezar a paliar la situación actual, la edad del fango (TRC) debe bajarse de forma temporal. Esta bajada del TRC puede provocar una reducción del rendimiento; pero hay que tener en cuenta que se trata de una medida paliativa temporal.*

*Una vez solucionado el problema y desaparecida la presencia de la DQO recalcitrante, se podrá volver a valores TRC y F/M habituales.*

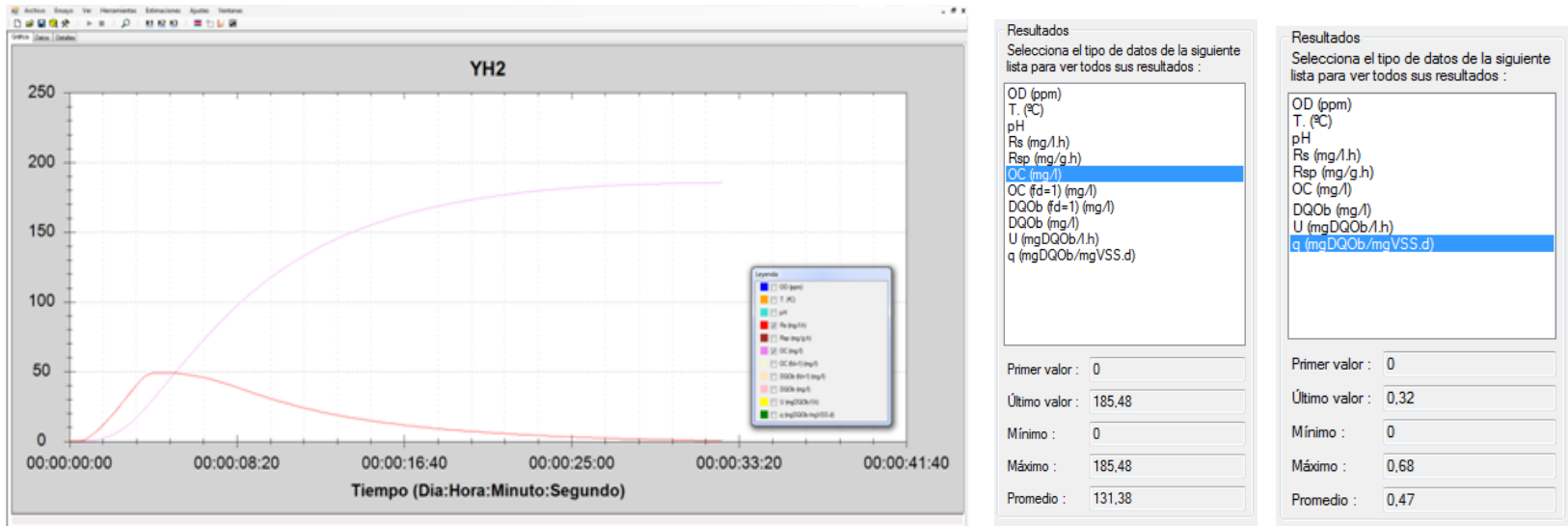
**2º Interlaboratorio GBS 2015**  
**Toxicidad aguda**  
**producida por el agua residual**

***SURCIS S.L.***

# Datos del proceso

Parámetro (valor medio)	Modo / Valor
Tipo de proceso	Flujo pistón
Nitrificación	No
Temperatura actual media	17 °C
DQO media de entrada	240 mg/L
MLSS	2200 mg/L
$\theta$ media: Edad del Fango (d)	2,5 d
F/M: Carga másica	0,78
IVF (mg/l) media	450 mg/l
Oxígeno Disuelto en biológico	3,5 ppm (en todo el biológico)
Grasas – Aceites	Sí
Espumas	Color marrón – Espumas de Nocardia

# Coeficiente estequiométrico ( $Y_H$ ) y tasa de utilización del sustrato de referencia ( $q_H$ )



$$Y_{H,DQO} = 1 - OC / DQO_{ac} = 0,38 \text{ (O}_2\text{/DQO)}$$

$$q_{H,ref} \text{ medio} = 0,47 \text{ mg DQOs / (mg SSV.d)} \approx 0,65 \text{ mg DBO / (mg SS.d)}$$

## Análisis

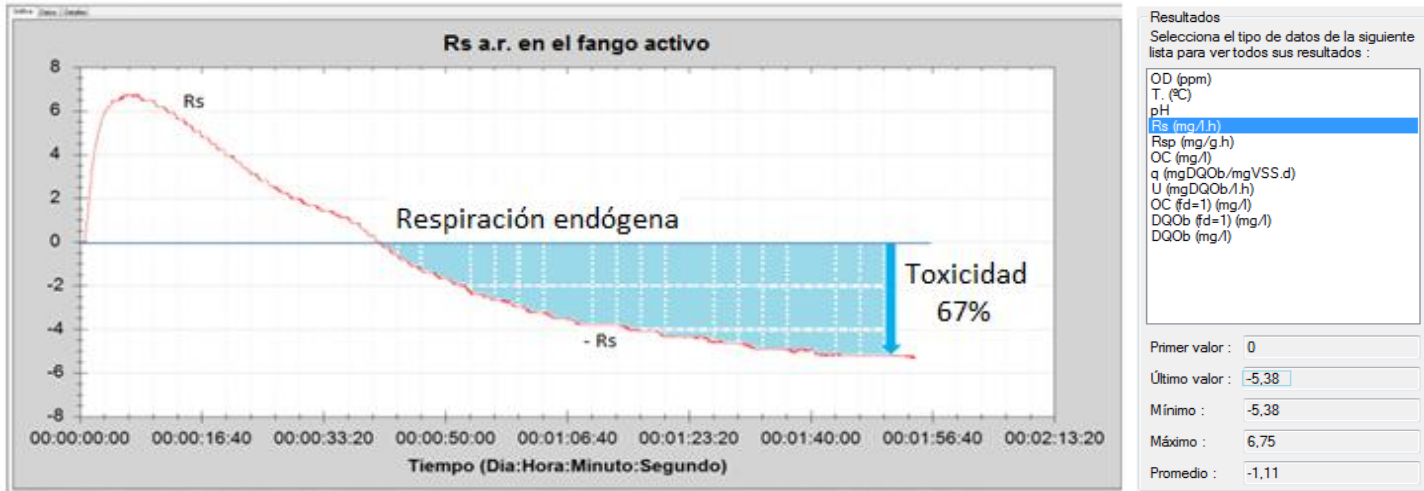
$Y_H$  bajo ( $< 0,6 - 0,8$ )  $\rightarrow$  Baja capacidad de reproducción de la biomasa

$q_H$  bajo ( $< CM$ )  $\rightarrow$  Velocidad de remoción de la DQO es muy baja

$Y_H$  bajo +  $q_H$  bajo  $\rightarrow$  Síntomas de Toxicidad.

# Efecto del agua residual en el fango activo

Para averiguar el posible efecto tóxico que ejerce el agua residual en el fango activo, llevamos a cabo un ensayo R en donde se activa la opción de poder medir valores negativos de Rs cuando su valor se sitúa por debajo de la línea base..



$$\text{Tox} = 100 * (\text{OURend} - \text{Rs negativo}) / \text{OUR end} = 67 \%$$

## Análisis

**-Rs << Respiración endógena (línea base)**

→ Toxicidad provocada por el agua residual en el fango activo.

# Conclusiones

1.  $Y_H \ll 0,6 \rightarrow$  Bajo de crecimiento de biomasa.
2.  $q_H < \text{Carga M\u00e1sica} \rightarrow$  Baja velocidad de eliminaci\u00f3n de sustrato.
3. Los puntos 1 y 2 son claros s\u00edntomas de toxicidad.
4. La Respirometr\u00eda BM, a trav\u00e9s del an\u00e1lisis de la evoluci\u00f3n de la Rs situ\u00e1ndose sensiblemente por debajo del nivel de respiraci\u00f3n end\u00f3gena, demuestra claramente que el agua residual provoca una toxicidad aguda en el fango activo

## **SURCIS**

Encarnación, 125 – Barcelona (España)

Tel. +34 932 194 595 Fax. +34 932 104 30

E-mail: [surcis@surcis.com](mailto:surcis@surcis.com) Internet: [www.surcis.com](http://www.surcis.com)