

Interpretación y Valoración de resultados - Respirometría BM



<https://youtu.be/NpdRf6s2mTM>

SURCIS

Medidas & Parametros

SURCIS

Medidas automaticas en la Respirometría BM

Modelo BM	Medidas automáticas	Descripción	Programación
T+ EVO, EVO2 Advance, Advance2 Advance Pro	OD (mg O ₂ /L)	Oxigeno disuelto	En modo cíclico se puede programar
EVO, EVO2 Advance, Advance2, Advance Pro	Temperatura (°C)	Temperatura	Programable
Advance, Advance2, Advance Pro	pH	pH	Programable
Advance Pro	ORP (mV)	Potencial Redox en curso	-

Parámetros automáticos de la Respirometría BM

Parámetro	Descripción
OUR (mg O ₂ /L.h)	Tasa (*) de respiración – Tasa de consumo de oxígeno
SOUR (mg O ₂ /g SSV.h)	Tasa de respiración específica = OUR / SSVLM
Rs (mg O ₂ /L.h)	Tasa de respiración <i>exógena</i> debida al efecto del sustrato (muestra) en el fango activo
OC (mg O ₂ /L)	Oxígeno consumido en la oxidación biológica de un determinado sustrato
DQOb (mg O ₂ /L) DQOrb (mg O ₂ /L)	DQO biodegradable DQO rápidamente biodegradable (soluble)
U (mg DQO/L.h)	Tasa de eliminación de la DQO
q (mg DQO/mg SSV.d)	Tasa específica de eliminación de la DQO = U / SSV
(*) Tasa = Velocidad	

Modos de trabajo

SURCIS

Reactivos para la respirometría BM

La respirometría BM puede necesitar algunos reactivos para la realización de algunas aplicaciones y calibraciones.

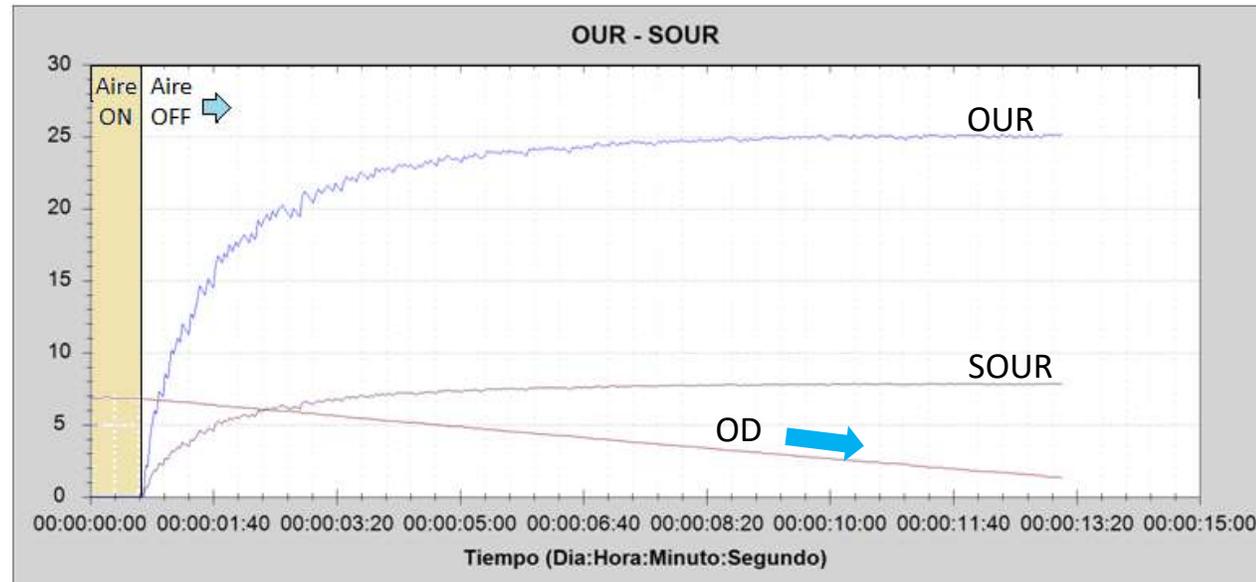
Reactivo	Aplicaciones	Comentarios
Acetato sódico	Estándar orgánico de referencia Determinación del coeficiente de crecimiento de la biomasa heterótrofa (Y_H)	Pueden haber otras aplicaciones.
Alil Tiourea (ATU)	Inhibición de la nitrificación	Se prepara con una solución de 100 mg ATU en 100 mL agua destilada. De este modo cada mL disuflcado corresponde a 1 mg ATU.
Cloruro de amonio	Estándar de nitrógeno amoniacal en ensayos de nitrificación [1 mg NH_4Cl = 0.26 mg NH_4-N]	Solo es necesario cuando hay nitrificación .

Modos de trabajo de la Respirometría BM de Surcis

Modo	Ensayo
OUR	Ensayo tipo OUR & SOUR
OUR Cíclico	Serie de ensayos encadenados del tipo OUR & SOUR
R	Ensayo que mide una serie encadenada de medidas Rs (tasa de respiración por sustrato en el fango) y cálculo automático de parámetros derivados

Modo OUR

Desde el licor mezcla del reactor biológico se determinan los parámetros OUR & SOUR para un determinado tiempo de ensayo – normalmente el resultado es válido cuando haya alcanzado su valor máximo.

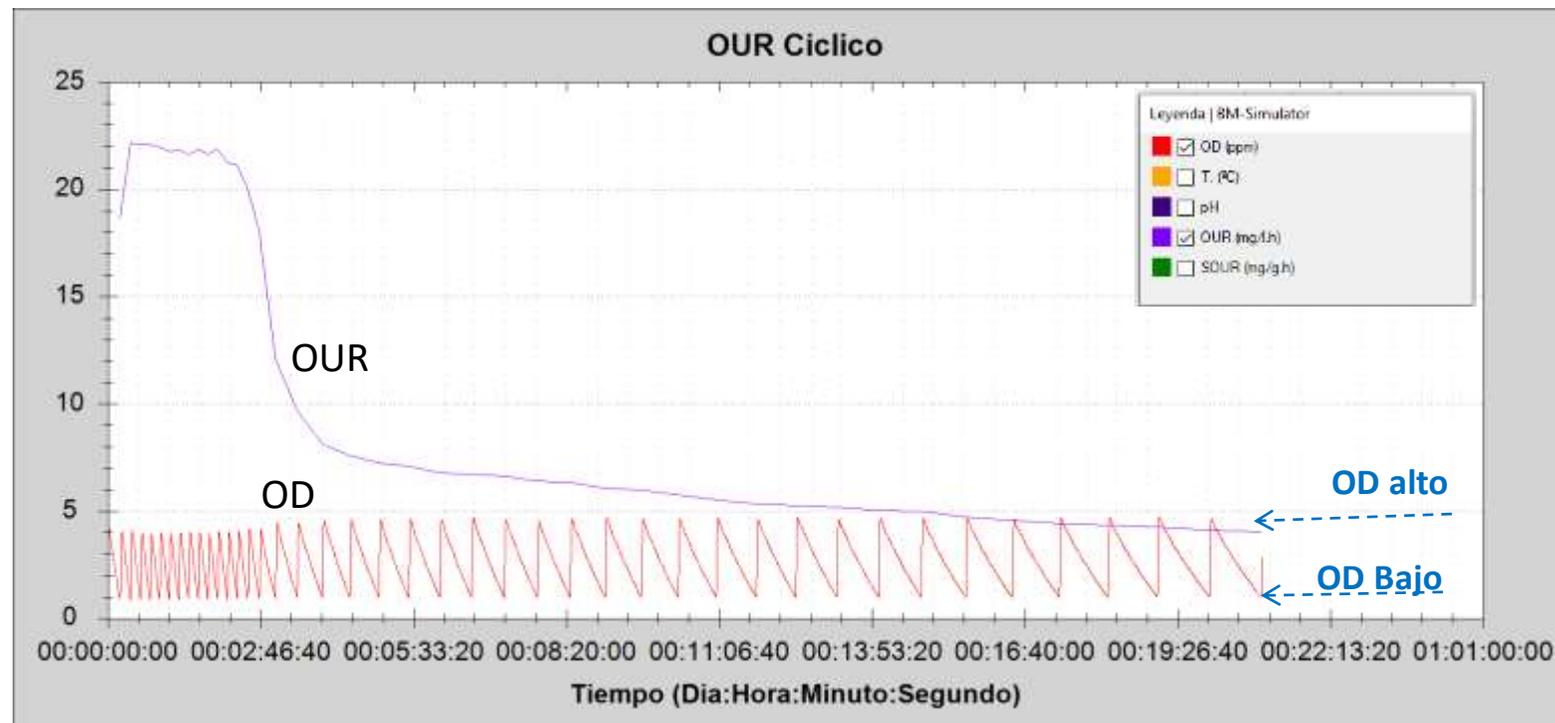


Respirogramas OUR, SOUR y OD

Tasa de respiración (mg /l.h)	OUR
OUR específico (mg /g VSS.h)	SOUR = OUR / VSS

Modo OUR cíclico

En este modo, el analizador lleva a cabo un ensayo en donde el oxígeno queda enmarcado dentro de la ventana de trabajo establecida por dos puntos de consigna (**OD alto y OD bajo**), determinando de forma automática y secuencial una serie continuada de medidas **OUR & SOUR**.

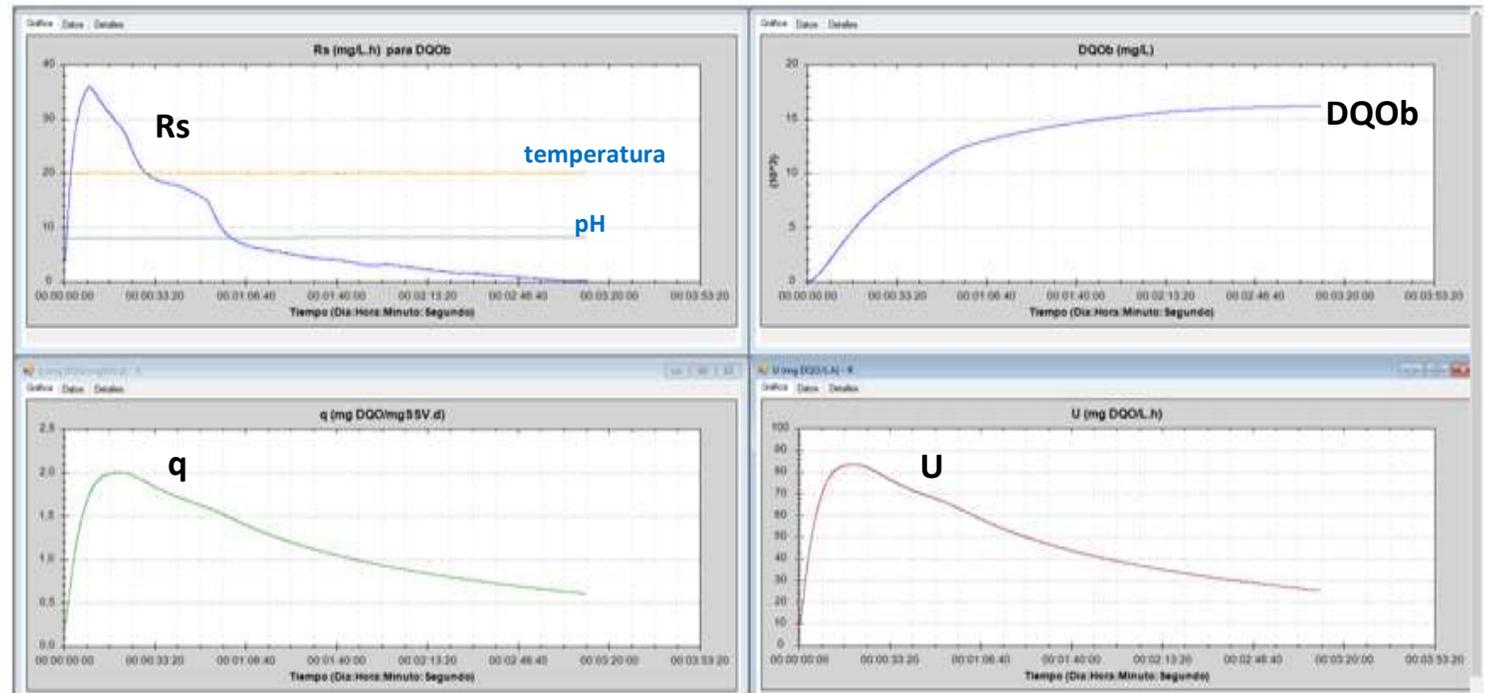


Respirogramas OD y OUR en modo cíclico

Modo R

Se trata de un ensayo en donde se miden valores de R_s de forma continua y el software calcula de forma simultánea los parámetros de la DQOb (o DQOrb), U y q

Tasa de respiración dinámica ($\text{mg O}_2/\text{l.h}$)	R_s
Oxígeno consumido acumulado ($\text{mg O}_2/\text{l}$)	OC
DQO biodegradable (mg/l)	DQOb
Tasa de eliminación de la DQO ($\text{mg DQO}/\text{l.h}$)	U
Tasa específica eliminación de la DQO ($\text{mg DQO}/\text{mg SSV.d}$)	q



Respirogramas simultáneos de las medidas de R_s , DQOb, U , q

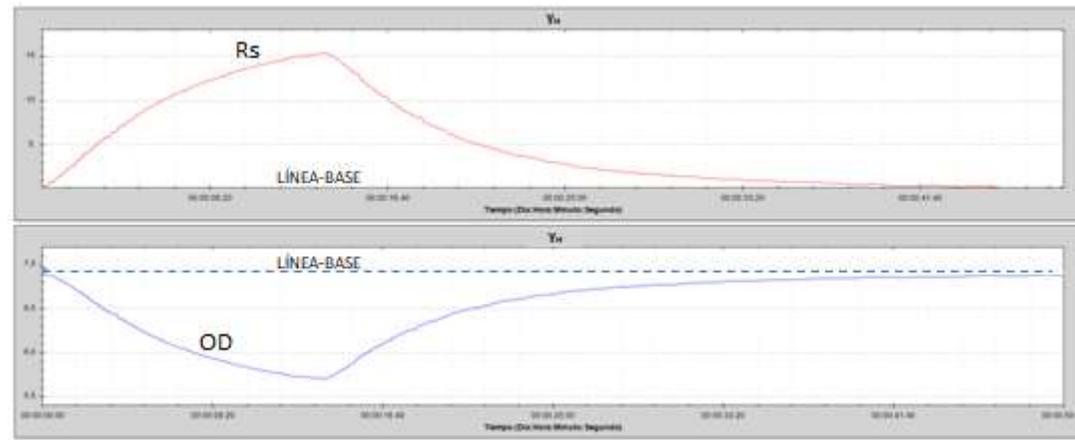
Influencia de la línea-base y temperatura en los ensayos R

Línea-base: Cb

Corresponde al oxígeno disuelto del inicio del ensayo y marca la referencia con a lo largo de todo el tiempo con la que se calculan los valores de la tasa de respiración R_s .

C_b es el oxígeno del fango en fase de respiración endógena a su nivel de saturación. Por lo tanto, con esta condición, se debe asumir que es constante a lo largo de todo el ensayo.

Cuando el ensayo comienza con una valor estable de C_b (variación de +/- máxima < 0,3 durante al menos 5 minutos), la R_s en el punto de inicio es cero. Con estas condiciones, el eje horizontal de la gráfica R_s pasa a representar ser la línea base del ensayo.



GráficaS (respirogramaS) de R_s y OD en un ensayo R

Con ello, cualquier ensayo R no debe comenzar sin tener la seguridad de que el fango se encuentra realmente en fase endógena y que el valor de C_b permanece suficientemente estable, ya que una estabilidad de este valor provocaría valores de R_s inestables que, al final del ensayo, pueden situarse por encima o por debajo del eje horizontal.

Temperatura

La temperatura a la que se programa el ensayo R debe ser suficientemente estable (variación +/- máxima < 0,2 °C durante al menos 5 minutos), ya que ligeras variaciones de la temperatura provocan valores erróneos de la R_s .

Cuando el ensayo comienza con una temperatura que no llega a ser estable, el valor de la R_s puede terminar por encima o por debajo de la línea base (eje horizontal de la gráfica)

Presentación de resultados

SURCIS

Presentación de resultados y gráficas en Respirometría BM

Desde las pestañas Gráfica, Datos y Detalles, la Respirometría BM de Surcis puede presentar, los resultados para cualquier tiempo parcial o final del ensayo, así como el valor final, medio, máximo y mínimo.

Gráfica Datos Detalles

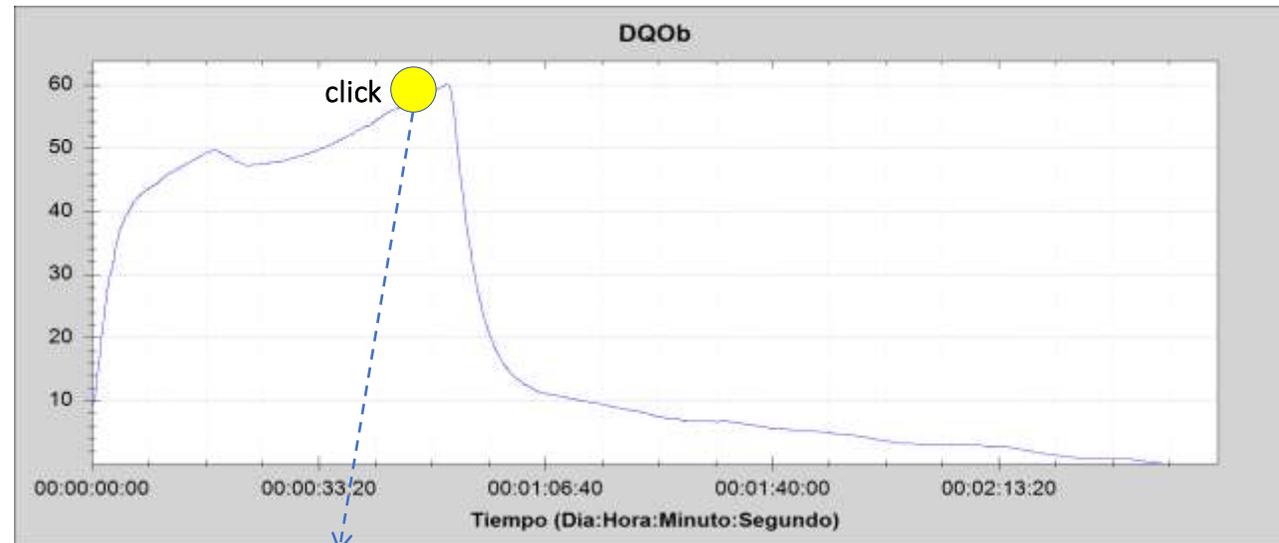
Ensayo: DQOb
 Nombre: DQOb
 Operario:
 Fecha: 27/04/2022
 Línea de base: 7,00 ppm
 Sólidos: 10,4 g/l
 Vf: 1000 ml
 Vm: 2,353 ml
 s: 2
 Y: 0,67
 Estimación: 0 mg/l
 Duración(hh:mm:ss): 00:18:53:13

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)
- DQOb (mg/l)**
- U (mgDQOb/l.h)
- q (mgDQOb/mgVSS.d)

Observaciones

Primer valor : 0
 Último valor : 70691,66
 Mínimo : 0
 Máximo : 70691,66
 Promedio : 68258,61



T. (°C) : 35,9 pH : 7,96 Rs (mg/l.h) : 60,091 OC (mg/l) : 17737,47925 DQOb (mg/l) : 53749,93712 U (mgDQOb/l.h) : 145,216

Gráfica Datos Detalles

Tiempo	OD (ppm)	T. (°C)	pH	Rs (mg/l.h)	OC (mg/l)	DQOb (mg/l)	U (mgDQOb/l.h)	q (mgDQOb/mgVSS.d)
00:02:46:25	7,02	35,9	8,06	14,78	23327,72	70690,06	59,83	0,14
00:02:46:27	7,02	35,9	8,06	14,78	23327,72	70690,06	59,82	0,14
00:02:46:30	7,03	35,9	8,06	14,78	23327,72	70690,06	59,8	0,14

Interpretación / Valoración de resultados

SURCIS

Aplicaciones típicas de Respirometría de laboratorio

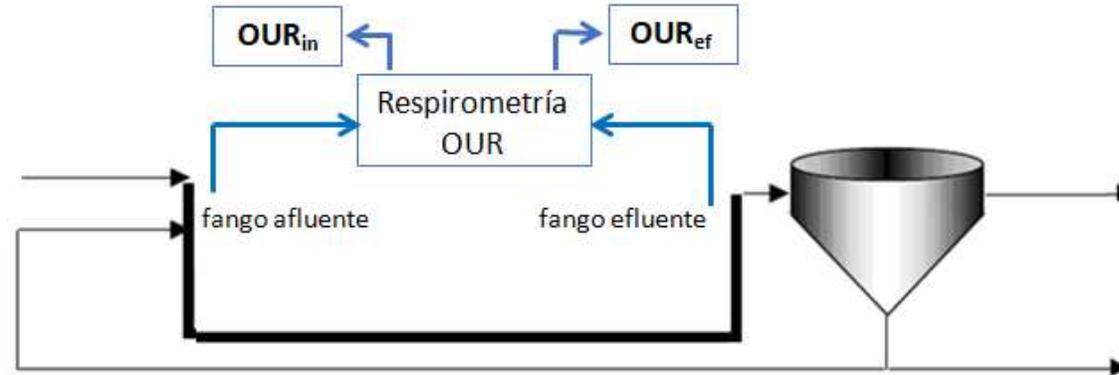
- **Requerimiento de oxígeno y optimización energética**
- **Fraccionamiento de la DQO y biodegradabilidad específica al fango activo**
 - **Toxicidad referida al fango activo: global y específica a la nitrificación**
- **Optimización de los parámetros operativos en el marco del ahorro energético**
- **Nitrificación: Tasa de nitrificación, Oxígeno y Edad del fango mínima para la nitrificación**
 - **Denitrificación: Tasa de eliminación del nitrato, DQO para la desnitrificación**
- **Influencia de las condiciones del proceso en la actividad biológica y capacidad de tratamiento**
 - **Seguimiento de la Bioaumentación**
 - **Optimización de la relación de nutrientes (C/N/P)**
 - **Parámetros estequiométricos y cinéticos**
 - **Respirometría para procesos MBBR y biomasa granular**
 - **Control de los ciclos de procesos SBR**
 - **Soporte a programas de simulación tales como GPS-X, BioWin, ...**
 - **Otras**

Tomar el pulso al proceso



SURCIS

Tomar el pulso al proceso de depuración biológica



Factor de carga: $FC = OUR_{in} / OUR_{ef}$



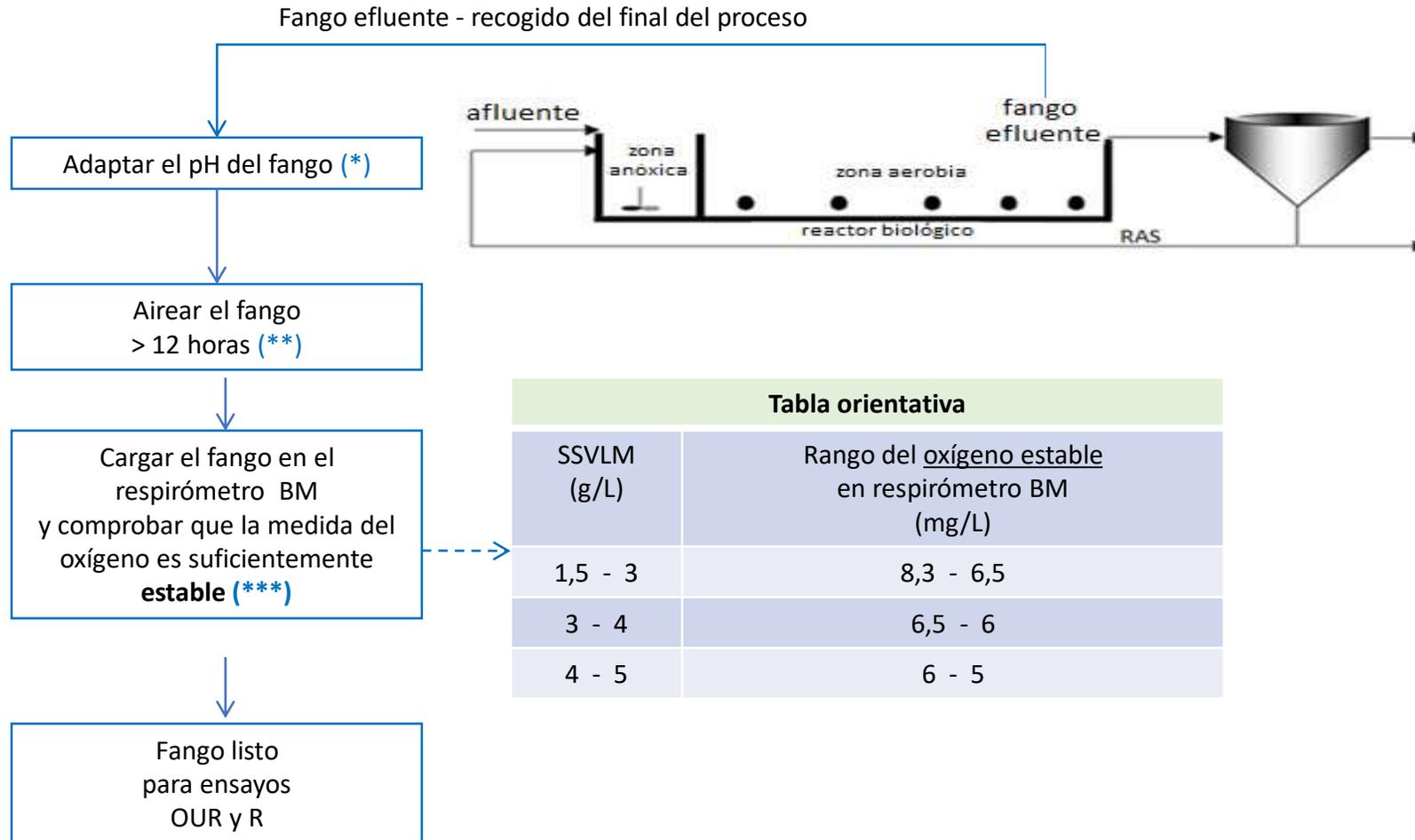
FC	Valoración
$LF < 1,3$	Inhibición / Toxicidad - ya presente en el reactor
$1,3 < LF < 3$	Bajo rendimiento
$3 < LF < 5$	Buen rendimiento
$LF > 5$	Sobrecarga

De este modo no hay que esperar a tener resultados del laboratorio para hacer una valoración del estado actual del proceso

Respiración endógena

SURCIS

Preparación del fango an fase de respiración endógena



A tener en cuenta

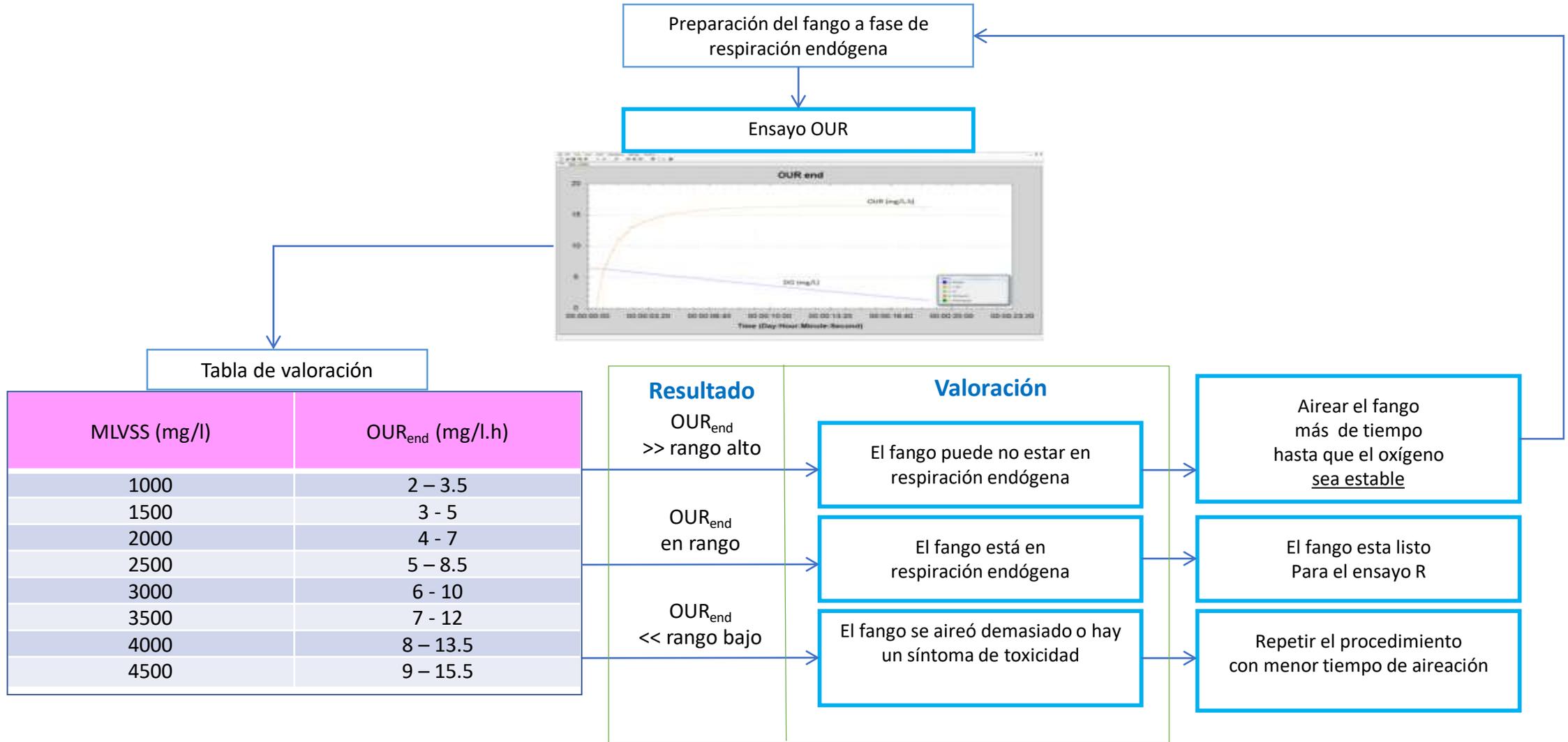
(*) Cuando el fango efluente lleve una elevada concentración de amonio, antes de airearse, debe adaptarse a un pH de entre 8 y 8,5.

(**) En algunos procesos de aireación prolongada con alto rendimiento, es posible que el fango efluente esté cercano a nivel de fase endógena y solo necesite unas pocas horas para su estabilización.

(***) **IMPORTANTE:** Una vez comprobada la estabilidad de la lectura de oxígeno, el fango no debe seguir aireándose, ya que ello provocaría un reducción progresiva de biomasa activa.

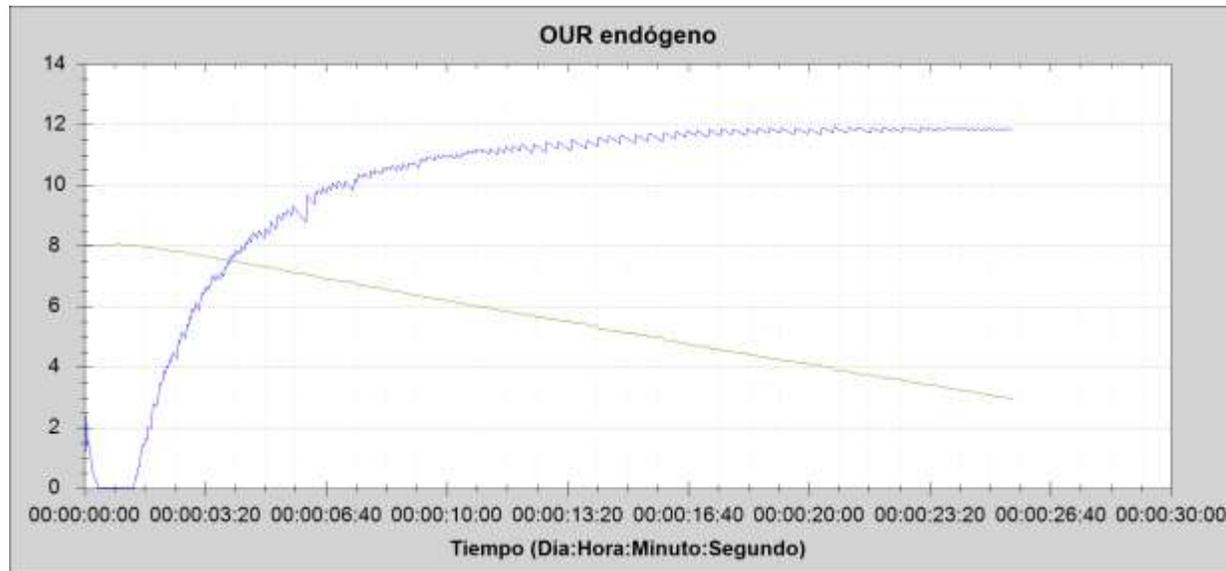
Esta reducción de biomasa activa daría paso a un oxígeno inicial estable pero con una valor excesivamente alto, así como a valores anormalmente bajos de OUR y Rs.

Valoración de resultados del OUR de la respiración endógena (OUR_{end})



La tasa de respiración endógena es proporcional a la concentración de biomasa activa

La tasa de respiración endógena (OUR_{end}) es la que se obtiene desde el fango activo en ausencia de cualquier tipo de sustrato. Por ello, al depender exclusivamente de los microorganismos, es **directamente proporcional a la concentración de biomasa activa**



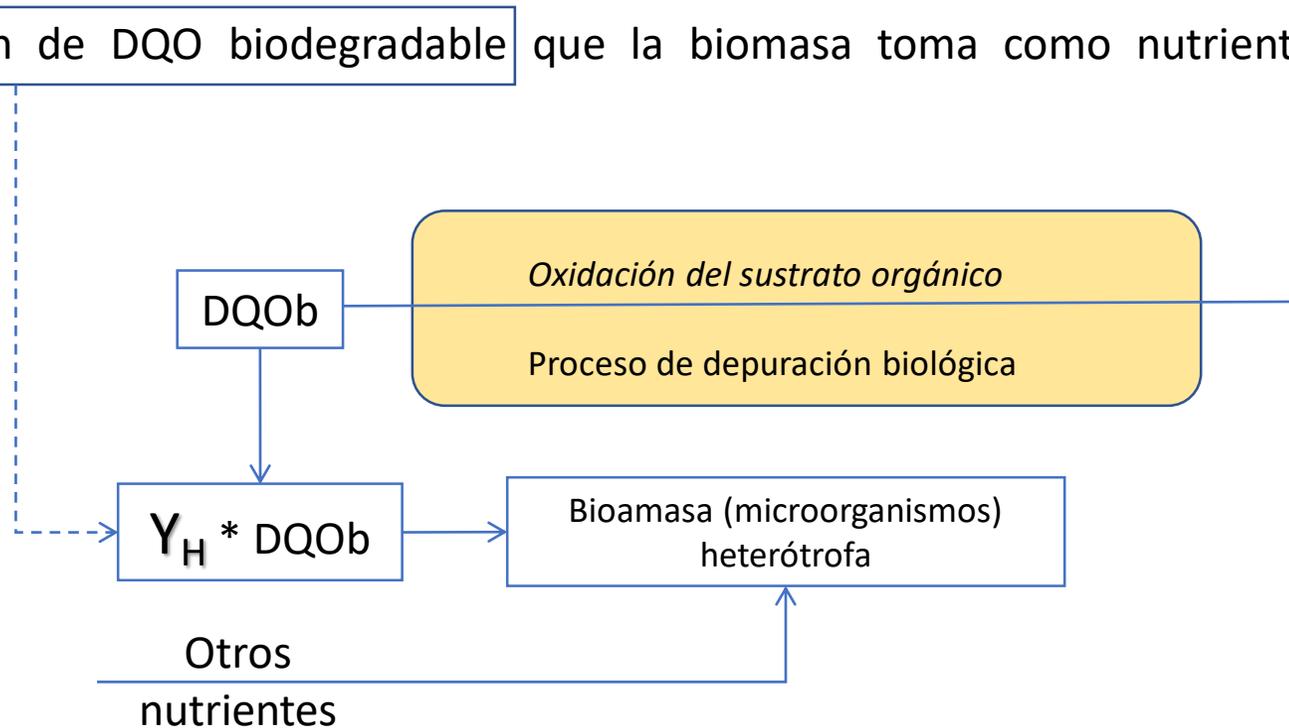
SSVLM (mg/l)	Rango normal OUR_{end} (mg/l.h)
1000	2 - 3.5
1500	3 - 5
2000	4 - 7
2500	5 - 8.5
3000	6 - 10
3500	7 - 12
4000	8 - 13.5
4500	9 - 15.5

OUR_{end} INFERIOR AL RANGO NORMAL → BIOMASA ACTIVA POR DEBAJO DE LO NORMAL

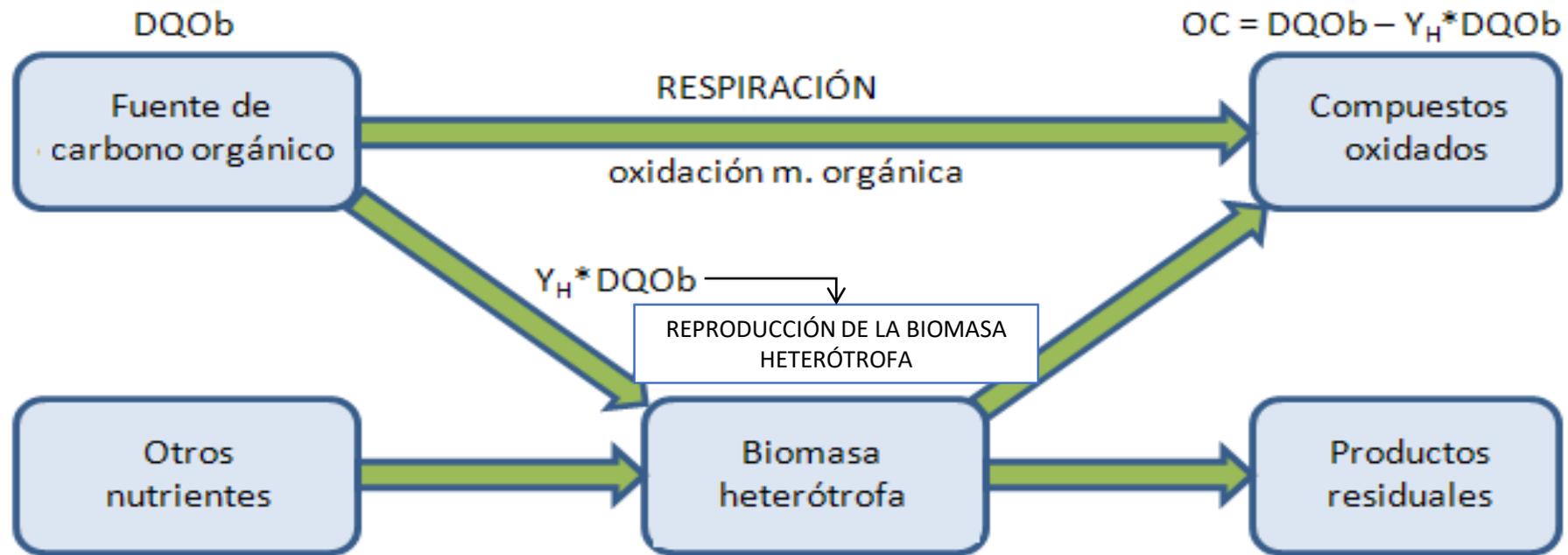
Coeficiente de rendimiento de producción de biomasa heterótrofa

Coeficiente de rendimiento de producción de biomasa heterótrofa (Y_H) (I)

El coeficiente Y_H es la porción de DQO biodegradable que la biomasa toma como nutriente orgánico para su producción.



Coeficiente de rendimiento de biomasa heterótrofa (Y_H) (II)



$$Y_{H.O_2} (OC/DQO) = 1 - OC / DQO_{ac}$$

DQO_{ac} : DQO del acetato sódico añadido

$$Y_{H.SSV} (mg SSV/DQO) = Y_{H.O_2} / 1,42$$

Coeficiente de rendimiento de producción de biomasa heterótrofa (Y_H) (III)

Normalmente el coeficiente Y_H se determina desde un compuesto estándar (acetato sódico) por medio de un ensayo tipo R.

Las condiciones del ensayo son las de un ensayo R, en donde se utiliza fango en respiración endógena y 30 ~ 50 ml de muestra desde una solución de acetato sódico de 400 mg en 1 litro de agua destilada con una DQO aproximada de 300 mg/L

Nuevo Ensayo

Tipo de ensayo:
R
OUR
OUR Cíclico

Nombre: Yh
Operador: JC
Archivo: C:\Users\emilio\Documents\Respiometr
Intervalo de datos: 2 s.

Vf: 1000,00 ml Sólidos: 1,20 g/L OC: 126,05
Vm: 50,00 ml Y: 0,67 OD Bajo: 2,0
fd: Auto 21 Lecturas < 0 OD Alto: 6,0
 Forzar Cb: 0,00

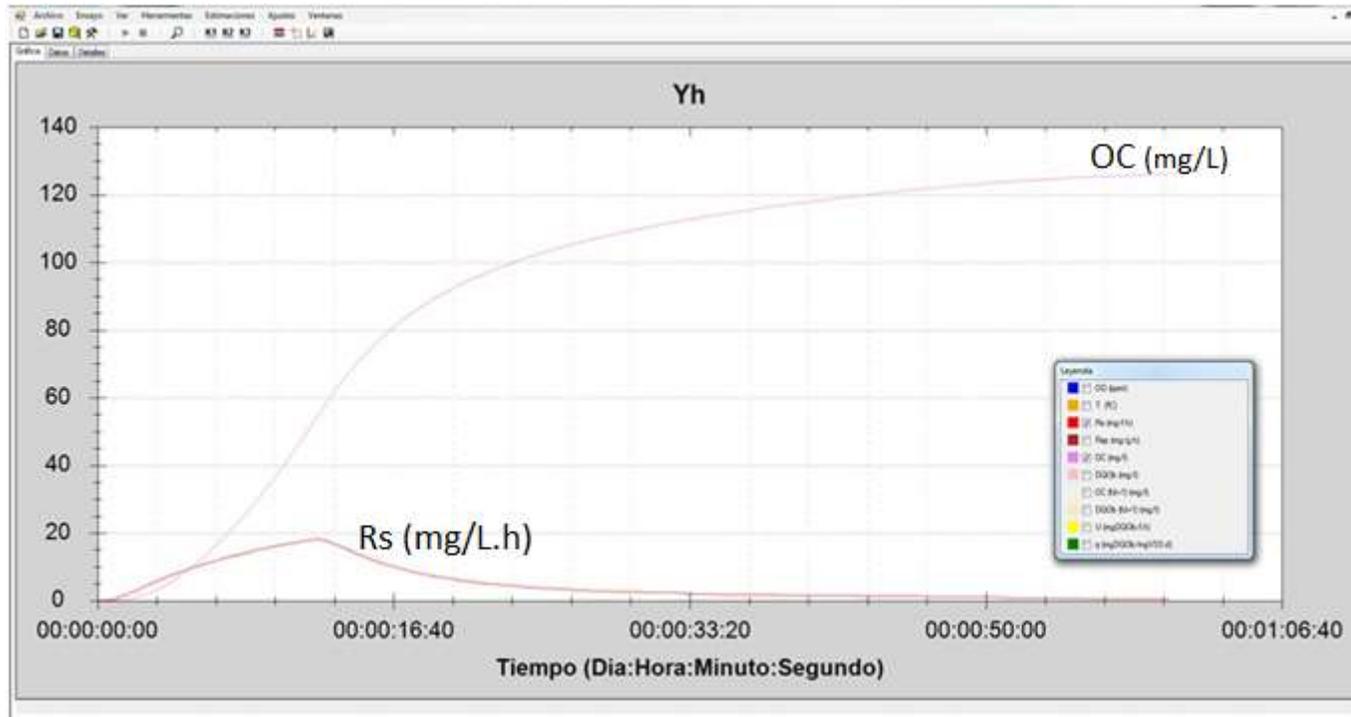
Propiedades de control de placa durante el ensayo

Control de temperatura: 20,00
Control de PH: 7,00 Histéresis: 0,00

Bomba peristáltica: 2
Aireación: 55

Cancelar Aceptar

Coeficiente de rendimiento de producción de biomasa heterótrofa (Y_H) (IV)



Gráfica		Datos		Detalles	
Ensayo:		Yh		Resultados	
Nombre:				Selecciona el tipo de datos de la siguiente lista para ver todos sus resultados :	
Operario:				<input type="checkbox"/> OD (ppm) <input type="checkbox"/> T (°C) <input type="checkbox"/> Rs (mg/L.h) <input type="checkbox"/> Rsp (mg/g.h) <input checked="" type="checkbox"/> OC (mg/L) <input type="checkbox"/> DQOb (mg/l) <input type="checkbox"/> OC (fd=1) (mg/l) <input type="checkbox"/> DQOb (fd=1) (mg/l) <input type="checkbox"/> U (mgDQOb/l.h) <input type="checkbox"/> q (mgDQOb/mgVSS.d)	
Fecha:	25/02/2014	Línea de base:	9,48 ppm	Primer valor :	0
Sólidos:	1,06 g/l	Vf:	1000 ml	Último valor :	126,01
Vm:	39,79 ml	Y:	0,67	Mínimo :	0
s:	2	Estimación :	0 mg/l	Máximo :	126,01
Duración(hh:mm:ss):	00:01:00:19			Promedio :	90,64
Observaciones					

Respirogramas Rs y OC despues de añadir muestra de solución d acetato sódico

$$Y_{H,02} (OC/DQO) = 1 - OC / DQO_{ac}$$

DQO_{ac} : DQO del acetato sódico añadido

$$Y_{H,SSV} (mg SSV/DQO) = Y_{H,02} / 1,42$$

Valoración del resultado del coeficiente Y_H

La determinación de la Y_H por respirometría, además de formar parte del cálculo de la DQOb, complementa la toma del pulso al proceso valorando la salud de la biomasa heterótrofa.

Y_{H,O_2}	Valoración
$Y_H > 0.8$	Elevado % de DQOrb Elevada producción de biomasa en el fango activo
En rango $0.6 < Y_H < 0.8$	Crecimiento normal de la biomasa
$0.5 < Y_H < 0.6$	Bajo crecimiento de la biomasa Posible elevado porcentaje de DQO refractaria o DQO lentamente biodegradable
$Y_H \ll 0,5$	Posible inhibición / toxicidad

Corrección de la línea base en ensayos R

SURCIS

Procedimiento para detectar y corregir una línea base errónea en un ensayo R (I)

1 – Nuevo ensayo

Vf : 1000,00 ml Sólidos: 2,00 g/L OC: 126,05
 Vm : 50,00 ml Y : 0,60 OD Bajo : 2,0
 fd : Auto 21 Lecturas < 0 OD Alto : 6,0
 Forzar Cb : 7,80

Aceptar → Ensayo

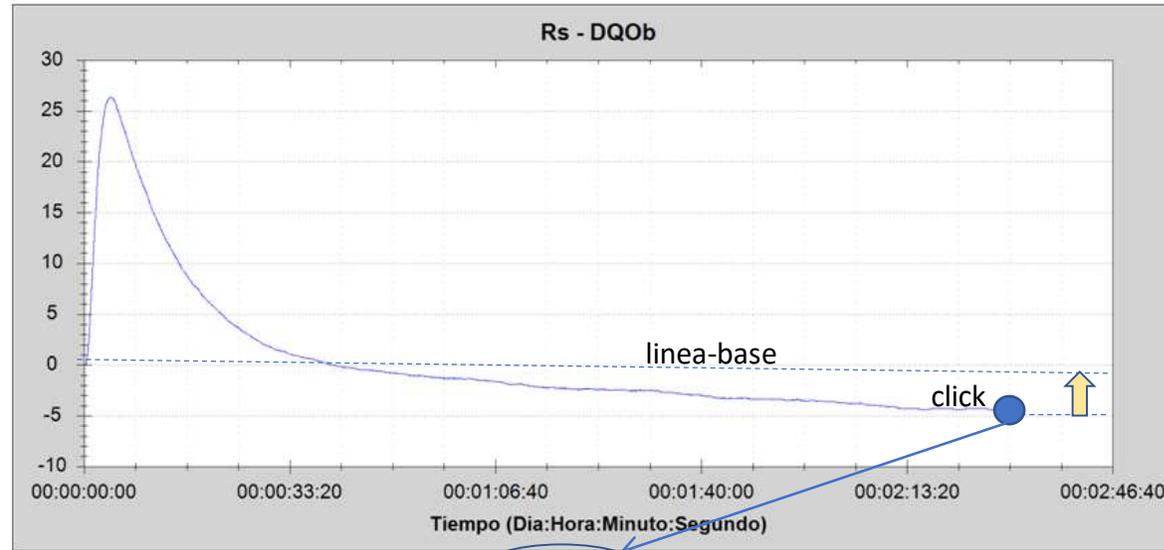
Ensayo Ver Herramientas
 Modificar
 Empezar
 Parar

3

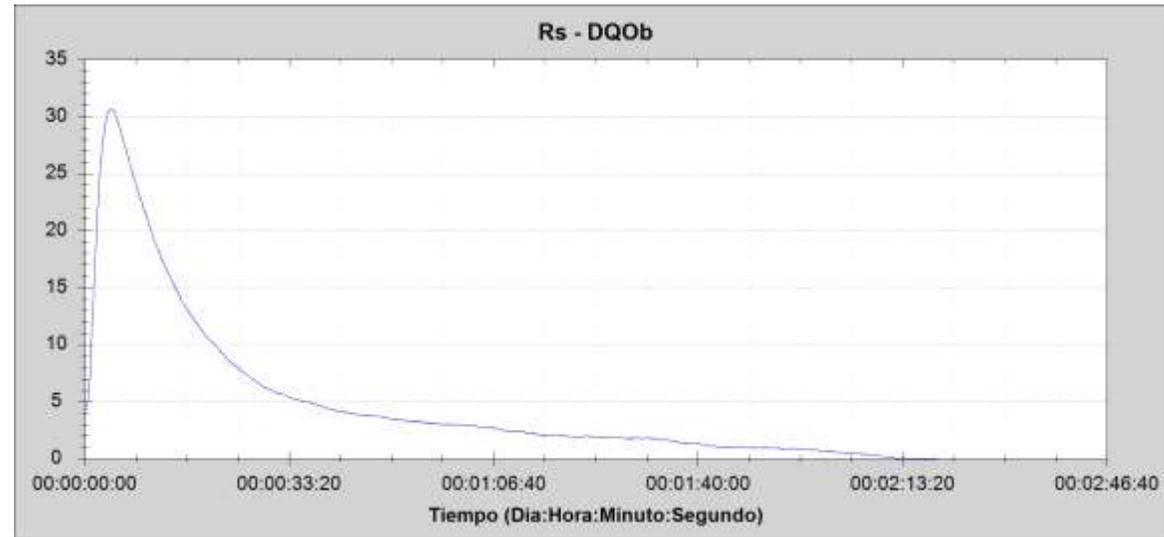
Vf : 1000,00 ml Sólidos: 2,00 g/L OC: 126,05
 Vm : 50,00 ml Y : 0,60 OD Bajo : 2,0
 fd : Auto 21 Lecturas < 0 OD Alto : 6,0
 Forzar Cb : 8,02

Aceptar → Si

4



Tiempo (Dia:Hora:Minuto:Segundo) : 00:02:17:17 OD (ppm) : 8,023 T. (°C) : 21 Rs (mg/l.h) : -4,314 Rsp (mg/g.h) : -2,157



2 – Detalles

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)
- DQOb (mg/l)**
- U (mgDQOb/l.h)
- q (mgDQOb/mgVSS.d)

Primer valor : 0
 Último valor : 309,11

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)
- DQOb (mg/l)**
- U (mgDQOb/l.h)
- q (mgDQOb/mgVSS.d)

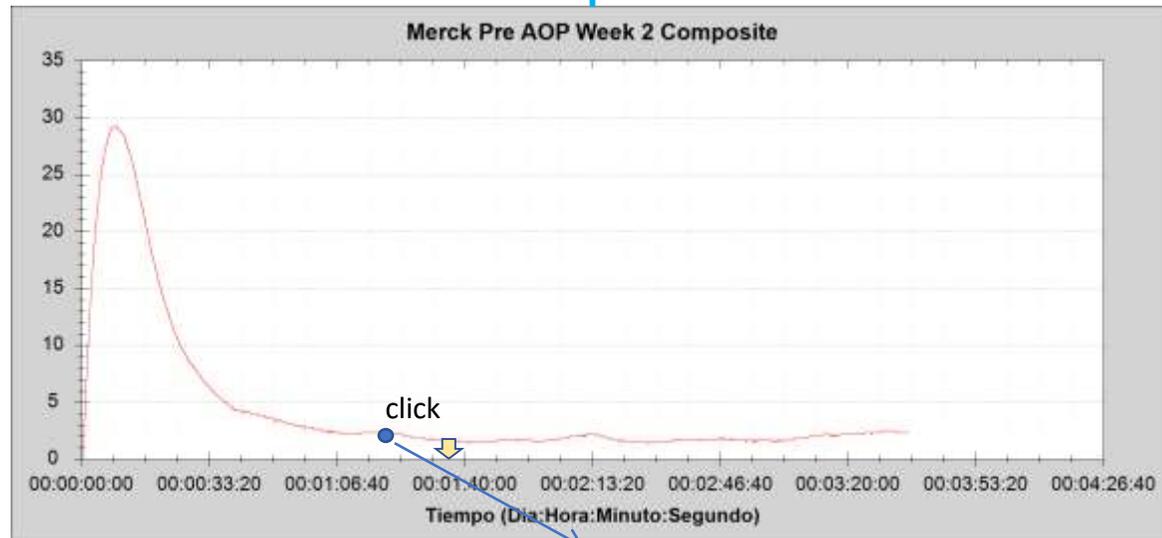
Primer valor : 0
 Último valor : 608,4

5

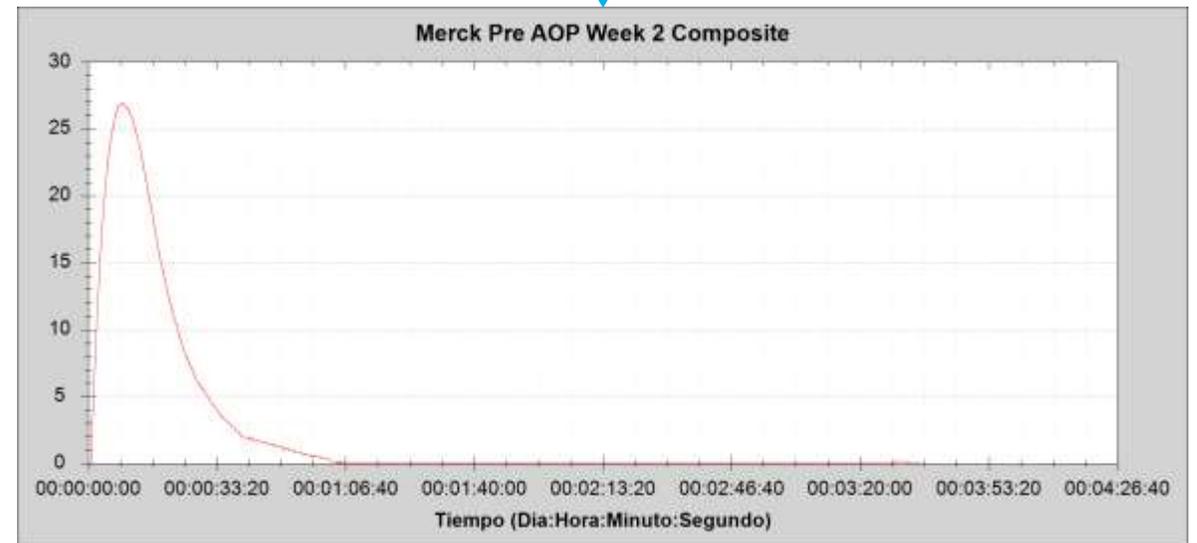
Detectar y corregir una línea base errónea en un ensayo R (II)

En el caso de que, al final del ensayo la Rs queda por encima y paralelo al eje horizontal, se seguiría el mismo procedimiento que cuando quede por debajo.

Procedimiento



Tiempo (Dia:Hora:Minuto:Segundo) : 00:01:05:28 OD (ppm) : 8,317 T. (°C) : 22,2 Rs (mg/l.h) : 0,048 Rsp (mg/g.h) : 0,015



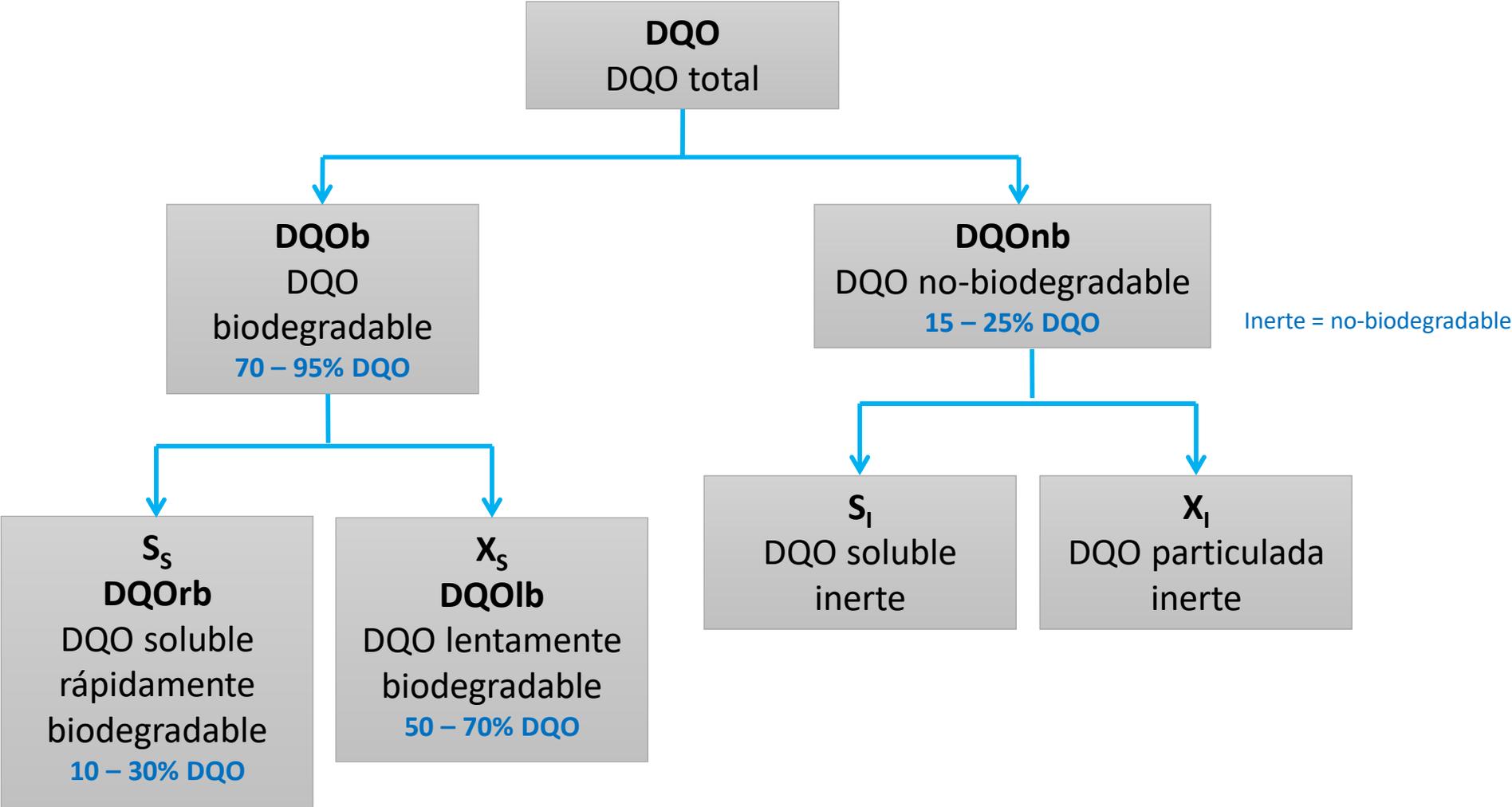
Fraccionamiento de la DQO

SURCIS

Requisitos importantes para los ensayos de fracciones de la DQO

1. Una respiración endógena válida, suficientemente comprobada.
2. Una línea-base estable.
3. Inhibición de la nitrificación por medio de la adición de Allil-Tiourea (ATU)- 3 a 4 mg por g SSVLM - biodegradabilidad específica al fango activo
4. Oxígeno y Temperatura estables durante al menos 10 minutos, antes de iniciar el ensayo.
5. Ausencia de Toxicidad o elementos inhibidores.
6. SSVLM igual o inferior a 5 mg/L

Principales fracciones de la DQO



¿Para que sirve el fraccionamiento de la DQO por Respirometría en un proceso de fangos activos ?

Principalmente sirve para obtener los siguientes parámetros clave en la caracterización del agua residual:

DQO biodegradable: DQOb

Biodegradabilidad al fango (%) = $100 * DQOb / DQO$

DQO no-degradable: DQOnb = $DQO - DQOb$

DQO lentamente biodegradable: DQOlb = $DQOb - DQOrb$

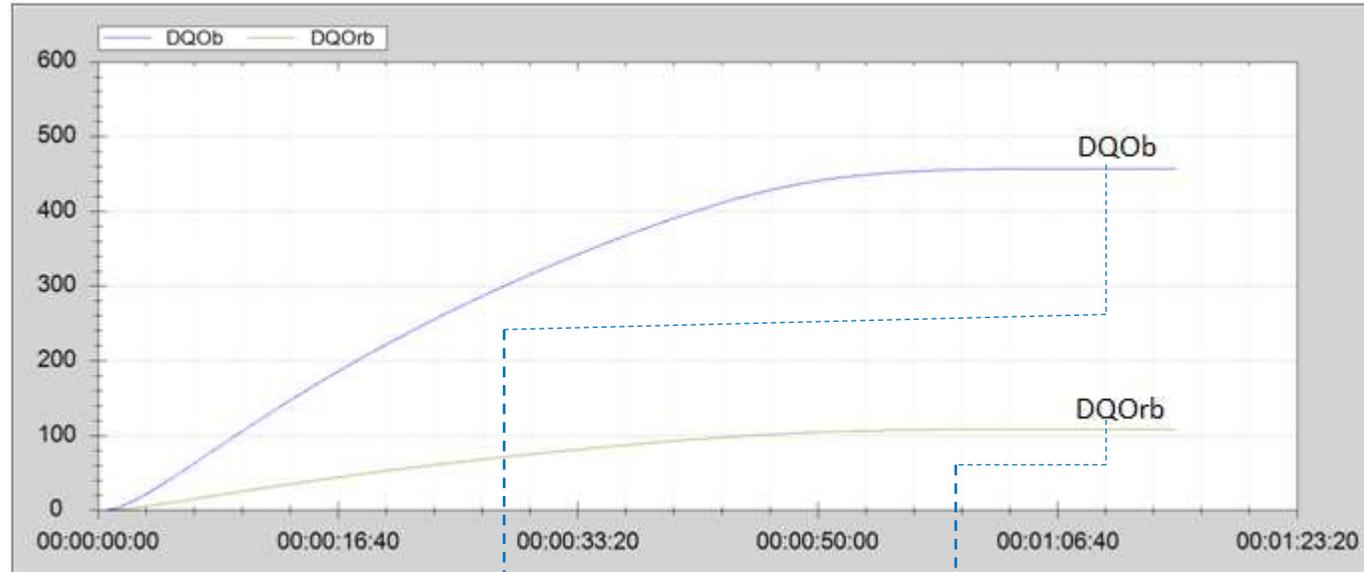
Parámetros asociados a las fracciones DQO

Coefficiente de rendimiento de producción de biomasa (Y_H), Oxígeno Consumido, Tasa de eliminación de la DQQ.

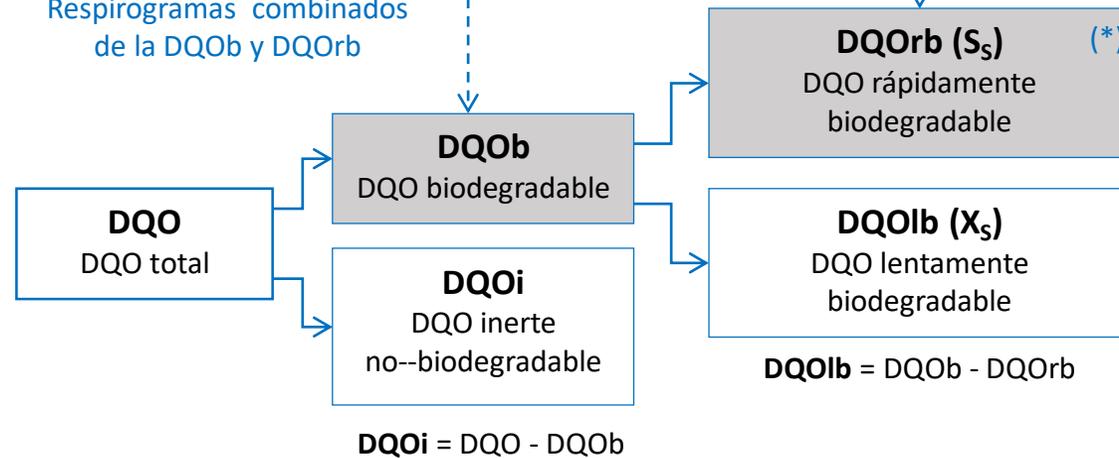
Aplicaciones

Soporte a Programas de Simulación, Análisis del rendimiento DQO, Análisis de la Carga Másica por DQO, Requerimiento de oxígeno, Relación de nutrientes, Síntomas de Inhibición, DQO necesaria para la desnitrificación,

Principales fracciones de DQO por respirometría BM



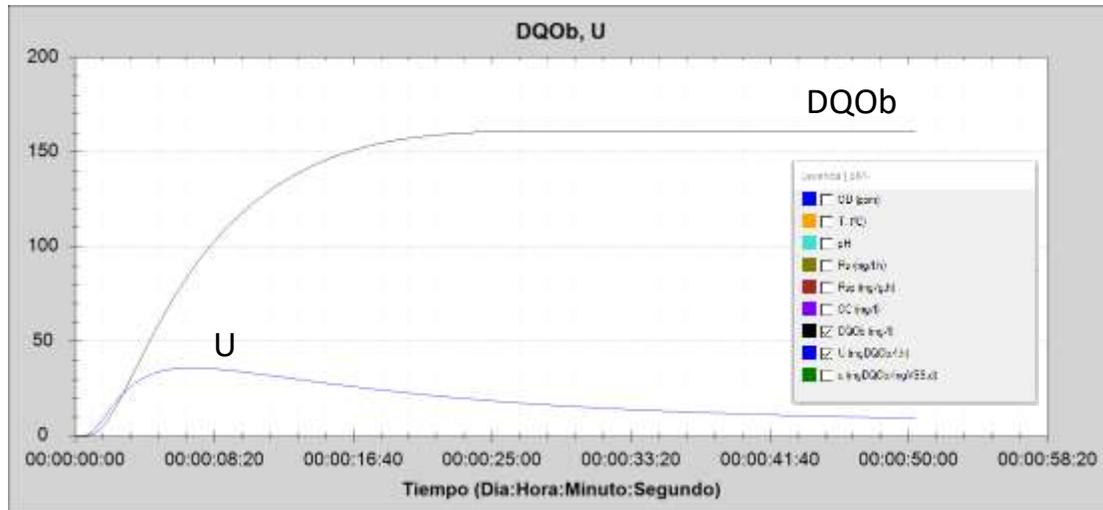
Respirogramas combinados de la DQOb y DQOrb



(*) DQOrb (S_s): Se refiere a la DQO biodegradable de una muestra verdaderamente soluble.

Tasa de eliminación de la DQO: U, q

De forma simultánea a la determinación de la DQOb, el software de la Respirometría BM calcula de forma automática la tasa (**velocidad**) y la tasa específica (referida a VSS) con que la DQO se está eliminando: **U** (mg DQO/L.h), **q** (mg DQO / mg SSV.d)



Respirogramas simultáneos DQOb, U

Resultados	Resultados	Resultados
OD (ppm)	OD (ppm)	OD (ppm)
T. (°C)	T. (°C)	T. (°C)
pH	pH	pH
Rs (mg/l.h)	Rs (mg/l.h)	Rs (mg/l.h)
Rsp (mg/g.h)	Rsp (mg/g.h)	Rsp (mg/g.h)
OC (mg/l)	OC (mg/l)	OC (mg/l)
DQOb (mg/l)	DQOb (mg/l)	DQOb (mg/l)
U (mgDQOb/l.h)	U (mgDQOb/l.h)	U (mgDQOb/l.h)
q (mgDQOb/mgVSS.d)	q (mgDQOb/mgVSS.d)	q (mgDQOb/mgVSS.d)
Primer valor : 0	Primer valor : 0	Primer valor : 0
Último valor : 160,75	Último valor : 9,15	Último valor : 0,07
Máximo : 160,75	Máximo : 35,88	Máximo : 0,29
Promedio : 137,13	Promedio : 18,92	Promedio : 0,15

Desde el valor de la U podemos saber si con el TRH actual hay tiempo para eliminar suficientemente la DQOb actual:

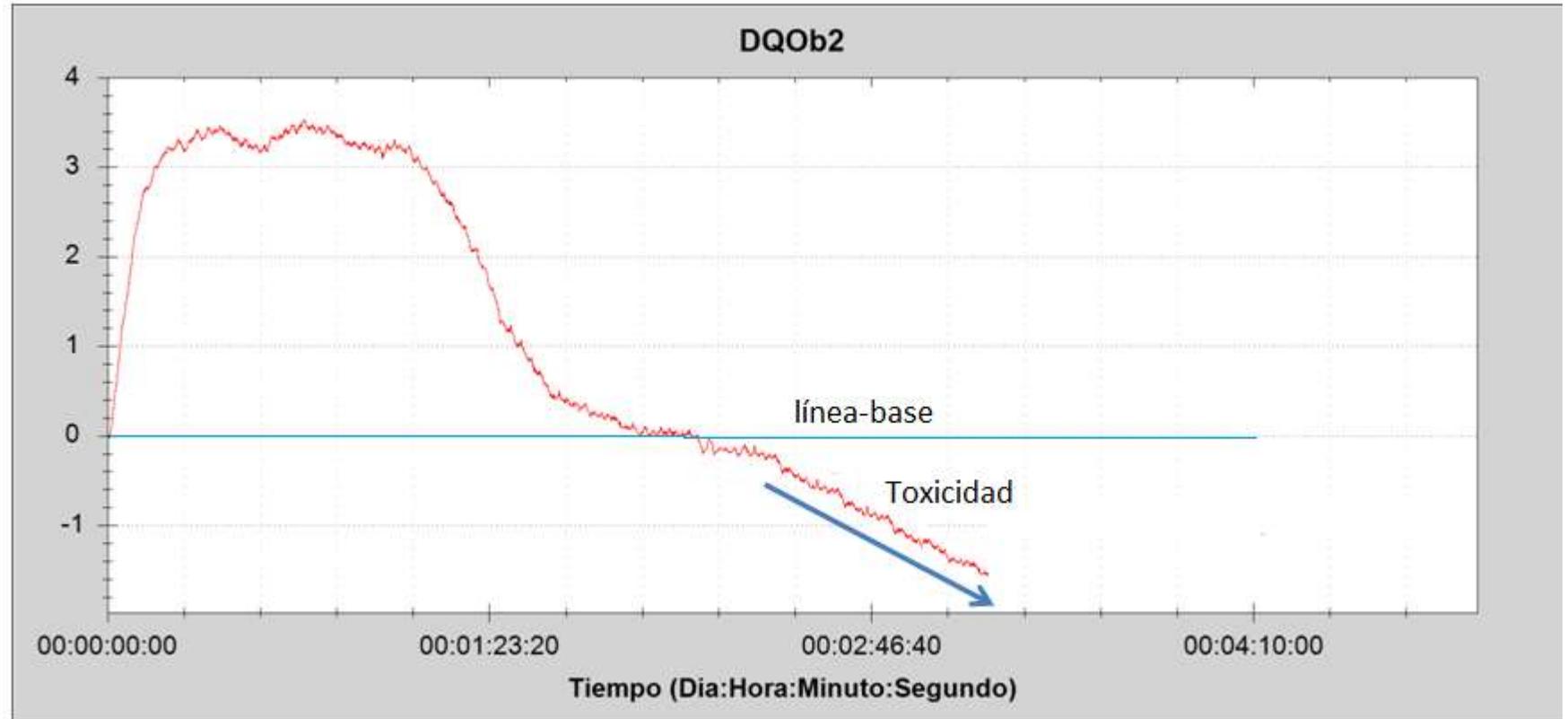
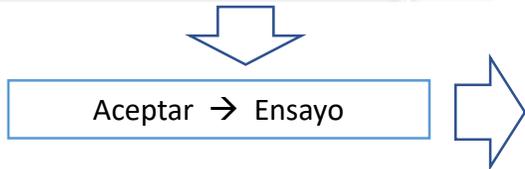
$$\text{TRH necesario} = \text{DQOb} / \text{U}$$

Desde el valor de la q podemos valorar la Carga Másica por DQO

DetECCIÓN DE TOXICIDAD EN UN ENSAYO DE LA DQOb

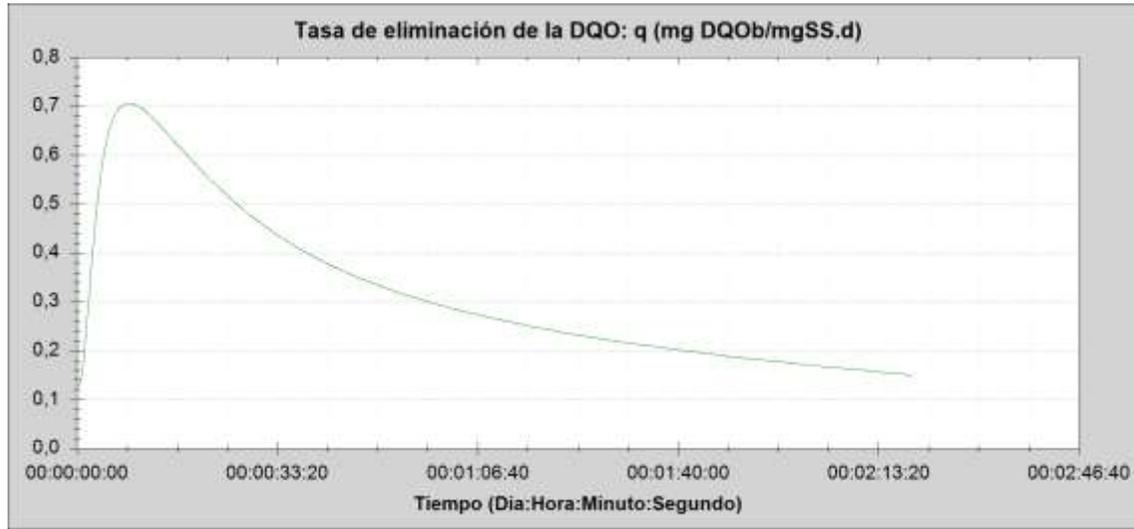
Cuando la Rs rebasa la línea-base y cae con una clara pendiente negativa progresiva, el ensayo está indicando la posibilidad de la presencia de una toxicidad provocada por la muestra para la relación V_m/V_f con que el ensayo se ha ejecutado.

Vf: 1000,00 ml Sólidos: 2,00 g/L
Vm: 50,00 ml Y: 0,60
fd: Auto 21 Lecturas < 0 Forzar Cb



Respirograma Rs de la DQOb

Valoración del parámetro q en el ensayo de la DQOb



Respirograma q en el ensayo de la DQOb

Ensayo:		Resultados	
Nombre:	Tasa de eliminación	Selecciona el tipo de datos de la siguiente lista para ver todos sus resultados:	
Operario:		<input type="checkbox"/> OD (ppm) <input type="checkbox"/> T (°C) <input type="checkbox"/> pH <input type="checkbox"/> Ra (mg/l.h) <input type="checkbox"/> Rap (mg/g.h) <input type="checkbox"/> OC (mg/l) <input type="checkbox"/> DQOb (mg/l) <input type="checkbox"/> U (mgDQOb/l.h) <input checked="" type="checkbox"/> q (mgDQOb/mgVSS.d)	
Fecha:	02/03/2020		
Línea de base:	8,023 ppm		
Sólidos	2 g/l		
Vf:	1000 ml		
Vm	50 ml		
v:	2		
Y:	0,6		
Estimación:	0 mg/l		
Duración(h:mm:ss):	00:02:18:56		
Observaciones			
Primer valor: 0 Último valor: 0,15 Mínimo: 0 Máximo: 0,7 Promedio: 0,32			

$$q_{\max} \text{ (mg DQOb/mgSS.d)} = K_{OD} * q \text{ (máximo)}$$

$$K_{OD} = OD / (OD + 0,2)$$



$$q_{\max} \text{ (mg DBO)/mgSS.d} = K_{DBO} * q \text{ (máximo)}$$

$$K_{DBO} = DBO/DQOb \approx 1 / 1,6 = 0,625$$

TABLA DE VALORACIÓN	
$q_{\max} \text{ (DBO)} < CM_{\max} \text{ (DBO)}$	→ Proceso en sobrecarga orgánica
$q_{\max} \text{ (DBO)} \approx CM_{\max} \text{ (DBO)}$	→ Proceso ajustado
$q_{\max} \text{ (DBO)} > CM_{\max} \text{ (DBO)}$	→ Proceso en infracarga orgánica

CM_{max}: Carga másica máxima por DBO (DBO/ MLSS.d)

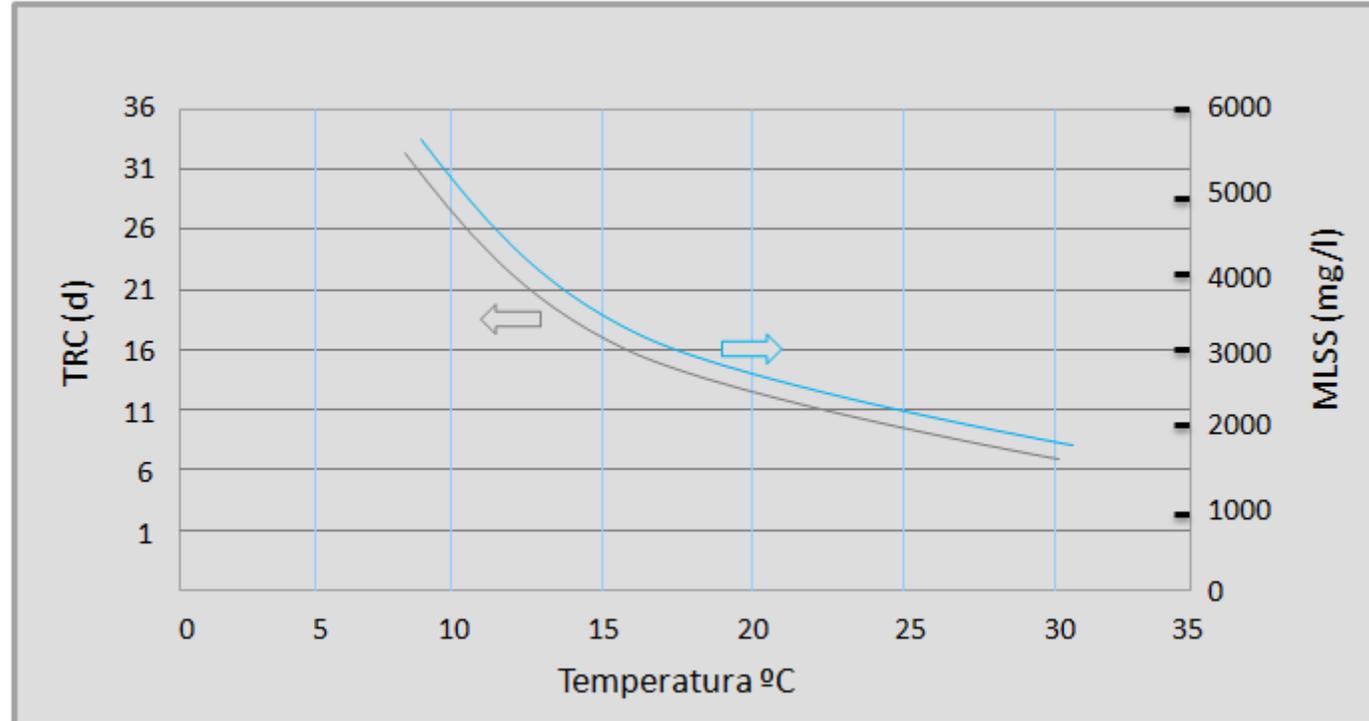
Nitrificación

SURCIS

Condiciones iniciales para la nitrificación

Condiciones	
pH	7.3 a 8 (óptimo)
T	> 15 a 28 °C
OD	1 a 3 ppm
DBO/NTK	< 5
TRC	5 a 30d
Reactor con suficiente capacidad de nitrificación	
Sin inhibidores ni compuestos tóxicos	

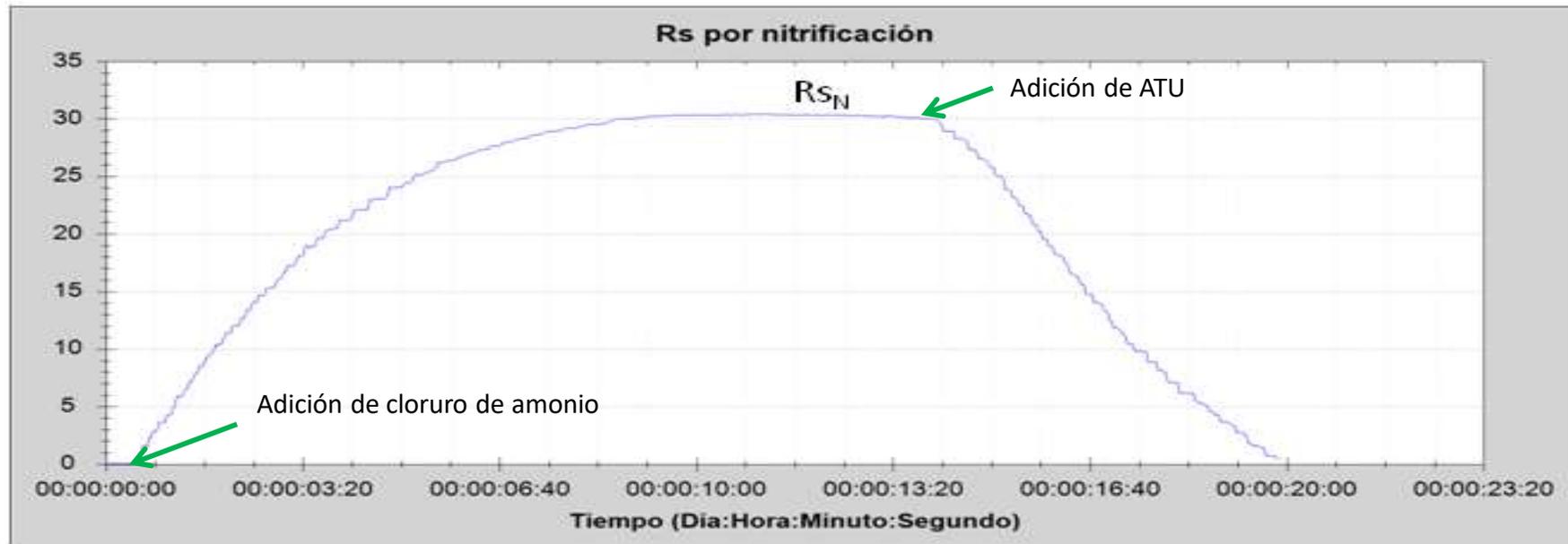
TRC & MLSS recomendados en un proceso con nitrificación dependiendo de la Temperatura



Tasa de nitrificación (AUR)

Utilizamos cloruro de amonio con una concentración de amonio equivalente ($C_{NH_4} = N-NH_4 / 0,26$) en un ensayo R, en condiciones equivalentes de temperatura y pH hasta alcanzar el valor máximo (Rs_N)

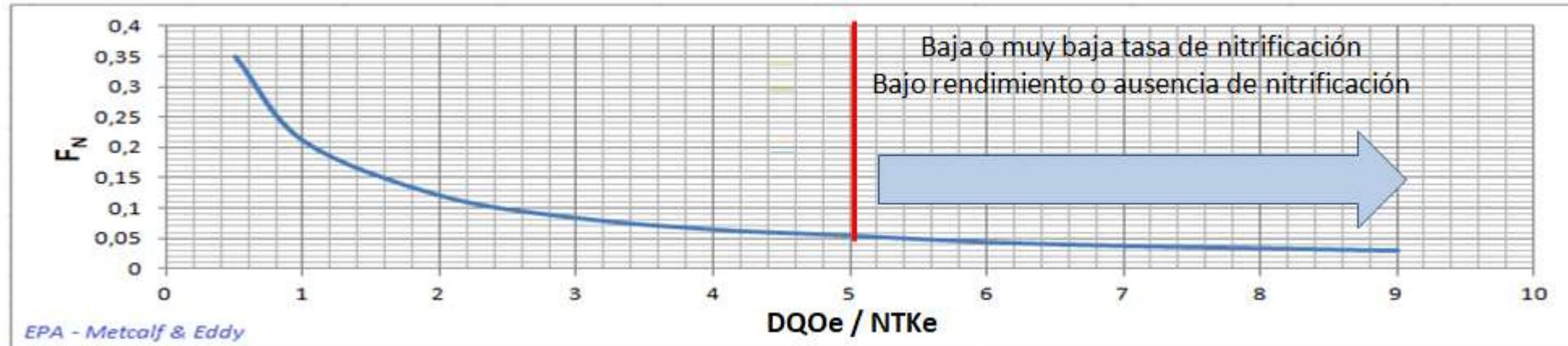
Un vez alcanzado el valor máximo se le adicionan dosis sucesivas de ATU (3 a 4 mg / g SSV) hasta inhibir la biomasa nitrificante. De este modo, este fango nos va a servir para la determinación de la DQOb y DQOrb.



Respirograma de Rs por nitrificación

Tasa de respiración por nitrificación (mg/l.h)	Rs_N
Tasa de nitrificación actual (mg N-NH ₄ /l.h)	$AUR = [Rs_N / 4.57] * OD / (K_{OD} + OD)$ <p>OD : Oxígeno disuelto medio en el proceso (mg/l) K_{OD} : Factor de corrección por OD $\approx 0,5$ (Valor habitual por defecto)</p>

Estimación de la concentración de biomasa nitrificante Y TRC estimado para la nitrificación



DQOe: DQO eliminada en el proceso aerobio
NTKe: NTK eliminado en el proceso aerobio

$$X_A = F_N * SSVLM$$

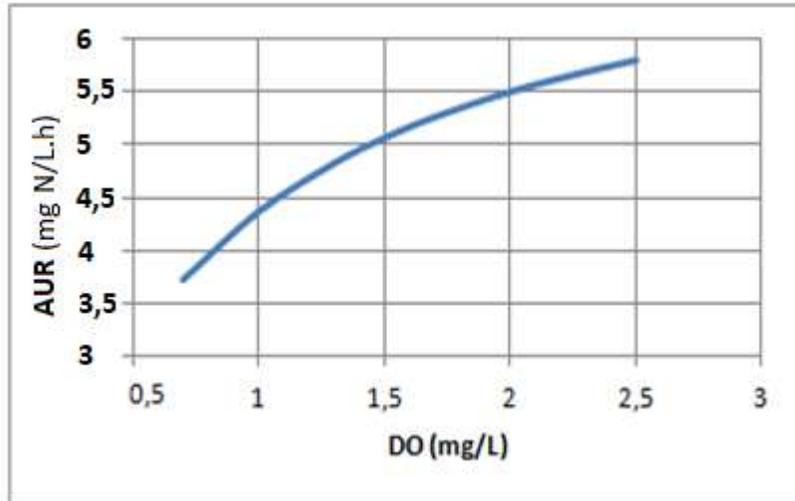
$$TRC = X_A / (2,4 * AUR)$$

X_A : Concentración efectiva de biomasa nitrificante (mg/l)
TRC: Edad del fango para la nitrificación (d)

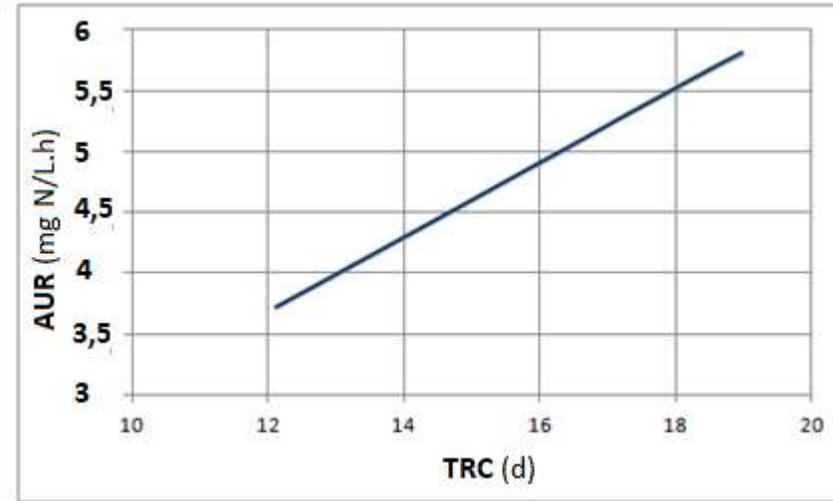
Posibles causas de una bajo rendimiento de la nitrificación

1. El proceso está operando con un OD medio muy bajo (< 1 ppm) y condiciones muy justas
2. La edad del fango (TRC) es inferior a la mínima en a que el proceso debería estar operando
3. Relación $DQO_e/NTK_e \gg 5$
4. Baja temperatura ($< 15^\circ\text{C}$) en tiempo prolongado
5. Presencia de algún inhibidor o tóxico
6. Otras

Oxígeno Disuelto (OD) y/o Edad del fango (TRC) Para la nitrificación



$$AUR = [R_{S_N} / 4.57] * OD / (K_{OD} + OD)$$



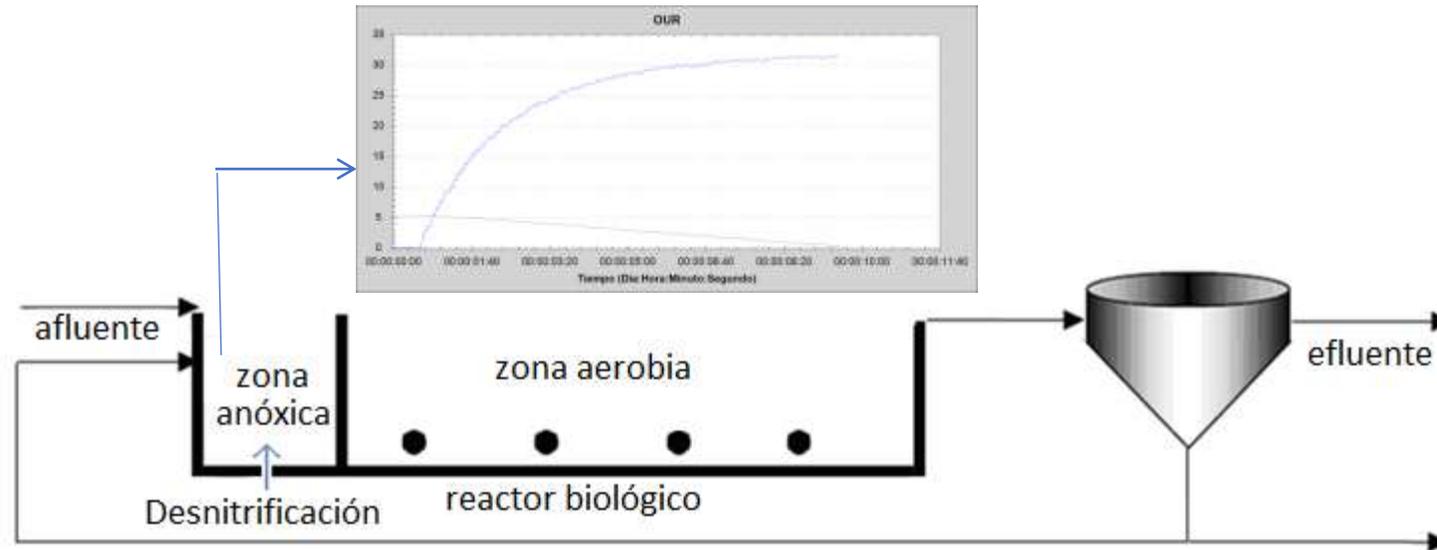
$$TRC = X_A / (2,4 * AUR)$$

Desnitrificación

SURCIS

Tasa de desnitrificación desde un ensayo OUR

Existe una proporcionalidad directa entre la velocidad de utilización del oxígeno consumido para la eliminación del carbono orgánico de la DQO biodegradable del agua residual de forma aeróbica y el nitrato a eliminar en la zona anóxica. - [Henri Spanjers, Peter A. Vanrolleghem, 2004](#)
Por lo tanto, el valor del OUR orgánico del fango de la zona de desnitrificación es proporcional al nitrato de que está consumiendo.



$$NUR = f_{OD} * (OUR_H / 2,86)$$

NUR: Tasa de desnitrificación (mg N-NO₃/L.h)

OUR_H = OUR - OUR_{end}

Y_{H,DN}: Coeficiente de crecimiento de la biomasa heterotrófica en zona anóxica (mg O₂/mg COD) ≈ **0,83** * Y_H

f_{OD} = K_O / (K_O + OD_{DN}) ≈ 0,2 / (0,2 + OD_{DN})

K_O: Coeficiente de inhibición por oxígeno en la zona anóxica = **0,2** (mg/l)

OD_{DN}: Oxígeno disuelto medio en zona de desnitrificación (mg/l)

Fuentes 1: US-EPA, Henze et al 1987 - 2: [Illinois Institute of Technology](#) – Andrew Robert Shaw; Heather M. Phillips - Black & Veatch Corporation (WEFTEC10)

Tasa de desnitrificación (NUR)

$$OC_D = 2,86 * S_{NO_3}$$

OC_D : Oxígeno que se consume en la desnitrificación (mg O_2 /L)

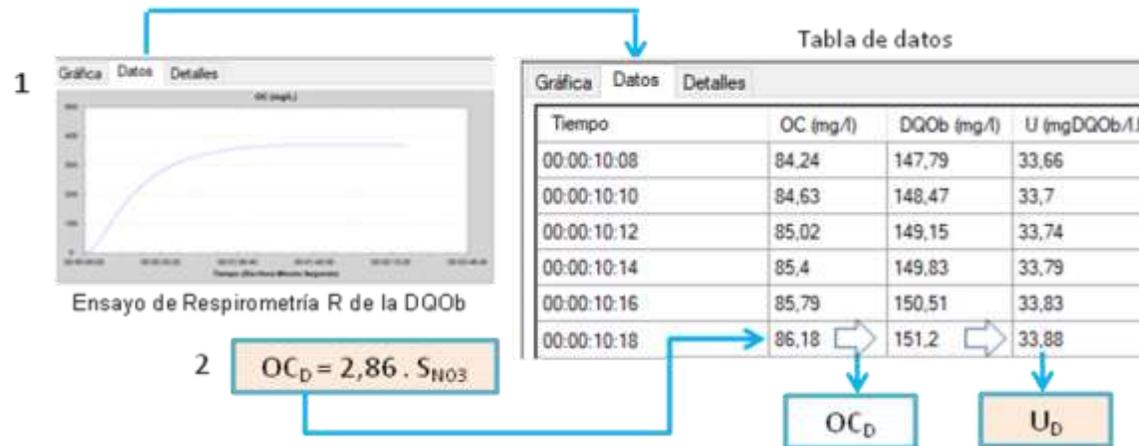
S_{NO_3} : Nitrato a desnitrificar (mg N- NO_3 /l)

Se aprovechan las columnas de resultados que aparecen en la pestaña “Datos” de un ensayo de DQOb con agua de entrada al proceso de desnitrificación.

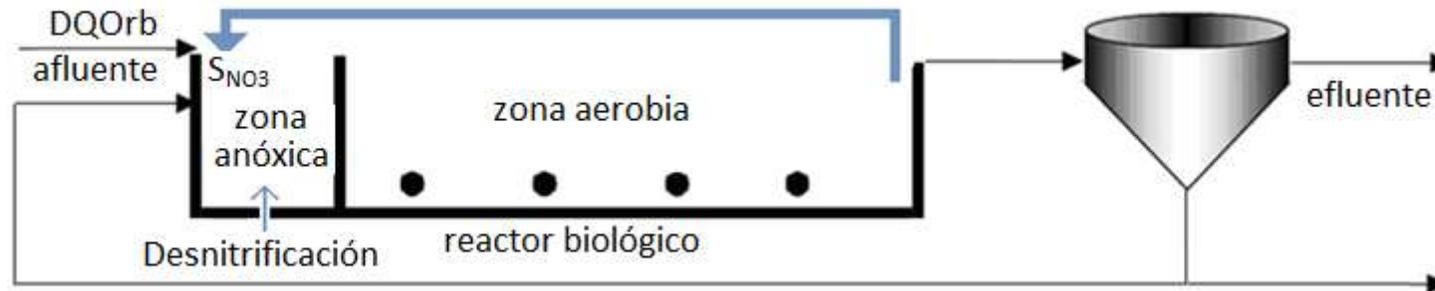
En la columna de resultados de OC se busca el valor del OC_D calculado y en la misma fila el correspondiente a U (tasa de utilización de la DQO) al vamos a denominar U_D

$$NUR = U_D (1 - 0,85 * Y_H) / 2,86$$

Fuentes: Basado en los principios de E.CHOI and R.DAEHWAN. 2000. Korea University - W.W. Eckenfekder & J.L. Musterman – 1995



DQOrb requerida para la desnitrificación



$$DQOrb_{DN} > 2,86 * S_{NO3} / (1 - Y_{H.DN})$$

S_{NO3} : Nitrato a desnitrificar (mg N-NO₃/L)

$DQOrb_{DN}$: DQO rápidamente biodegradable mínimo requerido para la desnitrificación (mg/L)

$Y_{H.DN}$: Coeficiente de crecimiento de la biomasa heterotrófica en zona anóxica (mg O₂/mg COD) $\approx 0,83 * Y_H$

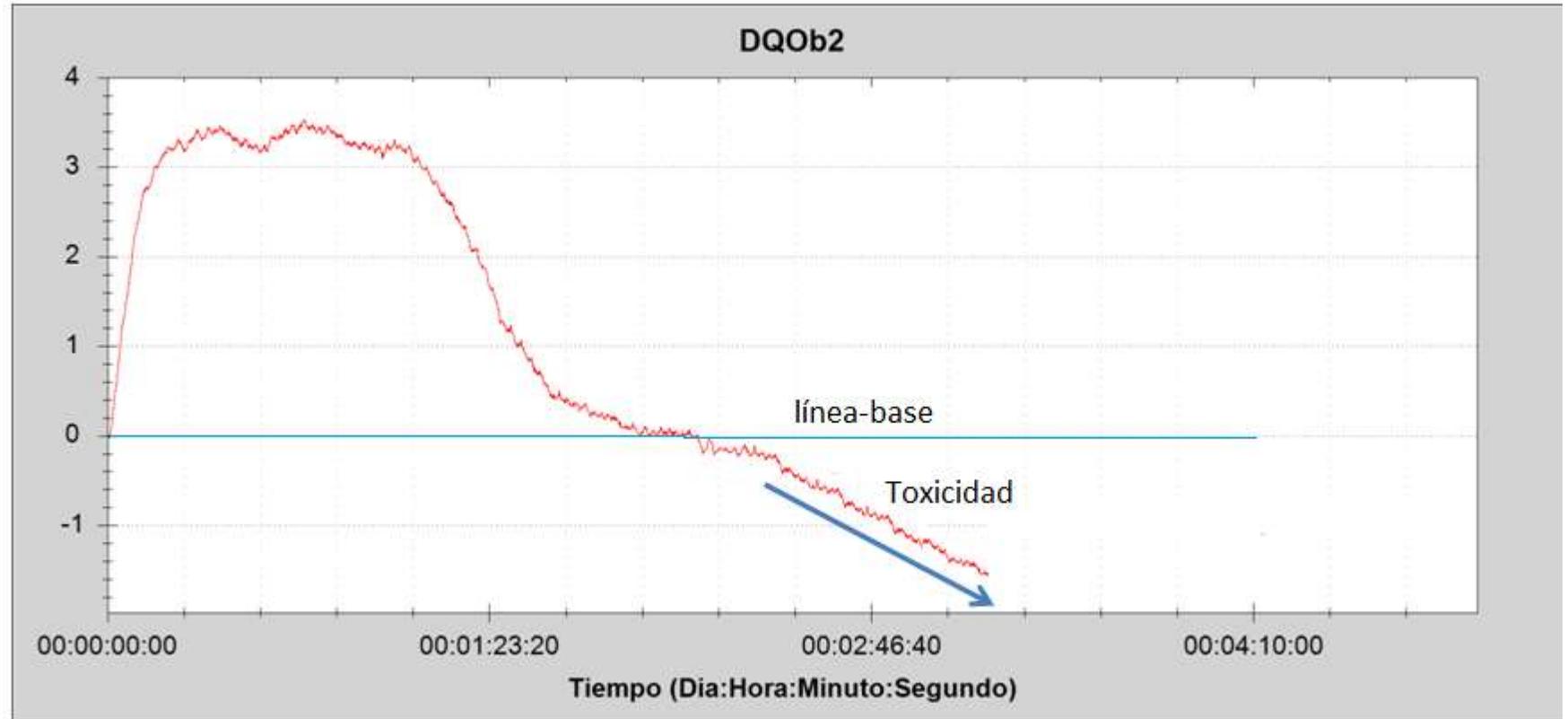
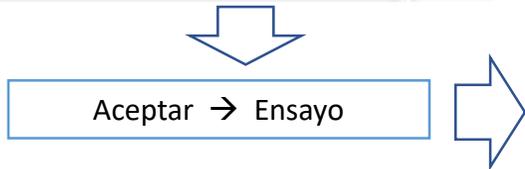
Toxicidad

SURCIS

DetECCIÓN DE TOXICIDAD EN UN ENSAYO DE LA DQOb

Cuando la Rs rebasa la línea-base y cae con una clara pendiente negativa progresiva, el ensayo está indicando la posibilidad de la presencia de una toxicidad provocada por la muestra para la relación V_m/V_f con que el ensayo se ha ejecutado.

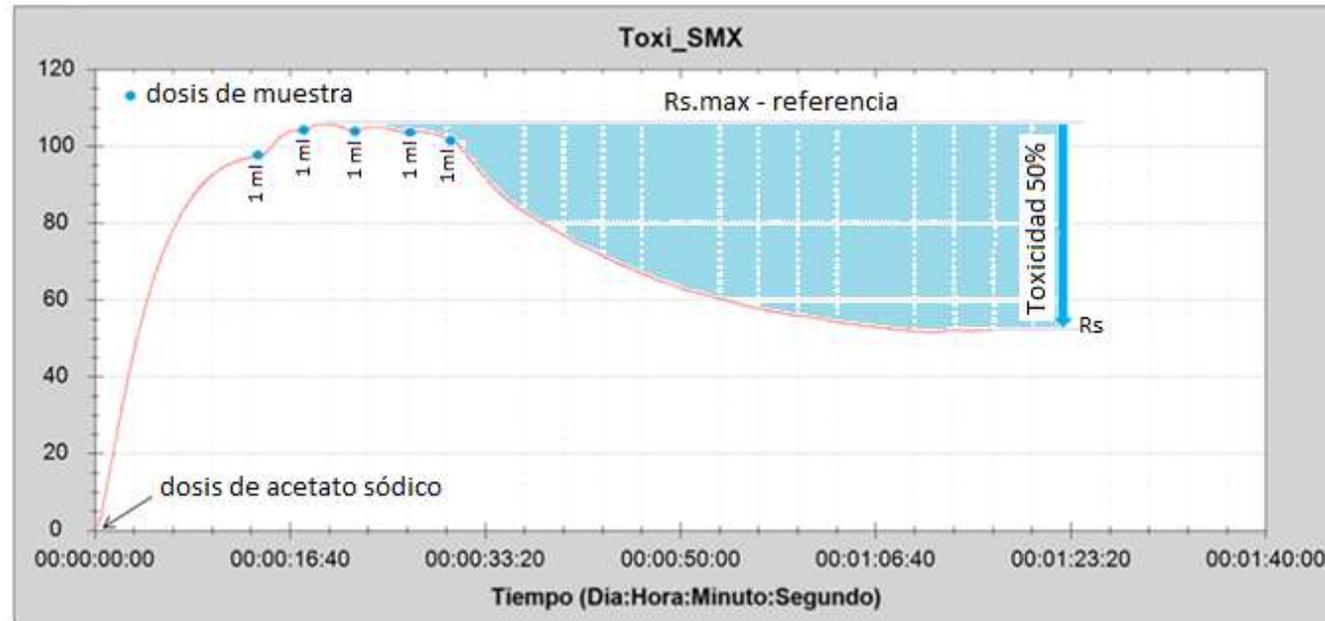
Vf: 1000,00 ml Sólidos: 2,00 g/L
Vm: 50,00 ml Y: 0,60
fd: Auto 21 Lecturas < 0 Forzar Cb



Respirograma Rs de la DQOb

Análisis de toxicidad de efecto rápido por dosis de muestra acumulada

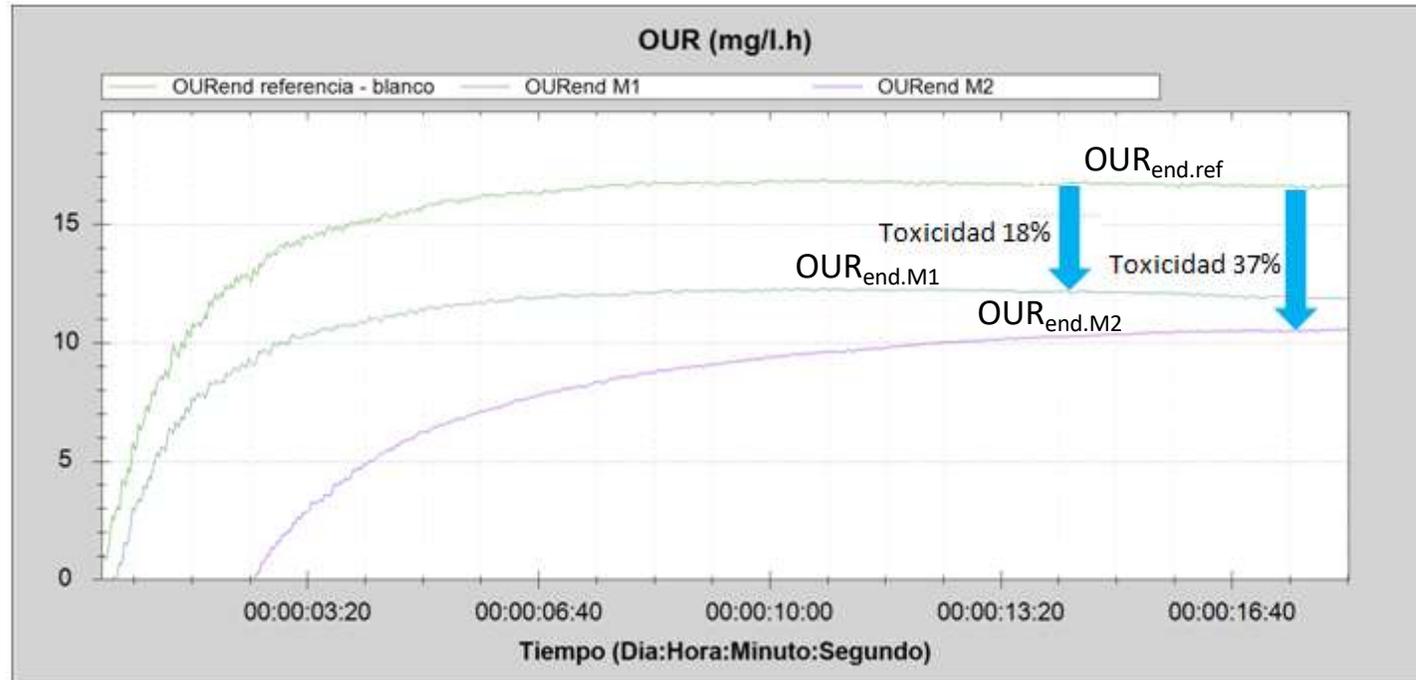
El objetivo es analizar un efecto tóxico que se pudiera producir en el fango activo mediante la adición progresiva de dosis de muestra de agua residual sobre una tasa de respiración máxima provocada por la adición de un sustrato de referencia (acetato sódico, cloruro de amonio, o ambos)



Respirograma Rs para el ensayo de Toxicidad por adición acumulativa de muestra

Toxicidad de una varias muestras problema por ensayos OUR endógeno

Con este procedimiento se valora la toxicidad por comparación del valor OUR endógeno ($OUR_{end.M}$) de uno o varios licor-mixtos preparados con muestra/s problema con el OUR endógeno de referencia ($OUR_{end.ref}$)



Superposición de respirogramas OURend para análisis de toxicidad de 2 muestras

$$\text{Toxicidad (\%)} = 100 * (OUR_{end.ref} - OUR_{end.M} / OUR_{end.ref})$$

Producción de fango

SURCIS

Determinación de la producción de fango: P_x

Procedimiento: $K_d \rightarrow Y_{obs} \rightarrow P_x$

K_d : Coeficiente de descomposición de biomasa en fase de respiración endógena (d^{-1})

Este coeficiente tiene en cuenta la pérdida de masa celular debida a la oxidación de los productos de almacenamiento interno de energía para el mantenimiento de la célula en fase de respiración endógena.

$$K_d = (24 / 1000) * SOUR_{end} / 1,42$$

Y_{obs} : Coeficiente estequiométrico de producción de biomasa observado (SSV/ DQO)

Este coeficiente representa la relación de la acumulación neta de biomasa (rendimiento de biomasa observado, Y_{obs}) que corresponde a la cantidad de fango excedente. Se relaciona con la K_d y edad del fango contabilizando, de este modo, la lisis (muerte) de las células bacterianas y la depredación de las bacterias por otros microorganismos.

$$Y_{obs} = Y_{H.SSV} / (1 + K_d * TRC)$$

P_x : Producción de fango (kg SSV/d)

Este parámetro representa el crecimiento neto de la biomasa expresado en sólidos volátiles en suspensión.

Su fórmula matemática es la siguiente :

$$P_x = Y_{obs} * Q * DQOb_e / 1000$$

P_x : Producción de fango (kg SSV/d)

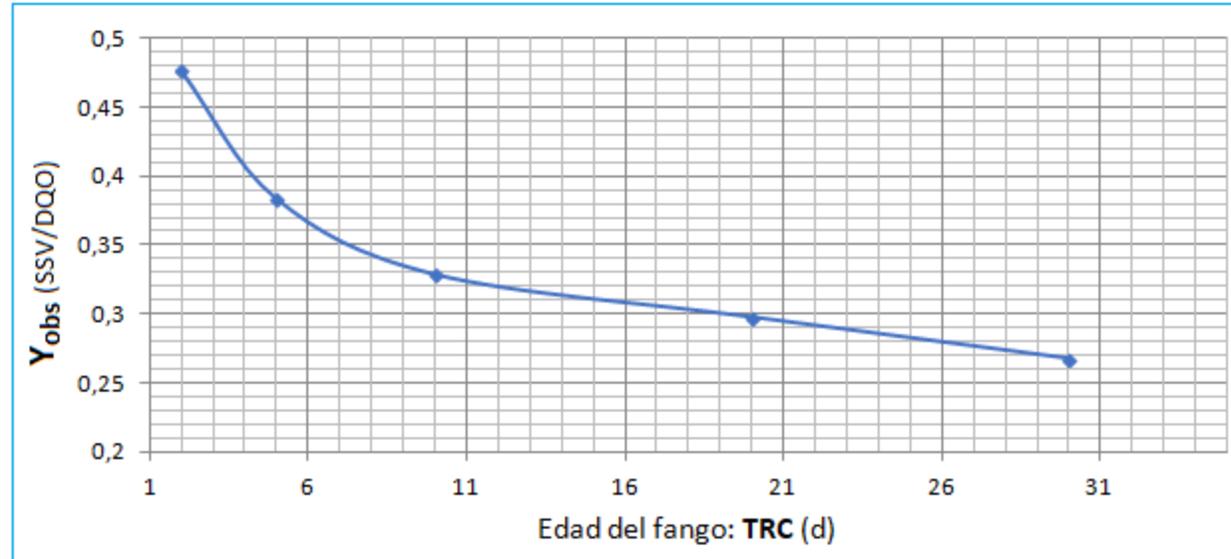
Y_{obs} : Coeficiente de crecimiento observado (SSV/DQO)

Q: Caudal de entrada al proceso de depuración (m^3/d)

$DQOb_e$: DQO biodegradable media eliminada ($mg\ DQOb/L$) = $DQOb\ media\ afluente - DQOb\ efluente \rightarrow$ La $DQOb\ efluente$ se puede estimar $\approx 1,6 * DBO\ media\ efluente$

Cálculo estimado de la producción de fango desde tablas guía: P_x

Y_{obs} (VSS/DQO)	TRC (d)	F/M (DQO/SSV.d)
0,477	2	1,048
0,384	5	0,521
0,329	10	0,304
0,298	20	0,168
0,268	30	0,124



$$P_x = Y_{obs} * Q * DQOb_e / 1000$$

P_x : Producción de fango (kg SSV/d)

Y_{obs} : Coeficiente de crecimiento observado (SSV/DQO)

Q: Caudal medio de entrada al proceso de depuración (m³/d)

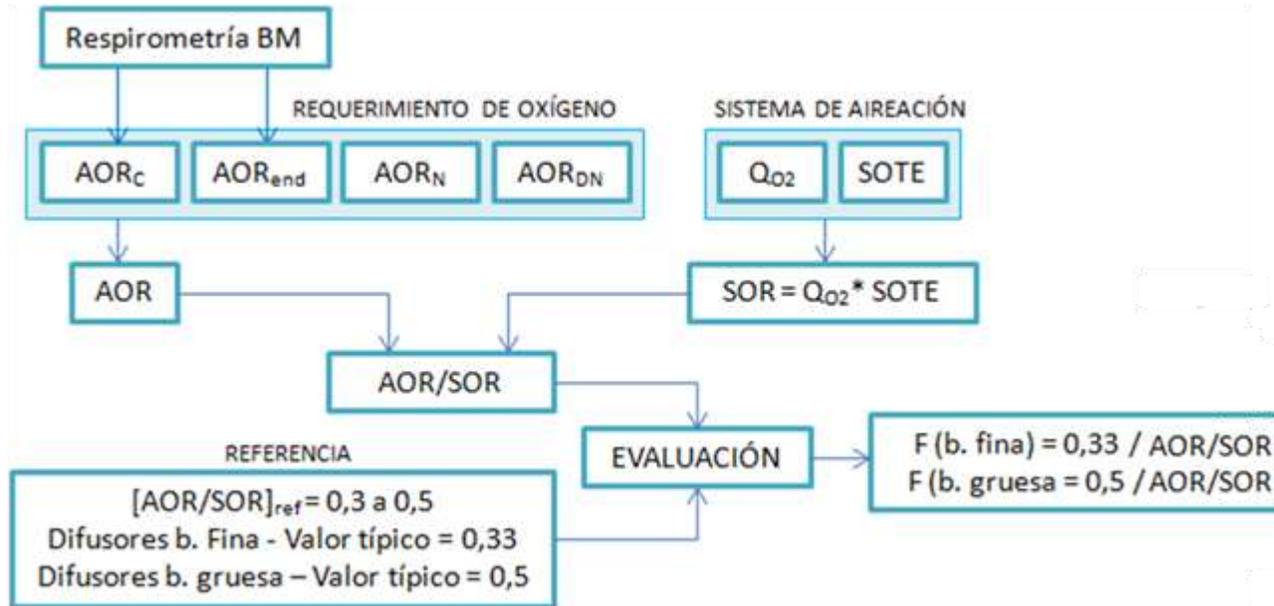
DQOb_e: DQO biodegradable media eliminada (mg DQOb/L) = DQOb media afluente – DQOb efluente → La DQOb efluente se puede estimar ≈ 1,6 * DBO media efluente

Evaluación de una sistema de aireación por difusores

SURCIS

Diagrama para la evaluación de un sistema de aireación por difusores

Diagrama



Parámetros	
[AOR/SOR] _{ref}	Valor de referencia de la relación entre el requerimiento actual de oxígeno (AOR) y el requerimiento en condiciones estándar (SOR)
AOR (kg O ₂ /d)	Requerimiento actual de oxígeno = AOR _c + AOR _{end} + AOR _N - AOR _{DN}
AOR _c (kg O ₂ /d)	Reaquerimiento actual de oxígeno de la materia orgánica
AOR _{end} (kg O ₂ /d)	Requerimiento actual de oxígeno por respiración endógena
AOR _N (kg O ₂ /d)	Requerimiento actual de oxígeno por nitrificación
AOR _{DN} (kg O ₂ /d)	Requerimiento actual de oxígeno por desnitrificación
SOR (kg O ₂ /d)	Requerimiento actual de oxígeno en condiciones estándar
SOTE (%)	Eficiencia transferencia de oxígeno en agua limpia en condiciones estándar
AOR/SOR	Relación entre el AOR y el SOR actual

**La Respirometría
no está limitada**

La Respirometría no está limitada

AQUÍ SE HAN PRESENTADO ALGUNAS APLICACIONES TÍPICAS DE LA RESPIROMETRÍA BM.
PERO HAY QUE TENER EN CUENTA QUE UN RESPIRÓMETRO ES UNA HERRAMIENTA Y,
POR LO TANTO, EL NÚMERO DE DE APLICACIONES NO ESTÁ LIMITADO.
CON ELLO, UNA VEZ COMPRENDIDOS LOS PRINCIPIOS BÁSICOS Y POSIBILIDADES DEL SOFTWARE,



SIEMPRE CABE LA POSIBILIDAD DE DESARROLLO DE NUEVAS APLICACIONES

Enlace YouTube: <https://youtu.be/NpdRf6s2mTM>