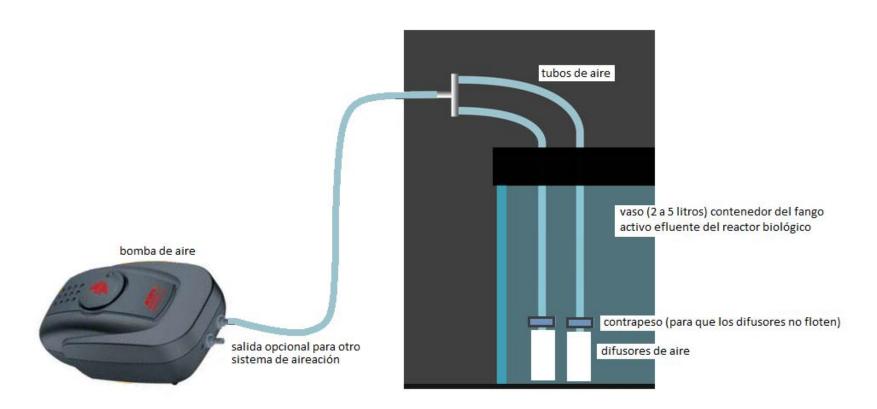
Respirometría BM
para la determinación práctica
de los parámetros cinéticos
de un proceso de depuración
de una EDAR

Surcis

Aireador para pasar el fango activo a respiración endógena

Varios ensayos de respirometría necesitan el fango activo en fase de respiración endógena (sin sustrato pendiente de depurar) y para ello es necesario airear el fango activo más descargado del reactor (fango efluente o final del reactor) durante el tiempo necesario para ello (normalmente se deja el fango aireándose de un día para otro)

El sistema de aireación puede ser perfectamente el normalmente utilizado en acuarios domésticos.



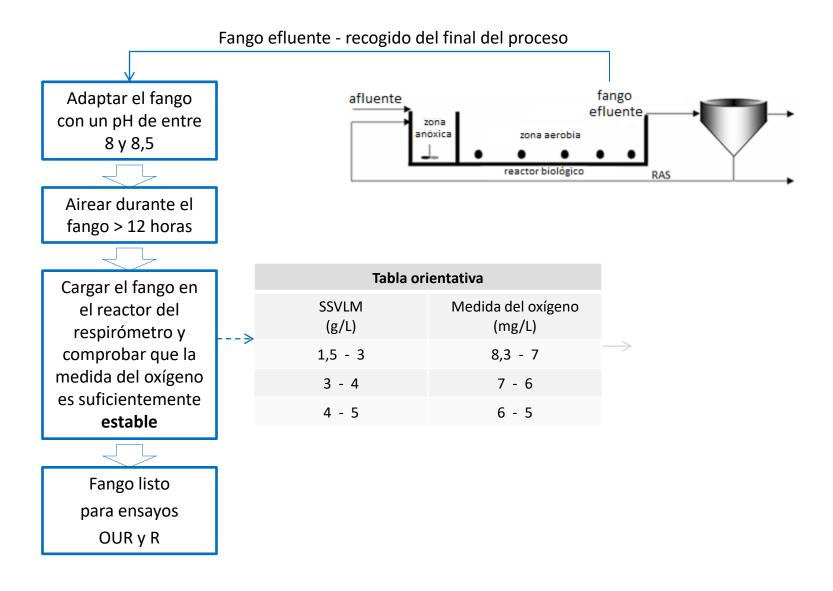
Reactivos, accesorios y preparación del fango activo



Reactivos

Reactivo	Applicaciones	Comentarios
Solución de 400 mg de acetato sódico en 1 litro de agua destilada	Estándar orgánico de referencia Determinación del coeficiente de crecimiento de la biomasa heterótrofa (Y _H)	Pueden haber otras aplicaciones.
Solución de 100 mg de Alil Tiourea (ATU) en 100 mL de agua destilada	Inhibición de la nitrificación	Solo es necesario cuando hay nitrificación.
Cloruro de amonio en 2 mL de agua destilada	Estándar de nitrógeno amoniacal en ensayos de nitrificación [1 mg NH ₄ Cl = 0.26 mg NH ₄ -N]	La solución de 2 mL se hará con una cantidad de CINH ₄ igual al doble de mg N/L de la del NTK eliminado en el proceso. Si se desconoce el NTK eliminado, se tomará el NT eliminado En el ensayo se añadirá solamente 1 mL de la misma al litro de fango endógeno del reactor del respirómetro. Ejemplo: NTK eliminado = 30 mg N/L mg CINH ₄ = 30 / 0,26 = 115 mg. Solución = 2 x 115 mg + 2 mL agua destilada = = 230 mg CINH ₄ + 2 mL agua destilada. Se añadirá 1 mL solución que corresponde a 115 mg CINH ₄) en 1 L de fango endógeno (reactor respirómetro)

Preparación del fango en fase de respiración endógena



Datos del proceso



FICHA TÉCNICA PARA SERVICIOS RESPIROMETRÍA

Fecha:

Concepto / Parámetro	Modo / Valor	Descripción / Comentario
Tipo de proceso		
Nitrificación / Desnitrificación		Especificar si existe o no
pH medio en el proceso		
Temperatura actual media en el biológico (ºC)		
Oxígeno Disuelto medio en biológico aerobio: OD (mg/l)		
Oxígeno Disuelto medio en bzona anóxica: OD (mg/l)		
DQO media entrada a biológico: DQO _{in} (mg/l)		
DQO media salida: DQO _{out} (mg/I)		
DBO ₅ media entrada a biológico: DBO _{in} (mg/l)		
DBO ₅ media salida: DBO _{out} (mg/l)		
TKN medio entrada biológico: TKN _{in} (mg N/I)		
TKN medio salida: TKN _{out} (mg N/I)		
Caudal medio de entrada a reactor biológico: Q (m³/h)		
Volumen zona aerobia del reactor biológico: V _r (m³)		
Edad del fango: TRC (d)		
Concentración de sólidos volátiles del fango en reactor biológico : SSVLM (mg/l)		
Fiempo medio de Retención Hidráulica total de la zona aerobia : TRH _{air} (h)		
Fiempo medio de Retención Hidráulica total de la zona anóxica de desnitrificación : TRH _{DN} (h)		Solo en el caso de que exista

Biomasa global



Parámetros cinéticos de la biomasa global

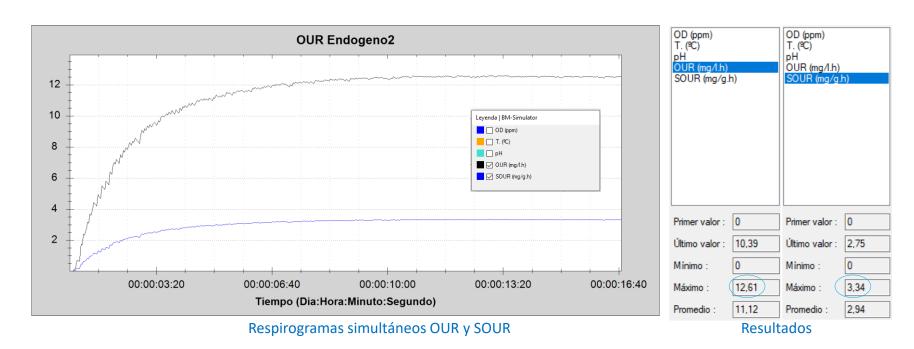
OUR_{end}:Tasa de consumo de oxígeno en respiración endógena (mg O₂/L.h) Resultado directo desde el ensayo OUR endógeno

SOUR_{end}: Tasa específica de consumo de oxígeno en respiración endógena (mg O₂ /gSSV.h) Resultado directo desde el ensayo OUR endógeno

X: Concentración de biomasa global activa (mg/L)

Ensayo OUR & SOUR de la respiración endógena

Se lleva a cabo un ensayo OUR con el fango endógeno para la determinación de las tasa de respiración correspondiente. Normalmente se utiliza el valor máximo que se alcanza en el ensayo.



Tasa de respiración endógena: $OUR_{end} = 12,61 \text{ mg/L.h}$

Tasa específica de respiración endógena: **SOUR**_{end} = 3,34 mg/gSSV.h

Cálculo de los parámetros cinéticos de la biomasa global

OUR_{end} (mg O₂/L.h) Resultado directo desde el ensayo OUR endógeno

SOUR_{end} (mg O₂ /gSSV.h)

Resultado directo desde el ensayo OUR endógeno

X (mg/L) **X** = 24 * OUR_{end} / (f_{cv} * b)

 f_{CV} : Demanda de oxígeno por unidad de biomasa = 1.42 (O_2/X)

b: Tasa de decaimiento de la biomasa en la respiración endógena (d-1) = 0,24. 1,04^(T-20)

Biomasa autótrofa



Parámetros cinéticos de la biomasa autótrofa

Ensayo

- Ensayo tipo R con dosis de cloruro de amonio en concentración de amonio equivalente a la del proceso.
- Adición de dosis controlada de Allil-Tiourea para inhibir la nitrificación.

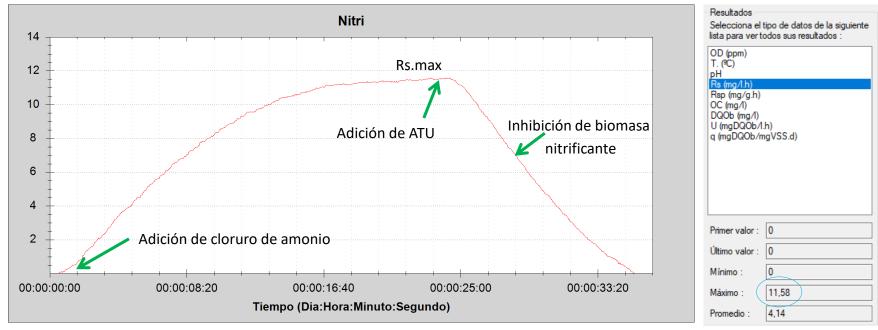
Parámetros cinéticos y estequiométrico

- AUR: Tasa de consumo de nitrógeno nitrificable (mg N-NH₄/L.h)
- Rs_N: Tasa de respiración máxima por nitrificación (mg O₂/L.h)
- AUR_{max}: Tasa de consumo de nitrógeno nitrificable máxima (mg N-NH₄/L.h)
- X_N: Concentración de biomasa nitrificante (mg/L)
- Y_Δ: Coeficiente estequiométrico (mg X_N/mg N)
- K_N: Constante de semisaturación de sustrato (mg/L)
- K_{op}: Constante de semisaturación de oxígeno disuelto (mg/L)
- q_{N.max}: Tasa máxima de consumo de nitrógeno amoniacal (mg N/L.h)
- $\mu_{A.max}$: Tasa máxima de crecimiento de la biomasa nitrificante (d⁻¹)

Ensayo R para la determinación de parámetros de la biomasa autótrofa

Se lleva a cabo el ensayo R con fango endógeno y yuna dosis de cloruro de amonio con una concentración de amonio equivalente ($CINH_4 = TKN \ eliminado / 0,26$) en condiciones equivalentes de temperatura y pH hasta alcanzar el valor máximo (Rs.max)

Un vez alcanzado el valor máximo se le adicionan dosis sucesivas de Allil-Tiourea (ATU) hasta inhibir la biomasa nitrificante. De este modo, preparamos el fango para ensayos R de la biomasa heterótrofa sin la interferencia de la nitrificación.



Respirograma de Rs por nitrificación

Tasa de respiración por nitrificación: **Rs.max** = 11,58 mg/L.h

Cálculo de los parámetros cinéticos y estequiométricos de la biomasa autótrofa (I)

$$N_N \text{ (mg N/L)} = (TKN_{in} - N_{sin} - TKN_{out})$$

N_{sin} (mg N/L): Nitrógeno dirigido a la síntesis celular ≈ 0.05 * DBO eliminada en el proceso aerobio

AUR (mg N/L.h) =
$$N_N / TRH_{air}$$

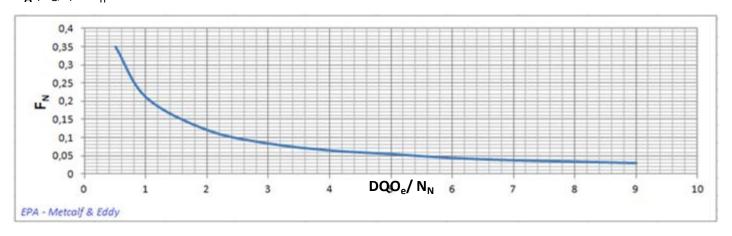
$$AUR_{max} (mg N/L.h) = Rs_N / 4,57$$

$$\mathbf{K_{OD}}$$
 (mg O₂/L) = OD * (AUR_{max} - AUR) / AUR

 K_{OD} (mg O_2/L) = 0,5 (por defecto – valor habitual -)

$$\mathbf{K_N}$$
 (mg N/L) = $\mathbf{N_N}$ * (AUR_{max} – AUR) / AUR

$$X_A (mg/L) = F_n * SSVLM$$



 $DQO_e(mg/L) = DQO_{in} - DQO_{out}$

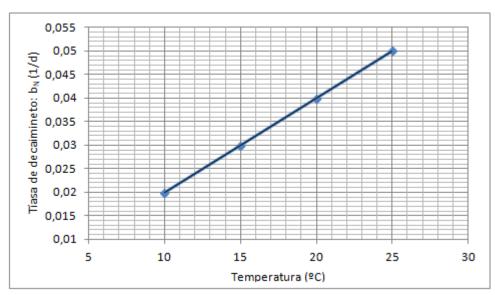
Cálculo de los parámetros cinéticos y estequiométricos de la biomasa autótrofa (II)

$$\mathbf{q_N}$$
 (mg N/mgSSV_A.d) = 24 * AUR / X_A

$$Y_A \text{ (mg SSV}_A / \text{mg)} = 1/(TRC * q_N)$$

$$\mathbf{q}_{N.max}$$
 (mg N/mgSSV_A.d) = 24 * AUR_{max} / X_A

$$\mu_{A.max}$$
 (d-1) = $Y_A * q_{N.max} - b_N$



Biomasa heterotrofa



Parámetros cinéticos y estequiométricos de la biomasa heterótrofa

Ensayos

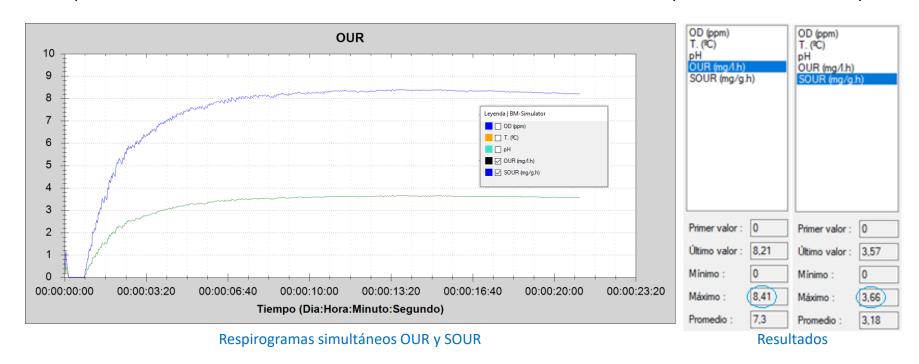
- Ensayo tipo OUR con fango en respiración endógena con biomasa nitrificante inhibida
- Ensayo R con dosis controlada de compuesto estándar (solución de acetato sódico)
- Ensayo R con agua residual

Parámetros cinéticos

- Tasa de respiración endógena: OUR_{end.H} (mg O₂/L.h)
- Tasa específica de respiración endógena: SOUR_{end.H} (mg O₂/gSSV.h)
- Fracción de biomasa por día, oxidada durante la respiración endógena: K_d (d⁻¹)
- Tasa de decaimiento de la biomasa durante la respiración endógena: b_H (d⁻¹)
- Concentración de biomasa activa: X_H (mg/L)
- Coeficiente estequiométrico: Y_H (mg O₂/DQO), (mg SSV/DQO)
- Tasa específica actual en el proceso de consumo de DQO biodegradable: q_H (mg DQO/mgSSV.d)
- Tasa específica máxima de utilización de sustrato: q_{H.max} (mg DQO/L.h)
- Constante de semisaturación de sustrato: K_s (mg/L)
- Tasa máxima de crecimiento de biomasa: μ_{H.max} (d-1)
- Tasa de desnitrificación: NUR (mg N-NO₃/L.h)

Ensayo OUR & SOUR de la respiración endógena de la biomasa heterótrofa

Una vez inhibida la biomasa nitrificante desde el ensayo R de la nitrificación por la adición del ATU, se lleva a cabo un ensayo OUR con el fango endógeno resultante para la determinación de las tasa de respiración correspondiente de la biomasa heterótrofa. Normalmente se utiliza el valor máximo que se alcanza en el ensayo.

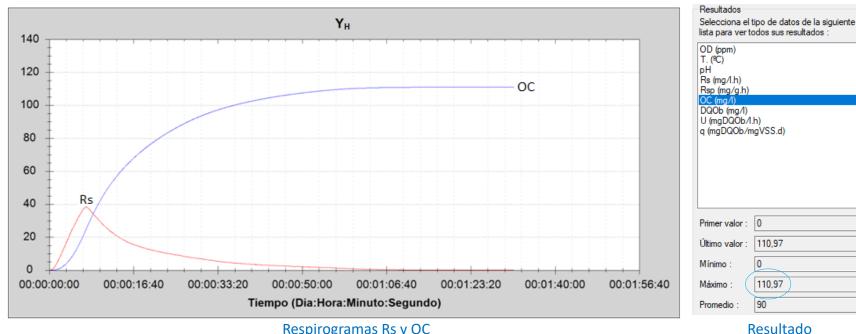


Tasa de respiración endógena: OUR_{end.H} = 8,41 mg/L.h

Tasa específica de respiración endógena: **SOUR**_{end-H} = 3,66 mg/gSSV.h

Ensayo R para determinación del coeficiente estequiométrico (Y_H)

Se hace uso de una solución estándar de 400 mg de acetato sódico de DQO en 1 L de agua destilada, con DQO conocida (DQO_{ac} ≈ 300 mg/L) y se determina el oxígeno consumido (OC) correspondiente a la remoción del mismo por el fango activo. Se tomará el valor máximo.



Respirogramas Rs y OC

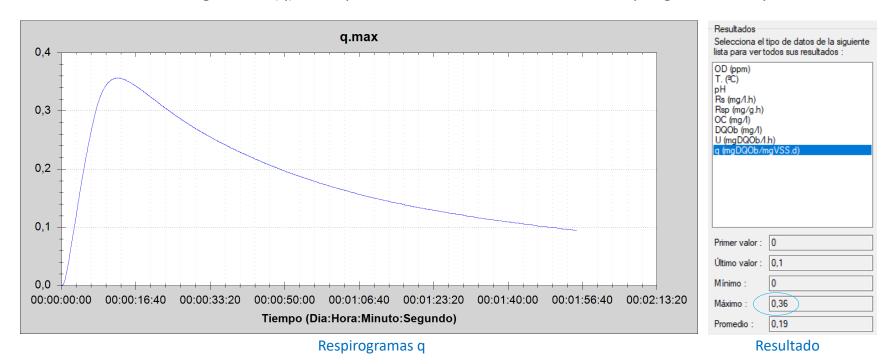
Oxígeno consumido: $OC = 110 \text{ mg O}_2 / L$

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

DQO_{ac}: DQO del acetato sódico añadido = normalmente entre 270 y 320 mg/L

Ensayo R para determinación de la tasa específica de utilización del sustrato biodegradable (q_{H.max})

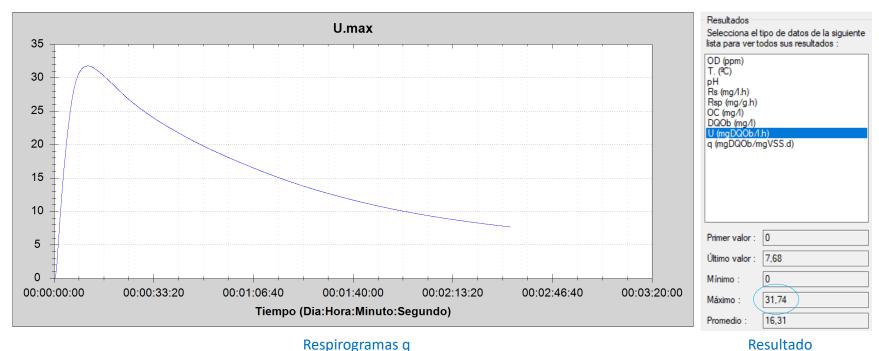
En el ensayo R se hace uso de una muestra de agua de entrada a biológico y se determina la tasa específica de consumo de DQO biodegradable (q) correspondiente a su valor máximo en el respirograma correspondiente.



Tsa de utilización de DQO: **q**_{H,max} = 0,36 mg DQO /mg SSV.d

Ensayo R para determinación de la tasa de utilización del sustrato biodegradable (U_{H.max})

En el ensayo R se hace uso de una muestra de agua de entrada a biológico y se determina la tasa de consumo de DQO biodegradable (q) correspondiente a su valor máximo en el respirograma correspondiente.



Tsa de utilización de DQO: U_{H.max} = 31,74 mg DQO /L.h

Cálculo de parámetros cinéticos y estequiométricos de la biomasa heterótrofa (I)

OUR_{end.H} (mg O₂/L.h)

Medida directa desde el ensayo OUR del fango endógeno con biomasa nitrificante inhibida

SOUR_{end.H} (mg O₂/gSSV.h)

Medida directa desde el ensayo OUR del fango endógeno con biomasa nitrificante inhibida

$$\mathbf{K_d}$$
 (d⁻¹) = SOUR_{end.H} / f_{CV}

 $f_{CV}(O_2/X_H)$: Demanda de oxígeno por unidad de biomasa heterótrofa = 1,42 "Tratamiento de Aguas Residuales" R.S. Romalho 1991

$$\mathbf{b}_{H} (d^{-1}) = K_{d} / [1 - Y_{H.O2} (1 - fp)] = Kd / [1 - Y_{H.O2} * 0.92]$$

fp: fracción de la biomasa particulada = 0,08 Ekama et al. (1986)

$$\mathbf{X}_{H}$$
 (mg/L) = 24 * OUR_{end.H} / (\mathbf{f}_{cv} * \mathbf{b}_{H})

James G. Young & Robert M. Cowan. 2004

$$\mathbf{Y}_{H.O2}$$
 (mg O₂/DQO) = $1 - OC_{ac} / DQO_{ac}$)

OC (mg/L): Oxígeno consumido — Resultado directo desde ensayo de respiromatría con solución de acetato sódico (400 mg ac./L) DQOac (mg/L): DQO de la solución de acetato sódico ≈ 300 mg/L

$$Y_{H.SSV}$$
 (mg SSV/DQO) = $Y_{H.O2} / f_{CV}$

Cálculo de parámetros cinéticos y estequiométricos de la biomasa heterótrofa (II)

U_{H.max} (mg DQO/L.h)

Medida directa desde el ensayo R de respirometría con muestra de agua de entrada a biológico

$$\mathbf{q_H}(DQO/SSV_{H}.d) = DQO_e / (X_H. TRH)$$

DQO eliminada: $DQO_e (mg/L) = DQO_{in} - DQO_{out}$

 $\mathbf{q}_{H,max}$ (DQO/SSV_H.d)

Medida directa desde el ensayo R de respirometría con muestra de agua de entrada a biológico

$$\mathbf{K_s} \text{ (mg/L)} = DQO_e (q_{H.max} - q_H) / q_H$$

$$\mu_{H.max}$$
 (d⁻¹) = $Y_{H.SSV}$ * $q_{H.max}$ - b_H

$$NUR_{max}$$
 (mg N-NO₃/L.h) = $[U_{H.max} (1 - Y_{HD}) / 2,86] * K_O / (K_O + OD_{DN})$

 K_0 : Coeficiente de inhibición debido a presencia de oxígeno en zona anóxica = 0.2 (mg/L) - Henze et al 1996 – DO_{DN} : Oxígwno disuelto en la zona anóxica de desnitrificación (mg O_2 /L) — Debería ser inferior a 0,3 mg/L -



Emilio Serrano

Teléfono: 652 803 255

E-mail: surcis@surcis.com/ eserrano@surcis.com/

Internet: www.surcis.com