

TRABAJO DE DIVULGACIÓN

RESPIROMETRÍA ELECTROLÍTICA EN EL DISEÑO Y EXPLOTACIÓN DE DEPURADORAS

M. Vilaseca*

0.1. Resumen

La mayoría de sistemas de tratamiento de aguas residuales son procesos con fangos activados. Los tratamientos biológicos con fangos activados eliminan la materia orgánica disuelta y sustancias inorgánicas, sólidos no sedimentables y coloidales. Muchas de estas sustancias, especialmente los xenobióticos, pueden ser muy degradables o ser tóxicas a los microorganismos presentes en las plantas de tratamiento.

Se define "Respirometría" como la determinación experimental, junto con la correspondiente interpretación, de la velocidad de consumo biológico de oxígeno bajo condiciones experimentales bien definidas.

La respirometría constituye una técnica muy útil tanto para el modelado y operación de los procesos de fangos activados como para la caracterización del agua a tratar, ya que el consumo de oxígeno está asociado directamente con el crecimiento de la biomasa y con la degradación del sustrato.

Palabras clave: tratamiento biológico de depuración, fangos activados, respirometría, respirómetro electrolítico.

0.2. Summary: ELECTROLYTIC RESPIROMETRY IN THE DESIGN AND EXPLOITATION OF TREATMENT PLANTS

Most of wastewater treatment systems are processes with activated sludge. Biological treatment with activated sludge removes soluble organic matter and inorganic substances, sediment and colloidal solids. Many of these chemicals, especially xenobiotics, can be highly degradable or can be toxic to microorganisms present in treatment plants.

"Respirometry" is defined as the experimental determination, together with the interpretation, of the biological oxygen consumption rate under specific experimental conditions.

The respirometry is a very useful technique for modelling and operation processes of activated sludge and also for the characterization of the water to be treated, because the oxygen consumption is directly associated with the biomass growth and the substrate degradation.

Key words: depuration, biological treatment, activated sludges, respirometry, electrolytic respirometer

0.3. Résumé: RESPIROMETRIE ÉLECTROLYTIQUE DANS LE DESIGN AND EXPLOITATION DE PLANTS DE TRAITEMENT

La plupart des systèmes de traitement des eaux usées sont des procédés avec des boues activées. Le traitement biologique par boues activées élimine la matière organique dissoute et les substances inorganiques, les sédiments et les matières solides colloïdales. Beaucoup de ces produits chimiques, en particulier les xénobiotiques, peuvent être très dégradables ou être toxiques pour les micro-organismes présents dans les plants de traitement.

On définit "Respirométrie" comme la détermination expérimentale, avec l'interprétation de la vitesse de la consommation d'oxygène biologique dans des conditions expérimentales bien définies.

La Respirométrie est une technique très utile pour la modélisation et le fonctionnement des processus de boues activées et aussi pour la caractérisation de l'eau à traiter, parce que la consommation d'oxygène est directement liée à la croissance de la biomasse et à la dégradation du substrat.

Mots clés: traitement biologique de dépuración, boues activées, respirométrie, respiromètre électrolytique.

* M^a Mercè Vilaseca Vallvé. Licenciada en Ciencias biológicas. Colaboradora de Investigación de la Universidad Politécnica de Cataluña, en el Laboratorio de Control de Contaminación Ambiental del INTEXTER (U.P.C.)

1. INTRODUCCIÓN

En un principio la aplicación de la respirometría se centró totalmente en la determinación de la demanda bioquímica de oxígeno del agua residual. A partir de mediados de los años ochenta, el uso de respirometrías se ha incrementado en la determinación de las características biocinéticas de los procesos biológicos, de forma que actualmente se considera como la fuente de información más importante en los procesos de depuración de fangos activados.

Para medir la respiración de los fangos activados y las reacciones causadas al añadirles el agua residual, pueden medirse algunos parámetros, como son:

- DBO
- Curva de biodegradación
- Tasa de respiración del sustrato
- Toxicidad del agua residual
- Consumo de oxígeno en la planta

Los métodos respirométricos proporcionan una medida directa de medición del consumo de oxígeno por los microorganismos en un medio enriquecido de oxígeno bajo condiciones de temperatura y agitación constante. Los métodos respirométricos se utilizan para determinar la biodegradación de productos químicos, el comportamiento de residuos industriales, el efecto de compuestos tóxicos del agua residual, la concentración en la que un agua residual o un compuesto inhiben la degradación biológica, etc.

Las técnicas respirométricas son frecuentemente utilizadas para el diseño y para la explotación de depuradoras biológicas. Mediante estas técnicas es posible la determinación de multitud de parámetros relacionados con las depuradoras, tales como: toxicidad, toxicidad frente a la nitrificación, biodegradabilidad o demanda de oxígeno.

Tal como indica su palabra, la respirometría obtiene información de la actividad de un sistema de fangos activos a través de medidas de Tasa de respiración (R). La Tasa de Respiración, es la velocidad de consumo de oxígeno provocada en el fango activo, bien por respiración endógena de las bacterias contenidas en el mismo o por metabolización. Se expresa en $\text{mg O}_2/\text{L}\cdot\text{h}$.

Los equipos utilizados para este tipo de técnicas se llaman respirómetros y normalmente basan su principio de funcionamiento en medidas de oxígeno disuelto.

2. LA RESPIROMETRÍA ELECTROLÍTICA

El respirómetro electrolítico proporciona una medida directa y continua del consumo de oxígeno en muestras de aguas, aguas residuales, suelos contaminados, disoluciones de compuestos químicos, etc.

Las técnicas respirométricas son frecuentemente utilizadas para el diseño y para la explotación de depuradoras biológicas. El respirómetro electrolítico se desarrolló como un medio para proporcionar una medida completa de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) de las aguas residuales. Mediante esta técnica es posible la determinación de multitud de parámetros relacionados con las depuradoras.

Tiene unas ventajas frente a otros métodos de determinación de DBO_5 , como son:

- Se puede trabajar con mayores cantidades de muestra y realizar diluciones más pequeñas.
- El ensayo puede tener mayor duración.
- El equipo es de fácil manejo.
- Puede medirse la DBO a distintos tiempos.
- Permite determinar las constantes cinéticas.

Un respirómetro electrolítico consta de tres partes:

1. Un vaso de reacción que contiene la muestra y la varilla de agitación magnética.
2. Una unidad que contiene una solución de KOH para absorber el CO_2 producido metabólicamente en la muestra.
3. La célula electrolítica, que contiene el electrolito, H_2SO_4 1N. La célula electrolítica sirve como un manómetro para detectar los cambios de presión y como un generador de oxígeno para mantener una presión parcial constante.

La presión de oxígeno sobre la muestra es mantenida constante por el suministro continuo de oxígeno. El aporte de oxígeno se realiza mediante una reacción de electrolisis, en la cual el oxígeno es producido en respuesta a los cambios de presión.

Este sistema nos proporciona un registro y ajuste automático y semicontinuo de los cambios de presión que ocurren dentro del vaso de reacción a causa del consumo de oxígeno por los microorganismos.

Dentro del reactor (figura 1) se produce el consumo de oxígeno por parte de los microorganismos. Debido a la oxidación de la materia orgánica se desprende CO_2 , que es absorbido por una trampa de KOH. Al disminuir el volumen de aire en el reactor se produce una depresión y el nivel del electrolito en la celda electrolítica de la cámara exterior disminuye y deja de tocar el electrodo sensor, generándose O_2 e H_2 . El H_2 producido en el cátodo pasa a la atmósfera a través del orificio de entrada del electrolito. La cantidad de O_2 producido en el ánodo sigue la ley

de Faraday. Se genera O_2 hasta que en el reactor se restablezca la presión inicial.

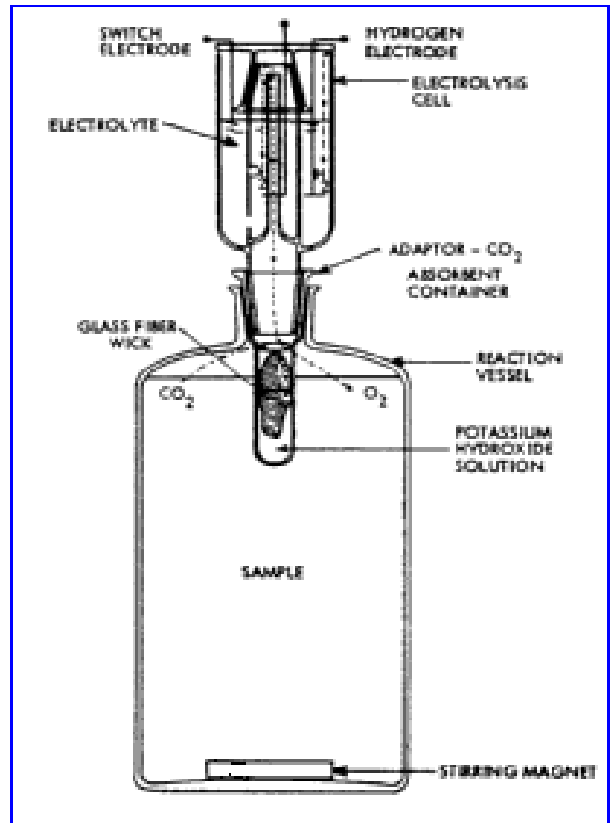


FIGURA 1: Reactor del respirómetro electrolítico

Las técnicas respirométricas están ganando atención para aplicaciones de diagnóstico para estudios cinéticos.

Las siguientes figuras representan respirometrías realizadas con aguas residuales

industriales de distinta procedencia, mediante un respirómetro electrolítico BI-1000 de Bioscience.

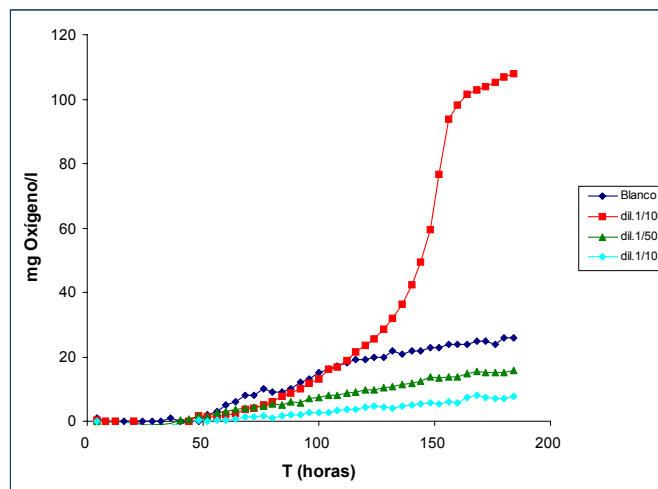


FIGURA 2: Agua residual de efluente entrada de una depuradora correspondiente a una industria químico-farmacéutica. DQO = 24.645 mg/l. Inóculo utilizado: agregados bacterianos Microcat 100 mg/l

En la figura 2 puede apreciarse que esta muestra a diluciones 1/10 y 1/50 presenta fenómenos de inhibición frente a los

microorganismos, pues tienen una respiración menor que la del blanco.

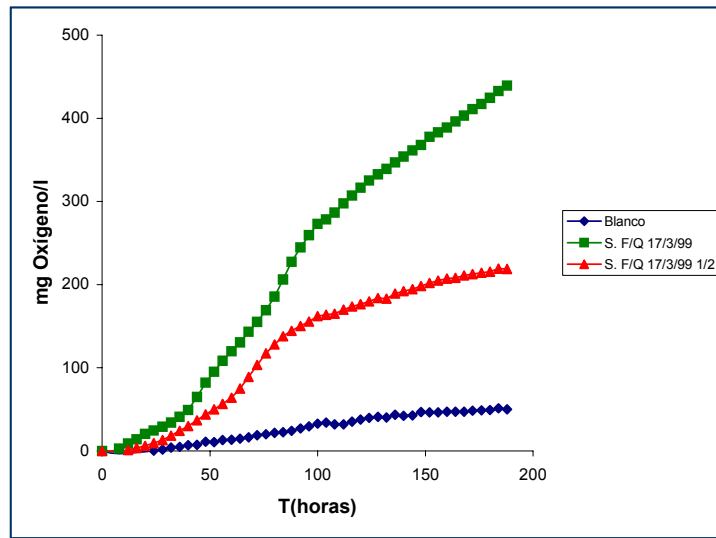


FIGURA 3: Agua residual, de una industria textil, de salida de un tratamiento físico-químico, que se utiliza de entrada a una depuradora biológica
DQO = 1.300 mg/l
Inóculo utilizado: agregados bacterianos Microcat 100 mg/l

En esta figura puede apreciarse que la muestra no presenta ningún tipo de inhibición o

toxicidad, la dilución 1/2 presenta la mitad de respiración que la muestra sin diluir.

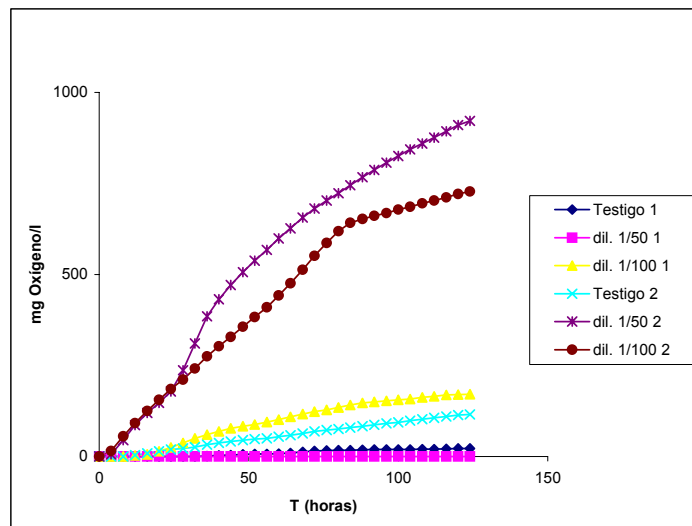


FIGURA 4: Utilización de diferentes inóculos
1. Inóculo: agregados microbianos Microcat
2. Inóculo: fangos depuradora adaptados a la muestra

En esta figura se puede apreciar claramente la diferencia de comportamiento de la muestra según el inóculo que se utilice. El ensayo se llevó a cabo con diluciones de la muestra de 1/50 y 1/100. Las respirometrías Blanco-1, dilución 1/50-1 y dilución 1/100-1 se han realizado con el inóculo Microcat y el Blanco-2, dilución 1/50-2 y dilución 1/100-2 se ha realizado con el inóculo fangos de la depuradora de la empresa, que ya están adaptados a sus aguas residuales. La respirometría correspondiente a la dilución 1/50-1 no tiene ninguna respiración, es un claro ejemplo

de que hay un problema de toxicidad a los microorganismos, pues no es que no utilicen el sustrato sino que éste paraliza la actividad del inóculo.

La mezcla de agregados bacterianos especializados en aguas industriales, proporciona en general, una buena indicación de la DBO de la muestra. De todas maneras, los resultados son siempre mucho más efectivos cuando se utiliza un inóculo adaptado al agua residual particular, pero esto no es siempre posible.

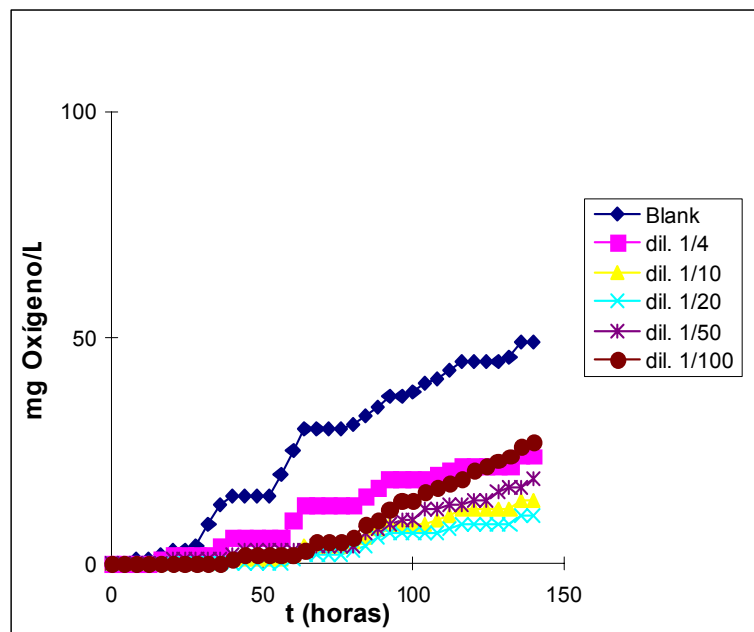


FIGURA 5: Respirometría de una agua de proceso de una industria química

La figura 5, representa las respirometrías de una muestra de agua de producción industrial, es un ejemplo claro de inhibición total hasta la dilución 1/100. A las 140 horas de ensayo, todas las diluciones estudiadas tenían una respiración menor que la del Blanco.

La técnica de respirometría electrolítica es de gran utilidad para realizar el seguimiento de las curvas de biodegradabilidad de aguas, aguas residuales, suelos contaminados, disoluciones de compuestos químicos, etc. Nos permite conocer si la muestra es biodegradable y si existen fenómenos de inhibición y toxicidad, y hasta que concentración pueden afectar a los microorganismos.

Esta técnica permite trabajar con volúmenes de muestra grandes, a distintas diluciones y a tiempo variable, observando en cada momento la evolución de la respiración de la muestra.

3. BIBLIOGRAFÍA

1. Larson R. J., Perry R. L. Use of the electrolytic respirometer to measure biodegradation in natural waters. *Water Research* **15**, 697-702 (1981).
2. Young J. C., Maumann E. R. The electrolytic respirometer – II Use in water pollution control plant laboratories. *Water Research* **10**, 1141-1149 (1976).
3. Menéndez C., Pérez J. Determinación de la constante de degradación y respiración endógena mediante técnica respirométrica. *Tecnología del Agua* **113**, 32-36 (1993).
4. Young J. C., Baumann E. R. The electrolytic respirometer – I Factors affecting oxygen uptake measurements. *Water Research* **10**, 1031-1040 (1976).
5. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 19 th Edition. American Public Health Association, N. Y. (1995).

6. Ros M. *Respirometry of Activated Fango*. Technomic Publishing Company, Inc. (1993).
7. M. M. Vilaseca, M. C. Gutiérrez, M. Crespi. Valoration of toxicity in effluents treated by electrochemical oxidation.. 8º Congreso del Mediterráneo de Ingeniería química. EXPOQUIMIA, 10-12 de Noviembre, Barcelona (1999).
8. Spencer Davies P., Murdoch F. The increasing importance of assessing toxicity in determining sludge health and management policy. Presented to BHR Group on "Sludge Management", Crafield 23 May, (2001).
9. Spencer Davies P., Murdoch F. The role of respirometry in maximising aerobic treatment plant efficiency. Strathkelvin Instruments Ltd, 1.05 Kelvin Campus, W of Scotland Science Park, Glasgow G20 0SP (2001).
10. Bargalló, J. Toxicidad y biodegradabilidad en aguas residuales industriales. Gestión de depuradoras biológicas industriales a través del control microbiológico del proceso. 2ª Edición. Terrassa 16-18 de Mayo (2007).