

Demanda biológica de oxígeno

Como se ha visto en la sección Street-Phelps de EnviroLand, el vertido directo de aguas servidas (aguas negras) a un cuerpo de aguas puede tener un efecto devastador sobre la calidad de las aguas receptoras debido a la dispersión de enfermedades y a la creación de una alta demanda de oxígeno. Los microorganismos presentes tanto en el cuerpo receptor como en las aguas servidas van a oxidar lentamente los desechos introducidos, y en ese proceso consumirán el oxígeno disponible normalmente presente en el cuerpo de aguas. Bajo estas condiciones, el nivel de oxígeno no se puede recuperar por el proceso de re-aireación a una velocidad suficientemente rápida para la supervivencia de macro-organismos (peces, macro-invertebrados). Esta sección de EnviroLand muestra un análisis de demanda biológica de oxígeno (DBO) para tres diferentes muestras de agua.

Para realizar una determinación de DBO se toma una muestra de agua y se la incuba por un periodo de 5 o de 20 días, monitoreando la concentración de oxígeno disuelto cada 12 horas. Si la concentración de DBO es muy alta, la muestra debe ser diluida para asegurar que no se agote completamente el nivel inicial de oxígeno presente en la muestra de aguas. Hay varios requisitos para el agua de dilución de la muestra. Por ejemplo, no se debe emplear agua destilada porque los microorganismos requieren ciertas sales para tener un metabolismo correcto. Así se añaden al agua de dilución sales de potasio, sodio, calcio, magnesio, hierro y amonio. Además el pH del agua debe mantenerse entre 6.5 y 8.5 con el agregado de un buffer de fosfatos. En algunos casos, las muestras de agua pueden requerir una “semilla” de microorganismos viables para completar el proceso de degradación. Una regla empírica indica que el nivel de oxígeno consumido durante el curso del experimento debe ser por lo menos de 2 mg/L, pero deben quedar como mínimo 0.5 mg/L de oxígeno en la muestra final. La concentración de oxígeno disuelto se puede medir con el método de titulación Winkler (para DBO), que se encuentra en EnviroLand, o bien utilizando un electrodo para oxígeno disuelto. Una descripción completa del procedimiento para preparar las muestras, fabricar el agua de dilución, incubar las muestras, y determinar la concentración de oxígeno se puede encontrar en Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1998).

En general, la utilización de oxígeno por microorganismos se considera un proceso con una cinética de pseudo-primer orden. En un sistema cerrado (en el que no ocurre re-aireación de la muestra), la velocidad de consumo de oxígeno se describe comúnmente por la ecuación siguiente:

$$L = L_0 e^{-kt} \quad \text{Eq 1}$$

Donde L es la concentración de oxígeno a tiempo t , L_0 es la concentración original de oxígeno en la muestra, k es la constante de velocidad, que generalmente es 0.17/día para muestras de aguas servidas, y t es el tiempo. La ecuación 1 se usa en el programa EnviroLand para graficar la curva que representa la remoción de oxígeno.

Una expresión similar se puede usar para describir la oxidación de DBO en la muestra, ya que es el proceso inversa al consumo de oxígeno,

$$L = L_0 - L_0 e^{-kt} \quad \text{Eq 2}$$

Donde L es la concentración de materia orgánica biodegradable a tiempo t , L_0 es la concentración original de materia orgánica biodegradable, k es la constante de la reacción de la ecuación 1 y t es el tiempo.

Tradicionalmente nos interesa la cantidad de oxígeno requerido para oxidar una muestra de DBO en un periodo de 5 días. Este periodo fue establecido hace años en Inglaterra puesto que allí el agua de la mayoría de los ríos requiere 5 días para llegar al mar. Los microorganismos continúan ejerciendo un requerimiento de oxígeno en el agua después de este tiempo y el DBO final se determina después de extender el experimento a 20 días. El DBO final tiene en cuenta la medición exacta de L_0 .

Un método alternativo para determinar el L_0 es medir el DBO durante un periodo de 5 días, ajustar los datos a la ecuación 2 usando un valor k de 0.17, y resolver para L_0 . Sin embargo, la experiencia ha demostrado que este método no funciona si el proceso de degradación por microorganismos no sigue exactamente una cinética de primer orden. L_0 se determina entonces usando el método de Thomas, implementado en EnviroLand, que ajusta los datos a una recta de forma

$$\left(\frac{t}{y}\right)^{1/3} = (L_0 k)^{-1/3} + \left(\frac{k^{2/3}}{6L_0^{1/3}}\right)t \quad \text{Eq 3}$$

Donde t es el tiempo, y es la DBO en mg/L al tiempo t (L en ecuación 2), L_0 es la concentración original de materia orgánica biodegradable, y k es un constante.

La ecuación 3 es la ecuación de una recta, donde

$$(L_0 k)^{-1/3} = \text{Ordenada al origen, } b$$

$$\frac{k^{2/3}}{6L_0^{1/3}} = \text{Pendiente de la recta, } a$$

Por substitución, se demuestra que $k = 6b/a$ y $L_0 = 1/(ka^3)$. Graficando los datos experimentales obtenidos en el laboratorio (DBO como una función del tiempo) y tomando en cuenta la ecuación 3 y la constante k , se puede estimar el DBO final.

Referencias:

Sawyer, C.N. and P.L. McCarty. 1978. Chemistry for Environmental Engineering. McGraw-Hill Book Company, New York.

Snoeyink, V.L. y D. Jenkins. Water Chemistry, John Wiley & Sons, New York, 1980.

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (19th Ed.), American Water Works Association, 1998.