

# Determinación Experimental de la Curva de la $DBO_5$ y el Valor de las Constantes $K$ y $L_0$ en una Muestra de Agua Contaminada del Río Bogotá

JULIA SIERRA PLAZAS\*

## RESUMEN

Con el objeto de llevar a la práctica los conceptos teóricos de la  $DBO_5$  del curso de Fundamentos de Ingeniería Ambiental; los estudiantes de séptimo semestre de Ingeniería Civil (I semestre /01) junto con la profesora realizaron en el laboratorio de aguas de la Universidad Militar Nueva Granada las mediciones de Oxígeno Disuelto a una muestra de agua tomada del río Bogotá antes de Chía - Cundinamarca.

Se pretende con este trabajo establecer las variaciones de oxígeno disuelto, de la  $DBO$  eliminada y presente durante siete días y estimar las constantes  $K$  y  $L_0$  de una muestra de agua contaminada. Se realizaron dos diluciones 2 y 10 ml; para la dilución de 2 ml se obtuvo una  $DBO_5$  de 531 mg/l, un valor de  $K$  de  $0.154d^{-1}$ ; y una  $L_0$  de 989 mg/l; para 10 mL una  $DBO_5$  de 650 mg/l,  $K$  de  $0.233d^{-1}$  y  $L_0$  de 190.4 mg/l.

Palabras clave: Aguas residuales,  $DBO_5$ , cálculo de las constantes  $K$  y  $L_0$  a partir de datos experimentales.

\* Ing. Química, docente de la Facultad de Ciencias, Biología Aplicada, Facultad de Ingeniería, Ingeniería Civil, Universidad Militar Nueva Granada. [jsierra@cortova.umng.edu.co](mailto:jsierra@cortova.umng.edu.co)

## INTRODUCCIÓN

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) se define usualmente como la cantidad de oxígeno que requieren las bacterias durante la estabilización de la materia orgánica susceptible de descomposición, en condiciones aeróbias. (Sawyer).

El parámetro de contaminación orgánica más ampliamente empleado, aplicable tanto a aguas residuales como a aguas superficiales, es la DBO a cinco días ( $DBO_5$ ). La determinación del mismo está relacionada con la medición del oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica.

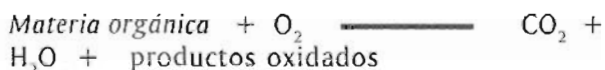
Los resultados de los ensayos de la  $DBO_5$  se emplean para:

- Determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requerirá para estabilizar la materia orgánica presente.
- Dimensionar las instalaciones de tratamiento de aguas residuales.
- Medir la eficacia de algunos procesos de tratamiento.
- Controlar el cumplimiento de las limitaciones a que están sujetos los vertidos (Metcalf & Eddy, 1998).

Los compuestos orgánicos simples como la glucosa se oxidan casi completamente en 5 días, pero el agua residual doméstica sólo se alcanza a oxidar en un 65% y los compuestos orgánicos complejos pueden oxidarse únicamente en un 40% en el mismo periodo.

Normalmente se supone que el ejercicio de la DBO es una reacción de primer orden,

aunque en la práctica hay evidencias que la oxidación biológica no es necesariamente de esta clase (Tebbutt, 1995).



En una reacción de primer orden el ritmo de oxidación es proporcional a la concentración de la materia orgánica oxidable restante y una vez que se ha formado una población adecuada de microorganismos, la velocidad de reacción está controlada sólo por la cantidad de alimento disponible:

$$\frac{dL}{dt} = -K * L \quad (1)$$

donde:

L = concentración de la materia orgánica restante o DBO última,

t = tiempo

K = constante de velocidad /día

Al integrar se obtiene:

$$L = L_0 e^{-Kt} \quad (2)$$

Como L no se puede medir directamente, la ecuación debe modificarse para sustituir este valor con un parámetro que se pueda determinar en función del tiempo:

$$Y = L_0 - L \quad (3)$$

Donde Y = cantidad de materia que se ha degradado en un tiempo t, cualquiera.

El valor de Y se puede estimar determinando el consumo de oxígeno disuelto en cualquier tiempo por medición de la concentración de oxígeno disuelto en la muestra:

$$Y = [O.D.]_{\text{inicial}} - [O.D.]_t \quad (4)$$

Sustituyendo la ecuación (3) en la ecuación (2) se obtiene:

$$L_0 - L = Y = L_0 - L_0 e^{-Kt} \quad (5)$$

O bien:

$$Y = L_0(1 - e^{-Kt}) \quad (6)$$

Que es la ecuación empírica clásica de velocidad de la DBO (Snoeyink, Jenkins, 1996).

Para analizar los datos de Y respecto a t, y obtener las constantes K y L<sub>0</sub>, se utilizó la herramienta matemática de los métodos numéricos empleando el de mínimos cuadrados, que contempla el proceso de ajustar una curva a un conjunto de datos experimentales. Para el caso de una serie de datos de DBO de una misma muestra en tiempos diferentes y para cada uno de los n datos se utilizan la siguiente expresión:

$$\frac{dY}{dt} \Big|_{t=t_n} = K(L - Y_n)$$

Donde K y L son incógnitas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron botellas Winkler de volumen 300 mL y se realizaron dos diluciones completando con agua de dilución a un volumen total de 300 mL.

La adición del agua de dilución asegura la disponibilidad de nutrientes y oxígeno durante el periodo de incubación. Normalmente se hacen diversas diluciones para cubrir un intervalo amplio de valores de DBO (Metcalf & Heddy, 1998).

Dependiendo del número de muestras que se vayan a preparar, se toma un volumen adecuado de agua destilada se adicionan los nutrientes y se airea el tiempo necesario hasta alcanzar una concentración de 7 ppm de oxígeno disuelto.

Las muestras se incubaron a 20°C, y para cada dilución se realizaron 7 mediciones de oxígeno disuelto; las cuales se determinaron por el método titulométrico, es decir, mediante titulaciones redox a punto de equivalencia. Se utilizó un titulador automático de marca.

Las muestras se procesaron de acuerdo con el procedimiento del Standard Methods.

Las mediciones de las concentraciones de oxígeno disuelto se realizaron antes y después del periodo de incubación y durante siete días para las diluciones de 2 y 10 ml

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla siguiente se presentan los resultados

Tabla 1. Concentraciones de oxígeno disuelto (mg/l)

t(días)	DILUCIONES	
	2 mL	10 mL
0	6.83	6.08
1	6.34	5.97
2	5.67	4.64
3	4.92	3.29
4	3.68	2.62
5	3.32	1.75
7	3.21	1.48

La disminución de oxígeno se debe a la presencia de organismos en el medio. La variación de la concentración se puede observar en la Figura 1. En el primer día la concentración no varió, debido al estado de adaptación de los organismos presentes; a partir del segundo día se inició una disminución que continuó hasta

el quinto día, de ahí en adelante se mantuvo constante hasta el día séptimo.

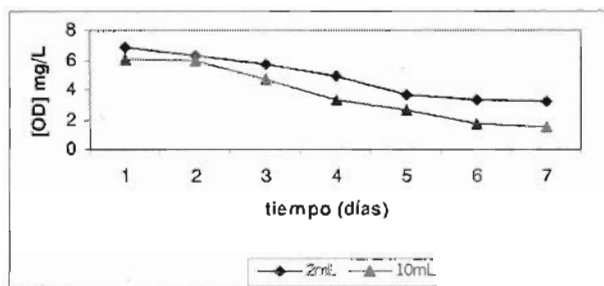


Figura 1. Variación de oxígeno disuelto durante la experimentación

Para emplear los valores de la  $DBO_5$  en los cálculos de la DBO a 20 días o la DBO última, es necesario conocer los valores de  $K$  y  $L_0$ . Cuando se desconocen estos valores, como en este caso, el procedimiento que se sigue es la determinación a partir de una serie de medidas de la DBO. Existen varios métodos para hacer esta operación; para este trabajo se utilizó el de mínimos cuadrados, como ya se mencionó. En la tabla 2 se pueden observar los valores obtenidos.

El valor de la constante de velocidad  $K$  para la dilución de 10 mL es un poco más alta que la de 2 mL, presentándose una diferencia mínima entre las estas; ya que estos valores corresponden a la misma muestra de agua y además la experimentación se realiza a la misma temperatura, a 20°C.

La DBO última para 2 mL es de 980 mg/L, para la de 10mL es de 190.4 mg/L.

Para calcular los valores de  $Y$ , que corresponden a la materia degradada (DBO eliminada) en el intervalo de tiempo de 1 a 7 días se aplico la expresión  $Y = (D_1 - D_2) / P$ ; Donde  $D_1$  es la concentración de oxígeno disuelto inicial,  $D_2$  la concentración de oxígeno en la muestra diluida,  $P$  es la fracción volumétrica de la muestra empleada (Metcalf & Eddy).

Los valores de  $L$  que corresponden a la DBO presente se calculan de acuerdo con la expresión (2). Los valores se muestran en la tabla 3.

Tabla 2. Coeficientes  $a$ ,  $b$ ; constante de velocidad  $K$ , DBO última  $L_0$

Dilución (mL)	a	b	$K(d^{-1})$	$L_0(mg/L)$
2	165.125	-0.167	0.154	989
10	53.53	-0.2812	0.233	190.4

Tabla 3. Valores calculados  $L$ ,  $Y$

t (días)	DILUCIONES (mL)			
	2		10	
	L	Y	L	Y
0	989	0	190.4	0
1	848	74	151	3
2	727	176	119	44
3	623	289	95	85
4	534	477	75	105
5	458	531	59	131
7	336	548	37	139

La materia degradada durante el periodo de incubación en la muestra de 2 mL es de 548 mg/L y en la muestra de 10 mL de 139 mg/L.

Al final de la experimentación se obtuvo una DBO presente para 2 mL de 336 mg/L, lo que corresponde a un 66 % de materia orgánica degradada; en la de 10 mL la DBO presente es de 37 mg/L, que representa un 80 % de materia orgánica degradada.

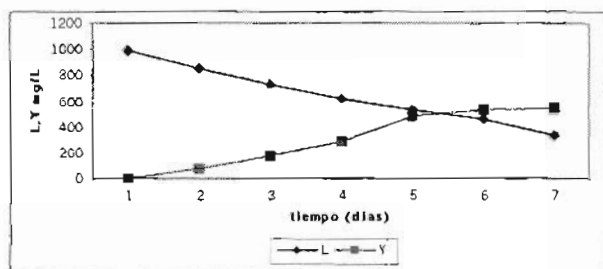


Figura 2. Variación L, Y; dilución 2 mL

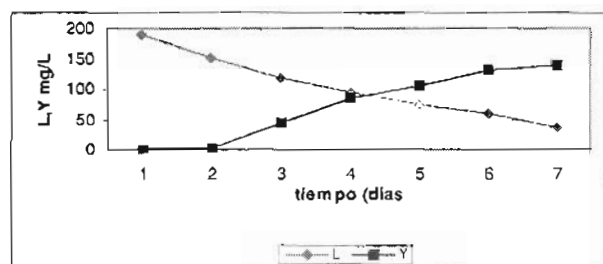


Figura 3. Variación L, Y; dilución 10 mL

La DBO ejercida en la dilución de 2 mL aumenta moderadamente hasta el sexto día, la DBO presente disminuye uniformemente; no se observan cambios drásticos.

La DBO ejercida en la dilución de 10 mL permanece constante durante dos días, después de este tiempo, incrementa a una velocidad mucho mayor que en la dilución anterior.

La DBO presente disminuye continuamente durante el periodo de la experimentación.

## CONCLUSIONES

- La cantidad de oxígeno utilizado por unidad de volumen en una mezcla de agua residual,

puede usarse como medida relativa de la concentración de materia orgánica.

- La DBO es una función directa del tiempo, que se determina como el valor de  $DBO_5$  a los cinco días.
- La  $DBO_5$  para las dos diluciones debe tener valores cercanos, ya que se trata de la misma muestra de agua procesada a las mismas condiciones, el factor que cambia es el de dilución; para este caso se tomaron 2 mL para una muestra y 10 mL para la otra, el cálculo de la DBO involucra este factor. Sin embargo existe una diferencia de 119 mg/L que puede deberse a los tiempos en que se midieron las concentraciones de oxígeno disuelto.

## AGRADECIMIENTOS

A los estudiantes de séptimo semestre de Ingeniería Civil, a Jesús Ramos auxiliar del laboratorio de aguas de la Facultad de Ingeniería, por la colaboración prestada a los estudiantes en la experimentación.

## REFERENCIAS

- METCALF & Hedí, Ingeniería de aguas residuales, Volumen 1, 1998.
- SNOEYINK, Jenkins, Química del agua, 1996.
- TEBBUT, Fundamentos de control de la calidad del agua 1995.
- Departamento de sanidad del Estado de Nueva York, Manual de tratamiento de aguas, 1991.
- MUÑOZ, Horacio, Mejía, Gloria, Chaverra, Marlene, Vásquez, Esmeralda. Una aproximación al estimativo la DBO y la DQO de aguas residuales por medio de la medida del carbono orgánico total.
- APHA, Awwa, Ef. Standard methods for the examination of water wastewater, 19ª. Ed. 1995.
- Centre Technique de l'enseignement de la communauté Française, Ecologie des eaux courantes.
- LOWELL E. Keup, William Marcus Ingram, Kenneth M. Mackenthun. Biology of water pollution.
- SAWYER. Clair N. Perry L. Mc. Carty & Gene F. Parkin. Química para Ingeniería Ambiental.