

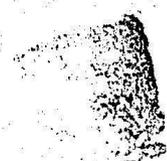
2ej
123



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Ingeniería

**LA DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO EN
AGUAS CONTAMINADAS.**



T E S I S

Que para obtener el título de:

I N G E N I E R O C I V I L

P r e s e n t a :

Mario Alberto Martínez Bremont

México, D. F.

1983



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

LA DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO EN AGUAS CONTAMINADAS.

1.- Introducción.

- 1.1. La importancia de controlar la contaminación.
- 1.2. Parámetros.

2.- La DBO como parámetro de contaminación.

- 2.1. Ubicación dentro de los parámetros.
- 2.2. Definición. Características.

3.- Condiciones de muestreo y Análisis.

- 3.1. Muestreo de la DBO.
- 3.2. Determinación de la DBO.

4.- Interpretación como parámetro.

5.- Conclusiones y Recomendaciones.

INDICE.

Introducción.....	1
La DBD como parámetro de contaminación.....	3
Condiciones de muestreo y Análisis.....	16
Interpretación como parámetro.....	23
Conclusiones y Recomendaciones.....	26
Bibliografía.....	27

1.- Introducción.

1.1. La importancia de controlar la contaminación.

Se podría definir la contaminación de agua como la adición a la misma de materia extraña indeseable que deteriora su calidad. Asimismo se puede definir calidad del agua como su aptitud para los usos beneficiosos que se ha venido dedicando, esto es, para bebida del hombre y de los animales, para soporte de una vida marina sana, para riego de la tierra, para acarreo de desechos y para recreación. La materia extraña contaminante podrá ser o materia inerte como la de los compuestos de plomo ó mercurio, o materia viva como la de los microorganismos.

El agua siempre ha sido contaminada tanto natural como artificialmente, sin embargo, se ha venido acentuando con los grandes conglomerados humanos y el advenimiento de la industrialización debido a que la cantidad de desechos aumenta considerablemente.

El agua corriente que representa un mínimo del total de agua que existe en la tierra es la que más se utiliza y es esta agua la que debe conservarse para los usos benéficos, sobre todo en el acarreo de desechos para que estos no la inutilicen como ha venido sucediendo.

De los dos tipos de contaminación: natural y artificial, es esta última, provocada por el hombre, la más dañina ya que cambia radicalmente el estado natural de la fuente.

En cuanto a otro tipo de agua como podría ser la de los mares y la de hielos polares, en la actualidad se puede hacer posible su uso para abastecer a poblaciones grandes pero con costo superior al obtenido a través de las fuentes tradicionales.

1.2. Parámetros.

Para saber la calidad del agua se debe primero conocer el uso que se va a dar a esta y también los límites a ciertos contenidos considerados --ofensivos, y después llevar a cabo los análisis para conocer sus conteni--dos.

Para conocer los parámetros de contaminación de un tipo de agua se --usan los análisis físicos, químicos, y biológicos.

Los parámetros se conocen para determinar, entre otras cosas, los elementos que dificultan el tratamiento de un agua y para la elección del proceso más conveniente para eliminar estos constituyentes.

Los parámetros para conocer la calidad del agua se dividen en tres --grupos que son:

Físicos.-- Temperatura, color, olor, turbiedad, residuos, PH, conductividad eléctrica y radiactividad.

Químicos.-- Gases disueltos: amoníaco, bióxido de carbono, cloro, hidrógeno, hierro, sodio y potasio, plomo, manganeso, níquel, zinc. Aniones: bromo y yodo, carbonato y bicarbonato, cloruro, cromato y dicromato, mercurio, cianuro, fluoruro, hidróxido, nitrato, nitrito, fosfato, sulfuro, sulfito. Varios: acidez y alcalinidad, demanda química de oxígeno, --requisito de cloro, dureza, nitrógeno de Kjeldahl, nitrógeno orgánico, ma--teria oleaginosa y extractable, fenol, sílice, detergentes.

Biológicos.-- Demanda Bioquímica de Oxígeno, demanda inmediata de oxigeno disuelto, bacterias de hierro, microorganismos, bacterias reductoras de sulfato, toxicidad aguda para peces de agua dulce.

2.- La DBO como parámetro de contaminación.

2.1. Ubicación dentro de los parámetros.

La prueba de la Demanda Bioquímica de Oxígeno indica la cantidad de materia orgánica sujeta a descomposición y es un índice importante de su concentración. por lo tanto es un parámetro biológico.

2.2. Definición. Características.

La cantidad de oxígeno que se requiere para la oxidación aerobia biológica de los sólidos orgánicos de las aguas negras o desechos es la Demanda Bioquímica de Oxígeno. Como esta descomposición requiere un periodo grande de tiempo y depende de la temperatura, los valores de la DBO de las pruebas de laboratorio deben especificar el tiempo y la temperatura usados en la prueba. Los que generalmente se emplean son cinco días a 20°C y a no ser que se especifiquen otro tiempo y temperaturas, debe suponerse que fueron estos los que se emplearon.

Se ha determinado mediante investigaciones que la DBO a los cinco días es alrededor del 68% de la última, cuando se utiliza un coeficiente de velocidad de reacción de 0.10. Este coeficiente no es constante en todas las aguas negras, pero la prueba de resultados generalmente aceptables y son comperables para el diseño y operación.

A fin de asegurar que los resultados obtenidos sean significativos la muestra deberá ser convenientemente diluida con agua de dilución especialmente preparada de modo que existan nutrientes y oxígeno disponibles durante el periodo de incubación. Normalmente se preparan varias diluciones para cubrir la gama completa de posibles valores. Los intervalos de DBO que pueden medirse con distintas diluciones basadas en mezclas porcentuales y pipeteo directo se presentan en la siguiente tabla.

Utilizando mezclas porcentuales Por pipeteo directo en botellas de 300 ml

% mezcla	intervalo DBO	ml.	intervalo DBO
0.01	20,000-70,000	0.02	30,000-105,000
0.02	10,000-35,000	0.05	12,000-42,000
0.05	4,000-14,000	0.10	6,000-21,000
0.10	2,000-7,000	0.20	3,000-10,500
0.20	1,000-3,500	0.50	1,200-4,200
0.50	400-1,400	1.00	600-2,100
1.00	200-700	2.00	300-1,050
2.00	100-350	5.00	120-420
5.00	40-140	10.00	60-210
10.00	20-70	20.00	30-105
20.00	10-35	50.00	12-42
50.00	4-14	100.00	6-21
100.00	0-7	300.00	0-7

Tabla 2.1.1.

El agua de dilución es inoculada en un cultivo bacteriano que ha sido acimatado, si fuese necesario a la materia orgánica presente en el agua.

El inóculo que se usa para preparar el agua de dilución para el ensayo de la DBO es un cultivo mixto. Dichos cultivos contienen un gran número de materias saprófitas y otros organismos que oxidan la materia orgánica. Contienen también bacterias autótrofas que oxidan la materia no carbonosa. Cuando la muestra tiene una gran población de microorganismos (agua residual cruda v.g.), no es necesario efectuar la inoculación.

El período de incubación es generalmente de cinco días a 20°C. Tras la incubación, se mide el oxígeno disuelto de la muestra, y la DBO se calcula utilizando la ecuación 2.2.1. ó 2.2.2. en caso de las muestras porcentuales.

$$DBO \text{ (mg/lt)} = ((DO_b - DO_1) \frac{100}{\%} - (DO_b - DO_5)) \dots\dots\dots 2.2.1.$$

Para el pipeteo directo:

$$DBO = ((DO_b - DO_1) \frac{\text{vol. botella}}{\text{ml. de muestra}} - (DO_b - DO_5)) \dots\dots\dots 2.2.2.$$

Donde:

DO_b , DO_1 = Concentración de oxígeno disuelto hallados en el testigo - (conteniendo sólo agua de dilución) y diluciones de muestra, respectivamente, al final del período de incubación.

DO_5 = Concentración de oxígeno disuelto originalmente presente en la muestra sin diluir.

Cuando el valor de la DO_5 se aproxima al de la DO_b ó cuando DO_b esté por encima de 200 mg/lt, el segundo término de las ecuaciones 2.2.1. y 2.2.2. es despreciable y la oxidación bioquímica es un proceso lento y teóricamente tarda un tiempo infinito en completarse.

- 20 días.....oxidación 95-99%
- 5 Días.....oxidación 60-70%

La temperatura de 20°C empleada es un valor medio para los cursos de agua que circulan a baja velocidad en climas suaves y es fácilmente obtenible en un incubador. A distintas temperaturas se obtienen distintos resultados.

Por razones de tipo práctico:

$$\frac{dL_t}{dt} = -K \cdot L_t \dots\dots\dots 2.2.3.$$

L_t = Cantidad de DBO de la primera fase que queda en el agua en el tiempo t.

Esta ecuación puede integrarse del siguiente modo:

$$\ln \frac{L_t}{L_0} = -K \cdot t \dots\dots\dots 2.2.4.$$

$$\frac{L_t}{L_0} = e^{-K \cdot t} = 10^{-Kt} \dots\dots\dots 2.2.5.$$

Donde L ó DBO_L remanente en el tiempo $t=0$ (es decir, la DBO total ó última de la primera fase inicialmente presente). La relación K' y K es la que se indica a continuación:

$$K = \frac{K'}{2.303} \dots\dots\dots 2.2.6.$$

La cantidad de la DBO remanente en el tiempo es:

$$L_t = L(10^{-Kt}) \dots\dots\dots 2.2.7. (a)$$

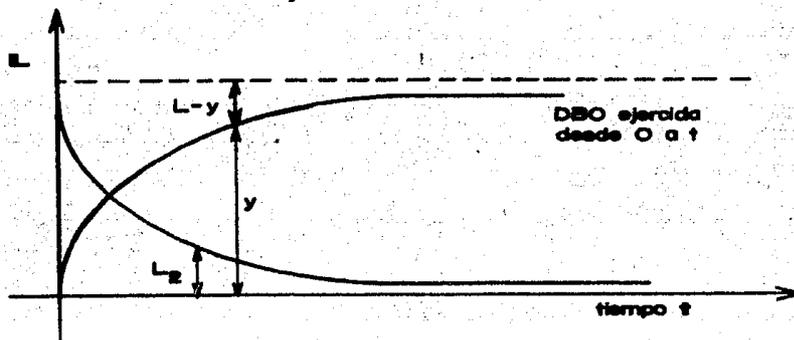
y, es la cantidad de DBO ejercida en el tiempo t y es igual a:

$$y = L - L_t = L(1 - 10^{-Kt}) \dots\dots\dots 2.2.7. (b)$$

Obsérvese que la DBO de cinco días es igual a:

$$y_5 = L - L_5 = L(1 - 10^{-5K}) \dots\dots\dots 2.2.8.$$

Esta relación se muestra en la siguiente figura:



Formulación de la curva DBO para la primera fase.

Para aguas contaminadas y aguas residuales un valor típico de K (base 10, 20°C) es 0.10 día^{-1} . El valor de K varía significativamente con el tipo de residuo. La gama de valores puede encontrarse entre 0.05 día^{-1} a 0.3 día^{-1} ó más. Para la misma DBO última la absorción de oxígeno varía con el tiempo y con los diferentes valores de K . El efecto de los distintos valores de K se muestra en la figura siguiente:

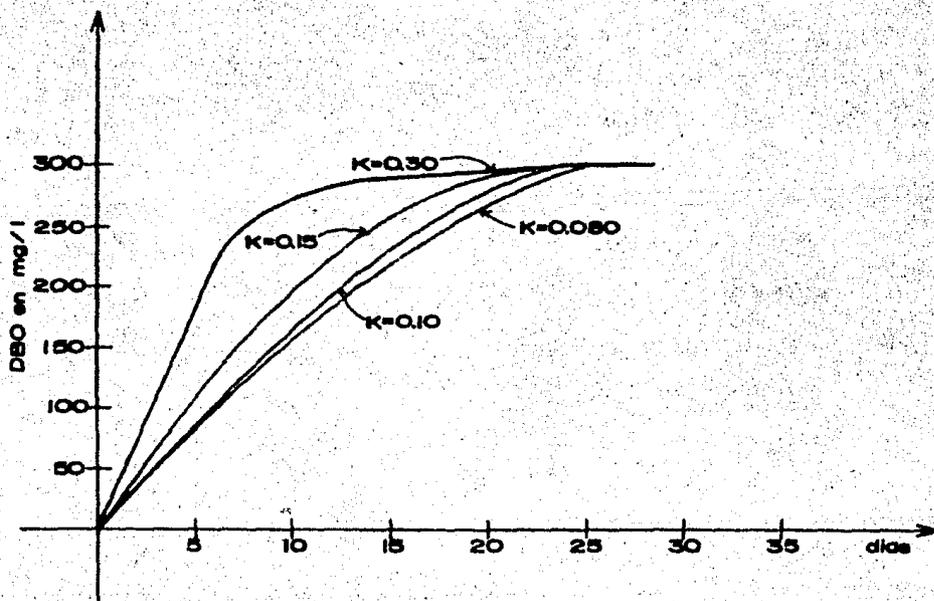


Figura 2.2.1. Efecto de la constante K en la DBO (para un valor dado de L).

Como se indicó anteriormente la temperatura a la que se determina la DBO de una muestra de agua residual suele ser de 20°C. Sin embargo, es posible determinar la constante de reacción K a una temperatura distinta de 20°C. Para ello puede usarse la siguiente fórmula aproximada, derivada de la relación de Van Hoff-Arhenius.

$$K_T = K_{20} \theta^{-(T-20)} \dots\dots\dots 2.2.9.$$

Se ha comprobado que el valor de θ varía desde 1.056 para temperaturas comprendidas entre 20 y 30°C. hasta 1.135 para temperaturas entre 4 y 20°C. Con frecuencia se cita a la literatura técnica un valor de 1.047 para θ , pero se ha observado que este valor no es aplicable a temperaturas frías (por ejemplo debajo de 20°C).

Durante la hidrólisis de las proteínas se produce materia no carbonosa, tal como el amoníaco. Algunas bacterias autótrofas son capaces de utilizar el oxígeno para oxidar el amoníaco a nitritos y nitratos. La demanda de oxígeno de las materias nitrogenadas causada por las bacterias autótrofas se conoce como la segunda fase de la DBO. La progresión normal de cada fase en un agua residual se muestra en la figura 2.2.2. Sin embargo a 20°C la velocidad de reproducción de las bacterias nitrificantes es muy lenta. Normalmente, han de pasar de seis a diez días para que alcance números significativos y ejerzan una demanda de oxígeno medurable. La interferencia causada por su presencia puede eliminarse mediante un pretratamiento de la muestra o con el uso de agentes inhibidores.

Los procedimientos de pretratamiento incluyen la pasteurización, cloración y tratamiento ácido. Los agentes inhibidores pueden ser de naturaleza química incluyen el azul de metileno tiorrea y alitiorrea, y 2-cloro-5-triclorometil piridina.

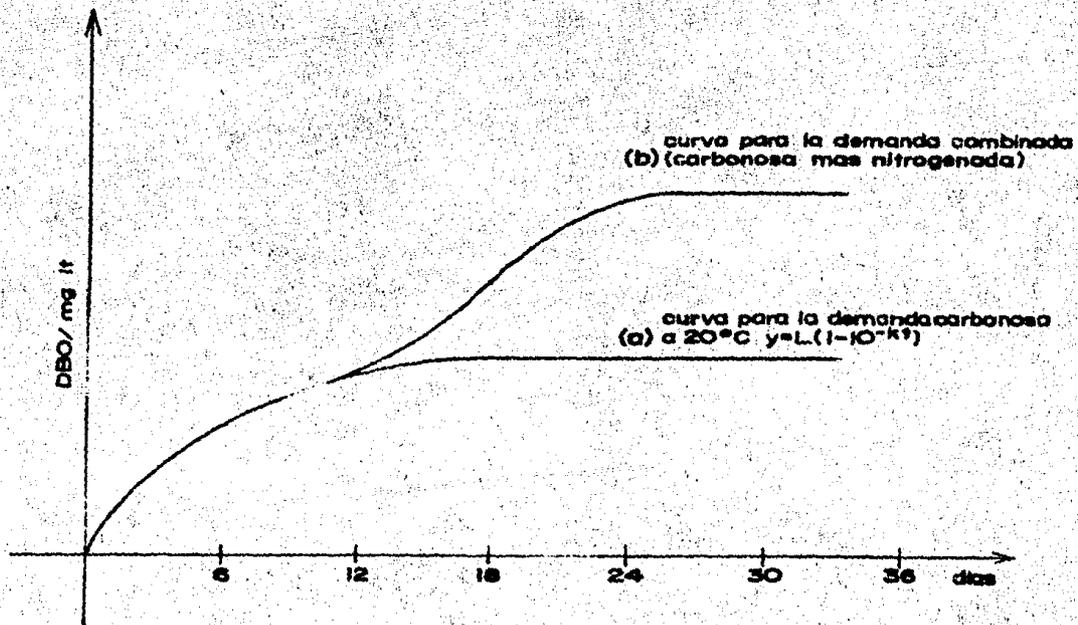


Figura 2.2.2. Curva de la DBO a) curva normal para la oxidación de la materia orgánica. b) influencia de la nitrificación.

El valor de K es necesario si tiene que usarse la DBO_5 para obtener el de la DBO a los veinte días ó la DBO última. El procedimiento usualmente seguido cuando se desconocen estos valores es determinar K y L a partir de una serie de medidas de DBO. Existen varias maneras de determinar K y L a partir de una serie de medidas de DBO, entre ellas: 1) el método de los mínimos cuadrados 2) el método de los momentos 3) el método del diferencial diario 4) el método de relación rápida 5) el método de Thomas. El

método de los mínimos cuadrados se ilustre en la discusión siguiente:

El método de los mínimos cuadrados supone el ajustar una curva a través de un conjunto de puntos procedentes de datos, de modo que la suma de los cuadrados de los residuales (la diferencia entre el valor observado y el valor de la curva ajustada) tenga que ser un mínimo. Al utilizar este método pueden ajustarse distintos tipos de curvas mediante un conjunto de puntos. Por ejemplo para una serie de medidas de la DBO a lo largo del tiempo sobre la misma muestra, la siguiente ecuación será válida para cada uno de los siguientes n puntos:

$$\left. \frac{dy}{dt} \right|_{t=n} = K' (L-y_n) \dots\dots\dots 2.2.10.$$

En esta ecuación se conocen K' y L. Si se supone que dy/dt represente el valor de la pendiente de la curva que debe ajustarse mediante los puntos, para un valor dado de K' y L, y debido al error experimental, encontraremos que los dos miembros de la ecuación no son iguales sino que diferirán entre sí en una cantidad R. Volviendo a escribir la ecuación 2.2.10. en función de R se tendrá para el caso general:

$$R = K' (L-y) - \frac{dy}{dt} \dots\dots\dots 2.2.11.$$

Simplificando y utilizando la notación y' para dy/dt se obtiene:

$$R = K' L - K'y - y' \dots\dots\dots 2.2.12.$$

Sustituyendo a por K'L y -b por K' queda:

$$R = a + by - y' \dots\dots\dots 2.2.13.$$

Ahora bien si la suma de los cuadrados de los residuales R tiene que ser mínimo, las siguientes ecuaciones tienen que cumplirse:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial}{\partial b} \sum R^2 &= \sum 2R \frac{\partial R}{\partial b} = 0 \\ \frac{\partial}{\partial b} \sum K^2 &= \sum 2R \frac{\partial R}{\partial b} = 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots 2.2.14.$$

Si las operaciones indicadas en la ecuación 2.2.14. se llevan a cabo utilizando el valor del residual R definido por la ecuación 2.2.13. se obtendrán las siguientes ecuaciones:

$$na + b \sum y - \sum y' = 0$$

$$a \sum y + b \sum y^2 - \sum y y' = 0$$

Donde n= número de puntos procedentes de los datos.

$$K^0 = -b \text{ (base e)}$$

$$L = -a/b$$

En el siguiente ejemplo se ilustra la aplicación del método de los mínimos cuadrados al análisis de la D.B.O.

Ejemplo. Cálculo de constantes de la D.B.O. utilizando el método de los mínimos cuadrados.

Calcúlese L y K' utilizando el método de los mínimos cuadrados para los siguientes datos de la D.B.O.

t, en días	2	4	6	8	10
y en mg/lit	11	15	22	24	26

Solución.

1.- Establézcase una tabla de cálculo y realícense los cálculos indicados

tiempo	y	y ²	y'	yy'
2	11	121	4.50	49.5
4	18	324	2.75	49.5
6	22	484	1.5	33.0
8	24	576	1.00	24.0
	75	1505	9.75	156.0

La pendiente y' se calcula así:

$$\frac{dy}{dt} = y' = \frac{y_{n+1} - y_{n-1}}{2\Delta t}$$

2.- Sustituyendo los valores calculados en 1 en las ecuaciones 2.2.14 y 2.2.15. y resolviendo para a y b se obtienen los valores 7.5 y -0.271, respectivamente.

$$4a + 75b - 9.75 = 0$$

$$75a + 1505b - 156.0 = 0$$

3.- Determinéense los valores de K' y L

$$K' = -b = 0.271 \text{ (base e)}$$

$$L = \frac{-a}{b} = \frac{7.5}{0.271} = 27.7 \text{ mg/lit}$$

Las determinaciones de la constante de reacción K y de la DBO pueden efectuarse más rápidamente en los laboratorios utilizando el respirómetro de Warburg o con la ayuda de sondas de oxígeno disuelto o con una celda electrolítica. El aparato de Warburg consiste en un baño de agua a temperatura constante, un mecanismo agitador y un conjunto de matraces especiales equipados con manómetros.

Cada matraz tiene un depósito interno en el que se pone una pequeña cantidad de solución de hidróxido de potasio (véase figura 2.2.3.). El matraz se llena con una cantidad medida de agua residual e inóculo y se agita en el baño de agua. Después de que el contenido se haya mezclado completamente, se conecta el manómetro y se efectúan pruebas periódicamente.

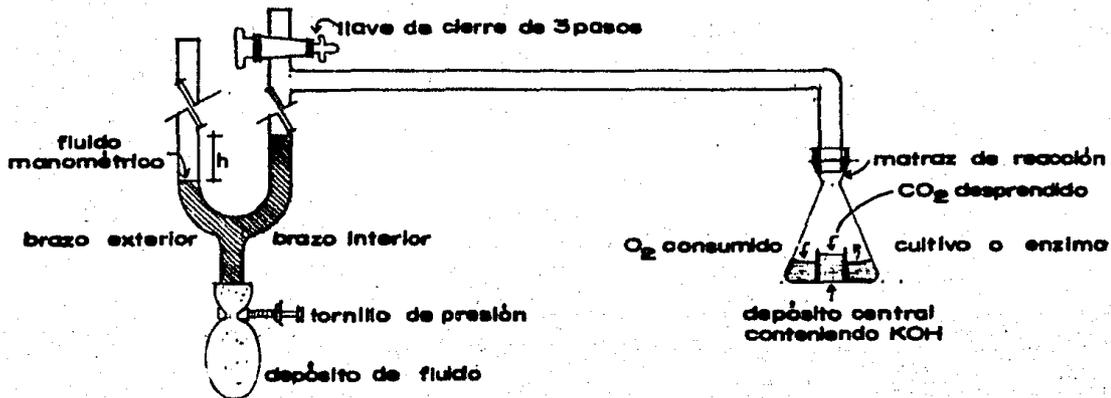


Figura 2.2.3. Esquema del respirómetro de Warburg.

La respiración biológica dentro de la muestra consume oxígeno y desprende anhídrido carbónico. El agotamiento del oxígeno disuelto hace que el oxígeno del aire existente sobre el líquido se disuelva en él disminuyendo así la presión en el frasco. La cantidad de oxígeno acumulada puede calcularse entonces por la caída de presión medida por el manómetro.

3.- Condiciones de muestreo y Análisis.

3.1. Muestreo de la DBO.

El propósito del muestreo es recoger una porción de aguas negras lo — suficientemente pequeña en volumen para ser manejada convenientemente en el laboratorio y no obstante esto, ser representativa de las aguas negras que se van a examinar. Debe recogerse en tal forma que no se agregue ni se pierda nada en la porción tomada y que no se produzca ningún cambio durante el tiempo que transcurra desde la recolección hasta el examen en el laborato— rio. Si no se satisfacen estas condiciones, los resultados obtenidos en el laboratorio serán engañosos y de peores consecuencias que la falta de ellos.

No puede especificarse la localización de los puntos de muestreo y la recolección de las muestras para todos los efluentes. Las condiciones son — diferentes para cada corriente y hay que adaptar a cada una el procedimien— to a seguir.

Sin embargo, pueden mencionarse los siguientes principios generales:

a).— La muestra debe tomarse donde estén bien mezcladas las aguas ne— gras. Esto se logra más fácilmente si se localiza el punto de muestreo don— de el flujo de las aguas negras sea turbulento por ejemplo en una caída de agua.

b).— Deben excluirse partículas mayores de 6 mm. Las aguas crudas de— ben muestrearse de las rejillas o cribas.

c).— No deben incluirse en el muestreo los sedimentos, crecimientos ó material flotante que se hayan acumulado en el punto de muestreo. Este ma— terial no sería representativo.

d).— Las muestras deben examinarse tan pronto como sea posible, si se

ratiene por más de una hora, deben enfriarse sumergiendo el frasco de muestra en agua helada. La descomposición bacteriana de las aguas negras continúa en el frasco de muestra. Después de una hora son apreciables los cambios debidos a tal descomposición. El enfriar la muestra retarda mucho la acción bacteriana.

e).- Debe procurarse que sea lo más fácil posible la recolección de muestras. Los puntos de muestreo deben ser de fácil acceso; estará a la mano el equipo adecuado; se tomarán precauciones de seguridad y se protegerá al personal de las inclemencias del tiempo; pues mientras más fácil sea la toma de muestras, mejor será su ejecución.

Hay dos tipos de muestras que deben recolectarse, dependiendo del tiempo disponible, de los análisis que hayan que verificarse y del propósito de los análisis. A una se le llama muestra instantánea y consiste en una porción de aguas negras que se toma de una vez. La otra es una muestra integrada ó compuesta y consiste de proporciones de aguas negras que se toman a intervalos regulares, siendo proporcional el volumen de cada porción al flujo de aguas negras en el momento de la recolección. Todas las porciones se mezclan para formar una muestra final representativa de las aguas negras.

En el caso de la Demanda Bioquímica de Oxígeno se requiere un equipo especial para recolectar las muestras. Las muestras deben tomarse de tal manera que el frasco quede completamente lleno de líquido, que no haya estado en contacto con el aire y que no quede ninguna burbuja de aire bajo el tapón. Para esto se requiere un volumen tres veces mayor del que desplaza el frasco de muestreo. Debe anotarse la temperatura de las muestras en el momento del muestreo.

Los frascos para muestras serán de 300 ml. con tapón esmerilado.

Pueden usarse muestras instantáneas de aguas negras crudas o tratadas, pero son más representativas de la composición media las muestras integradas. Esta prueba no debe hacerse sobre efluentes clorados.

3.2. Determinación de la DBO.

El procedimiento para la determinación de la DBO en el laboratorio es el siguiente:

1. Aeréense 20 litros de agua destilada.

2. Agréguese 18.9 ml. de solución de cloruro férrico, 18.9 ml. de solución de cloruro de calcio, 18.9 ml. de solución de sulfato de magnesio y 18.9 ml. de solución amortiguadora de fosfato de amonio (pH. 7.2) al agua de dilución, y mézclase bien.

3. Sifonéese agua de dilución a un frasco de 300 ml. de tapón esmerilado, hasta que quede aproximadamente a la mitad.

4. Al frasco hasta la mitad agréguese con una pipeta la cantidad de muestra deseada. Las cantidades podrían ser:

Aguas negras crudas	3.0 a 6.0 ml.
Aguas negras sedimentadas	6.0 a 12.0 ml.
Efluente final	50.0 a 100.0 ml.

5. Llénese el frasco hasta el cuello, con el agua de dilución y tápese de manera que no queden atrapadas burbujas de aire.

7. Colóquense ambos frascos en un baño de agua a 20°C ó en un incubador.

8. Determinese el oxígeno disuelto de la muestra si es que es un efluente o de una corriente. El oxígeno disuelto de las aguas negras crudas ó sedimentadas puede considerarse como igual a cero.

9. Después de cinco días determinese el oxígeno disuelto en cada una de las muestras incubadas.

10. Determinese el volumen exacto de cada uno de los frascos de 300 ml.

Cálculo. Los resultados se expresen en ppm de Demanda Bioquímica de oxígeno.

Número del frasco	1	2
Volumen del frasco	305	295
Volumen de la muestra	0	5
Valoreción de 200 ml. , después de incubado		
1. Lectura de la bureta después de la titulación	8.2	12.7
2. Lectura de la bureta antes de la valoración	0.0	8.2
3. Ml. de tiosulfato N/40 usado: (1) menos (2)	8.2	4.5
Oxígeno disuelto en la muestra de aguas negras		0.0
Oxígeno disuelto inicial, calculado	8.2	8.1
Oxígeno disuelto final	8.2	4.5
Disminución del oxígeno disuelto	0.0	3.6
Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días		212 mg/l

Número del frasco. Cada frasco debe numerarse para permitir su identificación.

Volumen del frasco. Debe determinarse el volumen de cada frasco, llenándolo con agua, poniéndole su tapón y midiendo después su contenido en una probeta graduada.

Volumen de la muestra. Es el volumen de muestra que se vierte en cada frasco.

Cálculo del oxígeno disuelto inicial. Es el oxígeno disuelto disponible del agua de dilución con la muestra.

Volumen del agua de dilución = $295 - 5 = 290$ ml.

Volumen de la muestra = 5 ml.

Oxígeno disuelto del agua de dilución = 8.2 ppm.

Oxígeno disuelto de la muestra = 0

Oxígeno disuelto inicial = volumen del agua de dilución por oxígeno disuelto del agua de dilución, más el volumen de muestra por el oxígeno disuelto de la muestra y todo dividido entre el volumen de la muestra más el agua de dilución y esto expresado en términos numéricos.

$$\frac{290 \times 8.2 + 5 \times 0.0}{295} = 8.1 \text{ ppm}$$

Oxígeno disuelto final.- Es el oxígeno disuelto determinado por la valoración; ml. de tiosulfato N/40 gastados, igual a las ppm de oxígeno disuelto cuando se valora una muestra de 200 ml.

Abatimiento de oxígeno disuelto.- Es la diferencia entre el oxígeno disuelto inicial calculado y el oxígeno disuelto final.

Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días.— Es el oxígeno disuelto —
requerido por la muestra sin diluir, expresado en ppm.

$$\text{DBO} = \text{Abatimiento del oxígeno disuelto} \times \frac{\text{Volumen del frasco}}{\text{Volumen de la muestra}} =$$
$$= 3.6 \times 295/5 = 212 \text{ mg/l.}$$

Para obtener el oxígeno disuelto se sigue a el procedimiento que ha —
continuación se describe.

Procedimiento para muestras en frascos de 300 ml.

1. Viértanse 2 ml. de solución de sulfato manganesoso y 2 ml. de solu—
ción alcalina de nitrato-yoduro. Agítese durante 20 segundos por inversión
del frasco.

2. Déjese que se asiente el precipitado por debajo del cuello del —
frasco; agréguese 2 ml. de ácido sulfúrico concentrado y agítese.

3. Mídase 200 ml., y pásense al matraz Erlenmeyer procurándose que —
sean mínimas las pérdidas de yodo.

4. Valórese el yodo liberado con tiosulfato N/40, hasta que el agua —
tenga color amarillo pálido; agréguese 1 ml. de solución de almidón y conti—
núese la valoración cuidadosamente hasta la decoloración, sin tomar en cuen—
ta ninguna reaparición de color.

Los resultados se expresan en ppm de oxígeno disuelto o en porcentaje
de saturación. Si se emplea un tiosulfato exactamente N/40 para valorar 200
ml. de muestra. El número de ml. de tiosulfato empleado es equivalente a —
las ppm de oxígeno disuelto. El porcentaje de saturación se calcula divi—

diendo el oxígeno disuelto de la muestra en ppm entre el oxígeno disuelto -
en ppm en agua limpia o agua de mar de salinidad adecuada, saturada a la -
temperatura de la muestra y multiplicando por 100. Consúltase la tabla de -
solubilidad del oxígeno en agua dulce a nivel del mar.

$$\text{porcentaje de saturación} = \frac{\text{ppm de } O_2 \text{ encontrada a } T^{\circ}C}{\text{ppm de } O_2 \text{ en agua saturada a } T^{\circ}C} \times 100$$

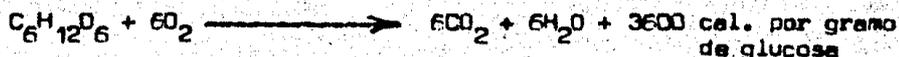
4.- Interpretación como parámetro.

La mayoría de la materia orgánica procedente de desechos de alimentos, de aguas negras domésticas y de residuos de fábricas tales como partículas de tierra, es desintegrada en el agua por bacterias, protozoarios y diversos organismos mayores. Semajantes descomposiciones convierten sustancias ricas en energía, en sustancias pobres en energía, mediante reacciones químicas - que utilizan oxígeno. El oxígeno disuelto en las aguas puede agotarse más rápidamente de lo que es reemplazado desde la atmósfera y por consiguiente, las bacterias, los protozoarios, los gusanos del lodo y la trucha compiten por oxígeno cuando los elementos nutritivos orgánicos son abundantes. Semajante competición afecta la distribución de las formas de vida en el agua. Cuando la introducción de una bacteria nutritiva (como basura o desechos - industriales orgánicos) altera esta distribución en una forma que resulta - desfavorable para el hombre (por ejemplo de modo que cohiba la trucha y favorezca los protozoarios), la calidad del agua ha de considerarse deteriorada y, por consiguiente los elementos nutritivos añadidos son contaminantes.

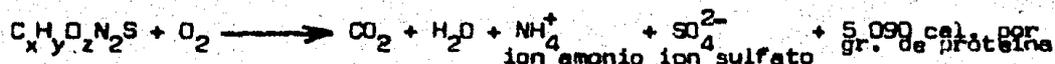
La liberación total de energía depende solamente de los materiales iniciales y de los productos finales y no de los pasos intermedios (1a. ley de la termodinámica).

Resulta lícito por consiguiente considerar ecuaciones químicas generales simplificadas en el estudio de las relaciones entre la producción de - energía y la contaminación del agua.

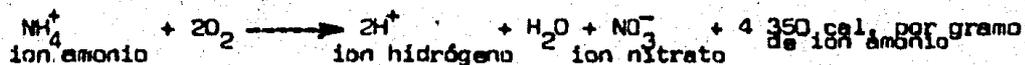
La descomposición bacteriana en presencia del aire se designa como aerobiosis y es el proceso que rinde la mayor energía a partir de un peso dado de elementos nutritivos. Por ejemplo la aerobiosis completa de la glucosa (un azúcar $C_6H_{12}O_6$) puede representarse por la ecuación siguiente:



Las proteínas contienen tanto azufre y nitrógeno como carbono, hidrógeno y oxígeno. La descomposición aeróbica de la proteína está representada por la siguiente ecuación no equilibrada, en la que la molécula muy compleja de proteína está representada por una fórmula muy general: $C_xH_yO_zN_2S_2$.



Las reacciones aquí representadas son típicas de la primera etapa de la acción bacteriana en la desoxigenación de las aguas contaminadas. Cuando el elemento nutritivo orgánico está agotado, cabe obtener energía suplementaria mediante la oxigenación de sales de amonio:



Este proceso se designa como nitrificación.

Lo más significativo en conexión con estas reacciones es, desde el punto de vista de la contaminación del agua, que agotan el contenido de oxígeno del agua; en efecto, se requirieron moléculas de oxígeno para que cada una de las reacciones anteriores pudieran tener lugar. Sin embargo, la acción bacteriana no se detiene cuando el oxígeno molecular ha desaparecido. En lugar se produce una nueva serie de descomposiciones a través del proceso llamado anaerobiosis. La descomposición anaeróbica de los azúcares y otros carbohidratos se designa como fermentación y la de las proteínas se llama putrefacción. Este último proceso se deja representar por la ecuación no balanceada simplificada siguiente:

5.- Conclusiones y Recomendaciones.

- El grado de contaminación de un agua se debe limitar según el uso que se le va a dar.
- La contaminación producida por el hombre es la más dañina porque cambia el estado natural de la fuente.
- El agua corriente es desde el punto de vista económico la más factible de emplearse y es por lo tanto la que más debemos cuidar.
- La DBO es un parámetro biológico que nos indica la cantidad de materia orgánica susceptible a descomposición en una corriente.
- En las pruebas DBO se requiere personal entrenado y equipo especial. Son más representativas las muestras compuestas integradas. Esta prueba no debe efectuarse sobre efluentes clorados.

BIBLIOGRAFIA

- Apuntes de Contaminación de aguas.
Ing. Ernesto Murguía Vaca.
- Purificación de Aguas y Tratamiento y Remoción de Aguas Residuales.
Fair-Geyer-Okun.
- Manual de Tratamiento de Aguas Negras.
Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York.
- Tratamiento de Aguas Residuales.
Metcalf.
- Chemistry for Environmental Engineering.
Clair N. Sawyer.