

Práctica 6

Determinación de Oxígeno Disuelto (OD) en muestras de agua

Objetivos:

- Determinar la concentración de oxígeno disuelto en muestra de agua.
- Identificar las reacciones RedOx involucradas en los diferentes ensayos prácticos.
- Comparar los valores reportados vía húmeda con los registrados por un dispositivo electrónico especializado (Oxigenómetro)

I. Fundamento teórico

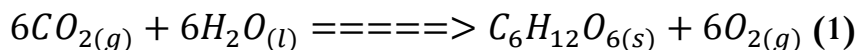
El oxígeno es esencial para los riachuelos y lagos saludables. El nivel de Oxígeno Disuelto (OD) puede ser un indicador de cuán contaminada está el agua y cuán bien puede dar soporte esta agua a la vida vegetal y animal de un determinado ecosistema. Generalmente, un nivel más alto de oxígeno disuelto indica agua de mejor calidad. Si los niveles de oxígeno disuelto son demasiado bajos, algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir.

El Oxígeno que se encuentra disuelto en el agua proviene, generalmente de la disolución del oxígeno atmosférico (en el aire se encuentra en la proporción del 21%). Siendo un gas muy poco soluble en el agua y además como no reacciona químicamente, su solubilidad obedece a la **Ley de Henry**, la cual expresa que la solubilidad de un gas en un líquido es proporcional a su concentración o a la presión parcial del gas en la disolución.

Entre otros factores que influyen en la solubilidad del oxígeno están los siguientes:

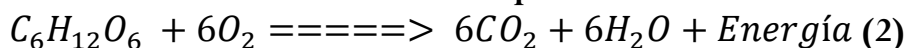
- **La temperatura y la salinidad:** Ambos influyen de igual manera, es decir, una menor salinidad y temperatura puede guardar más oxígeno en ella que el agua más caliente y mas salada, a menor temperatura y salinidad, mayor solubilidad presentara el oxígeno
- **La actividad biológica:** En el caso de las aguas naturales superficiales, tales como lagos, lagunas, ríos, entre otros, el oxígeno proviene de los organismos vegetales que contienen clorofila o cualquier otro pigmento capaz de efectuar la fotosíntesis. Los pigmentos facultan a las plantas, tanto inferiores como superiores a utilizar la energía radiante del sol y convertir el Dióxido de Carbono (CO_2) en compuestos orgánicos. La energía lumínica procedente del sol, permite que el agua y el Dióxido de Carbono (como única fuente de carbono) reaccionen para producir un azúcar simple (glucosa), desprendiéndose oxígeno como subproducto.

Reacción de Fotosíntesis:



Por la noche, cuando no hay luz para producir la fotosíntesis, las plantas consumen el oxígeno en la respiración. La respiración también tiene lugar en presencia de la luz solar; sin embargo, la reacción neta es la producción de oxígeno.

Reacción de Respiración:



- **La turbulencia** de la corriente también puede aumentar los niveles de OD debido a que el aire queda atrapado bajo el agua que se mueve rápidamente y el oxígeno del aire se disolverá en el agua.

Una diferencia en los niveles de OD puede detectarse en el sitio de la prueba si se hace la prueba temprano en la mañana cuando el agua está fría y luego se repite en la tarde en un día soleado cuando la temperatura del agua haya subido. Una diferencia en los niveles de OD también puede verse entre las temperaturas del agua en el invierno y las temperaturas del agua en el verano. Asimismo, una diferencia en los niveles de OD puede ser aparente a diferentes profundidades del agua si hay un cambio significativo en la temperatura del agua.

Los niveles de oxígeno disuelto típicamente pueden variar de 0 - 18 partes por millón (ppm) o (mg/L) aunque la mayoría de los ríos y riachuelos requieren un mínimo de 5 - 6 ppm para soportar una diversidad de vida acuática. Además, los niveles de OD a veces se expresan en términos de Porcentaje de Saturación. Sin embargo para esta práctica los resultados se reportarán en ppm (ver tabla 1).

Tabla 1. Lineamientos para la calidad del agua según la OMS.

Nivel de OD (ppm)	Calidad del Agua
0,0 - 4,0	Mala Algunas poblaciones de peces y macroinvertebrados empezarán a bajar.
4,1 - 7,9	Aceptable
8,0 - 12,0	Buena
12,0 +	Repita la prueba El agua puede airearse artificialmente.

En general, un nivel de oxígeno disuelto de 9-10 ppm se considera muy bueno. A niveles de 4 ppm o menos, algunas poblaciones de peces y macroinvertebrados (por ejemplo, la corvina, la trucha, el salmón, las ninfas de la mosca de mayo, las ninfas de la mosca de las piedras y las larvas de fríganeas) empezarán a morir. Otros

organismos tienen mayor capacidad de supervivencia en agua con niveles bajos de oxígeno disuelto (por ejemplo, los gusanos de lodo y las sanguijuelas). Los niveles bajos de OD pueden encontrarse en áreas donde el material orgánico (plantas muertas y materia animal) está en descomposición. Las bacterias requieren oxígeno para descomponer desechos orgánicos y, por lo tanto, despojan el agua de oxígeno. Las áreas cercanas a las descargas de aguas negras a veces tienen niveles bajos de OD debido a este efecto. Los niveles de OD también son bajos en aguas tibias que se mueven despacio

II. Preparación de reactivos

1. REACTIVO ALCALINO DE YODURO DE POTASIO: Pesar 25 g de Hidróxido de sodio (NaOH) y 6,75 g de Ioduro de potasio (KI) diluir y aforar en 50 ml de agua destilada.

2. SOLUCIÓN DE SULFATO MANGANOSO: Pesar 16,25 g de Sulfato manganoso hidratado ($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) diluir y aforar en 50 ml de agua destilada.

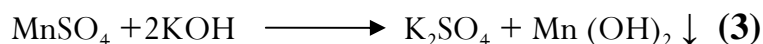
3. SOLUCIÓN DE TIOSULFATO DE SODIO 0,01N: Pesar 1,24 g de Tiosulfato de sodio pentahidratado ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) diluir y aforar en 500 ml de agua desionizada y destilada.

4. SOLUCIÓN DE ALMIDÓN AL 10%. Se pesan 10 g de almidón soluble diluir y aforar en 100 ml de agua destilada.

III. Fundamento químico

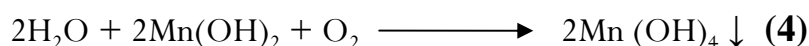
1. Reacción con sulfato manganoso y reactivo alcalino de yoduro de potasio

En esta primera parte se mezclan el sulfato de manganeso con el hidróxido de potasio:

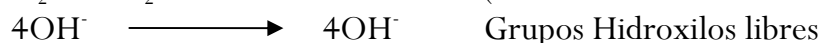
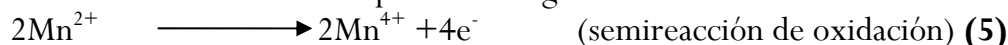


Con la adición de estos dos reactivos se formara un precipitado que puede ser blanco (Hidróxido Manganoso) indicando la ausencia de oxígeno.

En el caso de presencia de oxígeno, el Manganeso (Mn^{2+}) es oxidado a su estado superior de oxidación (Mn^{4+}) por lo que el color del precipitado se torna marrón debido a la formación de Hidróxido Mangánico (ver figura 1).



En este caso las semireacciones que tienen lugar son:

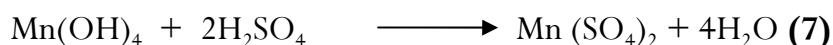


Al sumar y cancelar las respectivas especies se obtiene la ecuación general (4).



Figura 1. Muestra de agua con Sulfato manganeso y reactivo cúprico alcalino

2. Reacción con ácido sulfúrico concentrado



El medio se torna ácido y el precipitado de Hidróxido Mangánico Mn(OH)_4 se disuelve formando Sulfato Mangánico $\text{Mn(SO}_4)_2$, quien oxida el Yoduro de Potasio (KI) a Yodo (I_2) (ver figura 2).



Figura 2. Muestra de agua con ácido sulfúrico

En este caso las semireacciones que tienen lugar son:



3. Reacción con solución de almidón

El yodo producido en la reacción (8), en presencia del indicador de almidón, forma un complejo de color azul intenso.

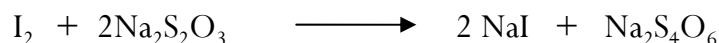
El almidón se utiliza como indicador en las reacciones de oxidación-reducción y reacciona fácilmente con el yodo. Al cambiar de color determina con exactitud el punto de equivalencia entre el Yodo y el Oxígeno (ver figura 3).



Figura 3. Muestra de agua con almidón

4. Reacción con tiosulfato de sodio

El yodo se puede titular con una solución de tiosulfato de sodio



En este caso las semireacciones que tienen lugar son:



La cantidad de Yodo (I_2) liberado es químicamente equivalente al Oxígeno (O_2) presente en la muestra.

Los miliequivalentes gastados de solución valorada de Tiosulfato de Sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) son iguales a los miliequivalentes de Yodo presentes en la solución (ver figura 4).



Figura 4. Muestra de agua después de la titulación

Ya determinada la cantidad de OD en el agua bajo estudio se debe comparar el valor obtenido por vía química con el valor determinado por medio del oxígeno metro (ver figura 4).



Figura 5. Dispositivo electrónico para determinar la cantidad de oxígeno disuelto en el agua (Oxigenómetro)

IV. Materiales, Reactivos y Equipos.

MATERIALES	REACTIVOS	EQUIPOS
Botella Yodometrica de 125 ml	Tiosulfato de Sodio	Campana de Extracción
Cilindro graduado de 50 ml o Pipeta	Acido Sulfúrico concentrado	Balanza
Volumétrica de 25 ml	Sulfato Manganoso hidratado o	
Matraz Erlenmeyer o fiola de 125 ml	Cloruro Manganoso trihidratado	
Pipeta graduada de 1 ml	Yoduro de Potasio	
Bureta graduada de 25 ml	Hidróxido de Sodio	
Soporte universal con pinzas para	Almidón	
Bureta	Agua de Río, Lago, Riachuelo,	
Vidrio reloj	Estanque, chorro.	
Espátula	Agua destilada	

NOTA El estudiante a realizar la práctica debe traer agua de su casa (chorro), rio cercano, pozo, cualquier otro tipo de agua corriente.

V. Parte Experimental

PRUEBA	PROCEDIMIENTO	CANTIDAD
Análisis de titulación Volumétrica	Llene la Botella yodométrica con la muestra de agua y tape sin dejar burbujas de aire.	
	Agregue Sulfato Manganoso $MnSO_4$ 16,25% por debajo de la superficie del líquido	1 ml
	Seguidamente agregue Reactivo Alcalino de Yoduro de Potasio por debajo de la superficie del líquido	1 ml
	Tape la botella sin dejar burbujas de aire, deseche el sobrante en la tapa y mezcle fuertemente durante 20 segundos sujetando la tapa y la botella.	
	Deje sedimentar el precipitado y vuelva a mezclar fuertemente. Mantenga en reposo hasta que haya clarificado la 3ª parte de la botella	
	Destape la botella y agregue Acido Sulfúrico H_2SO_4 concentrado dejándolo caer por la pared del envase y encima de la superficie del líquido.	1 ml
	Tape la botella sin dejar burbujas de aire y deseche el líquido sobrante.	
	Mezcle fuertemente hasta disolver por completo el precipitado para lograr la reacción completa y la distribución uniforme del I_2 molecular	
	Tome la solución y trasvase a un matraz erlenmeyer	50 ml
	Titula con Tiosulfato de Sodio $Na_2S_2O_3$ 0,01 N hasta obtener un color amarillo claro	
	Añada almidón al 10%	1 ml
	Titule nuevamente hasta la desaparición del color existente	
	Anote el volumen total gastado	
Realizar cálculos (ver tabla N° 18.6)		

Tabla 2. Cálculos para determinar la cantidad de oxígeno presente

ECUACIONES	LEYENDA
$N = \frac{\text{Equivalentes}}{\text{volumen (l)}}$	N = Normalidad (Equivalentes gramo por volumen de $Na_2S_2O_3$) Equivalentes = equivalentes de $Na_2S_2O_3$ V = Volumen gastado de $Na_2S_2O_3$ (litros)
$PM = \frac{M \text{ Solute}}{PE}$	PM = Peso molecular M Solute = Masa de soluto PE = Peso equivalente
Equiv $Na_2S_2O_3$ = Equiv I_2 = Equiv O_2	
$\text{equivalentes } O_2 = \frac{\text{Masa } O_2}{\text{Masa equivalentes } O_2}$	Masa O_2 = Masa de Oxígeno expresada en mg Masa Miliequiv O_2 = Masa miliequivalente del oxígeno expresado en mg/mequiv
$\frac{mg}{l} = \frac{\text{masa}}{\text{volumen (l)}}$	V = Volumen de la muestra de agua expresada en litros $mg/L O_2 = ppm O_2$

VI. Cuestionario

- 1) Defina: Fotosíntesis, Respiración, Normalidad, Molaridad, peso equivalente, ppm, calibración.
- 2) Qué es el oxígeno y cuál es su importancia en los ecosistemas naturales.
- 3) Qué es la Ley de Henry y qué importancia tiene en la disolución del oxígeno en el agua.
- 4) Cuáles son los niveles en que se puede encontrar el oxígeno en el agua, de una clasificación, de acuerdo a estos.
- 5) Por qué la turbulencia es una variable importante en el contenido de oxígeno en el agua.
- 6) Cómo varía la solubilidad de un gas en el agua con la temperatura
- 7) Cree usted que los valores de OD determinados por titulación deban ser diferente a aquellos obtenidos por medio del dispositivo electrónico.

VII. Referencias Bibliográficas

- M. Kolthoff, E. B. Sandell, E. J. Meehan y S. Bruckenstein, "Análisis Químico Cuantitativo". De Nigar. 1985.
- John G. Dick, "Química Analítica", Editorial El Manual Moderno S.A., México, 1979
- <http://www.lamotte.com/pages/global/pdf/spanish/5860sp.pdf>

Anexo

Muestra de Cálculo para determinar la cantidad de OD en una muestra de agua.

Datos Previos

Suponga que se realizó la toda la parte experimental y los valores obtenidos fueron los siguientes:

Volumen de Tiosulfato de sodio gastados = 1,80 ml

Normalidad del Tiosulfato de sodio = 0,01 N

Volumen de la alícuota de muestra que contiene OD = 25 ml

Cálculos

$\text{Equiv Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = \text{Equiv I}_2 = \text{Equiv O}_2$

$\text{Equiv Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = N \cdot V$

$\text{Equiv Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = 0,01 \text{ Equiv/l} \cdot 1,80 \cdot 10^{-3} \text{ l} = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ Equiv.}$

Por lo tanto el número de equivalentes de O_2 son $1,8 \cdot 10^{-5} \text{ Equiv.}$

$\text{Equiv O}_2 = \text{gramos de O}_2 / \text{PE}$

$\text{gramos de O}_2 = \text{Equiv O}_2 \cdot \text{PE}$ PE del O_2 es 8 g/Equiv.

$\text{gramos de O}_2 = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ Equiv} \cdot 8 \text{ g/Equiv} = 1,44 \cdot 10^{-4} \text{ g de O}_2$

$\text{parte por millon de O}_2 \text{ (ppm)} = \text{miligramos de O}_2 / \text{Volumen de alícuota (l)}$

$$\text{ppm O}_2 = 0,144 \text{ mg} / 25 \cdot 10^{-3} \text{ l}$$

$$\text{ppm O}_2 = 5,76 \text{ mg/l} = 5,76 \text{ ppm O}_2.$$

Resultado: La muestra de agua analizada tiene una cantidad total de oxígeno disuelto igual a 5,76 ppm. Se recomienda para su uso en la cría de peces.

Recomendación: Se debe monitorear constantemente (1 ó 2 veces por día) este valor para fines de garantizar las condiciones óptimas del ambiente acuático y por ende la vida de las especies que allí se tiene.