

# Oxígeno Disuelto

## INTRODUCTION

El oxígeno gaseoso disuelto en el agua es vital para la existencia de la mayoría de los organismos acuáticos. El oxígeno es un componente clave en la respiración celular tanto para la vida acuática como para la vida terrestre. La concentración de oxígeno disuelto (*DO*) en un ambiente acuático es un indicador importante de la calidad del agua ambiental.

Algunos organismos, como el salmón, las efímeras y las truchas, requieren altas concentraciones de oxígeno disuelto. Otros organismos como el siluro, las larvas de mosquito y la carpa, pueden sobrevivir en ambientes con bajas concentraciones de oxígeno disuelto. La diversidad de los organismos es mucho mayor a altas concentraciones de *DO*. La Tabla 1 indica las concentraciones mínimas de oxígeno disuelto necesarias para sostener a distintos animales.

Organismo	Oxígeno disuelto mínimo (mg/L)
Trucha	6.5
L`bina de boca pequeña	6.5
Larvas de tricópteros	4.0
Larvas de efemeróptero o mosca de mayo	4.0
Siluro	2.5
Carpa	2.0
Larvas de Mosquito	1.0

El oxígeno gaseoso se disuelve en el agua por diversos procesos como la difusión entre la atmósfera y el agua, oxigenación por el flujo del agua sobre las rocas y otros detritos, la agitación del agua por las olas y el viento y la fotosíntesis de plantas acuáticas. Hay muchos factores que afectan la concentración del oxígeno disuelto en un ambiente acuático. Estos factores incluyen: temperatura, flujo de la corriente, presión del aire, plantas acuáticas, materia orgánica en descomposición y actividad humana.

<ul style="list-style-type: none"><li>• Difusión de la atmósfera</li><li>• Oxigenación por el movimiento de las aguas sobre las rocas o los detritos</li><li>• Oxigenación por el viento o las olas</li><li>• Fotosíntesis de las plantas acuáticas</li></ul>
---

Como resultado de la actividad de las plantas, los niveles de *DO* pueden fluctuar durante el día, elevándose a lo largo de la mañana y alcanzando un máximo en la tarde. Por la noche cesa la fotosíntesis, pero las plantas y animales continúan respirando, causando una disminución de los niveles de *DO*. Como las fluctuaciones diarias son posibles, los ensayos de *DO* deben realizarse a la misma hora cada día. Grandes fluctuaciones en los niveles de oxígeno disuelto en periodos cortos de tiempo pueden traer como resultado una multiplicación de algas. Como la población de algas está creciendo con gran rapidez, los niveles de oxígeno disuelto aumentan. Pronto las algas comienzan a morir y son descompuestas por bacterias aeróbicas, las que usan el oxígeno. A medida que mueren más algas, el requerimiento de oxígeno de la descomposición aeróbica aumenta, lo que

<ul style="list-style-type: none"><li>• Temperatura</li><li>• Poblaciones de plantas acuáticas</li><li>• Material orgánico en descomposición en el agua</li><li>• Flujo de corrientes</li><li>• Presión atmosférica y altura</li><li>• Actividad Humana</li></ul>
---

resulta en una caída brusca de los niveles de oxígeno. A continuación de una floración de algas, los niveles de oxígeno pueden ser tan bajos que los peces y otros organismos acuáticos se sofocan y mueren.

La temperatura es un factor importante en la capacidad del oxígeno para disolverse, ya que el oxígeno, al igual que todos los gases, tiene diferentes solubilidades a distintas temperaturas. Las aguas más frías tiene una mayor capacidad de oxígeno disuelto que las aguas más cálidas. La actividad humana, como la remoción del follaje a lo largo de una corriente o la liberación de agua caliente empleada en los procesos industriales, lo que puede causar un aumento de la temperatura del agua a lo largo de un estrechamiento dado de la corriente. Esto resulta en una menor capacidad de la corriente para disolver oxígeno.

## Niveles Esperados

La unidad  $\text{mg/L}^2$  es la cantidad de oxígeno gaseoso disuelto en un litro de agua. Cuando se relacionan las mediciones de DO con los niveles mínimos requeridos por los organismos acuáticos, se utiliza la unidad  $\text{mg/L}$ . El procedimiento descrito en este documento cubre el uso de un Sensor de Oxígeno Disuelto para medir la concentración de DO en  $\text{mg/L}$ . La concentración de oxígeno disuelto puede variar desde 0 hasta 15  $\text{mg/L}$ . Las corrientes frías de montaña tendrán probablemente concentraciones de DO desde 7 hasta 15  $\text{mg/L}$ , dependiendo de la temperatura del agua y de la presión del aire. En sus menores alcances, los ríos y corrientes pueden exhibir una concentración de DO entre 2 y 11  $\text{mg/L}$ .

Cuando se analiza la calidad del agua de una corriente o río, es conveniente usar una unidad distinta que  $\text{mg/L}$ . El término porcentaje de saturación a menudo se usa para las comparaciones de la calidad del agua. El porcentaje de saturación es la lectura de oxígeno disuelto en  $\text{mg/L}$  dividido por el 100% del valor de oxígeno disuelto para el agua (a la misma temperatura y presión del aire). La forma en la que el porcentaje de saturación se relaciona con la calidad del agua se indica en la Tabla 2. En algunos casos, el agua puede exceder el 100% de saturación y deviene supersaturada por cortos periodos de tiempo.

## Resumen de Métodos

El oxígeno disuelto se puede medir directamente en el sitio o en muestras de agua transportadas desde el sitio. Las mediciones se pueden realizar en el sitio, ya sea colocando el Sensor de Oxígeno Disuelto directamente en la corriente lejos de la orilla o recolectando una muestra de agua con un contenedor o frasco para luego hacer las mediciones con el Sensor de Oxígeno Disuelto de regreso en la orilla. Las muestras de agua recolectadas en el sitio y transportadas de regreso al laboratorio en botellas cerradas se deben almacenar en recipientes con hielo o en un refrigerador hasta el momento en que se tomen las mediciones. El transporte de muestras no se recomienda, debido a que se reduce la exactitud de los resultados del ensayo.

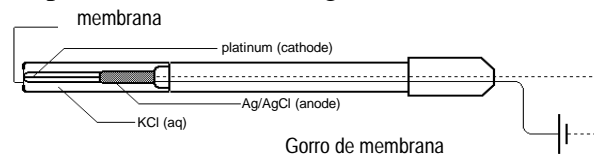
Nivel de DO	Porcentaje de Saturación de DO
Supersaturación <sup>1</sup>	$\geq 101\%$
Excelente	90 – 100%
Adecuado	80 – 89%
Aceptable	60 – 79%
Pobre	$< 60\%$

<sup>1</sup> La supersaturación puede ser dañina para los organismos acuáticos. Puede conducir a la enfermedad llamada Enfermedad de Burbujas de Gas.

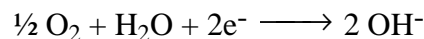
<sup>2</sup> La unidad  $\text{mg/L}$  es numéricamente igual a la denominada partes por millón o ppm.

## Cómo trabaja el Sensor de Oxígeno Disuelto

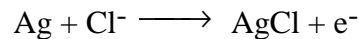
El Sensor de Oxígeno Disuelto es un electrodo polarográfico de tipo Clark que mide la concentración del oxígeno disuelto en agua y soluciones acuosas. Un cátodo de platino y un ánodo de referencia de plata/cloruro de plata en un electrolito de KCl están separados de la muestra por una membrana plástica permeable al gas.



El electrodo de platino tiene aplicado un voltaje fijo. El oxígeno se reduce mientras se difunde a través de la membrana hacia el cátodo:



La oxidación que tiene lugar en el electrodo de referencia (ánodo) es:



De acuerdo con esto, fluye una corriente que es proporcional a la tasa de difusión del oxígeno, y por tanto, a la concentración del oxígeno disuelto en la muestra. Esta corriente se convierte a un voltaje proporcional, que amplificado y leído por una de las interfaces de Vernier.

## Almacenamiento del Sensor de Oxígeno Disuelto

Sigue estos pasos cuando almacenas el electrodo:

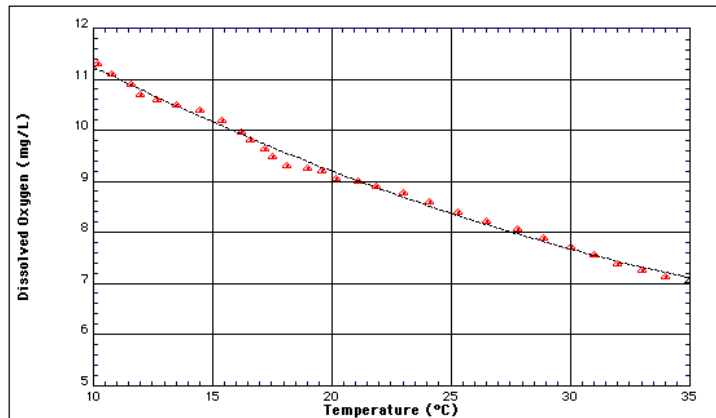
- **Almacenamiento por largo tiempo (más de 24 horas):** Retira el gorro de membrana y lava el interior y exterior de la membrana con agua destilada. Sacude el gorro de membrana para secarlo. Lava y seca también los elementos interiores del ánodo y el cátodo expuestos (sécalos con papel absorbente de laboratorio). Reinstala el gorro de membrana cuidadosamente en el cuerpo del electrodo para su almacenamiento. No lo enrosques apretando demasiado.
- **Almacenamiento por corto tiempo (menos de 24 horas):** Almacena el Sensor de Oxígeno Disuelto con el extremo de la membrana sumergido en aproximadamente 1 pulgada de agua destilada.

## Compensación Automática de Temperatura

El Sensor de Oxígeno Disuelto de Vernier tiene compensación automática de temperatura porque usa un termistor incluido en el cuerpo del sensor. La salida de temperatura de este sensor se usa para compensar automáticamente los cambios que se producen en la permeabilidad de la membrana debido a cambios en la temperatura. Si el sensor no tuviera compensación por temperatura, usted notaría un cambio en la lectura del oxígeno disuelto a medida que cambia la temperatura, aún cuando la concentración real del oxígeno disuelto en la solución no cambiara. Aquí presentamos dos ejemplos de cómo trabaja la compensación automática de temperatura:

- Si usted calibra el Sensor de Oxígeno Disuelto en el laboratorio a 25° C y 760 mm Hg de presión barométrica (asumiendo que la salinidad es despreciable), el valor que debe introducir para el punto de calibración de oxígeno saturado debe ser 8.36 mg/L (vea la Tabla 3). Si fuera a tomar una lectura en agua destilada que está saturada de oxígeno mediante una agitación revolviendo con rapidez y energía, obtendría una lectura de 8.36 mg/L. Si la muestra de agua se enfría después hasta 10° C sin agitación adicional, el agua no seguiría saturada (el agua fría puede soportar más oxígeno disuelto que el agua caliente). Por tanto, la lectura del Sensor de Oxígeno Disuelto con compensación de temperatura debería ser 8.36 mg/L.

- Si la solución se enfría, sin embargo, hasta 10° C y se agita constantemente de modo que permanezca saturada por la disolución de oxígeno adicional, la compensación de temperatura del sensor debería producir una lectura de 11.35 mg/L que es el valor mostrado en la Tabla 3. **Nota:** La compensación de temperatura *no significa* que la lectura de una solución saturada será la misma a dos temperaturas diferentes, ya que las dos soluciones tiene diferentes concentraciones de oxígeno disuelto y las lecturas del sensor deben reflejar esta diferencia.



Oxígeno disuelto saturado vs. Temperatura

## Tomando Muestras en Agua Salada Oceánica o en Estuarios

(a niveles de salinidad mayores que 1000 mg/L)

La concentración de oxígeno disuelto para el agua saturada de aire a varios niveles de salinidad,  $DO_{(sal)}$ , se puede calcular usando la fórmula:

$$DO_{(sal)} = DO - (k \cdot S)$$

- $DO_{(sal)}$  es la concentración de oxígeno disuelto (en mg/L) en soluciones de agua salada.
- $DO$  es la concentración de oxígeno disuelto para el agua destilada saturada de aire como se determina de la Tabla 3.
- $S$  es el valor de la salinidad (en ppt). Los valores de salinidad se pueden determinar usando el Electrodo Selectivo a Ion Cloruro de Vernier o el Sensor de Conductividad como se describe en la actividad 40.

–  $k$  es una constante. El valor de  $k$  varía de acuerdo a la temperatura y se puede determinar de la Tabla 5.

Tabla 5: Valores de la constante de corrección de salinidad							
Temp. (°C)	Constante, k	Temp. (°C)	Constante, k	Temp. (°C)	Constante, k	Temp. (°C)	Constante, k
1	0.08796	8	0.06916	15	0.05602	22	0.04754
2	0.08485	9	0.06697	16	0.05456	23	0.04662
3	0.08184	10	0.06478	17	0.05328	24	0.04580
4	0.07911	11	0.06286	18	0.05201	25	0.04498
5	0.07646	12	0.06104	19	0.05073	26	0.04425
6	0.07391	13	0.05931	20	0.04964	27	0.04361
7	0.07135	14	0.05757	21	0.04854	28	0.04296

**Ejemplo:** Determine el valor de calibración de oxígeno saturado DO a la temperatura de 23° C y a la presión de 750 mm Hg, cuando el Sensor de Oxígeno Disuelto se usa en el agua de mar con un valor de salinidad de 35.0 ppt.

Primero hay que encontrar el valor de oxígeno disuelto en la Tabla 3 (DO = 8.55 mg/L). Luego hay que encontrar el valor de  $k$  en la Tabla 5 a 23° C ( $k = 0.04662$ ). Luego hay que sustituir estos valores, así como el valor de la salinidad, en la ecuación previa:

$$DO_{(sal)} = DO - (k \cdot S) = 8.55 - (0.04662 \cdot 35.0) = 8.55 - 1.63 = 6.92 \text{ mg/L}$$

Use el valor 8.46 mg/L cuando realiza el punto de calibración de saturación de DO (agua saturada de aire), como se describe en el Paso 6. El Sensor de Oxígeno Disuelto será calibrado ahora para dar el valor correcto de las lecturas de DO en muestras de agua salada con una salinidad de 35.0 ppt.

**Importante:** Para la mayoría de los ensayos de oxígeno disuelto, *no* es necesario compensar por salinidad; por ejemplo, si el valor de salinidad es 0.5 ppt, usando 25° C y 760 mm Hg, el cálculo par el DO(s) debería ser:

$$DO_{(sal)} = DO - (k \cdot S) = 8.36 - (0.04498 \cdot 0.5) = 8.36 - 0.023 = 8.34 \text{ mg/L}$$

A niveles de salinidad menores que 1.0 ppt, el despreciar esta corrección significa un error de menos que el 0.2%.



**GUEMISA**

Sta. Virgilia, 29 - 28033 Madrid - Tfno.: 91 764 21 00  
 Desde 1986 suministrando sensores e instrumentación  
<http://www.guemisa.com> - [ventas@guemisa.com](mailto:ventas@guemisa.com)

